



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR  
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS

ÉRIKA MARIA TARGINO MOTA

ICTIOPLÂNCTON EM UM ESTUÁRIO TROPICAL SOB INFLUÊNCIA DA  
HIPERSALINIZAÇÃO

FORTALEZA

2017

ÉRIKA MARIA TARGINO MOTA

ICTIOPLÂNCTON EM UM ESTUÁRIO TROPICAL SOB INFLUÊNCIA DA  
HIPERSALINIZAÇÃO

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ciências Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, para tese de doutorado.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares

Coorientadora: Dra. Tatiane Martins Garcia

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

M1i MOTA, ERIKA MARIA TARGINO.  
ICTIOPLÂNCTON EM UM ESTUÁRIO TROPICAL SOB INFLUÊNCIA DA  
HIPERSALINIZAÇÃO / ERIKA MARIA TARGINO MOTA. – 2017.  
92 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar,  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2017.

Orientação: Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares.  
Coorientação: Profa. Dra. Tatiane Martins Garcia.

1. Anchoa hepsetus. 2. Salinidade. 3. Manguezais. I. Título.

CDD 551.46

---

ÉRIKA MARIA TARGINO MOTA

ICTIOPLÂNCTON EM UM ESTUÁRIO TROPICAL SOB INFLUÊNCIA DA  
HIPERSALINIZAÇÃO

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ciências Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, para qualificação do doutorado.

Aprovada em \_\_/\_\_/\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares (Presidente)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dra. Tatiane Martins Garcia  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dra. Caroline Vieira Feitosa  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Raúl Cruz Izquierdo  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dra. Paula Cilene Alves da Silveira  
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

---

Dra. Tallita Cruz Lopes Tavares Normando  
Instituto de Ciências do Mar (UFC)

Dedicado à minha mãe Nina

## AGRADECIMENTOS

Agradeço de todo coração a todos que de alguma forma contribuíram para que esse trabalho fosse realizado.

Obrigada ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Soares, pela aprendizagem profissional e pessoal. Um excelente orientador e um ser humano incrível.

A Dra. Tatiane Garcia, pela disponibilidade de sempre, pela atenção, pela acolhida no laboratório, enfim, obrigada por tudo!

A todos que passaram e ainda estão no laboratório: Polly (agregada), Andréa, Cecília, Sócrates, Lívia, Talitta, Hortêncina, “Profa. Odete, Allana, Thalita, Allane, Nívia e Ítalo vocês fizeram do laboratório de Plâncton o melhor do mundo!!! Amei trabalhar com vocês.

Aos meus professores que transmitiram seus conhecimentos e experiências durante todo o curso. Ao Dr. Ivan Oliveira e Prof. Wladimir Lobo (*In memoriam*).

Obrigada aos membros da banca examinadora pela atenção e disponibilidade.

A todos os funcionários do Labomar, principalmente a Bela (secretária da pós) pelas recepções calorosas e conselhos e ao Alcion (motorista) pelas viagens e risadas.

Aos colegas de coletas, em especial Felipe e Jota. Foram momentos inesquecíveis, literalmente, não teríamos conseguido sem vocês.

A todos os pescadores de Parajuru!!! Obrigada pelas histórias, pelos camarões, pelos atuns fritos com farinha, pela esperança, pela alegria de viver e por acreditar...

Ao Labomar e a CAPES pelo suporte físico e financeiro.

A minha grande e amada família, meus tios (em especial Eudes, Edilma, Maria e Edilva), primos (ee... Patrícia e Luan) e priminhos (Heitor, Arthur e Vítor), afilhadas (Thalia, Rute, Thaís e Isabelly) e conjugados. Vocês são a minha base.

As minhas irmãs de alma Carol e Liana, melhor presente que a UFC me proporcionou. “Eu não seria a mesma sem vocês”.

Ao meu pai pelo incentivo e por me dar o melhor que pôde.

Ao amor da minha vida (Mário) pela compreensão, paciência, apoio e companheirismo. Que seja assim sempre.

A minha querida mãe, meu coração, sempre e para sempre.

Por fim obrigada ao grande responsável por tudo!!! Obrigada meu Deus, meu refúgio e minha fortaleza. Agradeço por todas as maravilhas que tens feito em minha vida.

“As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens no céu. Assim devemos ser todo dia, mutantes, porém leais com o que pensamos e sonhamos; lembre-se, tudo se desmancha no ar, menos os pensamentos”. (Paulo Beleki)

## LISTA DE FIGURAS

### Introdução Geral

- Figura 1 – Composição, geralmente observada, do ictioplâncton no ambiente estuarino. Fonte: Pessoal.....17
- Figura 2 – Fatores ambientais limitantes na sobrevivência do ictioplâncton estuarino. Fonte: Pessoal.....18
- Figura 3 – Estrutura da tese sobre o referente estudo. Fonte: Pessoal.....21

### Capítulo 1

- Figura 1 – Aparelhos de coleta utilizados na amostragem do ictioplâncton. A: Rede de arrasto simples; B: Rede Bongo; C: Armadilha luminosa e D: In Situ Ichthyoplankton Imaging System. Fonte: Internet.....30
- Figura 2 – Mapa batimétrico do estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil).....34
- Figura 3 – Pontos de coleta (P1, P2 e P3) no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil).....35
- Figura 4 – Estágios de desenvolvimento do ictioplâncton encontrados no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil). Pré-flexão: flexão do uróstilo; Flexão: flexão do uróstilo ao início do desenvolvimento das nadadeiras pélvicas; Pós-flexão: desenvolvimento das demais nadadeiras e aparecimento das escamas (Moser, 1984). Fonte pessoal.....36
- Figura 5 – Abundância relativa (%) dos ovos coletados nas redes de 200, 300 e 500µm no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015.....39
- Figura 6 - Abundância total (%) de larvas coletadas pelas redes de 200, 300 e 500µm durante o período de amostragem no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil).....42

Figura 7 – Curva de acumulação de espécies das larvas coletadas nas redes de 200, 300 e 500 $\mu\text{m}$ no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil).....	43
Figura 8 – Abundância (%) de larvas em relação aos estágios de desenvolvimento: pré-flexão (PF), flexão (F) e pós-flexão (POF) coletada pelas redes de 200, 300 e 500 $\mu\text{m}$ no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015.....	45

## Capítulo 2

Figura 1 – Pontos de coleta (P1, P2 e P3) no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil).....	60
Figura 2 – Médias pluviométricas de série histórica (1982-2014) e o ano de coleta (2015).....	60
Figura 3 – Oxigênio dissolvido (mg/L), pH, salinidade e temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), registrados no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil), durante o período chuvoso e seco no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil).....	64
Figura 4 – Classificação ecológica (%) das espécies coletadas durante o período chuvoso no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil).....	68
Figura 5 – Classificação ecológica (%) das espécies coletadas durante o período seco no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) no ano de 2015.....	68
Figura 6 – Estágio de desenvolvimento (%) dos organismos coletados durante: A: período chuvoso e B: período seco, no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil). Fonte: Pessoal.....	69

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

- Tabela 1 – Morfotipos de ovos coletados no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil). Figuras: Fonte pessoal.....38
- Tabela 2 – Média da densidade e desvio padrão dos ovos (ovos.100m<sup>-3</sup>) coletados pelas redes de 200, 300 e 500µm, no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil).....39
- Tabela 3 – Número de ovos (N), abundância relativa (A%) e frequência de ocorrência (Fo%) dos ovos de peixe nas redes de 200, 300 e 500 µm, do estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil). Pouco frequente: 40% - 10%(++), Esporádico: < 10%(+) e (-) não ocorreu.....40
- Tabela 4 – Quadro geral comparativo entre as três redes de 200, 300 e 500 µm utilizadas no estudo do estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015. ED: Estágio de desenvolvimento. CC: Curva coletor.....40
- Tabela 5 – Família das larvas coletadas no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil). Figuras: Fonte pessoal.....41
- Tabela 6 – Densidade total das larvas (larvas.100m<sup>-3</sup>) nas redes de 200, 300 e 500µm coletadas no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil).....42
- Tabela 7 – Abundância relativa (A%) e frequência de ocorrência (Fo%) das larvas nas redes de 200, 300 e 500 µm, do estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015. Frequente: 70%-40% (+++); Pouco frequente: 40% - 10% (++); Esporádico: < 10% (+) e (-) não ocorreu.....43
- Tabela 8 - Índices de diversidade das larvas coletadas nas redes de 200, 300 e 500 µm, do estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015. Riqueza de Margalef (d); equitabilidade de Pielou (J'), índice de diversidade de Shannon-Weaver (H') e número de táxons (S).....44

