



UEPB

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA – CAMPUS I

PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

MARIA LUÍSA DE ARAÚJO SOUTO BADÚ

**DINÂMICA ICTIOPLANCTÔNICA EM AMBIENTES HIPERSALINOS DO
SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

CAMPINA GRANDE – PB

JULHO DE 2019

MARIA LUÍSA DE ARAÚJO SOUTO BADÚ

**DINÂMICA ICTIOPLANCTÔNICA EM AMBIENTES HIPERSALINOS DO
SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação e Pesquisa em Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba.

Área de Atuação: Ecologia e Conservação

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Machado Pessanha

CAMPINA GRANDE – PB

2019

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

B132d Badú, Maria Luísa de Araújo Souto.
Dinâmica ictioplanctônica em ambientes hipersalinos do semiárido brasileiro [manuscrito] / Maria Luísa de Araújo Souto Badú. - 2019.
68 p. : il. colorido.
Digitado.
Dissertação (Mestrado em Pós Graduação em Ecologia e Conservação) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2019.
"Orientação : Prof. Dr. André Luiz Machado Pessanha, Departamento de Biologia - CCBS."
1. Estuários. 2. Peixes. 3. Ictioplâncton. 4. Desova. I. Título
21. ed. CDD 577.6


MARIA LUÍSA DE ARAÚJO SOUTO BADÚ

DINÂMICA ICTIOPLANCTÔNICA EM AMBIENTES HIPERSALINOS DO
SEMIÁRIDO BRASILEIRO

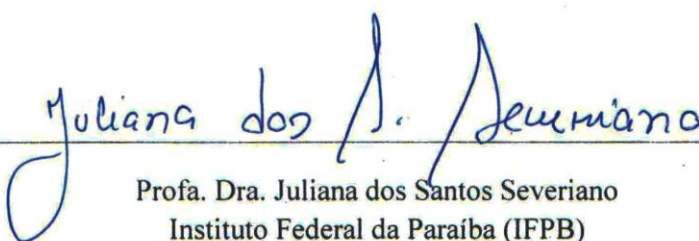
Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação e Pesquisa em
Ecologia e Conservação da
Universidade Estadual da Paraíba.

Aprovada em: 27 de Junho de 2019


BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. André Luiz Machado Pessanha
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Juliana dos Santos Severiano
Instituto Federal da Paraíba (IFPB)



Profa. Dra. Natalice dos Santos Sales
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

AGRADECIMENTOS

Agradeço antes de tudo a Deus, por sempre me guiar, me proteger em cada passo e colocar inúmeros anjos em meu caminho que fazem com que os fardos se tornem mais leves e o caminho se torne mais feliz.

Agradeço a minha família. Meus avós Manoel Caetano (“Vovô Rozil”), Vovó Maria do Carmo (*In memoriam*), Vovô Josias (*In memoriam*) e Vó Niuta (*In memoriam*), por cuidarem tanto de mim e da minha família e por terem sido exemplos tão maravilhosos de seres humanos. Meus pais, por serem tão grandes Pais, por serem seres humanos incríveis, que nunca medem esforços em realizarem nossos sonhos não importando o que há pela frente. Obrigada por dedicarem a vida a nós três. Obrigada por lutarem pra nos dar o melhor e nos fazer sempre buscar o nosso melhor. E meus irmãos, dois seres pitorescos que Deus me deu pra amar e cuidar por toda a vida. Obrigada por sermos a melhor versão de um trio complicado, cabeça dura e cheinho de amor. Vocês são minha fonte. Meu refúgio. Amo vocês acima de tudo.

Agradeço a José Carlos, por ter sido alguém tão importante no decorrer desse trabalho. Você foi paz, calma, acalento, aconchego, foi certeza, cuidado, honestidade, alegria, amor, foi abrigo, refúgio, lar. Obrigada por me dar tanta força, por tanta atenção e dedicação em me fazer confiar em mim mesma. Obrigada por sempre me dizer e me fazer acreditar que posso fazer qualquer coisa. Você é um dos homens mais incríveis que já conheci. Valeu muito a pena ter arriscado. Eu amo você.

Agradeço as minhas meninas, Mara, Manu, Letícia, Bia, Maísa e Diele, por serem muito mais do que companhia no trabalho do laboratório. Obrigada por me acolherem, se preocuparem e cuidarem tanto de mim, cada uma com seu jeito. Obrigada por serem alegria, parceria, sinceridade, cuidado e amor. Obrigada por tantas risadas e tanta energia positiva. Obrigada por serem luz no meu dia a dia, sobretudo nos momentos mais complicados. Você são um dos meus tesouros da vida acadêmica e que eu quero levar pra vida, lindinhas !

Agradeço imensamente ao Laboratório de Ecologia de Peixes, nosso querido Lep, que ao longo dos últimos seis anos se tornou minha segunda casa. Cada um de vocês, dos mais antigos aos mais novinhos, incluindo os que tomaram rumos diferentes daquelas

quatro paredes, fazem minha vida mais leve. Vocês, que sempre são doces companhias, fiéis torcedores, são anjos colocados em minha jornada para que a vida fosse melhor. A vocês, só tenho a desejar muito sucesso em tudo que fizerem com amor e dedicação. Vocês vão longe e o mundo é todo de vocês... Só não se esqueçam de voltarem ao lar, cada um leva um pedaço consigo quando vai, um pedaço muito importante. Obrigada por sermos o melhor laboratório.

Agradeço imensuravelmente a duas peças fundamentais para a formação de TODOS os peixes do Lep: André Luiz Machado Pessanha e Natalice dos Santos Sales. André, que sempre se denominou nosso “Pai” e nunca é menos que isso. Você é um ser iluminado, que tem sensibilidade e atenção para lidar com a singularidade de cada um de nós. Que tem seus dias de drama e sentimentalismo pra expressar, em palavras, seu amor por nós. Que sempre é incentivo, mas sabe quando “apertar a mão”, só tenho a te dizer Muito Obrigada por esses seis anos ! Sem dúvidas, sou outra pessoa e profissional do que aquela que te pediu estágio em 2013. Muito Obrigada. E Nath, te chamar de mãe seria um crime contra tua juventude kkkkk, mas acho que o título de “irmã mais velha e ajuizada, com traços de cuidados maternos” é perfeito pra você. Você que sempre se preocupa com cada peixinho daquele laboratório, seja dos mais velhos ou dos mais novos, você que sempre é bom exemplo, seja de responsabilidade e dedicação na vida acadêmica, seja de doçura, compreensão e caráter no cotidiano. Teu jeito de cuidar é singular, é simples e completamente envolvente. Á você, que, junto com André, fez parte de toda a minha formação acadêmica, eu só tenho a dizer Muito Obrigada ! E eu torço demais pra que você alcance tudo aquilo que almeja. Tenho muito orgulho de compartilhar a vida com você !

Agradeço a minha banca, tão almejada pra estar nesse momento junto comigo. Juliana e Natalice, vocês são mulheres e pesquisadoras incríveis ! Sem dúvidas, me inspiro em vocês.

Por fim, agradeço a CAPES pelo fomento a minha pesquisa, que foi de tamanha importância para que tudo caminhasse bem. Obrigada !

*“Entenda seus medos, mas jamais deixe
que eles sufoquem os seus sonhos.”*

(Alice no País das Maravilhas)

RESUMO

Estuários são habitats frequentemente considerados como “áreas de berçário”, uma vez que fornecem uma vasta gama de recursos que favorecem o desenvolvimento dos muitos organismos principalmente em suas fases iniciais, considerado um período crítico no ciclo de vida dessas espécies. As particularidades estruturais bem como as flutuações do ciclo hidrológico nesses ambientes provocam variações sazonais e espaciais em parâmetros ambientais que são determinantes na distribuição e estrutura da comunidade de peixes. Desta forma, o estudo surge com o objetivo de descrever a estrutura e distribuição espaço-temporal do ictioplâncton em dois estuários hipersalinos (estuários do rio Tubarão e rio Casqueira) do município de Macau – RN, Brasil. Os estuários foram divididos em três zonas, de acordo a distância até a boca dos estuários, onde foram realizadas as amostragens em 2017 e 2018 cobrindo períodos de seca e chuva da região. Com o auxílio de uma rede de plâncton cônico-cilíndrica foram feitos arrastos horizontais de subsuperfície e aferidos parâmetros ambientais nas marés altas de sizígia. As espécies de larvas que mais contribuíram para os valores de densidade foram *Atherinella brasiliensis*, *Lile piquitinga*, *Oligoplites saurus* e *Caranx latus*, enquanto as famílias Engraulidae e Clupeidae foram as famílias de ovos de maior representatividade. As variáveis que melhor predisseram a variação do ictioplâncton foram pluviosidade, profundidade, temperatura e largura do canal no local de amostragem. As maiores densidades do ictioplâncton foram observadas na zona intermediária do estuário do rio Tubarão durante o período de seca. A densidade das larvas apresentou diferença significativa entre estuários e períodos enquanto os ovos apresentaram diferenças de densidades entre estuários, zonas e períodos. E o desenvolvimento larval apontou uma separação no desenvolvimento das larvas relacionando estágios de menor desenvolvimento (Vitelínico e pré-flexão) com o período seco e estágios de maior desenvolvimento (Flexão e pós-flexão) com o período chuvoso, em ambos os estuários. Os resultados evidenciam a alta sensibilidade do ictioplâncton às variações ambientais ressaltando seu papel de ferramenta para a avaliação de efeitos de alterações ambientais, e a presença de espécies tipicamente marinhas estuarinas dependentes comprovam a importância desses ambientes estuarinos como áreas de berçário, mesmo sob condições de hipersalinidades.

Palavras-Chave: Desova; Estuários; Parâmetros Ambientais; Peixes; Ovos e Larvas.

ABSTRACT

Estuaries are habitats often considered as “nursery areas” as they provide a wide range of resources that favor the development of many organisms primarily in their early stages, considered a critical period in life cycle of these species. The structural particularities as well as the fluctuations of hydrological cycle in these environments provoke seasonal and spatial variations in environmental parameters determinant in distribution and structure of fish community. Thus, the study arose with the purpose of describing the structure and spatio-temporal distribution of ichthyoplankton in two hypersaline estuaries (Tubarão and Casqueira river estuaries) of municipality of Macau - RN, Brazil. The estuaries were divided into three zones according to their saline gradients where they were sampled in 2017 and 2018 covering periods of drought and rain of the region. With aid of a conical-cylindrical plankton network, horizontal subsurface trawls were made and environmental parameters checked at high tides. The larval species that most contributed to density values were *Atherinella brasiliensis*, *Lile piquitinga*, *Oligoplites saurus* and *Caranx latus*, while the Engraulidae and Clupeidae families were the most representative egg families. The variables that best predicted the ichthyoplankton variation were rainfall, depth, temperature and channel width at sampling site. The highest ichthyoplankton densities were observed in intermediate zone of the Tubarão estuary during the dry period. The density of larvae presented significant difference only between periods and estuaries while eggs presented differences of densities between estuaries, zones and periods. And the larval development pointed a separation in the development of larvae relating lower developmental stages (vitellin and pre-flexion) with dry period and higher developmental stages (flexion and post-flexion) with the rainy season in both estuaries. The results evidenced high sensitivity of ichthyoplankton to environmental variations, emphasizing its role as a tool for the evaluation of effects of environmental changes, and presence of typically marine dependent estuarine species confirm the importance of these estuarine environments as nursery areas, even under conditions of hypersalinity.

Keywords: Spawning; Estuaries; Environmental Parameters; Fishes; Eggs and Larvae.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Localização geográfica das duas áreas de estudo, estuários do Rio Tubarão (1) e Rio Casqueira (2), com indicações das zonas de coleta, no município de Macau, Rio Grande do Norte, Brasil. Z1= zona Inferior, Z2= Zona Intermediária e Z3= zona Superior.....28
- Figura 2** - Análises de Componentes Principais (PCA's) dos parâmetros ambientais nos estuários dos rios Tubarão (1t, 2t, 3t) e Casqueira (1c, 2c, 3c) codificados para os estuários e para as zonas.....36
- Figura 3** – Box Plots das densidades de ovos (“Ind*100⁻³”) e larvas (“Ind*100⁻³”) nas três zonas de cada um dos estuários (Tubarão e Casqueira) em seus períodos de seca e chuva. Letras diferentes indicam diferenças significativas (P< 0,05).....40
- Figura 4** - Análise de ordenação redundante baseada na distância (dbRDA) evidenciando a distribuição de ovos (A) e larvas (B) a partir das influências dos parâmetros ambientais no estuário do rio Tubarão (t) em cada zona nos períodos de seca (s1, s2, s3) e chuva (c1, c2, c3).....43
- Figura 5** - Análise de ordenação redundante baseada na distância (dbRDA) evidenciando a distribuição de ovos (A) e larvas (B) a partir das influências dos parâmetros ambientais no estuário do rio Casqueira (c) em cada zona nos períodos de seca (s1, s2, s3) e chuva (c1, c2, c3).....44
- Figura 6** - **A.** Percentagem dos estágios larvais do ictioplâncton em cada uma das zonas do estuário do rio Tubarão (Z1 - Inferior, Z2 - Intermediária, Z3 - Superior) em seus períodos de seca (TS) e chuva (TC); **B.** Percentagem dos estágios larvais do ictioplâncton em cada uma das zonas do estuário do rio Casqueira (Z1 - Inferior, Z2 - Intermediária, Z3 - Superior) em seus períodos de seca (CS) e chuva (CC).....45
- Figura 7** - **A.** Contribuição percentual das espécies para cada estágio de desenvolvimento em cada uma das zonas do estuário do rio Tubarão (Z1 - Inferior, Z2 - Intermediária, Z3 - Superior) em seus períodos de seca (TS) e chuva (TC); **B.** Variação dos tamanhos larvais para cada estágio de desenvolvimento nas zonas do estuário do rio Tubarão.....47

Figura 8 - **A.** Contribuição percentual das espécies para cada estágio de desenvolvimento em cada uma das zonas do estuário do rio Casqueira (C1 - Inferior, C2 - Intermediária, C3 - Superior) em seus períodos de seca (CS) e chuva (CC); **B.** Variação dos tamanhos larvais para cada estágio de desenvolvimento nas zonas do estuário do rio Casqueira.....48

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Média e variação (mínima e máxima) dos parâmetros ambientais para os estuários do Rio Tubarão e Rio Casqueira, Macau-RN, Brasil, em seus períodos de seca e chuva, bem como em suas respectivas zonas (Inf = Inferior; Inter = Intermediária; Sup = Superior).....33
- Tabela 2** – Resultados do teste Pair-wise da PERMANOVA para transparência, profundidade e salinidade entre os estuários do Rio Tubarão e Rio Casqueira, bem como em seus respectivos períodos de seca e chuva e suas diferentes zonas (Inf=Inferior; Inter=Intermediária; Sup=Superior).....34
- Tabela 3** - Coeficientes de autovetores dos componentes principais (PC1 e PC2) dos parâmetros ambientais entre os estuários dos rios Tubarão e Casqueira.....35
- Tabela 4** – Abundância de espécies de larvas encontradas nos dois estuários em seus respectivos períodos e zonas (Inf = Inferior; Inter = Intermediária; Sup = Superior). Guilda Ecológica (GE): Marinha Estuarina Dependente (MED), Somente Estuarina (SE). Variação do Comprimento Total (CT). Percentagem de Densidade Geral (Dens. Geral). Valores em negrito correspondem às espécies com as maiores percentagens de densidades encontradas.....38
- Tabela 5** – Abundância de famílias de ovos encontradas nos dois estuários em seus respectivos períodos e zonas (Inf = Inferior; Inter = Intermediária; Sup = Superior). Percentagem de Densidade Geral (Dens. Geral). Valores em negrito correspondem às espécies com as maiores percentagens de densidades encontradas.....39

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	12
PERGUNTAS	16
HIPÓTESES	16
OBJETIVOS	17
Geral.....	17
Específicos	17
ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19
CAPÍTULO I.....	23
INTRODUÇÃO	25
METODOLOGIA	28
Área de Estudo	28
Desenho Amostral	29
Análises Estatísticas	31
RESULTADOS.....	33
Parâmetros Ambientais	33
Estrutura e Variação Espaço-Temporal do Ictioplâncton	38
Influência dos Fatores Abióticos.....	42
Desenvolvimento Larval	46
DISCUSSÃO	50
CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
Apêndice 1	67
Apêndice 2.	67
Apêndice 3	67
Apêndice 4	68

INTRODUÇÃO GERAL

Os estuários são reconhecidos mundialmente por apoiar numerosas funções ambientais importantes e fornecer uma grande quantidade de serviços ecossistêmicos essenciais, como proteção costeira, matérias-primas, atividades relacionadas ao turismo, que exercem influência sobre o bem-estar humano (SLOTERDIJK *et. al.*, 2017), e, sobretudo para a pesca (SALES *et. al.*, 2018), uma vez que parte substancial do recrutamento que ocorre ao redor de todo o mundo é composto de espécies que passam parte de suas vidas em águas estuarinas (BARLETTA *et. al.*, 2005, BREHMER *et. al.*, 2006). Além disso, grupos de espécies comercialmente importantes recrutadas nessas áreas, são frequentemente a base para a avaliação econômica de manguezais (NAGELKERKEN *et. al.*, 2008). Razões como essas são frequentemente usadas como base para a proteção e conservação dos ecossistemas estuarinos de manguezais, e ainda assim, essas áreas continuam a ser degradadas, sobretudo em consequência das ações humanas e, em alguns casos, preocupantemente rápido (POLIDORO *et. al.*, 2010; FAO, 2007; ALONGI, 2002; VALIELA *et. al.*, 2001).

A alta produtividade primária e secundária registradas nos ecossistemas estuarinos fornece uma ampla diversidade de recursos alimentares, sobretudo para as fases mais jovens dos peixes, de ovos e larvas, chamadas de ictioplâncton, permitindo que eles consigam crescer de forma mais rápida, ocorrendo em densidades mais altas, evitando com mais sucesso a predação (SLOTERDIJK *et. al.*, 2017). Por essas razões esses ambientes são considerados habitats essenciais ao ciclo de vida de inúmeras espécies de peixes, e são comumente vistos e referidos como “áreas de berçário” (GOGOLA *et. al.*, 2013; OLIVEIRA; PESSANHA 2014; BALAKRISHNAN *et. al.*, 2015).

O gradiente ambiental é uma das principais características observadas nos ambientes estuarinos tropicais, principalmente em áreas semiáridas, sobretudo pela influência da pluviosidade local (BARLETTA *et. al.*, 2003). Essas flutuações do ciclo hidrológico, ainda que em menor intensidade, provocam variações sazonais em variáveis como a salinidade, temperatura, turbidez, pH e oxigênio dissolvido formando tais gradientes que são determinantes na estrutura e composição da comunidade de peixes (BLABER, 2002; LACERDA *et. al.*, 2014; CASEMIRO; DINIZ-FILHO, 2010; POTTER *et. al.*, 2010).