## Capítulo 2

- Tabela 1 - Densidade de ovos (ovo/100m<sup>3</sup>) coletados durante o período chuvoso e seco no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) no ano de 2015.....65
- Tabela 2 – Número total (N), abundância total (A%) e frequência de ocorrência (Fo) de ovos de peixes durante o período chuvoso e seco no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) no ano de 2015. Pouco frequente: 40% - 10% (++) ; Esporádico: < 10% (+) e (-) não ocorreu.....65
- Tabela 3 – Densidade média de larva (ovo/100m<sup>3</sup>) coletados durante o período chuvoso e seco no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil).....66
- Tabela 4 – Número total (N), abundância relativa (%) e frequência de ocorrência (Fo) de larvas de peixes nos períodos de amostragem chuvoso e seco no estuário do rio Piranji (Ceará- Brasil). Frequente: 70%-40% (+++); Pouco frequente: 40% - 10% (++) ; Esporádico: < 10% (+) e (-) não ocorreu.....66
- Tabela 5 - Resultados do teste Bio-Env realizado com as variáveis ambientais coletadas e mensuradas durante o período de estudo no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015.
- Tabela 6 – Descritores de comunidade das larvas coletadas durante o período chuvoso e seco no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil). Número de espécies (S); riqueza de Margalef (d); equitabilidade de Pielou (J') e índice de diversidade de Shannon-Weaver (H').....70

## ANEXOS

### Capítulo 1

- Anexo 1 - Tabela com os valores da frequência de ocorrência (%) dos ovos coletados no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015.....53
- Anexo 2 - Tabela com os valores da frequência de ocorrência (%) das famílias de larvas coletadas no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015.....53

### Capítulo 2

- Anexo 1 - Tabela com data, horário e maré coletados durante o estudo no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015.....90
- Anexo 2 - Lista dos 7 táxons identificados.....91
- Anexo 3 - Ovos e larvas coletados no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015.....92

## SUMÁRIO

<b>RESUMO GERAL</b> .....	14
<b>ABSTRACT</b> .....	15
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	16
BIBLIOGRAFIA.....	22
<b>CAPÍTULO 1: COMPARAÇÃO ENTRE MALHAS DE REDES NA AMOSTRAGEM DO ICTIOPLÂNTON ESTUARINO EM CONDIÇÕES DE HIPERSALINIDADE</b> ....	27
RESUMO.....	28
ABSTRACT.....	29
1. INTRODUÇÃO.....	30
2. HIPÓTESE.....	32
3. OBJETIVOS.....	32
3.1. Objetivo geral.....	32
3.2. Objetivos específicos.....	32
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
4.1. Área de estudo.....	33
4.2. Amostragem.....	35
4.3. Análise dos dados.....	37
5. RESULTADOS.....	37
5.1. Ovos.....	37
5.2. Larvas.....	40
6. DISCUSSÃO.....	45
6.1. Comparação entre as três malhas de coleta.....	45
6.2. Variação entre os estágios de desenvolvimento e as malhas de coleta...45	
6.3. Diversidade de larvas capturadas pelas três malhas.....	47
7. CONCLUSÃO.....	48
BIBLIOGRAFIA.....	48
ANEXOS.....	53
<b>CAPÍTULO 2: VARIAÇÃO SAZONAL DO ICTIOPLÂNTON EM UM ESTUÁRIO SEMIÁRIDO TROPICAL (NE, BRASIL): UM ECOSSISTEMA SOB INFLUÊNCIA DA HIPERSALINIDADE</b> .....	54
RESUMO.....	55

ABSTRACT.....	56
1. INTRODUÇÃO.....	57
2. HIPÓTESE.....	58
3. OBJETIVOS.....	58
3.1. Objetivo geral.....	58
3.2. Objetivos específicos.....	58
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	59
4.1. Área de estudo.....	59
4.2. Amostragem.....	61
4.3. Análise dos dados.....	62
5. RESULTADOS.....	63
5.1. Variáveis abióticas.....	63
5.2. Ovos.....	64
5.3. Larvas.....	65
6. DISCUSSÃO.....	70
6.1. Composição das famílias das larvas de peixes.....	70
6.2. Estágio de desenvolvimento das larvas.....	72
6.3. Ausência de variação sazonal do ictioplâncton estuarino?.....	73
6.4. Hipersalinidade e copépodes regulam a estrutura de larvas de peixes estuarinos.....	75
7. CONCLUSÕES.....	76
BIBLIOGRAFIA.....	76
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89
ANEXOS.....	90

## RESUMO GERAL

Os estuários tropicais são importantes habitats de alimentação, reprodução e criação para muitas espécies de peixes. Estes processos são influenciados pelas condições bióticas e abióticas apresentadas pelos estuários. O conhecimento da abundância e distribuição sazonal do ictioplâncton, em estuários hipersalinos, é de suma importância para a ecologia estuarina, uma vez que esses ambientes apresentam comunidades com características peculiares. O presente estudo foi realizado em um estuário do tipo inverso, com condições hipersalinas acentuadas, devido a um período de seca intensa na região (2012-2015). Apesar da importância, estudos do ictioplâncton em estuário hipersalinos são escassos. O presente estudo avaliou a metodologia mais apropriada (tipos de malhas de redes), bem como a distribuição sazonal de ovos e larvas de peixes em um estuário hipersalino (Piranji, costa nordeste brasileira). As amostras de ictioplâncton foram coletadas, bimestralmente durante o ano de 2015, através de redes de plâncton cônico-cilíndricas, com abertura de malhas de 200, 300 e 500  $\mu\text{m}$ . Os resultados mostraram que o período seco apresentou uma salinidade média de  $49,24 \pm 8,75$ , enquanto no período chuvoso a média foi de  $36,46 \pm 14,56$ . A rede de 500  $\mu\text{m}$  apresentou a maior eficiência na coleta de ovos (56%), enquanto a rede de 200  $\mu\text{m}$  coletou a maior abundância relativa de larvas (56%). Seis taxa de ovos e sete espécies de larvas foram identificadas, pertencentes a sete famílias de larvas de peixes. A espécie mais abundante foi a manjuba *Anchovia hepsetus*. A análise PERMANOVA mostrou que não ocorreu variação sazonal na assembleia ictioplanctônica, indicando uma homogeneização e simplificação das comunidades. O teste BEST revelou que a salinidade e os copépodos foram as variáveis que melhor explicaram o padrão de distribuição das larvas. O estudo sugere que a inclusão da rede de 200  $\mu\text{m}$  pode proporcionar uma amostragem mais completa do ictioplâncton estuarino. Os resultados combinados com uma análise da literatura sugerem que os altos níveis de salinidade (condição hipersalina) pode ser um fator importante para determinar a composição do ictioplâncton estuarino e afetar a função de berçário dos manguezais.