A salinidade, considerada um dos principais filtros, atua como uma barreira fisiológica para as espécies de água doce e adiciona estresse ambiental em espécies marinhas, devido estes organismos apresentarem diferentes tolerâncias aos níveis de salinidade por consequência da regulação iônica e osmótica de cada indivíduo (SAMPAIO; BIANCHINI, 2002; OLIVEIRA; PESSANHA 2014). A temperatura, outro importante filtro, é um fator crucial para o processo reprodutivo de muitas espécies de peixes, uma vez que a desova de alguns grupos é fortemente sazonal e sua maior concentração ocorre nos meses de maior temperatura (VAZZOLER, 1996). Ré (1999) ainda ressalta que um grande número de espécies efetua a postura dos ovos em limites bem definidos de temperatura, de tal modo que, é possível estabelecer uma relação entre a época do ano e o seu período de reprodução.

As áreas estuarinas tendem a ser utilizadas pelas espécies de peixes de três formas distintas: 1) completando todo o ciclo de sua vida nesses ambientes; 2) usando-os apenas para se reproduzirem, onde seus ovos têm a possibilidade de crescerem e se desenvolverem em locais mais seguros, podendo voltar ao mar aberto quando adultos como no caso das famílias Clupeidae e Engraulidae, bastante comuns nesses ambientes; e ainda, 3) aqueles que adentram os estuários no final de seus estágios larvais e só voltam ao mar aberto ao final do estágio juvenil (PALHETA, 2005; COSTA, 2011; POTTER, *et. al.*, 2015).

A maioria das espécies marinhas produzem ovos pelágicos, os quais são liberados diretamente na coluna d'água e após a fecundação são transportados pelas correntes marinhas (RÉ, 1999). Para algumas espécies, esses ovos apresentam uma gota de óleo que auxilia no ajuste de sua densidade para a flutuação, outras, por sua vez, apresentam ovos demersais que são mais densos que a água permanecendo no substrato, ou produzem ovos bentônicos, os quais frequentemente estão aderidos ao substrato (RÉ, 1999; NAKATANI *et. al.*, 2001).

Após a eclosão dos ovos, as larvas apresentam um saco vitelínico que é consumido gradualmente pela alimentação endógena desses indivíduos (NAKATANI *et. al.*, 2001). Após o desenvolvimento dos sistemas sensorial, circulatório, muscular e digestivo, as larvas passam a se alimentar de maneira exógena, de outros organismos que fazem parte do plâncton (RÉ, 1999).

Logo em seguida a fase vitelínica, as larvas sofrem diversas mudanças morfológicas e fisiológicas como o aumento do tamanho bucal, mudanças no tubo digestivo e na dentição, o que lhes permite uma efetiva captura de presas (RÉ, 1999). É durante o estágio de flexão que ocorre o rápido desenvolvimento dos raios das nadadeiras, resultando em melhores habilidades de natação e maior eficiência na captura de presas (HUNTER, 1981; LIMA *et. al.*, 2016a), além de lhes proporcionar a habilidade de alterar sua distribuição ao longo da coluna d'água (MAKRAKIS *et. al.*, 2005; COSER *et. al.*, 2007; SILVA, 2011).

O deslocamento das larvas dos peixes pode se dar, de maneira vertical na coluna da água, dependente da fase da maré, ou de forma independente das marés, onde o indivíduo pode influenciar de maneira ativa o seu deslocamento. Contudo, o estágio de desenvolvimento larval unido à capacidade de natação é o fator determinante dessa habilidade de alterar sua distribuição no estuário (MILLER, 1988). Dessa forma, a morfologia dos estágios de desenvolvimento larval distintos também é uma boa preditora para a seleção do habitat ativo que se torna cada vez mais efetiva ao longo da ontogenia (POLTE, 2017).

Sendo assim, estudos relacionados a essas fases iniciais de desenvolvimento desses organismos são fundamentais para o entendimento da biologia das espécies, por representarem um período crítico do seu ciclo de vida (NAKATANI *et. al.*, 2001). Estudos sobre o ictioplâncton, além de serem relevantes para o conhecimento da biologia e sistemática das espécies de peixes, são indispensáveis à detecção de novos estoques de indivíduos, à avaliação daqueles já explorados (STRATOUDAKIS *et. al.*, 2006; HOUDE, 2008), bem como à identificação e delimitação de áreas que são utilizadas para desova e desenvolvimento (NASCIMENTO; NAKATANI, 2006; KIPPER *et. al.*, 2011; GOGOLA *et. al.*, 2013).

Além disso, embora possua relevante importância no ciclo de vida dos peixes, sobretudo em suas fases de ovos e larvas, e na regulação dos serviços ecossistêmicos locais, o conhecimento a respeito da forma de utilização das espécies bem como dos fatores que influenciam sua abundância e distribuição particularmente em estuários do semiárido, ainda é limitado. Dessa forma, realizar uma análise da utilização desses espaços se torna essencial, uma vez que se deseja melhor compreender e prever o efeito das mudanças ambientais sobre as populações de peixes (MAFALDA, Jr *et. al.*, 2004),

além da contribuição de informações sobre padrões de desova e dados para o desenvolvimento de melhores estratégias de conservação e preservação dessas áreas, garantindo não só a preservação das espécies, como também a continuidade dos serviços ecossistêmicos para as populações que dependem diretamente do estuário e também para essa importante área de pesca no litoral brasileiro.

PERGUNTAS

- P¹: Como a alta salinidade interfere na estrutura e distribuição espaço-temporal do ictioplâncton em ambientes hipersalinos?
- P²: Estuários hipersalinos próximos, mas com diferentes conformações de áreas e heterogeneidade de habitats, apresentam diferenças nos padrões de distribuição do ictioplâncton?

HIPÓTESES

- H¹: Os valores de riqueza e densidade do ictioplâncton em estuários hipersalinos serão menores nas áreas mais distantes da boca do estuário e em períodos mais secos devido aos maiores valores de salinidade.
- H²: Ambientes com maiores extensão, profundidade e presença de vegetação marginal, como manguezais, apresentam maiores valores de riqueza e densidade de espécies ao longo de sua extensão.

OBJETIVOS

- Geral

Descrever estrutura e distribuição espaço-temporal do ictioplâncton em dois estuários hipersalinos tropicais da região semiárida.

- Específicos

- ✓ Analisar a composição, riqueza, abundância e densidade do ictioplâncton em estuários hipersalinos;
- ✓ Correlacionar a distribuição do ictioplâncton com os fatores ambientais em cada período;
- ✓ Observar o estágio de desenvolvimento das espécies larvais;
- ✓ Avaliar quais as principais espécies de importância comercial para a pesca são recrutadas nesses ecossistemas e a que guildas ecológicas pertencem.

ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O trabalho está organizado em um único capítulo desenvolvido em dois estuários do semiárido brasileiro. O capítulo tem como objetivo principal analisar a influência dos fatores ambientais nos padrões de distribuição do ictioplâncton em ambientes estuarinos. O manuscrito está intitulado:

“Estrutura e Distribuição Espaço-Temporal do Ictioplâncton em Estuários Hipersalinos Tropicais do Semiárido Brasileiro”, que será submetido ao periódico *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (Qualis A1 na área de Biodiversidade; FI= 2,413).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONGI, D. M. Present state and future of the world's mangrove forests. **Environmental Conservation**. v. 29, p. 331-349. 2002.

BALAKRISHNAN, T.; SUNDARAMANICKAM, A.; SHEKHAR, S.; MUTHUKUMARAVEL, K.; BALASUBRAMANIAN, T. Seasonal abundance and distribution of ichthyoplankton diversity in the Coleroon estuarine complex, Southeast coast of India. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**. 2015.

BARLETTA, M.; BARLETTA-BERGAN, A.; SAINT-PAUL, U.; HUBOLD, G. Seasonal changes in density, biomass, and diversity of estuarine fishes in tidal mangrove creeks of the lower Caeté Estuary (northern Brazilian coast, east Amazon). **Marine Ecology Progress Series**. v. 256, p. 217-228. 2003.

BARLETTA, M.; BARLETTA-BERGAN, A.; SAINT-PAUL, U.; HUBOLD, G. The role of salinity in structuring the fish assemblages in a tropical estuary. **Journal of Fish Biology**. v. 66, p. 45-72. 2005.

BLABER, S. J. M. 'Fish in hot water': The challenges facing fish and fisheries research in tropical estuaries. **Journal of Fish Biology**. v. 61, p. 1-20. 2002.

BREHMER, P.; CHI, T. D.; MOUILLOT, D. Amphidromous fish school migration revealed by combining fixed sonar monitoring (horizontal beaming) with fishing data. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. v. 334, p. 139-150. 2006.

CASSEMIRO, F. A. S.; DINIZ-FILHO, J. A. F. The cost of assuming the unknown: the debate surrounding the use of the metabolic theory of ecology to explain richness gradients. **Ecology**. 2010.

COSER, L. M.; PEREIRA, B. B.; JOYEUX, J. C. Descrição da Comunidade Ictioplanctônica e sua distribuição espacial no estuário dos rios Piraquê açu e Piraquê mirim, Aracruz, ES. **Interciência**. v. 32 (4), p. 233 – 241. 2007.

COSTA, M. D. P. Ictioplâncton da baía da Babitonga (SC, Brasil): Instrumento para a definição de áreas prioritárias para a conservação. 2011.

FAO. The world's mangrove. **FAO For**. v. 153 (89), p.1980-2005. 2007.

GOGOLA, T. M.; SANCHES, P. V.; GUBIANI, E. A.; SILVA, P. R. L. Spatial and temporal variations in fish larvae assemblages of Ilha Grande National Park, Brasil. **Ecology Freshwater Fish**. v. 22, p. 95 – 105. 2013.

HOUDE, E. D. Emerging from Hjort's shadow. **Journal of Northwest Atlantic Fishery Science**. v. 41, p. 53–70. 2008.

HUNTER, J. R. Feeding ecology and predation of marine fish larvae. In *Marine Fish Larvae: Morphology, Ecology and Relation to Fisheries* (Lasker, R., ed). Seattle, WA: **University of Washington Press**. 1981.

KIPPER, L. M.; ELLWANGER, M. C.; JACOBS, G.; NARA, E. O. B.; FROZZAS, R. Gestão por processos: Comparação e análise entre metodologias para implantação da gestão orientada a processos e seus principais conceitos. **Tecno-Lógica**. v. 15 (2), p. 89-99. 2011.

LACERDA, C. H. F.; BARLETTA, M.; DANTAS, D. V. Temporal patterns in the intertidal faunal community at the mouth of a tropical estuary. **Journal of Fish Biology**. v. 85, p. 1571–1602. 2014.

LIMA, A. R. A.; BARLETTA, M.; COSTA, M. F.; RAMOS, J. A. A.; DANTAS, D. V.; MELO, P. A. M. C.; JUSTINO, A. K. S.; FERREIRA, G. V. B. Changes in the composition of ichthyoplankton assemblage and plastic debris in mangrove creeks relative to moon phases. **Journal of Fish Biology**. v. 89, p. 619–640. 2016a.

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

MAKRAKIS, M.C.; NAKATANI, K.; BIALETKZI, A.; SANCHES, P.V.; BAUMGARTNER, G.; GOMES, L. C. Ontogenetic shifts in digestive tract morphology and diet of fish larvae of the Itaipu reservoir, Brazil. **Environmental Biology Fishes**. v.72 (1), p. 99-107. 2005.

MILLER, J. Physical processes and the mechanisms of coastal migrations of immature marine fishes. **American Fisheries Society Symposium**. v.3, p. 68-76. 1988.

NAGELKERKEN, I.; BLABER, S. J. M.; BOUILLON, S.; GREEN, P.; HAYWOOD, M.; KIRTON, L. G.; MEYNECKE, J. O.; PAWLIK, J.; PENROSE, H. M.;

SASEKUMAR, A.; SOMERFIELD, P. J. The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: a review. **Aquatic Botany**. v. 89, p. 155-185. 2008.

NAKATANI, K.; AGOSTINHO, A. A.; BAUMGARTNER, G.; BIALETZKI, A.; SANCHES, A.; MAKRAKIS, M. C.; PAVANELLI, C. S. Ovos e larvas de peixes de água doce: Desenvolvimento e manual de identificação. **Maringá**, PB. 2001.

NASCIMENTO, F.; NAKATANI, K. Relações entre fatores ambientais e a distribuição de ovos e larvas de peixes na sub-bacia do rio Ivinhema, Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*. v. 28 (2), p. 117-122. 2006.

OLIVEIRA, R. E. M. C. C.; PESSANHA, A. L. M. Fish assemblage along a morphodynamic continuum on the tropical beaches. **Neotropical Ichthyology**. v. 12 (1), p. 165-175. 2014.

PALHETA, G. D. A. Composição e distribuição espaço temporal de ovos e larvas de peixes, nos estuários dos rios Curuçá e Muriá (Curuçá-Pará). 88 f. Dissertação (Mestrado em ciência animal). Universidade Federal do Pará, Universidade Federal Rural da Amazônia. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, Belém. 2005.

POLIDORO, B. A.; CARPENTER, K. E.; COLLINS, L.; DUKE, N. C.; ELLISON, A. M.; ELLISON, J. C.; FARNSWORTH, E. J.; FERNANDO, E. S.; KATHIRESAN, K.; KOEDAM, N. E.; LIVINGSTONE, S. R.; MIYAGI, T.; MOORE, G. E.; NAM, V. N.; ONG, J. E.; PRIMAVERA, J. H.; SALMO, S. G.; SANCIANGCO, J. C.; SUKARDJO, S.; WANG, Y.; YONG, J. W. H. The loss of species: mangrove extinction risk and geographic areas of global concern. **PLoS One** 5. 2010.

POLTE, P.; KOTTERBA, P.; MOLL, D.; NORDHEIM, L. V. Ontogenetic loops in habitat use highlight the importance of littoral habitats for early life-stages of oceanic fishes in temperate waters. **Scientific Reports**. v. 7. 2017.

POTTER, I. C.; CHUWEN, B. M.; HOEKSEMA, S. D.; ELLIOTT, M. The concept of an estuary: A definition that incorporates systems which can become closed to the ocean and hypersaline. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v. 87, p. 497-500. 2010.

POTTER, I. C.; TWEEDLEY, J. R.; ELLIOTT, M.; WHITFIELD, A. K. The ways in which fish use estuaries: A refinement and expansion of the guild approach. **Fish and Fisheries**. v. 16, p. 230-239. 2015.

RÉ, P. Ictioplâncton estuarino da Península Ibérica (Guia de identificação dos ovos e estados larvares planctónicos). **Lisboa: Prémio do Mar**. p. 114. 1999.

SALES, N. S., BAETA, A. S. B. V., DE LIMA, L. G., PESSANHA, A. L. M. Do the shallow-water habitats of a hypersaline tropical estuary act as nursery grounds for fishes? **Marine Ecology**. 2018.

SAMPAIO, L. A.; BIANCHINI, A. Salinity effects on osmoregulation and growth of the euryhaline flounder *Paralichthys orbignyanus*. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. v. 269, p. 187-196. 2002.

SILVA, A. C.; MANGAS, A. P.; PALHETA, G. D. A.; MELO, N. F. A. C. Caracterização do Ictioplâncton de Quatro Estuários da Microrregião do Salgado do Estado do Pará-Brasil. **Boletim Técnico-Científico do Cepnor**. v. 11 (1), p. 33-44. 2011.

SLOTERDIJK, H.; BREHMER, P.; SADIO, Oumar; MÜLLER, Hanno; DORING, Julian; EKAU, W. Composition and structure of the larval fish community related to environmental parameters in a tropical estuary impacted by climate change. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v. 197, p. 10-26. 2017.

STRATOUDAKIS, Y.; BERNAL, M.; KONSTANTINOS, G.; URIATE, A. The daily egg production method: recent advances, current applications and future challenges. **Fish and Fisheries**. v. 7, p. 35–57. 2006.

VALIELA, I.; BOWEN, J. L.; YORK, J. K. Mangrove forests: one of the World's threatened major tropical environments. **Bioscience**. v. 51, p. 807. 2001.

VAZZOLER, A. E. M. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá, **EDUEM**. p. 169.1996.

Universidade Estadual da Paraíba
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa – PRPGP
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação – PPGEC

Manuscrito a ser submetido ao periódico Estuarine, Coastal and Shelf Science

**ESTRUTURA E DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO ICTIOPLÂNCTON
EM ESTUÁRIOS HIPERSALINOS TROPICAIS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Maria Luísa de Araújo Souto Badú¹; André Luiz Machado Pessanha¹

RESUMO

A comunidade ictioplancônica foi analisada em dois estuários hipersalinos no litoral norte do semiárido da região nordeste do Brasil no intuito de descrever sua estrutura e distribuição espaço-temporal sob influência de parâmetros ambientais ao longo desses ambientes. As amostragens se deram nas marés de sizígia nos períodos de estiagem (Novembro e Dezembro/2017) e de chuva (Maio e Julho/2018) nos estuários. Em cada uma das quatro excursões, cada estuário foi dividido em três zonas, sendo realizados três arrastos de 5 minutos em cada uma das zonas. O material foi coletado com o auxílio de uma rede de plâncton cônico-cilíndrica e foram aferidos parâmetros ambientais e estruturais de cada um dos ambientes. Ao final, foram coletados 2762 ovos pertencentes a 5 famílias e 423 larvas que englobaram 30 espécies. O estuário do rio Tubarão apresentou maior densidade, enquanto o estuário do rio Casqueira apresentou maior riqueza de espécies. Os padrões de densidade foram apresentados de maneira inversa nos dois estuários, aumentando no estuário do rio Casqueira e diminuindo no rio Tubarão em direção as suas respectivas zonas superiores. *Lile piquitinga*, *Caranx latus*, *Atherinella brasiliensis* e *Oligoplites saurus* foram as espécies que mais contribuíram para os valores de densidades, enquanto Engraulidae e Clupeidae foram as famílias que apresentaram um maior número de ovos no ictioplâncton. A dbRDA evidenciou uma variação temporal para o ictioplâncton em cada estuário, e correlacionou os parâmetros ambientais de pluviosidade, profundidade, temperatura e largura do canal do estuário como sendo as variáveis preditoras para a distribuição desses organismos. E o desenvolvimento larval apontou uma separação no desenvolvimento relacionando estágios menores (Vitelínico e pré-flexão) com o período seco e estágios maiores (Flexão e pós-flexão) com o período chuvoso, em ambos os estuários. Os resultados deram enfoque à alta sensibilidade do ictioplâncton às variações ambientais, o que ressalta seu papel na avaliação de impactos sobre um ambiente, além disso, o papel dos estuários hipersalinos como berçário é evidenciado pela grande presença das espécies marinha estuarina dependentes.

Palavras-Chave: Berçário; Dinâmica Ictioplancônica; Ovos e larvas.

¹ Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB
Corresponding author: andrepephanhauepb@gmail.com

Universidade Estadual da Paraíba
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa – PRPGP
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação – PPGEC

Manuscrito a ser submetido ao periódico Estuarine, Coastal and Shelf Science

**DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO ICTIOPLÂNCTON EM
ESTUÁRIOS HIPERSALINOS TROPICAIS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Maria Luísa de Araújo Souto Badú¹; André Luiz Machado Pessanha¹

ABSTRACT

The ichthyoplankton community was analyzed in two hypersaline estuaries in northern semiarid coast of northeastern Brazil in order to describe its structure and spatiotemporal distribution under the influence of environmental parameters throughout these environments. Sampling occurred at high tides during the dry season (November and December / 2017) and rain (May and July / 2018) in both estuaries. In each of four excursions, each estuary was divided into three zones, with three 5 minute trawls carried out in each zone. The material was collected with aid of a conical-cylindrical plankton net and environmental and structural parameters of each environment were measured. At the end, 2762 eggs belonging to 5 families and 423 larvae that comprised 30 species were collected. The Tubarão river estuary presented higher density, while Casqueira river estuary presented higher species richness. Density patterns were presented inversely in both estuaries, increasing in Casqueira River estuary and decreasing in Tubarão River towards their respective upper zones. *Lile piquitinga*, *Caranx latus*, *Atherinella brasiliensis* and *Oligoplites saurus* were species that contributed the most to density values, while Engraulidae and Clupeidae were families with the largest number of eggs in ichthyoplankton. The dbRDA evidenced a temporal variation for ichthyoplankton in each estuary, and correlated the environmental parameters of rainfall, depth, temperature and width of estuary channel as the predictor variables for distribution of these organisms. And the larval development pointed to a developmental separation relating smaller stages (vitellin and pre-flexion) with dry period and larger stages (flexion and post-flexion) with rainy season in both estuaries. The results focused on high sensitivity of ichthyoplankton to environmental variations, which highlights its role in assessing impacts on an environment, moreover, the role of hypersaline estuaries as a nursery is evidenced by large presence of marine estuarine dependent species.

Keywords: Nursery; Ichthyoplanktonic dynamics; Eggs and larvae.

¹ Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB
Corresponding author: andrepeessanhauepb@gmail.com

INTRODUÇÃO

Estuários hipersalinos são ecossistemas complexos e dinâmicos distribuídos por todo o mundo (GONZALEZ, 2012) e normalmente, estão localizados em regiões áridas e/ou semiáridas. São caracterizados pelo baixo índice pluviométrico e altas taxas de evaporação, e ainda com pouca ou nenhuma entrada de água doce (LIMA *et. al.*, 2018). Contudo, apesar da elevada salinidade, esses ambientes suportam uma fauna diversa que inclui espécies de peixes, em sua maioria juvenis, que são tipicamente abundantes em todo o sistema estuarino (POTTER *et. al.*, 2010). Além disso, constituem habitats favoráveis para estes estágios iniciais da vida dos peixes que utilizam esses ambientes como áreas de desova e criação, uma vez que oferecem uma maior disponibilidade de alimento, baixa abundância de predadores, além de padrões de circulação que favorecem a retenção dos estágios ictioplânctônicos nesses ecossistemas (CORREA-HERRERA *et. al.*, 2017).

O ictioplâncton representa um importante elo nos ecossistemas aquáticos, uma vez que desses organismos depende o estoque de peixes adultos do ambiente ou de ambientes costeiros adjacentes (REYNALTE-TATAJE *et. al.*, 2011; HARE; RICHARDSON, 2014). As constantes flutuações das características ambientais nos estuários influenciam de maneira ativa o padrão de distribuição desses organismos de pequena capacidade natatória (SOLARI *et. al.*, 2015), uma vez que a variabilidade no recrutamento das espécies de peixes é o resultado de inúmeros processos que operam em diferentes escalas de tempo e espaço. As variações espaciais e temporais da abundância dos ovos e larvas são consequência dos movimentos sazonais influenciadas pelas condições físicas e biológicas do ambiente gerando um *continuum* em direção ao oceano (DOURADO *et. al.*, 2017).

Estudos que vem sendo realizados demonstraram que a abundância, distribuição e composição do ictioplâncton podem apresentar padrões espaciais e temporais que são regidos por fatores bióticos e abióticos (BARLETTA-BERGAN *et. al.*, 2002; MACEDO-SOARES *et. al.*, 2009). Dentre essas variáveis ambientais, a salinidade é considerada a melhor preditora para a composição e riqueza de espécies em escala espacial (BARLETTA *et. al.*, 2005; ROSA *et. al.*, 2016) por ser um fator que influencia na sobrevivência dos ovos e distribuição das larvas uma vez que afeta o equilíbrio osmótico

desses indivíduos ao diminuir as concentrações de íons na coluna d'água (ROSA *et. al.*, 2016).

Os padrões de distribuição e densidade das populações na comunidade são conduzidos através das condições ambientais dentro da abrangência geográfica das espécies reduzindo o nicho fundamental em um nicho percebido (RICKLEFS, 2010). Esse conjunto de condições ambientais atua na montagem da comunidade de peixes estuarinos em escala local, e vai desde as condições físicas do ambiente, a disponibilidade de alimento adequado, até a própria geomorfologia do estuário, funcionando como barreiras a dispersão dos indivíduos (PASQUARD *et. al.*, 2015; VASCONCELOS *et. al.*, 2015).

Além disso, o deslocamento das larvas dos peixes pode se dar, de maneira vertical na coluna da água, dependente da fase da maré, ou de forma independente das marés, onde o indivíduo pode influenciar de maneira ativa o seu deslocamento. Contudo, o estágio de desenvolvimento larval unido à capacidade de natação é o fator determinante dessa habilidade de alterar sua distribuição no estuário (MILLER, 1988). Dessa forma, a morfologia dos estágios de desenvolvimento larval distintos também é uma boa preditora para a seleção do habitat ativo que se torna cada vez mais efetiva ao longo da ontogenia (POLTE, 2017).

Sendo assim, a compreensão dos mecanismos de dispersão e sobrevivência dos ovos e larvas é de total importância para determinar se os peixes durante o desenvolvimento de seu estágio larval podem crescer e sobreviver nos habitats marinhos, funcionando como um pré-requisito para o sucesso no recrutamento dessas populações (SALES *et. al.*, 2018). Numa outra perspectiva, a compreensão dos mecanismos supracitados contribuiu para o desenvolvimento de técnicas de conservação e manejo das espécies, visto que vários impactos antropogênicos estão afetando cada vez mais os habitats costeiros, ocasionando uma crescente preocupação para a conservação desses ecossistemas (XAVIER *et. al.*, 2012). Essa abordagem é particularmente importante para os estuários que estão inseridos em unidades de conservação (Categoria VI da IUCN), uma vez que são áreas que suportam uma relevante heterogeneidade de habitats e exercem influência no recrutamento dos indivíduos. Tais características reafirmam a importância desses ecossistemas como berçário para espécies de peixes marinhos, sobretudo na costa setentrional potiguar onde existem poucos desses ambientes

estuarinos. Assim, os resultados desse estudo serão importantes ferramentas para o gerenciamento costeiro, uma vez que a conservação e o cuidado com áreas que oferecem condições ideais para sobrevivência e desenvolvimento do ictioplâncton, garantem a manutenção dos serviços ecossistêmicos, como por exemplo, a pesca desenvolvida nessa área e consolidada como principal atividade econômica. Por isso, partindo da hipótese de que valores de riqueza e densidade de ictioplâncton, em estuários hipersalinos, serão menores em áreas mais distantes da boca dos estuários, sobretudo em períodos mais secos e em ambientes com pequenas extensões, profundidade e com pouca presença de vegetal marginal, o trabalho surge no intuito de descrever a dinâmica do ictioplâncton em ambientes hipersalinos do semiárido brasileiro.

METODOLOGIA

Área de Estudo

A área de estudo está localizada na região semiárida, no litoral norte do estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil, especificamente no município de Macau, considerada o local com menor índice pluviométrico na costa brasileira (DINIZ; PEREIRA, 2015), onde foram selecionados os estuários do Rio Tubarão e do Rio Casqueira (Figura 1).

O estuário do Rio Tubarão está inserido nos limites da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Ponta do Tubarão (RDSPT) (5° 04' 37" S; 36° 27' 24" W), onde se distribuem uma série de casas e negócios locais pertencentes aos distritos de Barreiras, Diogo Lopes e Sertãozinho do município de Macau-RN. Apesar de ser conhecido como estuário do Rio Tubarão, este não apresenta um rio a montante e a única entrada de água doce provém dos lençóis freáticos que se formam nas dunas adjacentes a esse sistema (ALVARES *et. al.*, 2014). O canal principal possui 10 km de extensão e tem uma profundidade que varia de 1 a 6m, associado com dezenas de camboas e outros canais de menor profundidade. O ecossistema está localizado numa região caracterizada por alta taxa de evaporação, baixo índice pluviométrico (média anual de 500 mm), com temperaturas elevadas durante todo o ano (acima de 26°C) (ALVARES, *et. al.*, 2014). Esta área tem uma pronunciada estação seca, com seu pico nos meses de Outubro a Dezembro, com baixa entrada de água doce, formando planícies estuarinas, com presença de vegetação marginal que diminui nas áreas mais internas do estuário, que permitem a manutenção de um ambiente cuja salinidade, embora variável, apresenta níveis elevados em relação aos manguezais típicos variando entre 35 e 51, característico de um estuário hipersalino (DIAS *et. al.*, 2007).

O estuário do Rio Casqueira (5° 05' 37" S; 36° 32' 21" W), localiza-se no distrito de Soledade (DIAS, 2006). A população local se distribui mais distante das margens do estuário, enquanto várias partes marginais são interrompidas por salinas e projetos de carcinicultura que podem ser considerados como fontes principais de impacto ambiental no local (ROSA *et. al.*, 2007), mas conferem a fonte de obtenção de renda dos moradores. O canal principal possui cerca de 20 km de extensão, todo recoberto por vegetação marginal de mangue e profundidades que variam de 1 a 8m. O estuário apresenta

salinidades que variam entre 37-50 (DIAS, 2006), enquanto seu regime hidrológico apresenta período chuvoso que pode ir de Março a Julho e período seco que se estende de Agosto a Fevereiro (OLIVEIRA, 2014), por sua vez, suas temperaturas médias anuais ficam em torno de 26,8°C, com máximas de 39,4°C e mínimas de 20,8°C (INMET, 2012).

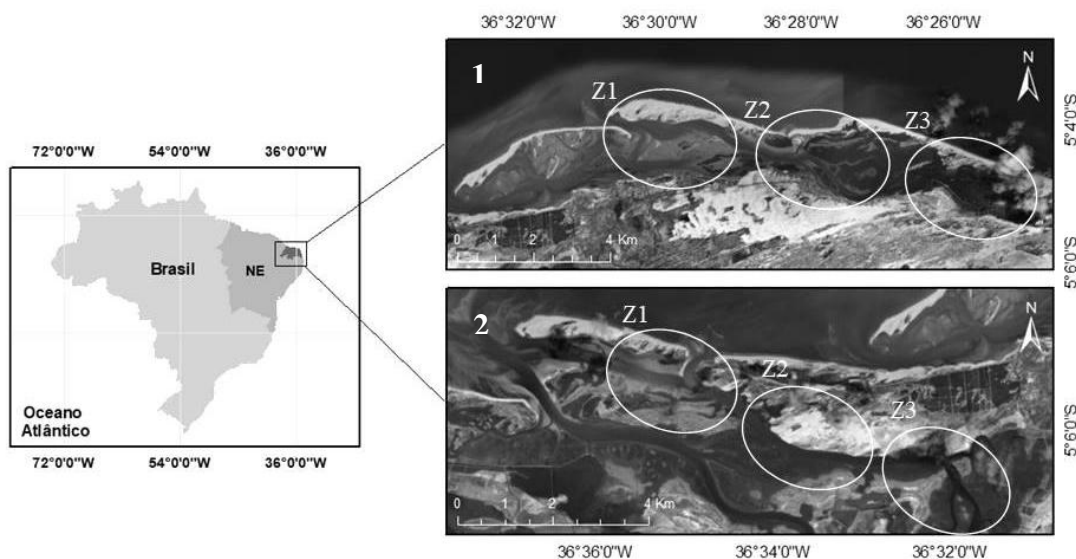


Figura 1 – Localização geográfica das duas áreas de estudo, estuários do Rio Tubarão (1) e Rio Casqueira (2), com indicações das zonas de coleta, no município de Macau, Rio Grande do Norte, Brasil. Z1= zona Inferior, Z2= Zona Intermediária e Z3= zona Superior.

Desenho Amostral

O programa de amostragens foi realizado em quatro meses de excursões, sendo, dois meses no período de estiagem (Novembro e Dezembro/2017), e outros dois meses no período de chuva (Maio e Julho/2018).

Foram determinadas três zonas ao longo de cada um dos canais principais: Uma zona inferior (Zona I), uma zona intermediária (Zona II) e outra zona superior (Zona III), de acordo com suas distâncias das bocas de cada ambiente. No estuário do rio Tubarão, a zona I esteve localizada a uma distância média de 2 km da boca do estuário, a zona II a 6 km e a zona III a uma distância de 8 km da boca. Já no estuário do rio Casqueira, a zona I foi situada a uma média de 5 km, a zona II a uma média de 8 km e a zona III situada a

uma distância média de 10 km da boca do estuário. Em cada uma dessas zonas, de cada ambiente, foram determinados três pontos de maneira randômica e espaçados entre si (Com localização marcada por GPS), e, para cada um desses pontos, foram realizadas três repetições, totalizando nove pontos e vinte e sete repetições por estuário em cada excursão.

Para a amostragem dos abióticos, em cada um dos arrastos, foram aferidos parâmetros ambientais de temperatura da água (°C), salinidade e profundidade (cm), com o auxílio de um termômetro, um refratômetro manual, e um Profundímetro Echotest II respectivamente, além de dados de transparência (cm) por meio de um disco de Secchi (NAKATANI, 2001). Também foram coletadas amostras de água, para posterior análise da clorofila α ($\mu\text{g/l}$). As amostras de água foram conservadas em garrafas plásticas com capacidade de 1L revestidas para evitar a entrada de luz, e acondicionados em recipiente térmico com gelo. Para a filtragem e determinação de clorofila das amostras, foi seguida a metodologia de Jespersen *et. al.* (1987) e Wintermans (1965). Os dados de precipitação foram obtidos no site do INMET (2018) e dados de largura de boca dos estuários, bem como largura dos canais nos pontos de coleta calculados através do programa Google Earth Pro.

Para a coleta do ictioplâncton, foram realizados diurnamente, durante as marés altas de sizígia, arrastos oblíquos no canal principal dos estuários. Cada um deles foi feito com o auxílio de uma rede de plâncton cônico-cilíndrica com 60 cm de abertura de boca, 1,50m de comprimento e 200 micra de abertura de malha, a qual foi amarrado um peso de 5kg e posicionado um fluxômetro mecânico (General Oceanic) em sua entrada para determinar o volume de água filtrada. Todos os arrastos foram padronizados em um tempo de 5 min, com velocidade de barco de 1,5 nós, para evitar ao máximo o escape de indivíduos.

Para a conservação das amostras do ictioplâncton, o material coletado foi colocado em potes de vidro de 300 ml com solução de 4% de formol, tamponados com água do mar devidamente etiquetados com data, local e arrasto (BARLETTA-BERGAN *et. al.*, 2002).

Essas amostras foram triadas com o auxílio de microscópio estereoscópio, onde larvas e ovos foram separados do restante dos organismos coletados. As larvas foram identificadas em nível de espécie e os ovos em nível de família com auxílio de

bibliografia especializada (RÉ, 1999; RICHARDS, 2006; FAHAY, 1983; KENDALL *et al.*, 1948; MOSER, 1996), levando em consideração aspectos como: Forma do corpo, comprimento total, localização e número de estruturas especializadas, como apêndices, espinhos e padrões de pigmentação. Depois de identificadas e quantificadas, as larvas foram conservadas em frascos etiquetados com volume proporcional a seu tamanho e fixadas em álcool 70%. Para classificar as larvas em estágios de desenvolvimento, foi usada a flexão da notocorda, sendo definidos quatro estágios: Larval vitelínico, pré-flexão, flexão e pós-flexão de acordo com Nakatani *et al.* (2001) e Kendall *et al.* (1984). E para a classificação das guildas ecológicas foram usadas as classificações de Santos *et al.* (2017) e Sales (2019).

Análises Estatísticas

Para avaliar diferenças espaciais e temporais significativas na densidade de ovos e larvas e dos parâmetros ambientais foi aplicado uma PERMANOVA (*Permutational multivariate analysis of variance*) com 9999 permutações. O teste pairwise da PERMANOVA foi aplicado para posteriores comparações entre os fatores que apresentaram diferenças significativas pelo PERMANOVA ($p\text{-value} < 0,05$). Para testar tais diferenças tal teste foi aplicado sobre o seguinte designer de três fatores: estuário (Com dois níveis: Rio Tubarão e rio Casqueira), período (com dois níveis: Seca e chuva) e zona (Com três níveis: Inferior, Intermediária e Superior).

Para os parâmetros ambientais, todos os dados foram transformados em $\log(x+1)$ para atender os requisitos de normalidade e homocedasticidade. O teste de colinearidade foi realizado para as variáveis pelo Draftsman plot, com nível de corte >0.7 para verificar quais variáveis eram colineares. No nosso caso, as variáveis não apresentaram colinearidade entre si, logo, todas foram usadas nas análises multivariadas. Posteriormente, os dados foram normalizados e usando a distância euclidiana foi feita uma matriz de similaridade.

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi utilizada para verificar a distribuição espacial e temporal das variáveis ambientais, no intuito de se observar se existem diferenças desses fatores entre estuários suas zonas e períodos (CLARKE; GORLEY, 2006).

Para os cálculos de densidades de ovos e larvas ($\text{Indx}100 \text{ m}^{-3}$), foi usado o volume de água filtrada, por meio de:

$$\Delta \text{ Flux} * 0,3 \text{ m} * 0,2827 \text{ m}^2 * 100 = \text{Volume de água filtrada (100 m}^3\text{)}$$

Onde, $\Delta \text{ Flux}$ será a diferença entre os valores de revolução final e inicial do fluxômetro, 0.3m a distância de uma revolução do fluxômetro e 0.6 m o diâmetro da boca da rede, totalizando uma área de $0,2827 \text{ m}^2$ ($A = \pi r^2$) (LIMA *et. al.*, 2015).