**Palavras chave:** *Anchoa hepsetus*, salinidade e manguezais

## ABSTACT

Tropical estuaries are important feeding and nursery habitats for many fish species. These processes are influenced by the biotic and abiotic conditions presented by estuaries. The knowledge of the abundance and seasonal distribution of ichthyoplankton in hypersaline estuaries is of great importance for estuarine ecology, since these environments present communities with peculiar characteristics. The present study was conducted in an inverse type estuary, with marked hypersaline conditions, due to a period of intense drought in the region (2012-2015). Despite its importance, knowledge about ichthyoplankton in hypersaline tropical estuaries is scarce. The present study evaluated the most appropriate methodology (mesh types of nets) as well as the seasonal distribution of fish eggs and larvae in a hypersaline estuary (Piranji, northeast Brazilian coast). The samples of ichthyoplankton were collected bimonthly during the year 2015 through conical-cylindrical plankton networks, with mesh opening of 200, 300 and 500  $\mu\text{m}$ . The results showed that the dry period had an average salinity of  $49.24 \pm 8.75$ , while in the rainy season the mean was  $36.46 \pm 14.56$ . The 500  $\mu\text{m}$  net showed the highest egg collection efficiency (56%), while the 200  $\mu\text{m}$  net collected the highest relative abundance of larvae (56%). Six egg taxa and seven species of larvae were identified, belonging to seven families of larvae (Engraulidae, Gobiidae, Gerreidae, Carangidae, Scienids, Echeneidae and Syngnathidae). The most abundant species was the manjuba *Anchovia hepsetus*. The PERMANOVA analysis showed that there was no seasonal variation in the ichthyoplankton assembly, indicating a homogenization and simplification of the communities. The BEST test revealed that salinity and copepods were the variables that best explained the larval distribution pattern. The study suggests that the inclusion of the 200  $\mu\text{m}$  mesh may provide a more complete sampling of estuarine ichthyoplankton. The results combined with a literature review suggest that high levels of salinity (hypersaline condition) may be an important factor in determining the composition of estuarine ichthyoplankton and affect the nursery function of mangroves.

## INTRODUÇÃO GERAL

Estuários são conhecidos como regiões costeiras semifechadas, que tem como principais características a constante mistura da água continental com a água salgada do ambiente marinho e a dominância de sedimentos finos que formam os bancos lamosos (Mclusky e Elliott, 2004; Schmiegelow, 2004). Geralmente, são regiões que apresentam menor salinidade do que o mar adjacente, porém, em estuários inversos, onde há baixa incidência de água doce e altas taxas de evaporação, podem apresentar quadros de hipersalinidade (Mclusky e Elliott, 2004). É amplamente aceito que os ecossistemas estuarinos são ambientalmente mais dinâmicos quando comparados aos ecossistemas de água doce e marinhos, onde os fatores físicos, químicos e biológicos sofrem constantes modificações (Mclusky e Elliott, 2004).

O ambiente estuarino constitui uma importante área de alimentação e reprodução para muitas espécies de vertebrados e invertebrados, uma vez que as águas estuarinas são ricas em nutrientes, com alta produtividade primária e secundária (Mann e Lazier, 2006). Assim, os estuários são caracterizados por terem populações abundantes, porém baixa diversidade, uma vez que as constantes variações abióticas e consequente estresse fisiológico fazem com que apenas espécies com alta capacidade de tolerância se mantenham no ambiente (Mclusky e Elliott, 2004). Neste ecossistema, as características ambientais variam bruscamente em diversas escalas de tempo como: diárias (influência das marés) e anuais (influência das alterações sazonais como a precipitação pluviométrica), onde essas mudanças podem influenciar na permanência e sobrevivência dos organismos e, conseqüentemente, na biodiversidade e serviços ecossistêmicos como a função de berçário (Barletta *et al.*, 2008).

Dentre os organismos estuarinos, evidencia-se o ictioplâncton (ovos e larvas de peixes) considerado o componente mais importante do plâncton em termos econômicos, pois os estoques adultos de peixes estuarinos e marinhos dependem da sobrevivência desses organismos nas fases iniciais de desenvolvimento (Barletta-Bergan *et al.*, 2002). De um modo geral, a região estuarina é utilizada por muitas espécies de teleósteos como áreas de berçário, alimentação e recrutamento (Ekau *et al.*, 2001; Lima *et al.*, 2012; Gomes *et al.*,

2014), pois além de apresentar uma fonte rica em alimento, fornecem proteção contra predadores (Barletta-Bergan *et al.*, 2002). No estuário, o ictioplâncton pode ser originário de adultos reprodutores residentes, marinhos visitantes ou dependentes (Figura 1). Entretanto, grande parte desses organismos encontrados em regiões estuarinas é constituída de espécies marinhas dependentes (Sutherland *et al.*, 2012; Williams *et al.*, 2012).

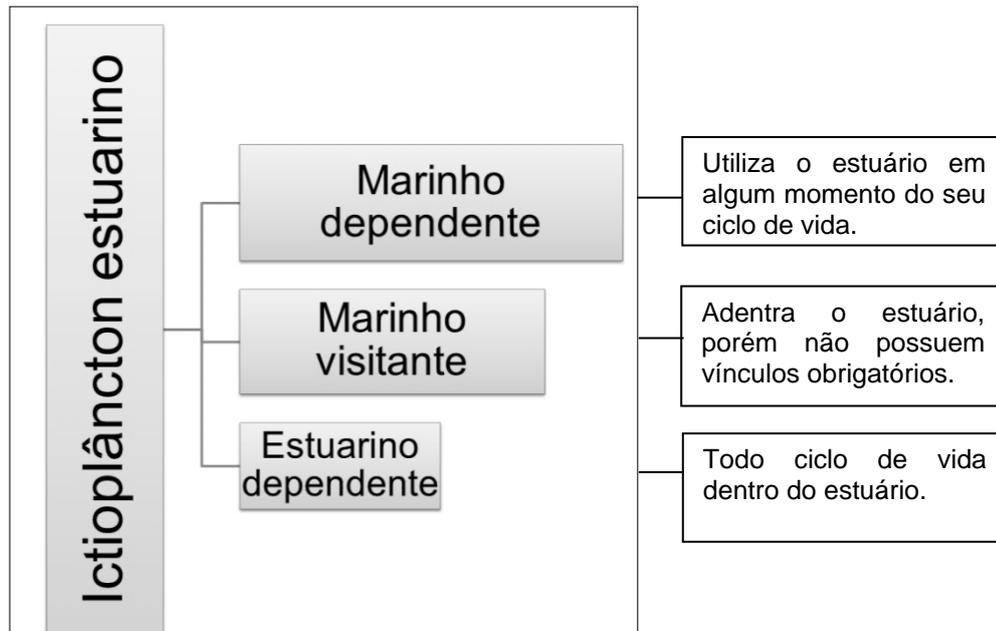


Figura 1: Composição, geralmente observada, do ictioplâncton no ambiente estuarino. Fonte: Pessoal.

O período destinado à reprodução no ciclo de vida dos peixes é bastante delicado, onde os fatores ambientais (bióticos e abióticos) podem agir como limitantes, exercendo influências negativas mais acentuadas nos ovos, larvas e adultos reprodutores (Von-Westernhagen, 1988). Nessa fase, os organismos apresentam menor tolerância às variações físicas e químicas no ambiente quando comparadas aos demais membros da população (Peres-Neto e Magnan, 2004) (Figura 2).