Para avaliar as diferenças espaço-temporais na densidade de ovos e larvas, os dados também foram transformados em $\log(x+1)$, e posteriormente construída uma matriz de similaridade utilizando o índice de Bray-Curtis e realizado uma PERMANOVA para os fatores apresentados anteriormente.

Por fim, para avaliar quais parâmetros ambientais foram preditores na estrutura da comunidade e selecionar o melhor modelo que explica tal relação, foi utilizado o modelo de regressão linear baseado em distância (DistLM) e a análise de ordenação redundante baseada na distância (dbRDA), onde foi possível observar quais variáveis melhor explicaram a distribuição dos ovos e larvas em ambos os estuários. Foram utilizados o método Best com critério de seleção sendo R^2 para gerar os gráficos da dbRDA. Uma correlação de Pearson foi utilizada para selecionar quais variáveis foram mais correlacionadas com os eixos da dbRDA, e essas foram dispostas como os vetores nos diagramas dessa ordenação. As análises multivariadas foram realizadas no programa PRIMER & PERMANOVA 6.

RESULTADOS

Parâmetros Ambientais

Diferenças significativas foram apresentadas para os parâmetros ambientais entre os estuários (Pseudo- $F_{1,183}=11.05$, $p=0.0001$), suas respectivas zonas (Pseudo- $F_{4,183}=4.198$, $p=0.0001$) e períodos (Pseudo- $F_{2,138}=5.0973$, $p=0.0001$).

Dentre todos os parâmetros, somente temperatura (Estuários: $p=0.6091$; zonas: $p=0.9071$; períodos: $p=0.9517$) e clorofila (Estuários: $p=0.1054$; zonas: $p=0.2576$; períodos: $p=0.8740$) não apresentaram diferenças significativas entre nenhum dos fatores analisados, enquanto os parâmetros de transparência (Estuários: $p=0.0252$; zonas: $p=0.0001$; períodos: $p=0.0001$), profundidade (Estuários: $p=0.0001$; zonas: $p=0.0056$; períodos: $p=0.0046$) e salinidade (Estuários: $p=0.0005$; zonas: $p=0.0494$; períodos: $p=0.0001$) apresentaram diferenças significativas para todos os fatores. O teste pairwise para cada um deles apontou que a transparência foi maior durante o período de chuva no estuário do rio Tubarão, enquanto os maiores valores de profundidade e salinidade foram observados no estuário do rio Casqueira durante o período chuvoso e seco, respectivamente.

Tabela 1 – Média e variação (mínima e máxima) dos parâmetros ambientais para os estuários do Rio Tubarão e Rio Casqueira, Macau-RN, Brasil, em seus períodos de seca e chuva, bem como em suas respectivas zonas (Inf = Inferior; Inter = Intermediária; Sup = Superior).

Parâmetros		Tubarão						Casqueira					
		Seca			Chuva			Seca			Chuva		
		Inf	Inter	Sup	Inf	Inter	Sup	Inf	Inter	Sup	Inf	Inter	Sup
Temperatura (°C)	Média	26.6	27.1	27.1	27.5	26.8	26.6	26.8	26.8	26.8	26.7	26.7	26.6
	Variação	26.7-28.8	26.1-28.1	26.5-28.1	26.0-28.9	25.0-28.0	25.0-27.7	26.6-26.9	26.4-27.1	26.8-26.9	24.0-28.8	25.0-28.8	25.0-28.8
Transparência (cm)	Média	93.8	83.8	93.3	120.3	89.2	96.1	77.8	78.9	108.9	89.2	97.2	96.1
	Variação	60-120	50-120	60-130	80-190	50-130	70-125	60-100	70-90	70-220	70-120	80-120	70-230
Profundidade (cm)	Média	216.2	243.6	181.7	264.4	166.7	163.9	375.6	238.9	258.9	460.8	435.8	163.9
	Variação	90-410	120-490	50-425	50-550	80-360	35-350	110-690	150-340	200-300	49-775	250-670	35-680
Salinidade	Média	34.0	35.4	36.5	37.3	37.4	37.7	35.2	37.3	40.0	38.2	37.5	37.7
	Variação	30-42	30-39	31-42	35-43	38-47	35-40	32-37	35-39	39-41	34-46	34-40	35-40
Clorofila (µg/l)	Média	3.52	5.22	7.73	4.44	6.08	6.74	4.93	8.88	3.95	10.20	8.88	6.74
	Variação	0.0-6.9	1.0-13.8	1.0-15.8	0.0-10.8	0.0-13.8	0.0-13.8	1.97-7.9	3.95-15.8	1.0-6.9	0.0-16.8	0.0-14.8	0.0-14.8
Pluviosidade (mm)	Média	4.6	4.6	5.0	52.5	52.5	52.5	7.5	7.5	7.5	52.5	52.5	52.5
	Variação	2.5 - 7.5	2.5 - 7.5	2.5 - 7.5	45.0-60.0	45.0-60.0	45.0-60.0	7.5 - 7.5	7.5 - 7.5	7.5 - 7.5	45.0-60.0	45.0-60.0	45.0-60.0
Distância da Boca (km)	Média	1.83	6.42	8.61	2.04	6.77	8.46	5.01	7.82	10.06	4.97	8.61	10.09
	Variação	0.3-4.4	5.1-8.3	6.2-9.6	0.2-4.9	6.2-7.5	7.5-9.3	4.7-5.3	6.4-9.4	9.5-10.6	4.1-5.8	7.1-10.4	9.7-10.7

Largura do Canal (km)	Média	0.99	0.13	0.09	0.23	0.17	0.49	0.19	0.24	0.16	0.25	0.16	0.12
	Variação	0.05-1.9	0.06-0.2	0.03-0.2	0.1-0.5	0.07-0.3	0.05-1.8	0.2-0.2	0.2-0.4	0.07-0.3	0.2-0.4	0.06-0.2	0.03-0.3

Tabela 2 – Resultados do teste Pair-wise da PERMANOVA para transparência, profundidade e salinidade entre os estuários do Rio Tubarão e Rio Casqueira, bem como em seus respectivos períodos de seca e chuva e suas diferentes zonas (Inf=Inferior; Inter=Intermediária; Sup=Superior).

	Parâmetros	Transparência		Profundidade		Salinidade	
		t	p	t	p	t	p
Tubarão	Estuário	2.2737	0.026	7.9117	0.001	3.6901	0.0003
	Período	2.6926	0.0092	1.6389	0.106	4.1386	0.0002
	Zona						
	Inf, Inter	3.9419	0.0002	1.1808	0.236	1.0637	0.2968
	Inf, Sup	2.144	0.034	2.9636	0.003	2.796	0.0073
	Inter, Sup	1.8326	0.0693	2.1799	0.027	1.1987	0.2414
Casqueira	Período	5.0423	0.0002	3.1695	0.005	0.4315	0.667
	Zona						
	Inf, Inter	1.8446	0.0697	0.42342	0.668	0.46446	0.644
	Inf, Sup	7.0402	0.0001	1.548	0.13	1.9507	0.0558
	Inter, Sup	6.3902	0.0001	1.8371	0.083	1.6806	0.1047

A Análise de Componentes Principais (PCA) apresentou os eixos PC1 e PC2 explicando 44,6% da variabilidade total dos dados das variáveis ambientais. O eixo PC1 separou os dois estuários, explicando 29,3% da variação total, colocando o estuário do Rio Tubarão relacionado positivamente com maiores temperaturas e larguras do canal no local de amostragem, e o estuário do Rio Casqueira diretamente relacionado com a largura da boca do estuário, profundidade, transparência, pluviosidade, salinidade, clorofila- α e a distância da boca. O eixo PC2 separou as zonas dos estuários, explicando 15,3% da variação total, colocando as zonas 1 relacionadas com a largura do canal, profundidade e a largura da boca do estuário e as zonas 2 e 3 intimamente relacionadas com a clorofila, transparência, pluviosidade, salinidade, temperatura e a distância da boca (Figura 2 e Tabela 3).

Tabela 3 - Coeficientes de autovetores dos componentes principais (PC1 e PC2) dos parâmetros ambientais entre os estuários dos rios Tubarão e Casqueira.

Variáveis	Coeficientes	
	PC1	PC2
Temperatura (°C)	-0,11	-0,22
Transparência (cm)	0,19	-0,06
Profundidade (cm)	0,33	0,39
Salinidade	0,28	-0,11
Pluviosidade (mm)	0,26	-0,08
Distância da Boca (m)	0,31	-0,50
Clorofila- α ($\mu\text{g/l}$)	0,21	-0,15
Largura do Canal (m)	-0,20	0,64
Largura da Boca (m)	0,51	0,22
Autovetores	2,93	1,53
% Variação Acumulativa	29,3	44,6

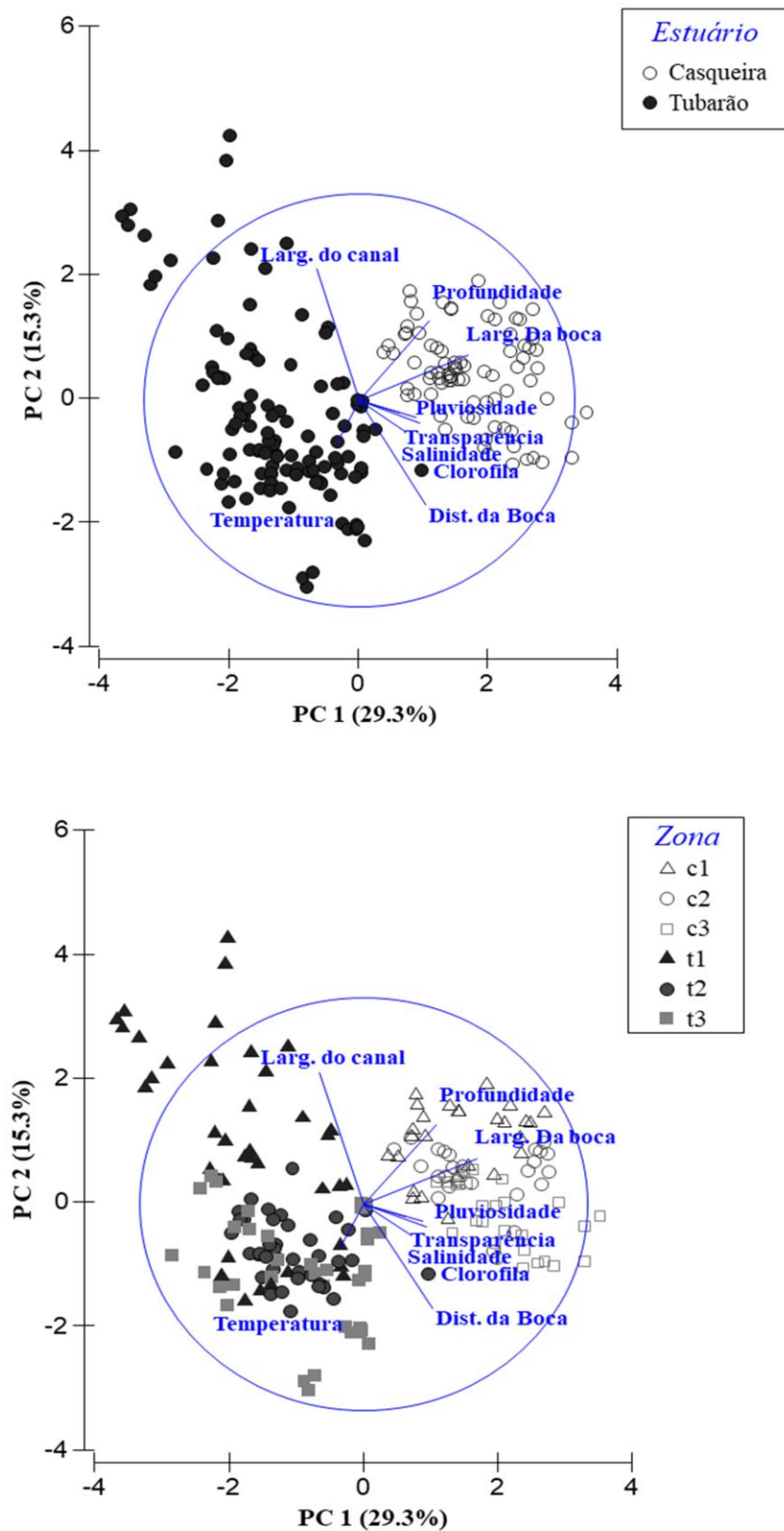


Figura 2 - Análises de Componentes Principais (PCA's) dos parâmetros ambientais nos estuários dos rios Tubarão (1t, 2t, 3t) e Casqueira (1c, 2c, 3c) codificados para os estuários e para as zonas.

Estrutura e Variação Espaço-Temporal do Ictioplâncton

Foram coletados 2762 ovos, que foram englobados em cinco famílias, e 423 larvas, as quais fizeram parte de trinta espécies (Tabelas 4 e 5). Para o estuário do rio Tubarão, foi coletado um total de 1964 ovos, que se enquadraram em cinco famílias, e 265 larvas, que faziam parte de vinte e duas das trinta espécies identificadas. Do total de ovos, 1602 foram coletados no período de seca e os outros 362 no período chuvoso. Foram registradas cinco famílias em ambos os períodos. Do somatório geral das larvas, 117 foram coletadas no período de estiagem do estuário, representando dezesseis espécies, enquanto 148 foram capturadas no período chuvoso, fazendo parte de dezessete do total geral de espécies.

No estuário do rio Casqueira, foi coletado um total de 798 ovos com representantes de cinco famílias e 158 larvas fazendo parte de vinte e uma espécies. Dos 798 ovos, 51 foram coletados no período seco enquanto 747 foram capturados no período chuvoso, sendo encontrados representantes de cinco famílias nos dois períodos. Das larvas, no período seco foram coletadas 43, que faziam parte de dezessete espécies e 115 no período chuvoso que correspondiam a treze espécies.

Analisando as densidades, ovos e larvas coincidiram suas zonas de maiores valores em cada um dos ambientes, exceto no período chuvoso do estuário do rio Casqueira, onde os ovos apresentaram maiores densidades na zona inferior do estuário, enquanto as larvas apresentaram seus maiores valores na zona superior do mesmo (Figura 3). De maneira geral para ambos os estuários, as espécies de larvas que mais contribuíram para os altos valores de captura foram *Atherinella brasiliensis*, *Lile piquitinga*, *Oligoplites saurus* e *Caranx latus* enquanto as famílias de ovos de maior representatividade foram Engraulidae e Clupeidae (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4 – Abundância de espécies de larvas encontradas nos dois estuários em seus respectivos períodos e zonas (Inf = Inferior; Inter = Intermediária; Sup = Superior). Guilda Ecológica (GE): Marinha Estuarina Dependente (MED), Somente Estuarina (SE). Variação do Comprimento Total (CT). Percentagem de Densidade Geral (Dens. Geral). Valores em negrito correspondem às espécies com as maiores percentagens de densidades encontradas.

ESPÉCIES	GE	CT	Dens. Geral (%)	TUBARÃO						CASQUEIRA					
				Inf		Inter		Sup		Inf		Inter		Sup	
				Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva
Engraulidae															
<i>Engraulidae</i> sp.	-	1.36 – 3.97	1.52	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anchoa filifera</i>	MED	4.45 – 6.28	1.34	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anchoa hepsetus</i>	MED	4.45 – 11.2	0.14	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Anchoa januaria</i>	MED	3.00 – 5.63	4.16	3	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lycengraulis grossidens</i>	MED	3.04	0.004	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Clupeidae															
<i>Clupeidae</i> sp.	-	2.16 – 3.51	0.70	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Harengula clupeola</i>	MED	3.07 – 5.44	1.35	4	2	2	-	-	-	1	-	-	-	-	1
<i>Lile piquitinga</i>	MED	2.23 – 5.49	23.11	4	6	38	4	-	2	3	-	2	1	2	4
<i>Opisthonema oglinum</i>	MED	2.79	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Sardinella brasiliensis</i>	MED	2.58 – 5.53	2.90	1	1	2	-	2	-	4	-	-	1	-	1
Mugilidae															
<i>Mugil</i> sp.	MED	1.54 – 2.27	2.37	1	-	2	-	-	-	-	-	-	2	-	31
Atherinopsidae															
<i>Atherinella brasiliensis</i>	SE	1.87 – 10.40	12.10	5	11	6	13	1	48	3	9	1	25	4	8
Hemiramphidae															
<i>Hyporhamphus unifasciatus</i>	MED	5.31 – 29.19	1.91	-	-	1	-	1	1	-	1	-	2	-	2
Syngnathidae															
<i>Hippocampus reidi</i>	SE	5.17	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Cosmocampus elucens</i>	SE	4.53 – 6.99	0.50	-	-	-	4	-	-	1	1	-	-	-	1
Serranidae															
<i>Cephalopholis cruentata</i>	MED	1.46 – 3.43	0.57	3	-	4	1	-	3	-	-	-	-	2	3
Carangidae															
<i>Carangidae</i> sp.	-	1.67	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Caranx latus</i>	MED	1.33 – 10.69	16.2	-	5	-	13	-	-	2	-	-	1	-	-

<i>Oligoplites</i> sp.	MED	1.71 – 1.84	3.97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-
<i>Selene vomer</i>	MED	1.59	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Oligoplites palometa</i>	MED	1.24 – 11.11	4.89	-	-	-	3	1	1	-	-	-	1	-	1
<i>Oligoplites saurus</i>	MED	1.26 – 11.62	10.21	3	3	5	8	2	5	-	5	1	2	4	10
Gerreidae															
<i>Eucinostomus argenteus</i>	MED	11.22 – 12.80	0.01	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Sparidae															
<i>Archosargus rhomboidalis</i>	MED	5.28	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Gobiidae															
<i>Ctenogobius boleosoma</i>	SE	1.97	0.02	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Ephippidae															
<i>Chaetodipterus faber</i>	MED	7.63	0.02	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Achiridae															
<i>Achirus lineatus</i>	SE	1.60 – 4.50	5.40	1	-	9	2	3	1	-	-	-	-	-	-
Tetraodontidae															
<i>Colomesus psittacus</i>	SE	1.36 – 2.05	0.17	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Sphoeroides greeleyi</i>	MED	1.33 – 1.64	0.01	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sphoeroides testudineus</i>	SE	1.29 – 2.18	5.43	-	1	2	2	-	-	-	-	1	-	-	1

Tabela 5 – Abundância de famílias de ovos encontradas nos dois estuários em seus respectivos períodos e zonas (Inf = Inferior; Inter = Intermediária; Sup = Superior). Percentagem de Densidade Geral (Dens. Geral). Valores em negrito correspondem às espécies com as maiores percentagens de densidades encontradas.

ESPÉCIES	Dens. Geral (%)	TUBARÃO						CASQUEIRA					
		Inf		Inter		Sup		Inf		Inter		Sup	
		Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva
Clupeidae	32.43	226	216	92	55	5	7	14	193	1	123	1	81
Engraulidae	61.33	358	6	559	2	301	2	23	181	1	43	-	38
Achiridae	2.65	1	1	3	44	2	-	-	32	-	6	2	2
Mugilidae	1.73	12	13	11	2	3	-	-	5	-	8	2	3
Carangidae	1.86	11	10	16	3	2	1	3	15	1	9	3	8

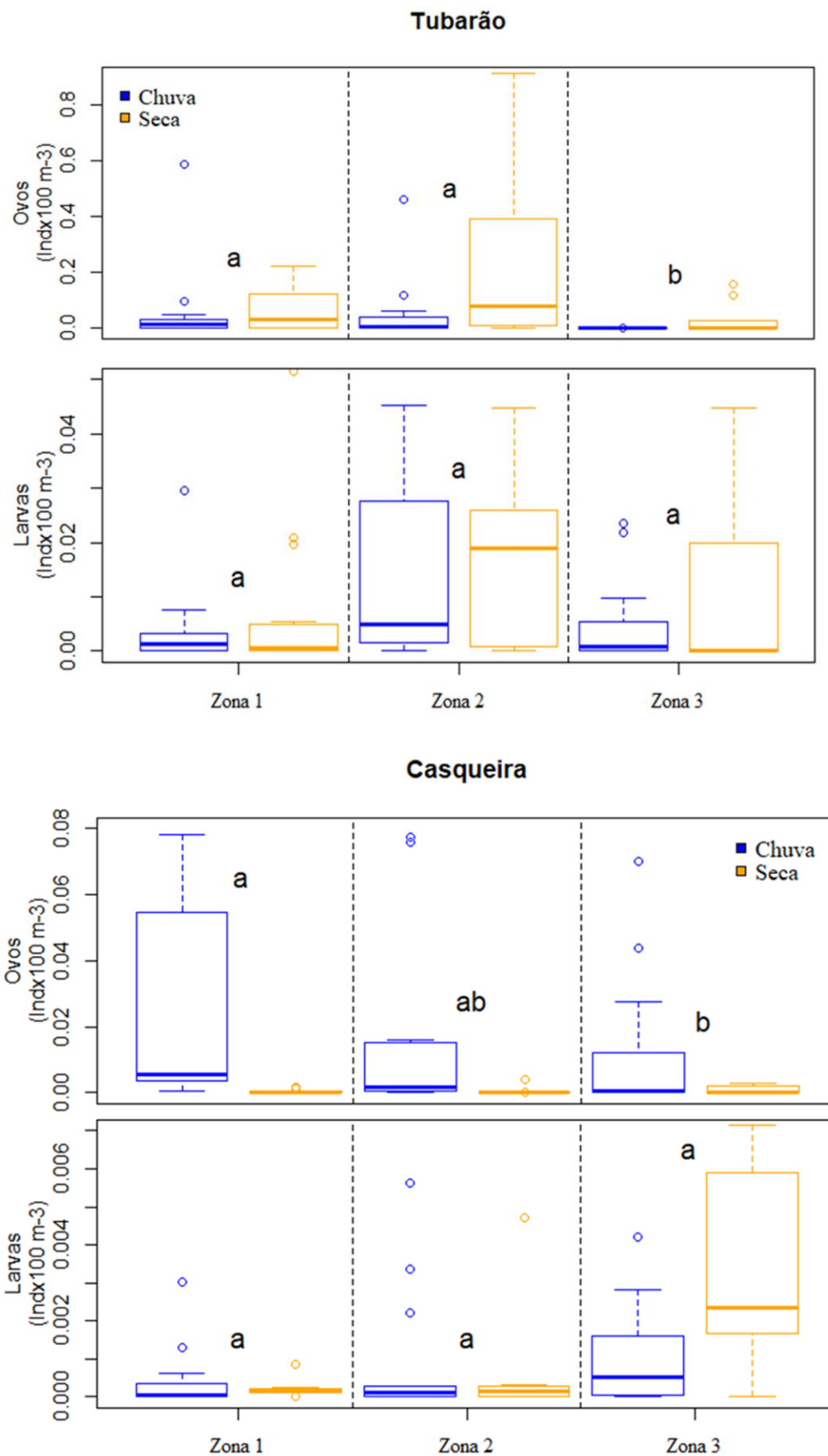


Figura 3 – Box Plots das densidades de ovos (“Ind*100⁻³”) e larvas (“Ind*100⁻³”) nas três zonas de cada um dos estuários (Tubarão e Casqueira) em seus períodos de seca e chuva. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($P < 0,05$).

A densidade das larvas apresentou diferença significativa tanto entre períodos (Pseudo- $F_{1,120}=2.7559$, $p=0.0003$) quanto entre os estuários (Pseudo- $F_{1,120}=2.8767$, $p=0.0023$) (Apêndice 1); apenas as zonas de cada um dos ambientes (Pseudo- $F_{4,120}=1.1021$, $p=0.2596$) não exibiram diferenças de densidades significativas entre si (Figura 3). O estuário do rio Tubarão apresentou os maiores valores de densidade do grupo (Apêndice 2), sobretudo em sua zona intermediária. Para os períodos, durante a seca foi exibido as maiores densidades de larvas nos estuários.

Com relação aos ovos, foram observadas diferenças significativas de densidades entre todos os fatores analisados: Estuário (Pseudo- $F_{1,127}=5.3246$, $p=0.0002$), zona (Pseudo- $F_{4,127}=1.9047$, $p=0.0113$) e período (Pseudo- $F_{2,127}=11.671$, $p=0.0001$). Entre os estuários, o estuário do rio tubarão apresentou a maior densidade de ovos, onde, dentre suas zonas, as zonas inferior e intermediária se diferenciaram da zona superior, por apresentarem maiores valores de densidade desses ovos (Apêndice 2). Quando observados os períodos, de maneira geral foi observada uma densidade de ovos significativamente maior no período de seca.

Influência dos Fatores Abióticos

No estuário do rio Tubarão, a análise de ordenação redundante baseada na distância (dbRDA) evidenciou a relação de seu primeiro eixo com a distribuição temporal tanto de larvas quanto de ovos. Para as larvas, 59,7% da distribuição foi explicada, onde *Achirus lineatus*, *Lile piquitinga* e *Anchoa januaria* foram as espécies que estiveram diretamente relacionadas com o período de seca, enquanto *Eucinostomus argenteus* e *Cosmocampus elucens* estiveram diretamente relacionadas ao período chuvoso e estiveram sobre maior influência da pluviosidade (Figura 4). Os ovos tiveram 88,3% de sua distribuição explicada pela separação temporal, onde apenas a família Achiridae esteve relacionada com o período chuvoso e todas as outras com o período seco, estando positivamente relacionadas com a temperatura e negativamente com a pluviosidade (Figura 5).

Para o estuário do rio Casqueira, a dbRDA, assim como no estuário do rio Tubarão, apresentou seu eixo 1 relacionado com a distribuição temporal do icteoplâncton. As larvas tiveram 48,8% de sua distribuição explicada, onde as espécies *Lycengraulis*

grossidens, *Colomesus psittacus* e *Sardinella brasiliensis* se apresentaram relacionadas ao período de seca do estuário sendo diretamente influenciados pela largura do canal no local de amostragem, enquanto *Cephalopholis cruentata*, *Atherinella brasiliensis*, *Mugil sp.*, *Hyporhamphus unifasciatus* e *Oligoplites palometa* foram as espécies que estiveram mais relacionadas com o período chuvoso, diretamente influenciadas pela pluviosidade (Figura 4). Por outro lado, 72,3% da distribuição dos ovos foi explicada, onde as famílias Clupeidae e Engraulidae estiveram relacionadas com o período chuvoso do estuário, estando diretamente sob influência da fator pluviosidade e negativamente relacionadas com a largura do canal no local de amostragem (Figura 5).

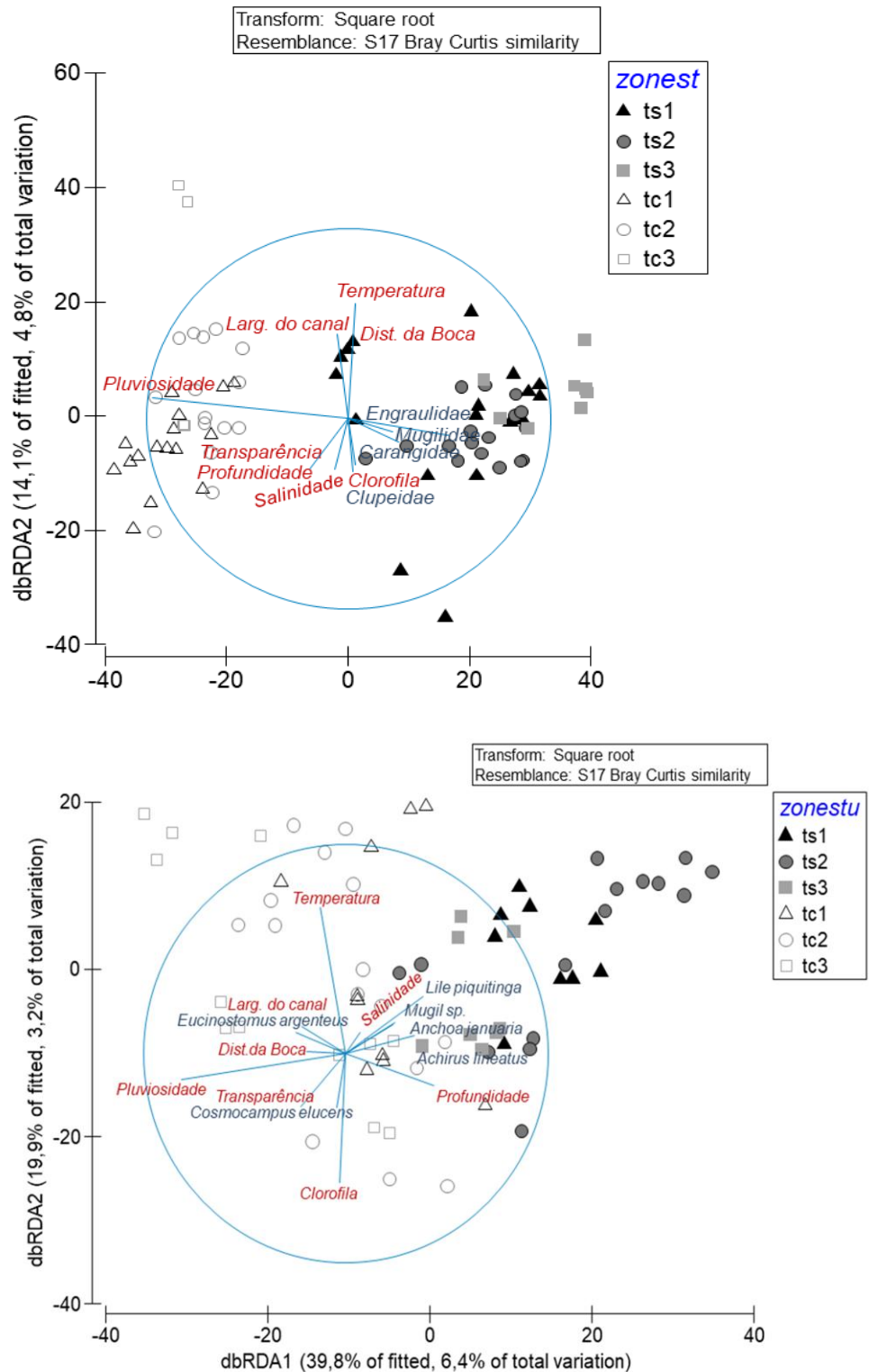


Figura 4 - Análise de ordenação redundante baseada na distância (dbRDA) evidenciando a distribuição de ovos (A) e larvas (B) a partir das influências dos parâmetros ambientais no estuário do rio Tubarão (t) em cada zona nos períodos de seca (s1, s2, s3) e chuva (c1, c2, c3).

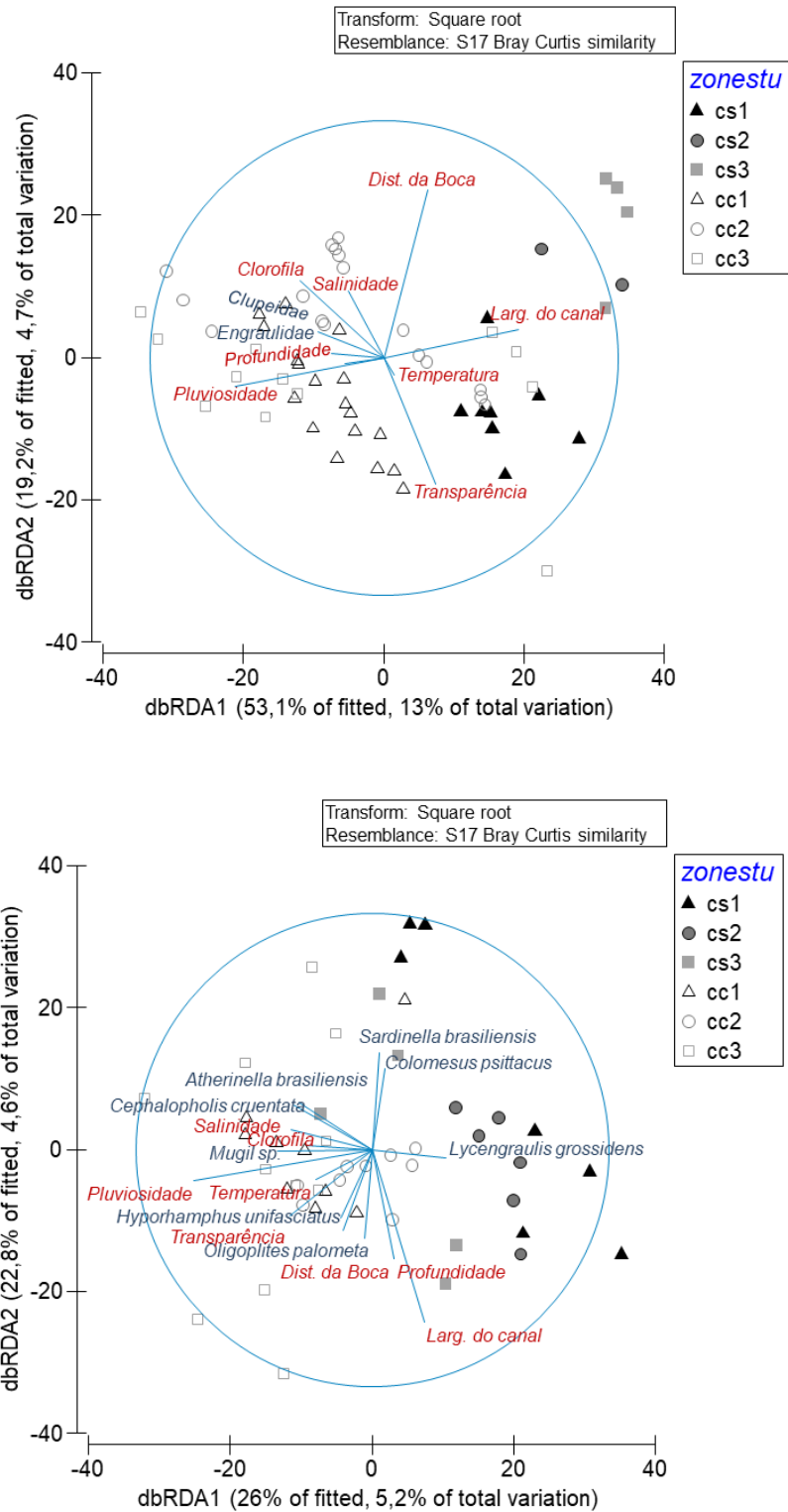


Figura 5 - Análise de ordenação redundante baseada na distância (dbRDA) evidenciando a distribuição de ovos (A) e larvas (B) a partir das influências dos parâmetros ambientais no estuário do rio Casqueira (c) em cada zona nos períodos de seca (s1, s2, s3) e chuva (c1, c2, c3).

Desenvolvimento Larval

Ao observar o desenvolvimento das larvas, foi possível notar que no período chuvoso do estuário do rio Tubarão não foram encontradas larvas em estágio pós-vitelínico, fato que não se repetiu no estuário do rio Casqueira onde, em todas as suas zonas, nos dois períodos, foram encontradas larvas em todos os estágios de desenvolvimento (Figura 6).