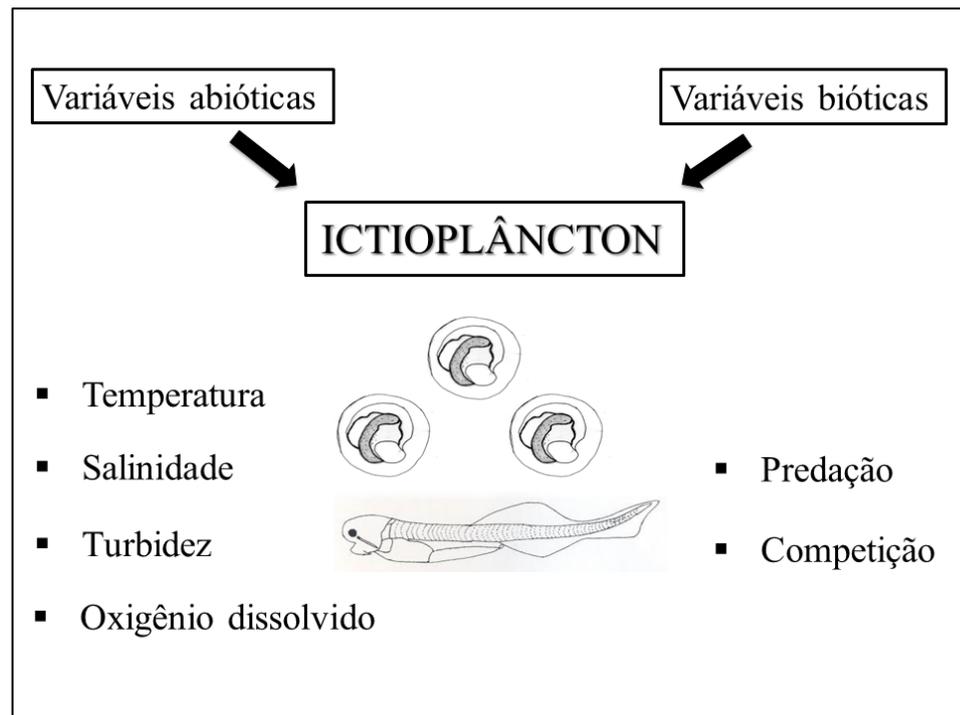


Figura 2: Fatores ambientais limitantes na sobrevivência do ictioplâncton estuarino. Fonte: Pessoal.

A maioria das espécies de teleósteos apresenta altas taxas de mortalidade durante os primeiros estágios de desenvolvimento (Coser *et al.*, 2007). Durante a fase larval, esses organismos passam por intensas transformações no âmbito morfológico e fisiológico até chegar à fase de juvenil (Pittman *et al.*, 2007). Ao longo desse período de intensas mudanças, fatores como disponibilidade de alimento, predação e oscilações bruscas dos fatores abióticos são os maiores responsáveis pela mortalidade natural do ictioplâncton (Heath, 1993; Muhling *et al.*, 2008).

A resposta do ictioplâncton aos fatores abióticos estuarinos é um importante tema de pesquisa, sendo fundamental na compreensão das relações ecológicas e gestão de recursos pesqueiros. Sabe-se que a temperatura está relacionada com os processos metabólicos dos peixes influenciando o início do período de desova, migração e crescimento (Govoni, 2005). Outro fator determinante é a salinidade. Experimentos mostraram que, em altas salinidades, o desenvolvimento dos ovos e larvas foi mais lento devido ao estresse osmótico e, em casos mais extremos, ocorreu mortalidade acentuada em condições hipersalinas (salinidades >60) (Barletta-Bergan *et al.*, 2002; Ooi e Chong, 2011; Sarpedonti *et al.*, 2013).

Dentre os fatores bióticos que influenciam a sobrevivência e permanência do ictioplâncton estão a predação e a disponibilidade de alimento (Muhling *et al.*, 2008). Além disso, a interação dos fatores abióticos e bióticos pode interferir no recrutamento, na permanência, sobrevivência e na dispersão dos ovos e das larvas no ambiente, definindo assim a distribuição dos organismos estuarinos (Lessa *et al.*, 1999).

Estudos sobre a distribuição, abundância e tamanho larval do ictioplâncton são relevantes para a ecologia, biologia e avaliação dos recursos pesqueiros através da estimativa de ovos e larvas (Fey, 2015). O recrutamento desses indivíduos na fase adulta e a manutenção do estoque pesqueiro dependem do seu sucesso na fase ictioplanctônicas (Borges *et al.*, 2003; Houde, 2008; Di Franco *et al.*, 2013). O estudo da ecologia dos estágios iniciais do ciclo de vida dos peixes torna o conhecimento da sua dinâmica populacional mais completo e pode melhorar a gestão da biodiversidade (Leis e Trnski, 1989; Baumgartner *et al.*, 2004). A identificação da área de desova e recrutamento, bem como as relações dos ovos e larvas com fatores bióticos e abióticos são de suma importância para o entendimento da dinâmica populacional no ambiente e podem contribuir para um possível monitoramento dos recursos pesqueiros como também para a execução de monitoramentos ambientais com o objetivo de preservar os estoques (Baumgartner *et al.*, 2004). Compreender a dinâmica sazonal do ictioplâncton estuarino e sua relação com variáveis ambientais é fundamental, principalmente no contexto atual de mudanças devido aos impactos antropogênicos.

Estudos mostram uma relação positiva entre a diversidade de peixes no ambiente estuarino e o fluxo de água doce (Robins *et al.*, 2005). O fluxo de água doce é reduzido em regiões com alta evaporação e baixa precipitação (Meynecke *et al.*, 2006). Os rios que deságuam em estuário de clima quente semiárido e árido, geralmente, apresentam descargas de água doce apenas em um curto período do ano (estação chuvosa). Posteriormente passam por até dez meses de pouca ou nenhuma descarga fluvial (Ridd e Stieglitz, 2002; Mazda *et al.*, 2007; Dittmann *et al.*, 2015), onde o aumento das taxas de evaporação e a baixa vazão de água doce podem ocasionar condições de hipersalinidade (salinidade maior que a do oceano) (Pinheiro *et al.*, 2004;

Araújo, 2006; Morais *et al.*, 2008; Neto *et al.*, 2010) gerando estuários inversos (Schettini *et al.*, 2017).

Nas regiões semiáridas e áridas, estuários do tipo inverso podem ser encontrados, onde a salinidade aumenta gradualmente em direção à montante, sendo o contrário do que geralmente ocorre em regiões úmidas em zonas temperadas e tropicais com alto fluxo fluvial (Potter *et al.*, 2010; Valle-Levinson, 2010). Este tipo de condição de hipersalinidade tende a ocorrer em estuários presentes em locais com escassez de pluviosidade em períodos prolongados. O estudo do ictioplâncton em condições naturalmente semiáridas pode fornecer dados importantes para predição de cenários futuros em situação de seca prolongada, uma vez que o aumento dos meses de estiagem e uma redução do volume total de chuvas ao longo do ano são previstos pelas mudanças climáticas globais (Marengo *et al.*, 2016). Outro fator que pode intensificar a redução pluviométrica em zonas tropicais semiáridas (por exemplo, NE Brasil) é a ocorrência de fenômenos ENOS (El-Niño-Oscilação-Sul) (Silva *et al.*, 2012).

Diversos estudos sobre o ictioplâncton foram realizados em estuários no mundo (Harris e Silveira, 1999; Wargo *et al.*, 2009; Campfield e Houde, 2011; Wasserman e Strydom, 2011; Ren *et al.*, 2016) e no Brasil (Ekau *et al.*, 2001; Barletta-Bergan *et al.*, 2002; Coser *et al.*, 2007; Barletta, Amaral, Corrêa, Guebert, Dantas, Lorenzi e Saint-Paul, 2008; Bonecker *et al.*, 2009; Contente *et al.*, 2013; Mangas *et al.*, 2014; Lima *et al.*, 2015). Entretanto, em sistemas estuarinos sob influência da hipersalinidade (por exemplo, na costa semiárida do Ceará, Brasil) não há registro de pesquisas neste tema. No estado do Ceará, apenas o ictioplâncton da região portuária do Pecém e da plataforma continental foram estudados (Mota *et al.*, 2014; Mota *et al.*, 2017). Assim, observa-se que o conhecimento sobre larvas e ovos de peixes em estuários semiáridos sob condição de hipersalinidade são restritos (Strydom, 2003; Bucater *et al.*, 2013).

Visando compreender a composição e a dinâmica do ictioplâncton e auxiliar no preenchimento da lacuna do conhecimento científico em estuários semiáridos tropicais encontra-se esta proposta de tese de doutorado. Buscou-se um modelo de estuário invertido na zona tropical semiárida (estuário do rio Piranji, Ceará, Nordeste do Brasil), que apresentou ao longo das pesquisas características de hipersalinidade em um contexto climático de déficit

pluviométrico e semiaridez. A pesquisa foi realizada no ano de 2015, durante um ciclo de seca (2012-2016), com reduzida precipitação pluviométrica abaixo da média histórica, resultante de anomalias nas chuvas. Este período é considerado um dos eventos de secas mais intensas do século (Marengo *et al.*, 2016).

Esta tese está dividida em dois capítulos. O primeiro capítulo buscou analisar a seletividade de redes de plâncton para estudar o ictioplâncton em um ambiente estuarino semiárido, raso e com elevada salinidade. Já no segundo capítulo, foi analisada a variação sazonal do ictioplâncton estuarino em condições de extremos de salinidade (Figura 3). O estudo apresenta as seguintes hipóteses: no capítulo 1, a rede de 300  $\mu\text{m}$  é mais eficaz na captura do ictioplâncton. Enquanto no capítulo 2, a distribuição sazonal e a composição das larvas de peixes respondem negativamente às condições de hipersalinidade.

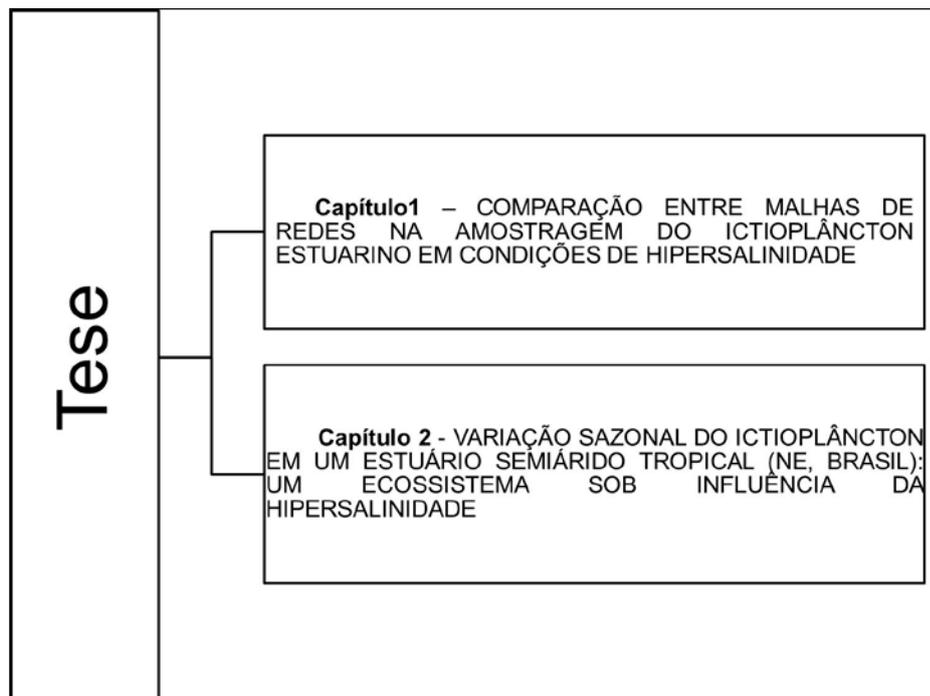


Figura 3: Estrutura da tese. Fonte: Pessoal.

## Bibliografia

ARAÚJO, H. M. P. O zooplâncton do estuário do rio Sergipe. In: ALVES, J. D. P. H. (Ed.). **Rio Sergipe: importância, vulnerabilidade e preservação**: Editora UFS, 2006. p.70-86.

BARLETTA-BERGAN, A.; BARLETTA, M.; SAINT-PAUL, U. Structure and seasonal dynamics of larval fish in the Caeté River Estuary in North Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 54, n. 2, p. 193-206, 2002. ISSN 0272-7714.

BARLETTA, M. et al. Factors affecting seasonal variations in demersal fish assemblages at an ecocline in a tropical–subtropical estuary. **Journal of Fish Biology**, v. 73, n. 6, p. 1314-1336, 2008. ISSN 1095-8649. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.2008.02005.x> >.

BARLETTA, M. et al. Factors affecting seasonal variations in demersal fish assemblages at an ecocline in a tropical–subtropical estuary. **Journal of Fish Biology**, v. 73, n. 6, p. 1314-1336, 2008. ISSN 1095-8649.

BAUMGARTNER, G. et al. Identification of spawning sites and natural nurseries of fishes in the upper Paraná River, Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, v. 71, n. 2, p. 115-125, 2004. ISSN 0378-1909.

BONECKER, F. T.; CASTRO, M. S.; BONECKER, A. C. T. Larval fish assemblage in a tropical estuary in relation to tidal cycles, day/night and seasonal variations. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 4, n. 2, p. 239-246, 2009.

BORGES, M. F. et al. Sardine regime shifts off Portugal: a time series analysis of catches and wind conditions. **Scientia Marina**, v. 67, n. S1, p. 235-244, 2003. ISSN 1886-8134.

BUCATER, L. B. et al. Temporal variation of larval fish assemblages of the Murray Mouth in prolonged drought conditions. **Marine and Freshwater Research**, v. 64, n. 10, p. 932-937, 2013. ISSN 1448-6059.

CAMPFIELD, P. A.; HOUDE, E. D. Ichthyoplankton community structure and comparative trophodynamics in an estuarine transition zone. **Fishery Bulletin**, v. 109, n. 1, p. 1-19, 2011. ISSN 0090-0656.

CONTENTE, C. T. et al. Variação nictemeral do ictioplâncton no estuário do rio Curuçá (Pará-Brasil), durante os períodos chuvoso e seco. **Boletim Técnico**

**Científico do Cepnor/Tropical Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 7, n. 1, p. 27-40, 2013. ISSN 1676-5664.

COSER, L. M.; PEREIRA, B. B.; JOYEUX, J. Descrição da comunidade ictioplancônica e sua distribuição espacial no estuário dos rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim, Aracruz, es, Brasil. **Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América**, v. 32, n. 4, p. 233-241, 2007. ISSN 0378-1844.

DI FRANCO, A. et al. Patterns of variability in early life traits of a Mediterranean coastal fish. **Marine Ecology Progress Series**, v. 476, p. 227-235, 2013. ISSN 0171-8630.

DITTMANN, S. et al. Drought and flood effects on macrobenthic communities in the estuary of Australia's largest river system. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 165, p. 36-51, 2015. ISSN 02727714.

EKAU, W. et al. The larval fish fauna of the "Canal de Santa Cruz" estuary in Northeast Brazil. **Tropical Oceanography**, v. 29, p. 117-128, 2001.

FEY, D. P. Size and growth rate differences of larval Baltic sprat *Sprattus sprattus* collected with bongo and MIK nets. **Journal of fish biology**, v. 86, n. 1, p. 355-359, 2015. ISSN 1095-8649.

GOMES, E. A. P.; CAMPOS, P. N.; BONECKER, A. C. T. Occurrence of Gobiidae larvae in a tropical Brazilian estuary, with particular emphasis on the use of size classes to categorize species guilds. **Journal of Fish Biology**, v. 84, n. 4, p. 996-1013, 2014. ISSN 1095-8649.

GOVONI, J. J. Fisheries oceanography and the ecology of early life histories of fishes: a perspective over fifty years. **Scientia Marina**, v. 69, n. S1, p. 125-137, 2005. ISSN 1886-8134.

HARRIS, J. H.; SILVEIRA, R. Large-scale assessments of river health using an Index of Biotic Integrity with low-diversity fish communities. **Freshwater Biology**, v. 41, n. 2, p. 235-252, 1999. ISSN 1365-2427.

HEATH, M. An evaluation and review of the ICES herring larval surveys in the North Sea and adjacent waters. **Bulletin of Marine Science**, v. 53, n. 2, p. 795-817, 1993. ISSN 0007-4977.