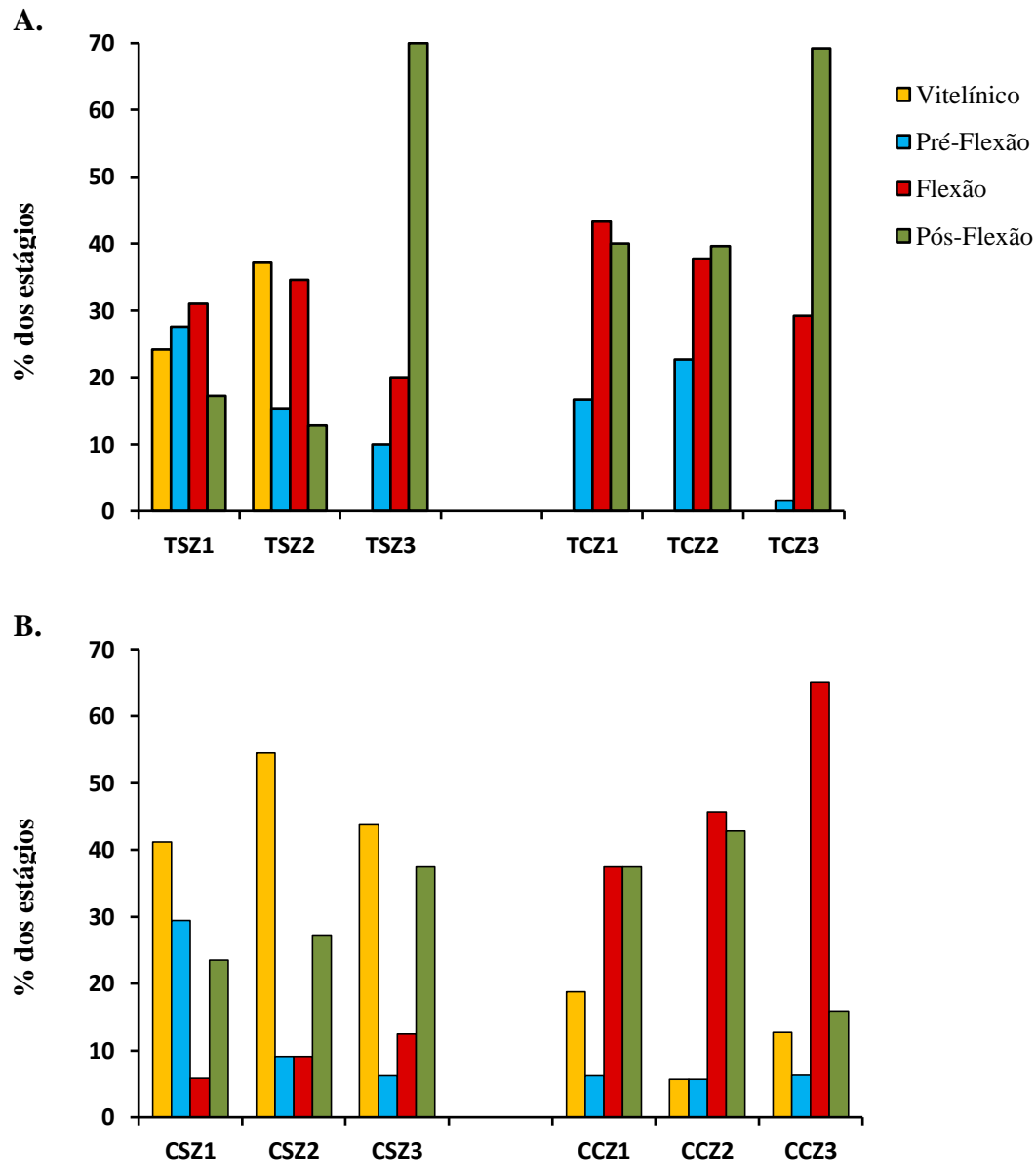
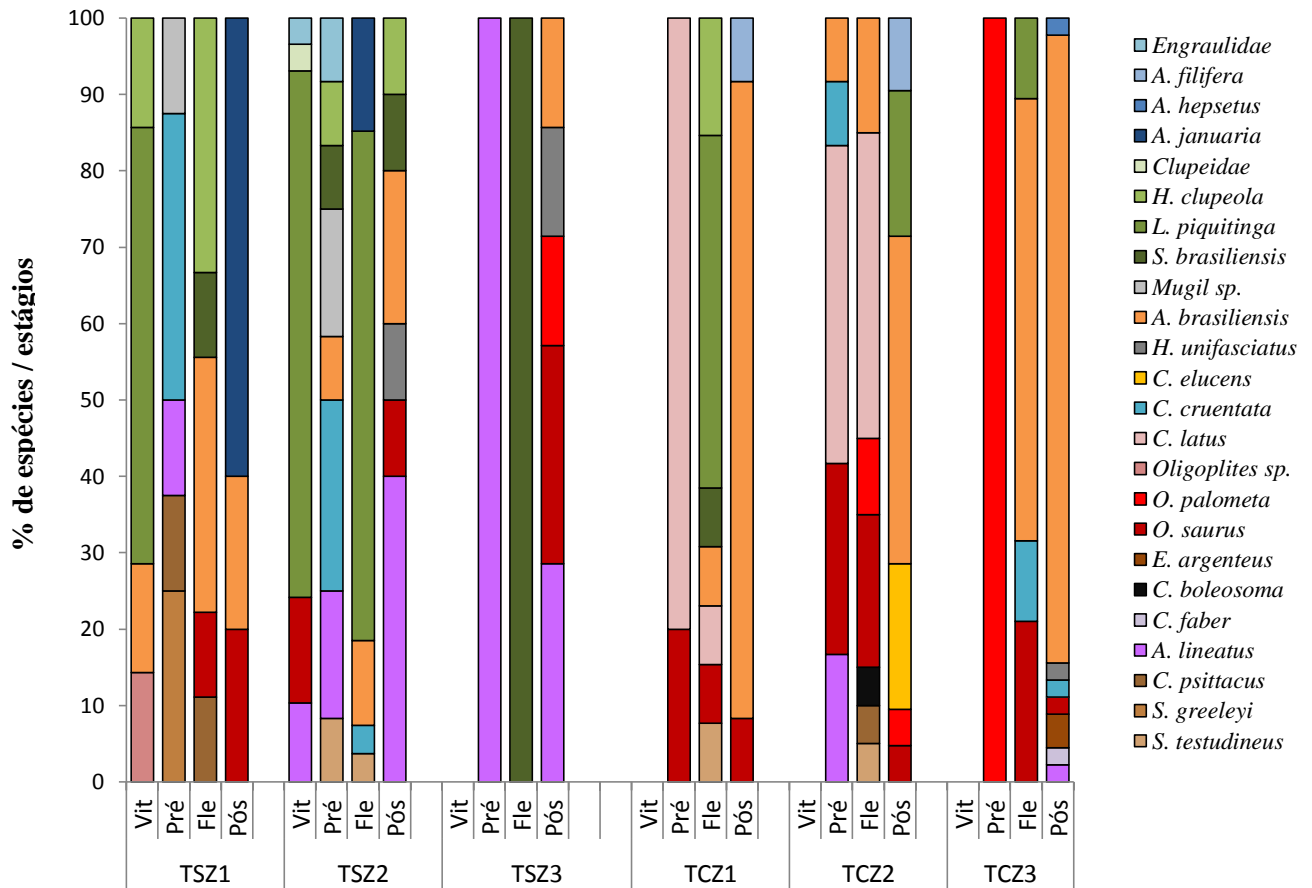


Figura 6 - A. Percentagem dos estágios larvais do ictiopâncton em cada uma das zonas do estuário do rio Tubarão (Z1 - Inferior, Z2 - Intermediária, Z3 - Superior) em seus períodos de seca (TS) e chuva (TC); **B.** Percentagem dos estágios larvais do ictiopâncton em cada uma das zonas do estuário do rio Casqueira (Z1 - Inferior, Z2 - Intermediária, Z3 - Superior) em seus períodos de seca (CS) e chuva (CC).

No estuário do rio Tubarão, foi possível observar certa substituição dos estágios de desenvolvimento entre os períodos, onde, as espécies nos estágios vitelínico e de pré-flexão, presentes em quase todo o estuário no período seco, foram substituídas por um maior número de indivíduos em estágios de flexão e pós-flexão no período chuvoso. *Lile piquitinga* foi a espécie de maior representatividade para a percentagem geral do estágio vitelínico, enquanto *Atherinella brasiliensis* foi a espécie que mais influenciou o total larval em estágio de pós-flexão no estuário. Para os tamanhos, a maior variação dos comprimentos foi observada no período de seca, onde houve uma variação de 1.26 a 29.19 mm entre as zonas, enquanto no período chuvoso foram encontrados tamanhos, dentro dos quatro estágios de desenvolvimento, que foram de 1.24 a 15.41 mm (Figura 7).

No estuário do rio Casqueira, observa-se um padrão de substituição de estágios de desenvolvimento similar ao encontrado no estuário do rio Tubarão, onde, as maiores percentagens de larvas que, no período seco, estão em estágios vitelínico e de pré-flexão, dão espaço a maiores percentagem larvais em estágios de flexão e pós-flexão no período de chuva. Nesse estuário, representantes da família Clupeidae foram as espécies que mais contribuíram para as maiores percentagens de larvas em estágio vitelínico no período de seca, sendo substituídos por *Oligoplites saurus*, espécie que dominou este estágio no período chuvoso. Por sua vez *A. brasiliensis* foi a espécie mais representativa para os estágios mais desenvolvidos (Flexão e Pós-Flexão), sobretudo no período de chuva. Para os dados de tamanho, a maior variação dos comprimentos totais foi observada no período chuvoso, onde foram obtidos valores de 1.33 a 13.74 mm entre as zonas, enquanto no período seco, essa variação foi de 1.29 a 10.69 mm, quando observada a variação de todos os estágios de desenvolvimento ao longo do estuário (Figura 8).

A.



B.

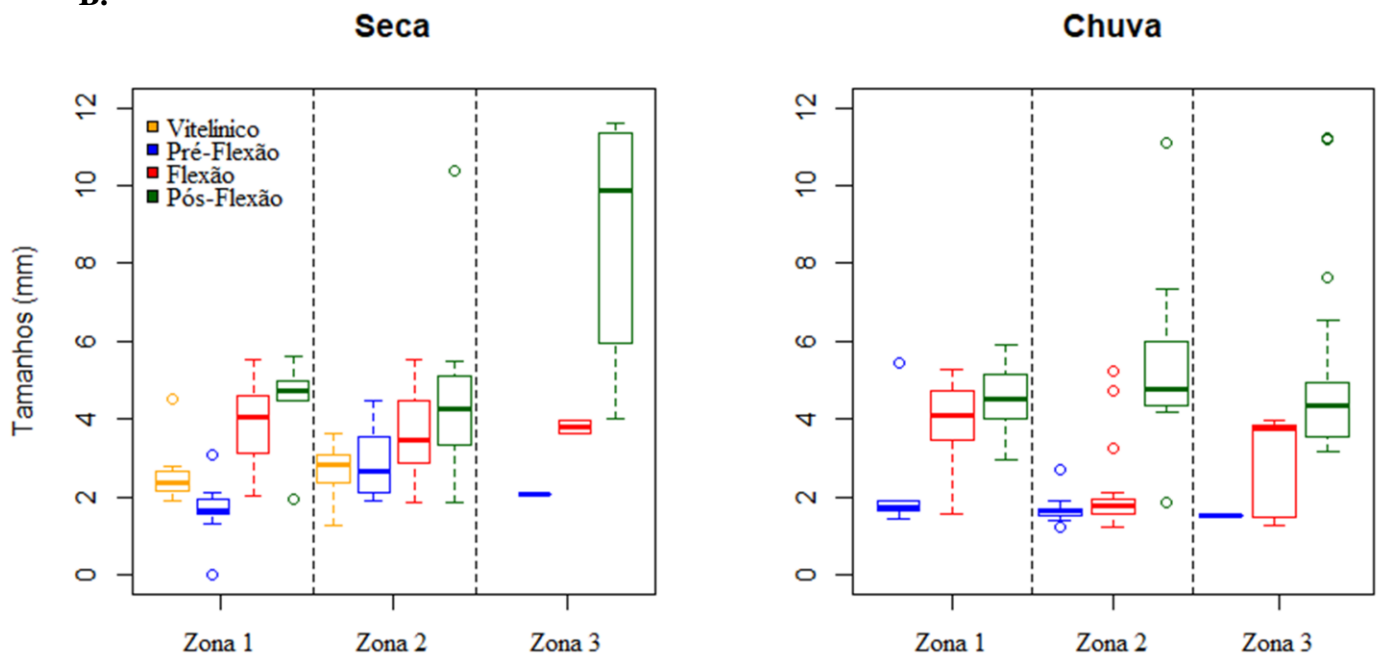
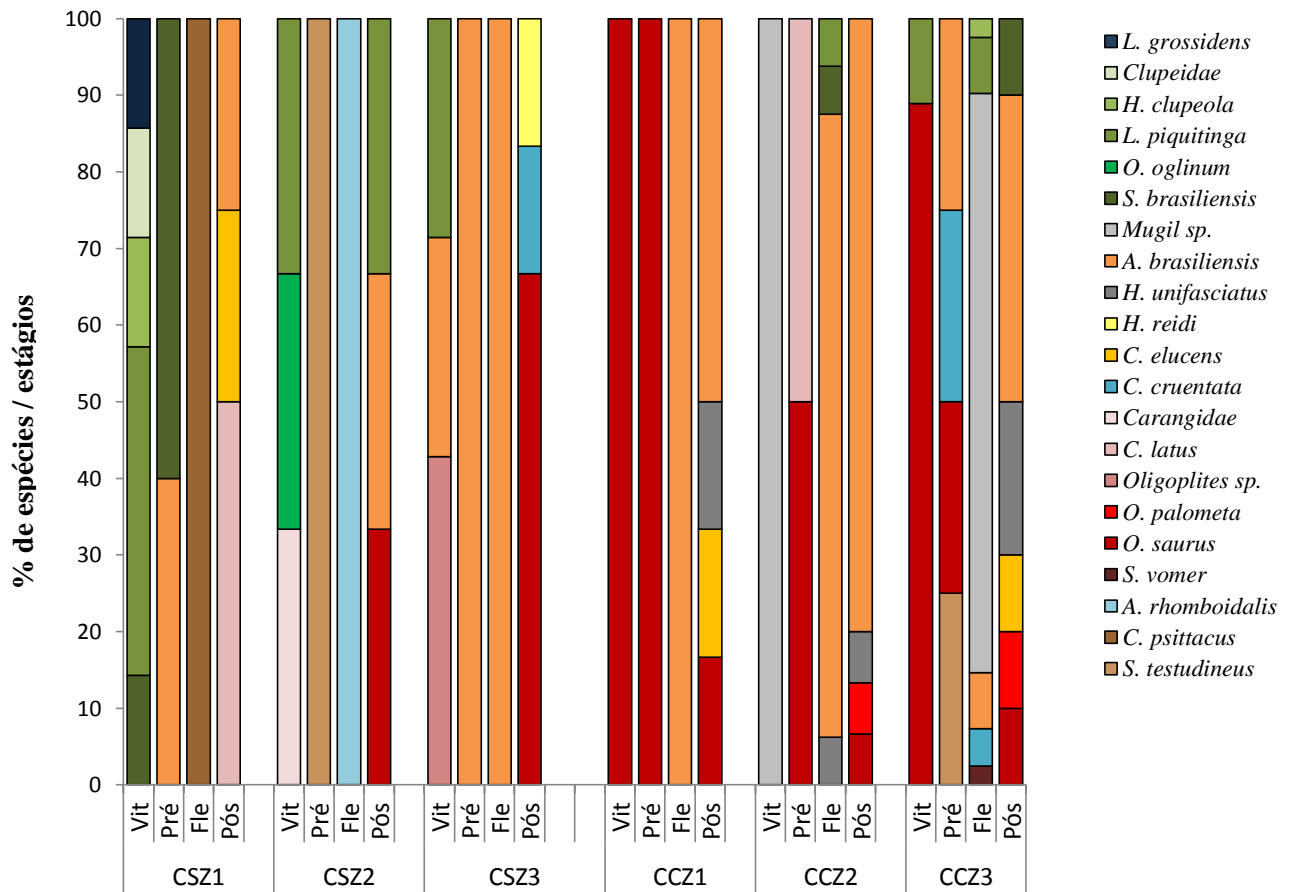


Figura 7 - A. Contribuição percentual das espécies para cada estágio de desenvolvimento em cada uma das zonas do estuário do rio Tubarão (Z1 - Inferior, Z2 - Intermediária, Z3 - Superior) em seus períodos de seca (TS) e chuva (TC); **B.** Variação dos tamanhos larvais para cada estágio de desenvolvimento nas zonas do estuário do rio Tubarão.

A.



B.

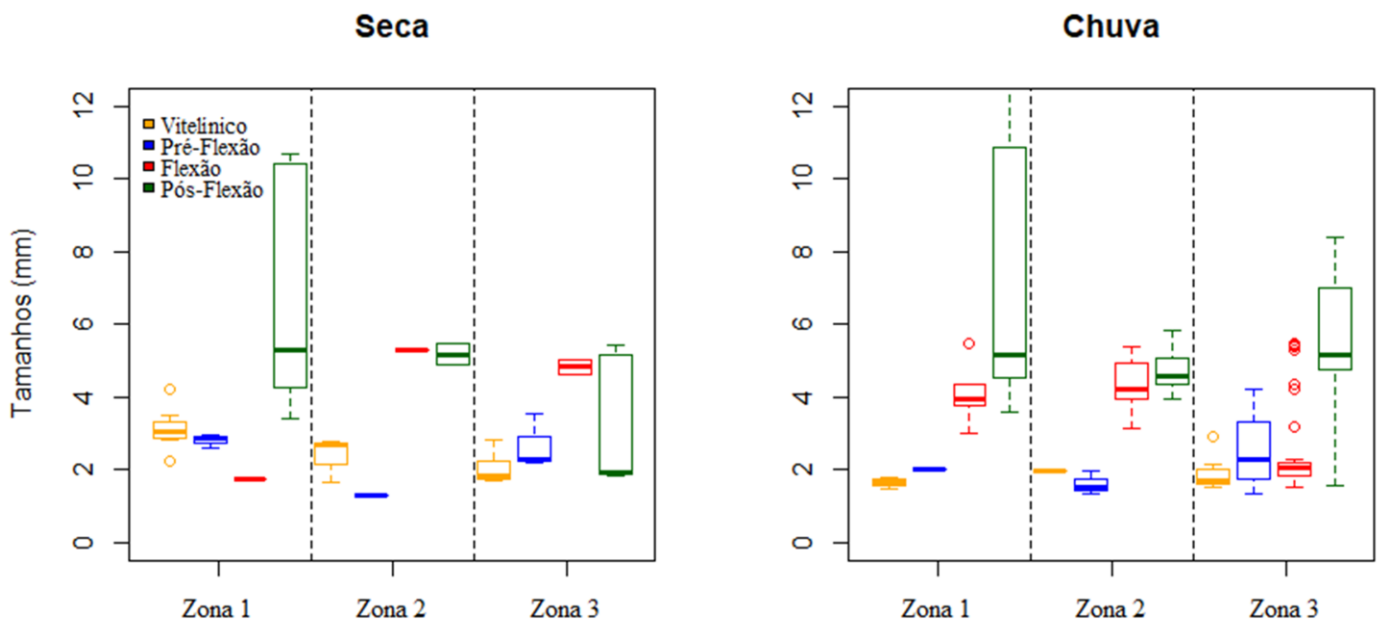


Figura 8 - A. Contribuição percentual das espécies para cada estágio de desenvolvimento em cada uma das zonas do estuário do rio Casqueira (C1 - Inferior, C2 - Intermediária, C3 - Superior) em seus períodos de seca (CS) e chuva (CC); **B.** Variação dos tamanhos larvais para cada estágio de desenvolvimento nas zonas do estuário do rio Casqueira.

DISCUSSÃO

Os resultados do nosso estudo nos estuários com características hipersalinas indicaram uma variação espacial e temporal do icteoplâncton, apontando a importância das variáveis preditoras de pluviosidade, profundidade, temperatura da água, largura do canal, e o destaque da heterogeneidade desses ecossistemas costeiros para riqueza de espécies e a densidade dos ovos e larvas, aceitando assim as hipóteses que foram formuladas e testadas nesse trabalho.

Estudos realizados em outros estuários sugerem que esses fatores ambientais são preditores para a composição e abundância do icteoplâncton em áreas temperadas (PRITCHETT; PYRON, 2012; EICK; THIEL, 2014; SOLARI *et. al.*, 2015), bem como em áreas tropicais (KANTOUSSAN *et. al.*, 2012), garantindo assim uma retenção larval, e conseqüentemente maior sobrevivência dessas larvas e ovos nesses ambientes. Além disso, os estuários estudados, localizados na área tropical com características semiáridas foram utilizados por espécies de peixes durante a fase inicial do ciclo de vida, com destaque para as espécies de origem marinha que utilizam tais habitats, como *Cephalopholis cruentata*, *Caranx latus*, *Oligoplites palometa* e *O. saurus*. Este resultado pode ser associado ainda ao transporte e retenção de ovos e larvas nos estuários, uma vez que a maioria dos grupos encontrados se reproduz em áreas costeiras próximas à entrada dos estuários (MED) (Isaac, 1988), sendo essa hipótese corroborada em nosso estudo. Outros estudos realizados em estuários tropicais destacam essa importância desses ambientes como locais de dispersão e crescimento para os peixes, e conseqüentemente para manutenção das populações e dos estoques pesqueiros (LIMA; BARLETTA, 2016; SALES *et. al.*, 2018; SILVA *et. al.*, 2018), garantindo sempre novas demandas de indivíduos através do processo de recrutamento. Esses resultados, portanto, refletem a importância e a qualidade desses ambientes hipersalinos como áreas de berçário para os peixes, principalmente para os adultos que o habitam e têm sua origem costeira-marinha.