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

LEIS, M. M.; TRNSKI, T. **The larvae of Indo-Pacific shorefishes**. 1989.

LESSA, R. P. et al. Distribution and abundance of ichthyoneuston at seamounts and islands off north-eastern Brazil. **Archive of Fishery and Marine Research**, v. 47, n. 2-3, p. 239-252, 1999. ISSN 0944-1921.

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. ISSN 0272-7714.

LIMA, A. R. A. et al. Early development and allometric shifts during the ontogeny of a marine catfish (*Cathorops spixii*-Ariidae). **Journal of Applied Ichthyology**, v. 28, n. 2, p. 217-225, 2012. ISSN 1439-0426.

MANGAS, A. P. et al. Ictioplâncton da baía do Guajará e do estuário do rio Pará, ilha do Marajó, Pará, Brasil. **Boletim Técnico Científico do Cepnor**, v. 13, n. 1, p. 43-54, 2014. ISSN 1676-5664.

MANN, K. H.; LAZIER, J. R. N. Vertical structure of the open ocean: biology of the mixed layer. **Dynamics of Marine Ecosystems, Third Edition**, p. 68-117, 2006. ISSN 1118687906.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, p. 1-12, 2016. ISSN 0177-798X.

MAZDA, Y.; WOLANSKI, E.; RIDD, P. V. **Part I: Outline of the physical processes within mangrove systems** The Role of Physical Processes in Mangrove Environments. Manual for the Preservation and Utilization of Mangrove Ecosystems: TERRAPUB: 3-64 p. 2007.

MCLUSKY, D. S.; ELLIOTT, M. **The estuarine ecosystem: ecology, threats and management**. Oxford University Press on Demand, 2004. ISBN 0198525087.

MEYNECKE, J.-O. et al. Effect of rainfall as a component of climate change on estuarine fish production in Queensland, Australia. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 69, n. 3, p. 491-504, 2006. ISSN 0272-7714.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; BJÖRN, K. **Princípios de oceanografia física de estuários**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2002.

MORAIS, J. O. et al. Erosão Costeira em Praias Adjacentes às Desembocaduras Fluviais: O Caso de Pontal de Maceió, Ceará, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 8, n. 2, p. 61-76, 2008.

MOTA, E. M. T. et al. Composition and cross-shelf distribution of ichthyoplankton in the Tropical Southwestern Atlantic. **Regional Studies in Marine Science**, 2017. ISSN 2352-4855.

MOTA, É. M. T. et al. Distribuição e abundância do ictioplâncton na região do Porto do Pecém, estado do Ceará. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 47, n. 1, p. 38-44, 2014. ISSN 0374-5686.

MUHLING, B. A. et al. Larval fish assemblages and water mass structure off the oligotrophic south-western Australian coast. **Fisheries Oceanography**, v. 17, n. 1, p. 16-31, 2008. ISSN 1365-2419.

NETO, J. M. et al. The Response of Estuarine Macrobenthic Communities to Natural- and Human-Induced Changes: Dynamics and Ecological Quality. **Estuaries and Coasts**, v. 33, n. 6, p. 1327-1339, 2010. ISSN 1559-2723 1559-2731.

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, n. 15, p. 1599-1610, 2011. ISSN 0278-4343.

PERES-NETO, P. R.; MAGNAN, P. The influence of swimming demand on phenotypic plasticity and morphological integration: a comparison of two polymorphic charr species. **Oecologia**, v. 140, n. 1, p. 36-45, 2004. ISSN 0029-8549.

PINHEIRO, L. S.; MEDEIROS, C.; MORAIS, J. O. Erosive processes monitoring linked to the estuarine evolution systems nearby Aguas Belas, Cascavel, Ceará, Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 39, n. 1, p. 1403-1406, 2004.

PITTMAN, S. J. et al. Predictive mapping of fish species richness across shallow-water seascapes in the Caribbean. **Ecological Modelling**, v. 204, n. 1, p. 9-21, 2007. ISSN 0304-3800.

POTTER, I. C. et al. 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, n. 3, p. 497-500, 2010. ISSN 0272-7714.

REN, P. et al. The spatial pattern of larval fish assemblages in the lower reach of the Yangtze River: potential influences of river–lake connectivity and tidal intrusion. **Hydrobiologia**, v. 766, n. 1, p. 365-379, 2016. ISSN 0018-8158.

RIDD, P. V.; STIEGLITZ, T. Dry Season Salinity Changes in Arid Estuaries Fringed by Mangroves and Saltflats. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 54, n. 6, p. 1039-1049, 2002. ISSN 0272-7714. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272771401908765> >.

ROBINS, J. B. et al. Freshwater-flow requirements of estuarine fisheries in tropical Australia: a review of the state of knowledge and application of a suggested approach. **Marine and Freshwater Research**, v. 56, n. 3, p. 343-360, 2005. ISSN 1448-6059.

SARPEDONTI, V.; SILVA DA ANUNCIACAO, E. M.; BORDALO, A. O. Spatio-temporal distribution of fish larvae in relation to ontogeny and water quality in the oligohaline zone of a North Brazilian estuary. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 3,

p. 55-63, Jul-Sep 2013. ISSN 1676-0603. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000328238200008 >.

SCHETTINI, C. A. F.; VALLE-LEVINSON, A.; TRUCCOLO, E. C. Circulation and transport in short, low-inflow estuaries under anthropogenic stresses. **Regional Studies in Marine Science**, v. 10, p. 52-64, 2017. ISSN 2352-4855.

SCHMIEGELOW, J. M. M. M. **O planeta azul: uma introdução às ciências marinhas**. 2004. 202.

SILVA, D. F. et al. Efeitos da associação de eventos de ENOS e ODP sobre o Estado do Ceará. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 29, n. 2, p. 114-135, 2012. ISSN 2238-6211.

STRYDOM, N. A. Occurrence of larval and early juvenile fishes in the surf zone adjacent to two intermittently open estuaries, South Africa. **Environmental Biology of Fishes**, v. 66, n. 4, p. 349-359, 2003. ISSN 0378-1909.

SUTHERLAND, K.; STRYDOM, N. A.; WOOLDRIDGE, T. H. Composition, abundance, distribution and seasonality of larval fishes in the Sundays Estuary, South Africa. **African Zoology**, v. 47, n. 2, p. 229-244, 2012. ISSN 1562-7020.

VALLE-LEVINSON, A. **Contemporary issues in estuarine physics**. Cambridge University Press, 2010. 38 ISBN 1139487698.

VON-WESTERNHAGEN, H. 4 sublethal effects of pollutants on fish eggs and larvae. **Fish physiology**, v. 11, p. 253-346, 1988. ISSN 1546-5098.

WARGO, A. M. et al. Observations on the distribution of Ichthyoplankton within the Saco River estuary system. **Northeastern Naturalist**, v. 16, n. 4, p. 647-654, 2009. ISSN 1092-6194.

WASSERMAN, R. J.; STRYDOM, N. A. The importance of estuary head waters as nursery areas for young estuary-and marine-spawned fishes in temperate South Africa. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 94, n. 1, p. 56-67, 2011. ISSN 0272-7714.

WILLIAMS, J. et al. Influence of freshwater flows on the distribution of eggs and larvae of black bream *Acanthopagrus butcheri* within a drought affected estuary. **Journal of Fish Biology**, v. 80, n. 6, p. 2281-2301, 2012. ISSN 1095-8649.

Capítulo 1: **COMPARAÇÃO ENTRE MALHAS DE REDES NA  
AMOSTRAGEM DO ICTIOPLÂNCTON ESTUARINO EM CONDIÇÕES  
DE HIPERSALINIDADE**

## RESUMO

Por apresentar uma ampla escala de tamanho, que varia de acordo com o seu estágio de desenvolvimento, o estudo do icteoplâncton apresenta dificuldades na padronização de sua amostragem. Por isso, estudos sobre diferenças na eficiência de captura entre as aberturas de malhas de redes são importantes para a escolha do método de coleta ideal. Esse trabalho objetivou analisar a seletividade de três aberturas de malhas (200, 300 e 500  $\mu\text{m}$ ) na captura da assembleia icteoplânctônica estuarina. As amostras foram coletadas, bimestralmente (fevereiro a dezembro 2015) por três redes acopladas com fluxômetros, através de arrastos horizontais, durante a maré vazante. Um total de 464 ovos e 381 larvas foram coletados. Os ovos foram classificados em 1 família e 5 morfotipos (Família Engraulidae e morfotipos A, B, C, D e E). As larvas de peixe foram identificadas em 7 famílias (Gobiidae, Engraulidae, Gerreidae, Carangidae, Haemulidae, Sciaenidae, Echeneidae e Syngnathidae). A rede de 500  $\mu\text{m}$  apresentou a maior abundância relativa de ovos (56%) do total de ovos coletados pelas três redes. A rede de 200  $\mu\text{m}$  apresentou a maior abundância relativa de larvas (56%) como também a maior diversidade (Shannon-Weaver). A rede de 200  $\mu\text{m}$  foi a única rede que coletou todos os estágios de desenvolvimento. Não foi encontradas diferenças estatisticamente significativas entre as diferentes malhas (PERMANOVA,  $p > 0,05$ ). Análises da curva do coletor demonstram uma boa representatividade da comunidade de larvas de peixes utilizando as 3 redes de plâncton. O estudo sugere que a inclusão da rede de 200  $\mu\text{m}$  pode proporcionar uma amostragem mais completa do icteoplâncton em ambientes estuarinos sob influência da hipersalinidade. Esta abordagem metodológica é relevante visando fornecer dados mais representativos de caracterização e monitoramento de ovos e larvas de peixes.

**PALAVRAS-CHAVE:** ovos e larvas de peixe, seletividade, estuário, semiárido.

## ABSTRACT

Due to a large scale of size, which varies according to its stage of development, the study of ichthyoplankton has difficulties associated with the standardization of its sampling. Thus, studies of ichthyoplankton retention by nets of different mesh sizes are important to choose the ideal sampler. The aim of this study was to analyze larvae and eggs fish sampled with 200, 300 and 500  $\mu\text{m}$  mesh size nets. Samples were collected, bimonthly (february to december, 2015), through horizontal hauls using a flowmeter attached to the nets, during the ebb tides. A total of 464 eggs and 381 larvae fish were collected. The eggs were classified in 6 morphotypes (Families Engraulidae, A, B, C, D and E). Larvae fish were identified to 7 families (Gobiidae, Engraulidae, Gerreidae, Carangidae, Haemulidae, Sciaenidae, Echineidae and Syngnathidae). The largest abundance of fish eggs (56%) was observed in 500  $\mu\text{m}$  mesh size. Diversity (Shannon) and abundance of larvae fish were higher in 200  $\mu\text{m}$  mesh size. In 200  $\mu\text{m}$  mesh size, all the stages of development occurred. No significant differences in larval and eggs fish densities were observed between mesh sizes (PERMANOVA,  $p > 0,05$ ). The study suggests that inclusion of the mesh size of 200  $\mu\text{m}$  may improve ichthyoplankton sampling in estuarine environment.

**KEYWORDS:** eggs and fish larvae, selectivity, estuary, semiarid.

## 1. INTRODUÇÃO

Uma das dificuldades no estudo do icteoplâncton é a sua amostragem, já que esses organismos apresentam uma larga escala de tamanho, que varia de acordo com o seu estágio de desenvolvimento (Pepin e Shears, 1997). Existem diversos métodos de captura para o icteoplâncton, cada um com vantagens e desvantagens, que estão relacionadas à eficiência amostral, à facilidade de uso, ao ambiente e ao estágio de desenvolvimento (Hernandez *et al.*, 2011). Estudos com larvas de peixe apresentam complexidade em relação à heterogeneidade dos diversos estágios de desenvolvimento, onde para uma amostragem mais eficiente em termos de diversidade, abundância e frequência são necessárias o uso de vários coletores para abranger o máximo de espectro de tamanho possível (Paradis *et al.*, 2008).

Dentre os métodos de coleta mais conhecidos, incluem-se as bombas de plâncton (Taggart e Leggett, 1984), redes de arrasto simples (Gonçalves *et al.*, 2015) (Figura 1A), bongô (Gomes *et al.*, 2014) (Figura 1B), armadilhas de luz (Kehayias *et al.*, 2008) (Figura 1C), rede S-10 (Habtes *et al.*, 2014) e o *In Situ Ichthyoplankton Imaging System* (ISIIS) (Cowen e Guigand, 2008) (Figura 1D). O método ISIIS é um dos mais recentes, onde as análises do icteoplâncton são realizadas através de imagens capturadas no ambiente natural (Cowen *et al.*, 2013).



Figura 1: Aparelhos de coleta para ictioplâncton. A: Rede de arrasto simples; B: Rede Bongo; C: Armadilha luminosa e D: *In Situ Ichthyoplankton Imaging System*. Fonte: Internet.

Mesmo com o desenvolvimento de técnicas mais avançadas nas últimas décadas, a rede de plâncton ainda é comumente utilizada para a amostragem do ictioplâncton devido ao baixo custo, fácil transporte e simples manuseio (Lima *et al.*, 2015; Werner *et al.*, 2016). Além disso, estudos com séries temporais que iniciaram com o uso de redes de plâncton devem manter o mesmo padrão de amostragem ao longo de anos e décadas, visando permitir a padronização dos dados ecológicos de longo prazo (Hernandez *et al.*, 2011; Johnson e Fogarty, 2013).

Embora frequentemente utilizadas, as redes de arrastos apresentam algumas limitações, como: colmatação e extrusão da malha, a transparência da água e a luminosidade local, que podem facilitar a percepção visual dos organismos em relação às redes, e velocidade do arrasto (Smith *et al.*, 1968). Os organismos em estágio de desenvolvimento mais avançado apresentam mecanismos de resposta aos estímulos vibratórios da água, podendo apresentar comportamento de fuga em relação às redes (Smith *et al.*, 1968; Riccardi, 2010).

O ambiente estuarino, geralmente, apresenta altas concentrações de partículas suspensas (como sólidos e nutrientes) (Allen *et al.*, 1980; Watanabe *et al.*, 2014), contribuindo para o aumento da probabilidade de obstrução das redes durante os arrastos. Vale destacar que a retenção dos organismos pela rede deve levar em consideração não só o comprimento, mas também da secção vertical da malha que deve ser maior do que o diâmetro do indivíduo retido (Smith *et al.*, 1968; Riccardi, 2010).

O estudo sobre a seletividade das diferentes aberturas de malhas utilizadas na coleta do ictioplâncton tanto para a escolha do amostrador ideal, como também para o tamanho da malha podem evitar a ineficiência amostral (Habtes *et al.*, 2014). Testar as diferentes malhas de rede, antes da escolha definitiva do aparelho coletor, é importante para a padronização do método de coleta, crucial para o desenvolvimento adequado das pesquisas, principalmente, para aquelas que visam coletas em larga escala de tempo (Irisson *et al.*, 2010).

Considerando que a seletividade da rede é dependente do tipo de ambiente e a maioria dos estudos ocorreu em regiões temperadas (Overton e Rulifson, 2007; Hernandez *et al.*, 2011), pode-se perceber que a escassez de

estudos em estuários tropicais é um aspecto muito grave e que merece ser levado em consideração. Pesquisas sobre o ictioplâncton realizadas em estuários de regiões temperadas e tropicais, comumente, utilizam malhas de 300 ou 500  $\mu\text{m}$  (Ramos *et al.*, 2010; Gomes *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2015). Pesquisas avaliando redes de malha menores (e.g. 200 $\mu\text{m}$ ) para reter as larvas de menor tamanho (Leslie e Timmins, 1989) são escassas. A fim de reduzir a lacuna no conhecimento da eficácia dos tamanhos de malhas de redes de plâncton, em assembleias ictioplanctônicas nesses ambientes, esta pesquisa avaliou a diferença entre redes com três aberturas de malhas diferentes (200, 300 e 500  $\mu\text{m}$ ) em um estuário tropical raso e hipersalino.