De maneira geral, foram observadas distribuições de densidade distintas para os dois estuários. No estuário do rio Tubarão, as características ambientais de menores valores de profundidade associadas com as maiores salinidades na zona superior desse ambiente (Zona 3) apontaram uma distribuição da abundância diminuindo em direção a essa área;

já as maiores profundidades e o ambiente mais complexo registrados nesta mesma zona (Zona 3) do estuário do rio Casqueira, foram condicionantes ambientais importantes que influenciaram nos maiores valores de densidade e abundância a montante do estuário, diminuindo em direção a área de conexão com o oceano. Em ambientes tropicais a salinidade é o principal filtro ambiental a afetar a distribuição do ictioplâncton nos estuários (SLOTERDIJK, H *et. al.*, 2017; RÉ, 1999; LIMA, *et. al.*, 2015), uma vez que está correlacionado com o balanço osmorregulatório das larvas influenciando no estresse e nas taxas de mortalidade quando as mesmas são submetidas ao gradiente salino. Durante essa fase do ciclo de vida, muitas larvas ainda não têm brânquias e rins completamente desenvolvidos, considerados importantes órgãos osmorregulatórios e adaptativos em peixes, e por isso estão mais vulneráveis a ambientes mais salinos, uma vez que haverá maior demanda de energia para o balanço osmorregulatório (RÉ, 1999; SAMPAIO; BIANCHINI, 2002; OLIVEIRA; PESSANHA, 2014).

Essas variações também foram observadas por outros autores em estuários tropicais do sudeste do Brasil (SANTOS *et. al.*, 2017), bem como em outros países, como no Senegal (SLOTERDIJK *et. al.*, 2017), onde foi indicado que essa variabilidade da composição tenha sido impulsionada por diferentes combinações das variáveis ambientais, dando origem a diferenças intra e inter-estuários, ideia que corrobora com as variações encontrados neste estudo.

As maiores temperaturas registradas na parte superior do estuário do rio Tubarão, podem ter atuado como um filtro ambiental, influenciando na densidade dessas larvas no local, sobretudo aquelas em estágios iniciais de desenvolvimento (larval vitelínico), que não estiveram presentes na zona superior deste estuário. Mudanças nas variáveis ambientais influenciam a filtragem ecológica alterando o comportamento, metabolismo e a distribuição dos ovos e larvas (SCHMITT; OSENBERG, 1995). Por exemplo, o estudo sobre o desenvolvimento da espécie *Lates calcarifer* indicou que as temperaturas maiores que 26°C influenciaram no desenvolvimento e aumentaram a taxa de mortalidade das larvas desses peixes (THEPÓT; JERRY, 2015). Os valores de temperatura da água sempre foram maiores nessa zona do estuário, sendo amplificado pela ação da pequena profundidade, uma vez que o calor oriundo da insolação é melhor dissipado onde a lâmina d'água é menor. No caso dos resultados registrados, também poderíamos associá-los com a Teoria

Metabólica da Ecologia, uma vez que essa assume que os padrões de distribuição e diversidade de espécies estão relacionados à temperatura, pois esta interfere diretamente no metabolismo dos indivíduos (CASSEMIRO; DINIZ-FILHO, 2010), isto explica também a presença de larvas nesse mesmo estágio ao longo de todo o estuário do rio Casqueira, uma vez que este estuário apresenta maiores profundidades, dissipando, conseqüentemente, uma maior quantidade de calor e dando espaço a chegada de larvas em estágios de desenvolvimento menores a zonas mais internas deste ambiente.

Neste estudo, um destaque também apontado pelos resultados, foi à influência das chuvas para o ictioplâncton, sobretudo nesses ambientes do semiárido. Uma vez que, mesmo sendo registrados pequenos valores de precipitação ao longo dos meses de amostragem (entre 2.5 e 60 mm de pluviosidade), essa foi uma importante variável preditora na separação das características ambientais observadas nos resultados da PCA entre os estuários, além da sua importância na configuração da estrutura e composição da comunidade ictioplanctônica. Fato que foi confirmado pelos resultados da análise de ordenação redundante baseada na distância (dbRDA), onde foi visto que, para os dois estuários em ambos períodos analisados, a pluviosidade foi o principal parâmetro ambiental para a predição da distribuição dos ovos e larvas ao longo dos ambientes. O levantamento de dados climatológicos dessa região aponta que o fenômeno da maritimidade com os ventos provenientes do oceano são responsáveis pelo regime de poucas chuvas na região, uma vez que essa área é a considerada a mais seca da costa do Brasil (DINIZ; PEREIRA, 2015).

Como observado por Barletta *et. al.* (2003) em seu trabalho no estuário do rio Caeté, a pluviosidade influencia diretamente na reprodução das espécies de peixes e conseqüentemente no recrutamento do ictioplâncton. Além disso, com o curto período chuvoso na região semiárida, a descarga de nutrientes de origem alóctone influencia a dinâmica das larvas para o interior dos estuários, devido ao aumento da disponibilidade de recursos, pela maior produtividade primária, e as baixas nos índices de salinidade (HSIEH *et al.*, 2010). Durante o levantamento de recursos do zooplâncton no período chuvoso na região, Sankarankutty *et. al.* (1997) destacaram o aumento desses recursos alimentares para os peixes. Tal fato, unido ao surgimento da capacidade de locomoção ativa encontrada em estágios maiores de desenvolvimento, explica a maior presença de larvas em estágios de flexão e pós-flexão encontrados em maior abundância no período chuvoso, em ambos os estuários. É importante destacar ainda, que essa área do litoral

brasileiro sofre também a influência da corrente Norte do Brasil, caracterizada por ser pobre em nutrientes, e por isso esses locais protegidos assumem uma importância fundamental como áreas de berçário (ISLAM *et al.*, 2006; MACHADO *et al.*, 2017).

A análise das guildas ecológicas indicou que mais de 70% das espécies são representadas por espécies marinho estuarinas dependentes (MED). A alta porcentagem é um indicativo da importância da utilização do ambiente estuarino para o desenvolvimento e crescimento mais rápido e seguro que no próprio ambiente marinho. Muitas dessas larvas se beneficiam desses estuários hipersalinos na costa semiárida do Brasil, em decorrência das altas concentrações de presas, além de habitats mais estruturados, como manguezais ou banco de fanerógamas marinhas, que fornecem recursos alimentares em abundância e refúgio contra predadores (SALES *et al.* 2018). A grande densidade das larvas de espécies das famílias Carangidae e Serranidae, que são tipicamente estuarinas dependentes, suportam essa hipótese, uma vez que larvas e juvenis dessas espécies são encontradas em abundância nesses habitats. Além disso, a presença de espécies pertencentes à guilda somente estuarina (SE) aponta que essas espécies desenvolveram adaptações morfológicas e especializaram seus sistemas fisiológicos ao ambiente hipersalino, para que fosse possível garantir seu sucesso nesses locais, uma vez que se trata de espécies tipicamente encontradas em ambientes positivos (estuários normais), mas que apresentam sucesso de sobrevivência similar nesses ambientes hipersalinos (OOI; CHONG, 2011).

Para as larvas, os dados de densidade testados pelo PERMANOVA indicaram diferenças significativas para cada um dos estuários, sendo indicativo de estratégias diferenciadas que garantem a sua retenção nesses ambientes. No caso do estuário do rio Tubarão, o teste marginal do DISTLM indicou como variáveis preditoras da variação espacial das larvas os parâmetros de largura do canal, temperatura e profundidade. Nesse caso, as zonas intermediária e superior apresentaram maiores correlações para largura do canal e temperatura e menores correlações para profundidade. Nessas áreas foram registradas em nosso estudo, as maiores densidades de *E. argenteus*, *L. piquitinga* e *A. januaria*. Estudos sobre a ictiofauna realizados por Sales *et al.* (2018) e Silva *et al.* (2018) indicaram uma alta abundância correlacionada com a profundidade nesse estuário. No caso da largura do canal, Sales *et al.* (2018) sugeriram ainda que a alta abundância de larvas de peixes esteve relacionada com uma característica importante desse ecossistema costeiro: a abertura permanente na zona inferior desse estuário, que

permite o recrutamento de larvas de peixes, principalmente de espécies marinhas que desovam na plataforma continental. Outros estudos indicam ainda, uma maior densidade de ovos e larvas em áreas mais profundas do estuário, como no caso do estuário subtropical da Bahia Blanca (Uruguai) (HOFFMEYER *et. al.*, 2009), e também na parte estuarina da Bahia de Todos os Santos (Brasil), localizada numa área tropical (KATSURAGAWA *et. al.* 2011).

Para o estuário do rio Casqueira, o diagrama de ordenação da dbRDA indicou uma dispersão ampla das amostras referentes a zona superior em relação as outras zonas, sendo resultado da maior abundância de larvas registradas nesse local. Nesse caso, a variável preditora largura do canal apresentou as correlações menores com as amostras dessa zona, conforme os resultados apresentados pelo teste marginal do DISTLM. Esta área superior do estuário do rio Casqueira apresenta uma heterogeneidade ambiental criada pelas raízes do manguezal numa área onde o canal se torna mais estreito, o que favorece a retenção de larvas nesses ambientes. Isso sugere que a hipótese do refúgio (RICKLEFS, 2010) pode estar associada a essa variação, pois há uma relação direta entre o número de áreas de refúgio e de recursos alimentares para serem exploradas pelas larvas.

Além disso, a própria geomorfologia desse estuário com maiores profundidades e meandros, pode funcionar como uma espécie de barreira à dispersão dos indivíduos. Importante destacar que o estuário do Casqueira apresenta águas transparentes que acabam expondo as larvas a uma maior taxa de predação, e no caso de ambientes mais estruturados na parte superior, estariam atuando como locais de refúgio dos predadores. Santos *et. al.* (2017) também registraram esse comportamento para o ictioplâncton na Baía de São Marcos (MA), onde as larvas utilizaram a parte mais interna do estuário devido a maior disponibilidade de proteção em virtude de águas menos turbidas nesse ecossistema. Dessa forma, nota-se que as particularidades de cada ambiente também são parâmetros importantes a se considerar para os padrões de composição e abundância (PASQUARD *et. al.*, 2015; VASCONCELOS *et. al.*, 2015).

Além desses parâmetros, acredita-se que o suprimento alimentar seja um dos principais determinantes ambientais da variabilidade do recrutamento de larvas de peixes (HOUDE; ZASTROW, 1993; BERGENIUS *et. al.*, 2002; DURANT *et. al.*, 2007). Uma vez que a disponibilidade de alimento, em condições ótimas de

temperatura, pode favorecer o crescimento e a sobrevivência larval. A relação entre a temperatura da água e os níveis de clorofila-a nestes ambientes, destaca o fenômeno “match-mismatch”, que relaciona a ampla disponibilidade alimentar com o aumento da demanda reprodutiva (SANTOS *et. al.* 2017). A disponibilidade de zooplâncton, principal recurso alimentar utilizado pelas larvas, é bem abundante nesses estuários conforme destacado por Sousa (2018) e Sankarankutty *et. al.* (1997), com especial destaque para os Copépodos e larva de crustáceos Decapoda. Unido a isso, as interações biológicas, como relações tróficas (predador-presa), competição e adaptações morfológicas, também desempenham um papel importante na definição e estruturação dessas diferentes comunidades (SLOTERDIJK, *et. al.*, 2017), podendo estar incluídos ainda a disponibilidade de habitat, diversidade de nicho e recursos alimentares que impulsionam ainda mais o sucesso de uma área de berçário (STRYDOM 2003; STRYDOM *et. al.*, 2003).

Para os ovos, as principais famílias encontradas nos estuários estudados, Engraulidae e Clupeidae, apresentaram grande contribuição na densidade ao longo de todos os meses de coleta. Estudos sobre a reprodução de peixes indicam que representantes da ordem Clupeiformes (englobando portando as famílias Clupeidae e Engraulidae) exibem um período de desova ampla e ao longo de todo ano, e por isso são capazes de manter as suas populações nos ecossistemas marinhos costeiros (TRINDADE-SANTOS; FREIRE, 2015; LOPES *et. al.*, 2018). Isso corrobora, portanto, com a grande contribuição desse grupo em nossos resultados.

Além disso, Teixeira *et. al.* (2014) em seu trabalho que destaca a importância comercial da sardinha bandeira ou sardinha azul (*Opisthonema oglinum* (Lesueur, 1818)) na região nordeste do Brasil, sugerem que a desova desse grupo nas águas costeiras ocorre principalmente no período seco da região, informação que vai em encontro com nossos resultados, que indicaram exatamente as maiores densidades desses ovos sendo registradas nas amostragens do período de seca, que conferiram com os meses de novembro e dezembro. No caso dos representantes da família Engraulidae, Soares *et. al.* (2009) e Araújo *et. al.* (2008) em seus trabalhos, evidenciaram os meses de agosto a abril como sendo o período principal da desova dos representantes dessa família. A presença de ovos desse grupo no estuário é um indicativo da proximidade das áreas de desova dessas espécies. O transporte desses ovos do ambiente marinho para o interior dos estuários estudados está estreitamente relacionado com a dinâmica ambiental da

região. Nesse caso, eles estariam sendo transportados passivamente por processos hidrodinâmicos regionais, como a energia de ondas, classificadas de moderada à alta, além de ventos intensos e constantes vindos da direção nordeste. O regime de mesomaré semi-diurno e a forte influência de correntes direcionadas pelos ventos e marés, na plataforma interna, e pela Corrente Norte Brasileira, na plataforma externa, ambas com sentido oeste-noroeste (VITAL, 2009), também criam uma dinâmica favorável à movimentação desses ovos as partes internas dos estuários dessa região.

Contudo, apesar de terem sido registradas altas densidades de indivíduos e riqueza de espécies representativas nesse estudo, estes valores são baixos quando comparados com outros trabalhos realizados em ambientes estuarinos localizados em áreas que apresentam uma maior pluviosidade. Como exemplo, podemos comparar os estudos de Barletta-Bergan *et. al.* (2002) ou Zacardi (2015) em estuários da região amazônica, no qual um grande número de táxons foram registrados. Tais diferenças, segundo esses autores, garantem uma grande concentração de indivíduos, e estão associadas a grande disponibilidade de alimento bem como ao tamanho dos estuários nessa região, que fornecem um maior número de nichos para serem explorados.

Apesar dos estuários da região semiárida apresentarem uma menor extensão e uma forte pressão ambiental ligada a hipersalinidade, tais características não foram fatores que atuaram tão fortemente na distribuição desses organismos. Porém estudos que abordem essa temática com a inserção de períodos mais longos de amostragens precisam ser efetivados, visando ampliar o conhecimento sobre o ictioplâncton nessa importante área pesqueira do litoral brasileiro. Além disso, deve-se ressaltar que este estudo teve sua amostragem realizada apenas no período diurno, portanto, a migração vertical de certas espécies não foi testada e contabilizada. Sabe-se que muitas espécies, como as de Clupeidae, por exemplo, tendem a permanecer próximas ao fundo durante o dia e a migrar para perto da superfície durante a noite (SLOTERDIJK, H *et. al.*, 2017), desta forma, dados de densidade podem ter sido omitidos em decorrência da forma de amostragem, por este motivo, são aconselhados trabalhos futuros que cubram períodos maiores tanto nictimerais quanto anuais de amostragem para obtenção de resultados mais robustos.

CONCLUSÃO

Nossos resultados apontaram que a precipitação, pela influência sobre outros dados ambientais como profundidade e temperatura da água, a largura do canal e a heterogeneidade foram os fatores que exerceram maior influência na distribuição do ictioplâncton nesses ambientes hipersalinos. Esses resultados evidenciaram a alta sensibilidade desse grupo às variações ambientais, o que demonstra seu potencial como ferramenta para a avaliação dos efeitos de mudanças climáticas e pressões antrópicas, sobretudo nesses ambientes onde o monitoramento é de fundamental importância pelos altos valores ecológicos e socioeconômicos que representam esses locais. Além disso, a presença de espécies tipicamente marinhas ressalta a utilização desses habitats como áreas de berçário, e evidenciam seu papel essencial para o sucesso no processo de recrutamento do grupo, garantindo novos estoques de peixes adultos e, conseqüentemente, mantendo a população em atividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brasil. **Meteorologische Zeitschrift**. v. 22, p. 711-728. 2014.
- ARAÚJO, F. G.; SILVA, M. A.; AZEVEDO, M. C. C.; SANTOS, J. N. S. Spawning season, recruitment and early life distribution of *Anchoa tricolor* (Spix and Agassiz, 1829) in a tropical bay in southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**. v. 68(4), p. 823-829. 2008.
- BARLETTA-BERGAN, A.; BARLETTA, M.; SAINT-PAUL, U. Community structure and temporal variability of ichthyoplankton in North Brazilian mangrove creeks. **Journal of Fish Biology**. v. 61, p. 33-51. 2002.
- BARLETTA, M.; BARLETTA-BERGAN, A.; SAINT-PAUL, U.; HUBOLD, G. Seasonal changes in density, biomass, and diversity of estuarine fishes in tidal mangrove creeks of the lower Caeté Estuary (northern Brazilian coast, east Amazon). **Marine Ecology Progress Series**. v. 256, p. 217-228. 2003.
- BARLETTA, M.; BARLETTA-BERGAN, A.; SAINT-PAUL, U.; HUBOLD, G. The role of salinity in structuring the fish assemblages in a tropical estuary. **Journal of Fish Biology**. v. 66, p. 45-72. 2005.
- BERGENIUS, M. A. J.; MEEKAN, M. G.; ROBERTSON, D. R.; MCCORMICK, M. I. Larval growth predicts the recruitment success of a coral reef fish. **Oecologia**. v. 131 (4), p. 521-525. 2002.
- CASSEMIRO, F. A. S.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Gradientes De Diversidade e a Teoria Metabólica Da Ecologia. **Oecologia Australis**. v. 14(2), p. 490-503. 2010.
- CLARKE, K. R.; GORLEY, R.N. **PRIMER v6: User Manual/Tutorial**. PRIMER-E, Plymouth, 2006.
- CORREA-HERRERA, T.; BARLETTA, M.; LIMA, A. R. A.; JIMÉNEZ-SEGURA, L. F.; ARANGO-SÁNCHEZ, L. B. Spatial distribution and seasonality of ichthyoplankton and anthropogenic debris in a river delta in the Caribbean Sea. **Journal of Fish Biology**. v. 90, p. 1356–1387. 2017.

DIAS, T. L. P. Os peixes, a Pesca e Os Pescadores da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Ponta do Tubarão (Macau-Guamaré/RN), Brasil. Tese de Doutorado em Ciências Biológicas (Zoologia). **Universidade Federal da Paraíba**. p. 167. 2006.

DIAS, T. L. P.; ROSA, R. S.; DAMASCENO, L. C. P. Aspectos Socioeconômicos, Percepção Ambiental e Perspectivas das Mulheres Marisqueiras da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Ponta do Tubarão (Rio Grande do Norte, Brasil). **Gaia Scientia**. v.1, p. 25-35. 2007.

DINIZ, M. T. M.; PEREIRA, V. H. C. CLIMATOLOGY OF THE STATE OF RIO GRANDE DO NORTE, BRAZIL: ACTIVE ATMOSPHERIC SYSTEMS AND MAPPING OF CLIMATE TYPES. **Boletim Goiano de Geografia (Online)**. v. 35 (3), p. 488-506. 2015.

DOURADO, E. C. S.; CASTRO, A. C. L.; SOUSA, O. V.; IZQUIERDO, R.C. Taxonomic characterization and abundance of the ichthyoplankton of Itapecuru Lower (Maranhão, Brazil). **Espacios**. v. 38 (41), p. 17. 2017.

DURANT, J. M.; HJERMANN, D. O.; OTTERSEN, G.; STENSETH, N. C. Climate and the match or mismatch between predator requirements and resource availability. *Climate Research*. v. 33 (3), p. 271-283. 2007.

EICK, D.; THIEL, R. Fish assemblage patterns in the Elbe estuary: Guild composition, spatial and temporal structure, and influence of environmental factors. **Marine Biodiversity**. v. 44, p. 559–580. 2014.

GONZALEZ, R. J. The physiology of hyper-salinity tolerance in teleost fish: a review. **Journal of Comparative Physiology. Part B**. v. 182, p. 321-329. 2012.

HARE, J. A.; RICHARDSON, D. E. The use of early life stages in stock identification studies. In: CADRIN, S. X.; KERR, L. A.; MARIANI, S. (Ed.) **Stock Identification Methods**. New York: Academic Press. p. 329-364. 2014.

HOUDE, E. D.; ZASTROW, C. E. Ecosystem- and taxon-specific dynamic and energetics properties of larval fish assemblages. **Bulletin of Marine Science**. v. 2, p. 290-335. 1993.

HOFFMEYER, M. S.; MENÉNDEZ, M. C.; BIANCALANA, F.; NIZOVOY, A. M.; TORRES, E. R. Ichthyoplankton spatial pattern in the inner shelf off Bahía Blanca

Estuary, SW Atlantic Ocean. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v. 84, p. 383–392. 2009.

HSIEH, H.Y.; LO, W. T.; LIU, D. C.; SU, W.C. Influence of hydrographic features on larval fish distribution during the south-westerly monsoon in the waters of Taiwan, western North Pacific Ocean. **Journal of Fish Biology**. v. 76, p. 2521-2539. 2010.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. 2012.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. 2018.

ISAAC, V. J. Synopsis of biological data on the whitemouth croaker: *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823). **FAO Fisheries Synopsis**. v. 150, p. 35. 1988.

ISLAM, MD. S.; HIBINO, M.; TANAKA, M. Distribution and diets of larval and juvenile fishes: Influence of salinity gradient and turbidity maximum in a temperate estuary in upper Ariake Bay, Japan. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v. 68, p. 62-74. 2006.

JESPERSEN, A. M.; Christoffersen, K. Measurements of chlorophyll-a from phytoplankton using ethanol as extraction solvent. **Archiv für Hydrobiologie**. 109, p. 445-454. 1987.

KANTOUSSAN, J.; ECOUTIN, J. M.; SIMIER, M.; MORAIS, L. T.; LAË, R. Effects of salinity on fish assemblage structure: An evaluation based on taxonomic and functional approaches in the Casamance estuary (Senegal, West Africa). **Estuarine Coast and Shelf Science**. v. 30, p. 1–11. 2012.

KATSURAGAWA, M.; ZANI-TEIXEIRA, M. L.; GOÇALO, C. G.; OHKAWARA, M. H.; ITAGAKI, M. K. Ichthyoplankton distribution and abundance in the northern todos os santos and camamu bays, bahia state – Brazil. **Brazilian Journal Of Oceanography**. v. 59 (1), p. 97-109. 2011.

KENDALL, A. W. Jr.; AHLSTROM, E. H.; MOSER, H. G. Early life history stages of fishes and their characters. **American Society of Ichthyologists and Herpetologists**. v. 1 p. 11-22. 1984.

- LIMA, A. R. A.; BARLETTA, M.; COSTA, M. F. Seasonal distribution and interactions between plankton and microplastics in a tropical estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v. 165, p. 213-225, 2015.
- LIMA, A. R. A.; BARLETTA, M. Lunar influence on prey availability, diet shifts and niche overlap between Engraulidae larvae in tropical mangrove creeks. **Journal of Fish Biology**. v. 89, p. 1917-2218. 2016.
- LIMA, C. S. S.; CLARK, F. J. K.; SALES, N. S.; PESSANHA, A. Strategies of resource partitioning between two sympatric puffer fishes in a tropical hypersaline estuary, Brazil. **Environmental Biology of Fishes**. v. 101, p. 1105–1119. 2018.
- LOPES, C. A.; REYNALTE-TATAJE, D. A.; NUÑER, A. P. O. Reproductive dynamics of *Lycengraulis grossidens* (Clupeiformes: Engraulidae) and *Platanichthys platana* (Clupeiformes: Clupeidae) in a subtropical coastal lagoon. **Brazilian Journal of Biology**. v. 78 (3), p. 477-486. 2018.
- MACEDO-SOARES, L. C. P.; FREIRE, A. S.; KOETTKER, A. G.; MENEZES, B. S.; FERNÁNDEZ, D. B. & BRANDÃO, M. C. Zooplâncton. In: HAZIN, F. H. V. (ed.), O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de estação científica. **SECIRM, Brasília**. p. 128- 137. 2009.
- MACHADO, I.; CALLIARI, D.; DENICOLA, A.; RODRÍGUEZ-GRANA, L. Coupling suitable prey field to in situ fish larval condition and abundance in a subtropical estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v.187, p. 31-42. 2017.
- MILLER, J. Physical processes and the mechanisms of coastal migrations of immature marine fishes. **American Fisheries Society Symposium**. v.3, p. 68-76. 1988.
- NAKATANI, K.; AGOSTINHO, A. A.; BAUMGARTNER, G.; BIALETZKI, A.; SANCHES, A.; MAKRAKIS, M. C.; PAVANELLI, C. S. Ovos e larvas de peixes de água doce: Desenvolvimento e manual de identificação. **Maringá, PB**. 2001.
- OOI, A. L.; CHONG, V. C. Larval fish assemblages in a tropical mangrove estuary and adjacent coastal Waters: Offshore-inshore flux of marine and estuarine species. **Continental Shelf Research**. v. 31, p. 1599-1610. 2011.
- OLIVEIRA, J. M. Estrutura de Moluscos Associados a Bancos de Ostras em um Estuário Hipersalino. **Universidade Estadual da Paraíba**. 2014.

OLIVEIRA, R. E. M. C. C.; PESSANHA, A. L. M. Fish assemblage along a morphodynamic continuum on the tropical beaches. **Neotropical Ichthyology**. v. 12 (1), p. 165-175. 2014.

PASQUARD, S.; VASCONCELOS, R. P.; FRANÇA, S.; HENRIQUES, S.; COSTA, M. J.; CABRAL, H. Worldwide patterns of fish biodiversity in estuaries: Effect of global vs. local factors. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v. 154, p. 122-128. 2015.

POLTE, P.; KOTTERBA, P.; MOLL, D.; NORDHEIM, L. V. Ontogenetic loops in habitat use highlight the importance of littoral habitats for early life-stages of oceanic fishes in temperate waters. **Scientific Reports**. v. 7. 2017.

POTTER, I. C.; CHUWEN, B. M.; HOEKSEMA, S. D.; ELLIOTT, M. The concept of in estuary: a definition that incorporates systems which can become closed to the ocean and hypersaline. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v. 87, p. 497-500. 2010.

PRITCHETT, J.; PYRON, M. Fish assemblages respond to habitat and hydrology in the Wabash River, Indiana. **River Research and Applications**. v. 27, p. 1501–1509. 2012.

RÉ, P. Ictioplâncton estuarino da Península Ibérica (Guia de identificação dos ovos e estados larvares planctónicos). **Lisboa: Prémio do Mar**. p. 114. 1999.

REYNALTE-TATAJE, D. A.; NAKATANI, K.; FERNANDES, R.; AGOSTINHO, A. A.; BIALETZKI, A. Temporal distribution of ichthyoplankton in the Ivinhema River (Mato Grosso do Sul State/Brazil): Influence of environmental variables. **Neotropical Ichthyology**. v. 9 (2), p. 427-436. 2011.

RICKLEFS, R. E. A economia da natureza. **Rio de Janeiro: Guanabara Koogan**. 2010.

ROSA, I. L.; ALVES, R. R. N. Pesca e comércio de cavalos-marinhos (Syngnathidae: *Hippocampus*) no Norte e Nordeste do Brasil: subsídios para a conservação e manejo. In: ALBUQUERQUE, U. P. de; ALVES, A. G. C.; ARAÚJO, T. A. de S. (Org.). **Povos e Paisagens. Recife: Núcleo de populações em ecologia e etnobotânica aplicada**. p. 115-134. 2007.

ROSA, J. C. L.; ALBERTO, M. D.; RIBAS, W. M. M.; NEVES, M. H. C. B.; FERNANDES, L. D. A. Spatial variability in the ichthyoplankton structure of a subtropical hypersaline lagoon. **Brazilian journal of oceanography**. v. 64 (2), p. 149-156. 2016.

SALES, N. S. Importância dos biótopos e da disponibilidade dos recursos alimentares na estrutura da metacomunidade de peixes em um estuário tropical, nordeste do Brasil. **Tese. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**. Seropédica. 2019.

SALES, N. S.; BAETA, A. S. B. V.; LIMA, L. G.; PESSANHA, A. L. M. Do the shallow-water habitats of a hypersaline tropical estuary act as nursery grounds for fishes? **Marine Ecology**. 2018.

SANKARANKUTTY, C.; MENDONÇA, K. M. A.; FERREIRA, A. C. PINTO, C. S. On Zooplankton of a Mangrove Ecosystem Close to Macau, Rio Grande do Norte, Brazil. **Trab. Oceanog. Univ. Fed. Pernambuco**. v. 25, p. 47-59. 1997.

SAMPAIO, L. A.; BIANCHINI, A. Salinity effects on osmoregulation and growth of the euryhaline flounder *Paralichthys orbignyanus*. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. v. 269, p. 187-196. 2002.

SANTOS, R. V. S.; RAMOS, S. BONECKER, A. C. T. Environmental control on larval stages of fish subject to specific salinity range in tropical estuaries. **Regional Studies in Marine Science**. v. 13, p. 42–53. 2017.

SCHMITT, R. J.; OSENBURG, C. W. Detecting ecological impacts, concepts and applications in coastal habitats. **San Diego, California, USA: Academic Press**. 1995.

SILVA, R.; BAETA, A. S. B. V.; PESSANHA, A. L. M. Are Vegetated areas more attractive for juvenile fish in estuaries? A comparison in a tropical semi-arid estuary. **Environmental Biology Of Fishes**. v. 1, p. 1. 2018.

SLOTEDIJK, H.; BREHMER, P.; SADIO, Oumar; MÜLLER, Hanno; DORING, Julian; EKAU, W. Composition and structure of the larval fish community related to environmental parameters in a tropical estuary impacted by climate change. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v. 197, p. 10-26. 2017.

SOARES, L. S. H.; SALLES, A. C. R.; LOPEZ, J. P.; MUTO, E. Y.; GIANNINI, R. Pesca e produção pesqueira. In: HATJE, V., and ANDRADE, JB., orgs. **Baía de todos os santos: aspectos oceanográficos [online]**. Salvador: EDUFBA. p. 158-206. 2009.

SOLARI, A.; JAUREGUIZAR, A. J.; MILESSI, A. C.; GARCÍA, M. L. Fish assemblages in a small temperate estuary on the Argentinian coast: spatial variation, environmental influence and relevance as nursery area. **Brazilian Journal Of Oceanography**. v. 63 (3), p. 181-194. 2015.

SOUSA, A. B. Estrutura e composição das comunidades zooplanctônicas em estuários hipersalinos do semiárido brasileiro. **Universidade Estadual da Paraíba – Campus I. Monografia**. 2018.

STRYDOM, N. A. An assessment of habitat use by larval fishes in a warm temperate estuarine creek using light traps. **Estuaries**. v. 26 (5), p. 1310–1318. 2003.

STRYDOM, N. A.; WHITFIELD, A. K.; WOOLDRIDGE, T. H. The role of estuarine type in characterizing early stage fish assemblages in warm temperate estuaries, South Africa. **African Zoology**. v. 38 (1), 29–43. 2003.

TEIXEIRA, S. R. D.; SAMPAIO, L. A. S. F.; MARINHO, R. A. Study of the fisheries biology of Atlantic thread-herring, *Opisthonema oglinum*, in Cascavel county, Ceará State, Brazil. *Arquivos de Ciências do Mar*. v. 47 (2), p. 31-38. 2014.

THÉPOT, V.; JERRY, D. R. The effect of temperature on the embryonic development of barramundi, the Australian strain of *Lates calcarifer* (Bloch) using current hatchery practices. **Aquaculture Reports**. v. 2, p. 132–138. 2015.

TRINDADE-SANTOS, I.; FREIRE, K. M. F. Analysis of reproductive patterns of fishes from three Large Marine Ecosystems. **Frontiers in Marine Science**. v. 2, p. 38. 2015.

VASCONCELOS, R. P.; HENRIQUES, S.; FRANÇA, S.; PASQUAUD, S.; CARDOSO, I.; LABORDE, M.; CABRAL, H. C. Global patterns and predictors of fish species richness in estuaries. **Journal of Animal Ecology**. v. 84, p. 1331-1341. 2015.

VITAL, H. The Mesotidal Barriers of Rio Grande do Norte. **Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil**. v. 107, p. 289-324. 2009.

WINTERMANS JF, M. A. Spectrophotometric characteristics of chlorophylls *a* and *b* and their pheophytins in ethanol. **Biochim Biophys Acta**. v. 109 (2), p. 448–453. 1965.

XAVIER, J. H. A.; CORDEIRO, C. A. M. M.; TENÓRIO, G. D.; DINIZ, A. F.; JÚNIOR, E. P. N. P.; ROSA, R. S.; ROSA, I. L. Fish assemblage of the Mamanguape Environmental Protection Area, NE Brazil: abundance, composition and micro-habitat availability along the mangrove-reef gradient. **Neotropical Ichthyology**. v. 10 (1), p. 109-122. 2012.

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

APÊNDICES

Apêndice 1. Resultados da PERMANOVA para temperatura, transparência, profundidade, salinidade e clorofila- α entre os estuários do Rio Tubarão e Rio Casqueira, bem como em seus respectivos períodos de seca e chuva e suas diferentes zonas.

Parâmetros	Estuário		Zona		Período	
	Pseudo-F	p	Pseudo-F	p	Pseudo-F	p
Temperatura	0.2727	0.6091	0.27743	0.9071	5.2789E-2	0.9517
Transparência	5.1696	0.0252	20.62	0.0001	14.659	0.0001
Profundidade	62.595	0.0001	3.7963	0.0056	5.5575	0.0046
Salinidade	13.617	0.0005	2.4797	0.0494	10.132	0.0001
Clorofila- α	2.6181	0.1054	1.3235	0.2576	0.13688	0.874

Apêndice 2. Resultados da PERMANOVA para ovos e larvas entre os estuários do Rio Tubarão e Rio Casqueira, bem como em seus respectivos períodos de seca e chuva e suas diferentes zonas.

Parâmetros	Estuário		Zona		Período	
	Pseudo-F	p	Pseudo-F	p	Pseudo-F	p
Ovos	5.3246	0.0002	11.671	0.0001	1.9047	0.0113
Larvas	2.8767	0.0023	1.1021	0.2596	2.7559	0.0003

Apêndice 3. Resultados do teste Pair-wise da PERMANOVA para ovos e larvas entre os estuários do Rio Tubarão e Rio Casqueira, bem como em seus respectivos períodos de seca e chuva e suas diferentes zonas (Inf= Inferior; Inter= Intermediária; Sup= Superior).

	Parâmetros	Ovos		Larvas	
		t	P	t	P
Tubarão	Estuário	2.3075	0.0002	1.6961	0.0013
	Período	4.5402	0.0001	1.7061	0.0023
	Zona				
	Inf, Inter	0.79683	0.688	-	-
	Inf, Sup	1.729	0.0153	-	-
Casqueira	Inter, Sup	2.0056	0.0036	-	-
	Período	1.8506	0.0058	1.6168	0.0101
	Zona				
	Inf, Inter	0.9213	0.5046	-	-
	Inf, Sup	1.661	0.0161	-	-
	Inter, Sup	0.89775	0.5469	-	-

Apêndice 4. Valores dos eixos dbRDA1 e dbRDA2 para ovos e larvas em relação a cada um dos parâmetros ambientais analisados para cada um dos estuários.

Parâmetros	Tubarão				Casqueira			
	Ovos		Larvas		Ovos		Larvas	
	dbRDA1	dbRDA2	dbRDA1	dbRDA2	dbRDA1	dbRDA2	dbRDA1	dbRDA2
Distância à boca	0.051	0.418	-0.194	0.009	0.187	0.708	-0.034	-0.373
Largura do canal	-0.057	0.446	-0.215	0.127	0.573	0.118	0.219	-0.730
Temperatura	0.037	0.608	-0.125	0.698	0.043	-0.072	-0.240	-0.124
Transparência	-0.146	-0.206	-0.222	-0.253	0.221	-0.530	-0.349	-0.276
Profundidade	-0.190	-0.265	0.433	-0.152	-0.168	-0.025	0.093	-0.460
Salinidade	-0.065	-0.270	0.070	0.100	-0.153	0.280	-0.343	0.088
Clorofila	0.033	-0.244	-0.028	-0.620	-0.362	0.324	-0.272	0.018
Pluviosidade	-0.964	0.112	-0.811	-0.126	-0.635	-0.121	-0.756	-0.131