## **2. HIPÓTESE**

A densidade e diversidade do ictioplâncton (ovos e larvas de peixes) são maiores nas redes de 300  $\mu\text{m}$ .

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1. Objetivo geral**

Analisar a eficiência das três malhas (200, 300 e 500  $\mu\text{m}$ ) em assembleias ictioplanctônicas, em um estuário semiárido tropical sob influência de hipersalinidade (Piranji-Ceará, Brasil).

### **3.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar taxonomicamente a assembléia ictioplanctônica;
- Comparar a abundância relativa (%), densidade ( $\text{org.100m}^{-3}$ ) e frequência de ocorrência (%) de ovos e larvas entre as três redes de coleta;
- Caracterizar a estrutura das assembleias de larvas de peixes capturadas por redes de 200, 300 e 500  $\mu\text{m}$ , através de índices de diversidade, riqueza e equitabilidade.

- Descrever os estágios de desenvolvimento das larvas coletadas em cada rede.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Área de estudo

Estuários nordestinos brasileiros estão susceptíveis a alterações no seu funcionamento devido às características apresentadas pelo clima semiárido, como a vazão irregular, altas taxas de evaporação e baixa taxa de pluviosidade, geralmente, menor do que 700 mm ao ano (Schettini *et al.*, 2017). Devido a essas características, alguns estuários presentes nessas regiões podem apresentar condições de estuários invertidos, onde o gradiente de salinidade aumenta em direção a montante do rio (Miranda, 2002). Durante o período seco, recorrente na maior parte do ano, ocorre uma redução natural do fluxo de água doce nos estuários do semiárido e, nos últimos anos, essa redução tem sido fortemente agravada pela construção de múltiplos reservatórios em seu entorno e anomalias na precipitação pluviométrica (Marengo *et al.*, 2016). No caso do estuário do rio Piranji, o fluxo está severamente comprometido pela presença de reservatórios ao longo de seu curso (Schettini *et al.*, 2017). As entradas de água doce apresentam baixos valores e grande sazonalidade, onde a maior descarga de água doce para o mar ocorre na estação chuvosa, em geral no final do ano em dezembro e vai até o mês de maio, ocorrendo o oposto durante a estação seca, de junho a novembro (Maia *et al.*, 2006).

O estuário do rio Piranji está localizado no litoral leste do estado do Ceará, município de Beberibe. O rio estende-se por 177 km com uma largura média de 35 km no alto e médio curso e 55 km no baixo curso (Silva e Silva, 2012). É considerado raso, geralmente com profundidade menor do que 7 metros (Figura 2) e com a área de entorno pouco povoada, porém ocupada por atividade de carcinicultura e antigas salinas desativadas (Schettini *et al.*, 2017).

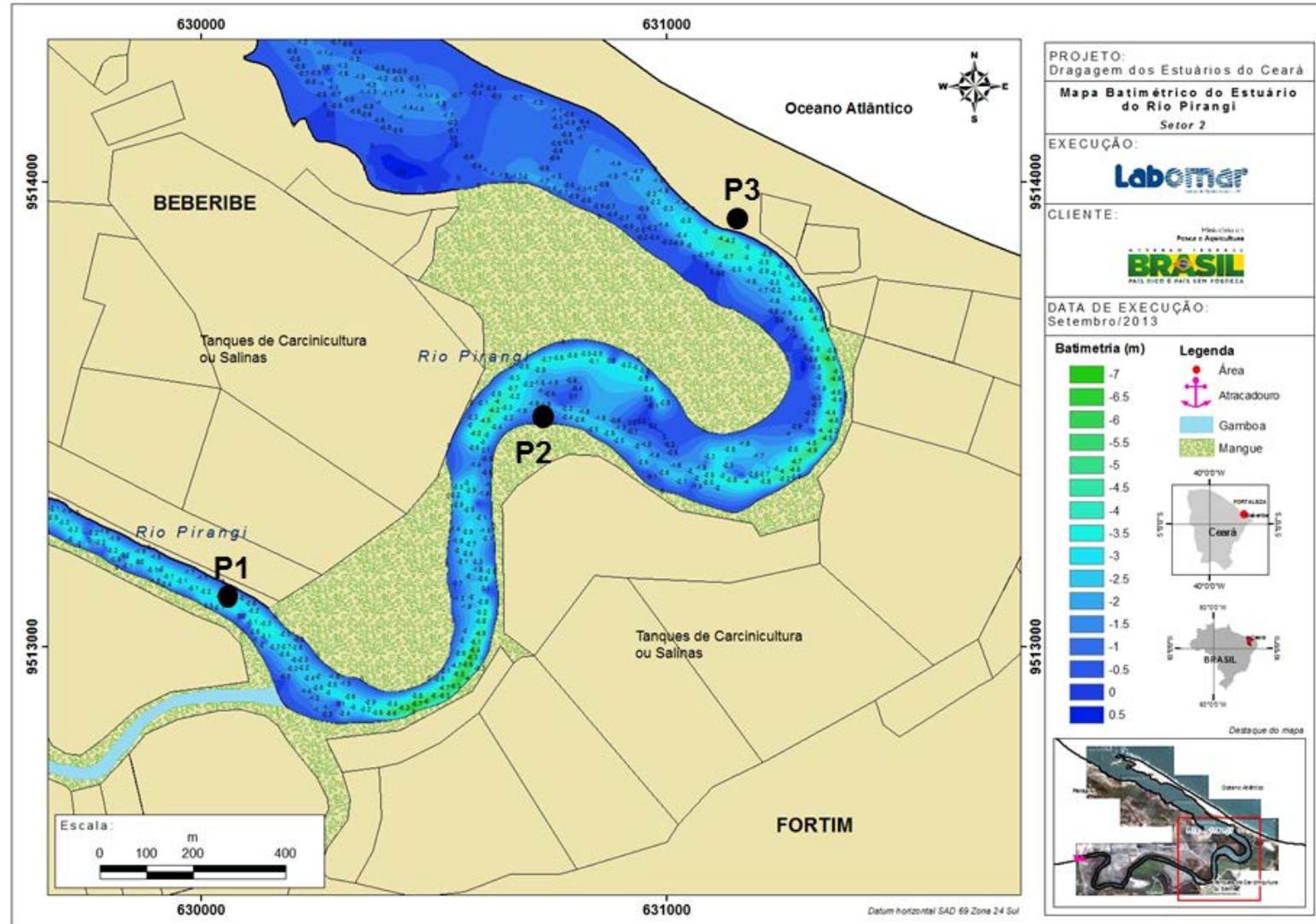


Figura 2: Mapa batimétrico do estuário do rio Pirangi (Ceará-Brasil).

## 4.2. Amostragem

As amostras de ictioplâncton foram coletadas em um gradiente em relação a foz do sistema estuarino do rio Pirangi (Figura 3), através de um barco a motor com velocidade constante de 2 nós. As coletas ocorreram durante a vazante de maré sizígia, a cada dois meses, entre fevereiro e dezembro de 2015 (Anexo 1). O período chuvoso varia de fevereiro a junho e, o período seco, de agosto a dezembro. Durante a amostragem, arrastos com as redes de 200, 300 e 500  $\mu\text{m}$  e diâmetro de boca de 50 cm foram realizados durante dez minutos. As redes foram equipadas com um fluxômetro mecânico "General Oceanics". Todas as amostras foram imediatamente fixadas em formol 4%, tamponado com bórax (5 g/L). Os arrastos foram realizados no período diurno e para evitar à fuga das larvas as malhas das redes possuíam cor clara (Costa e Souza-Conceição, 2009).

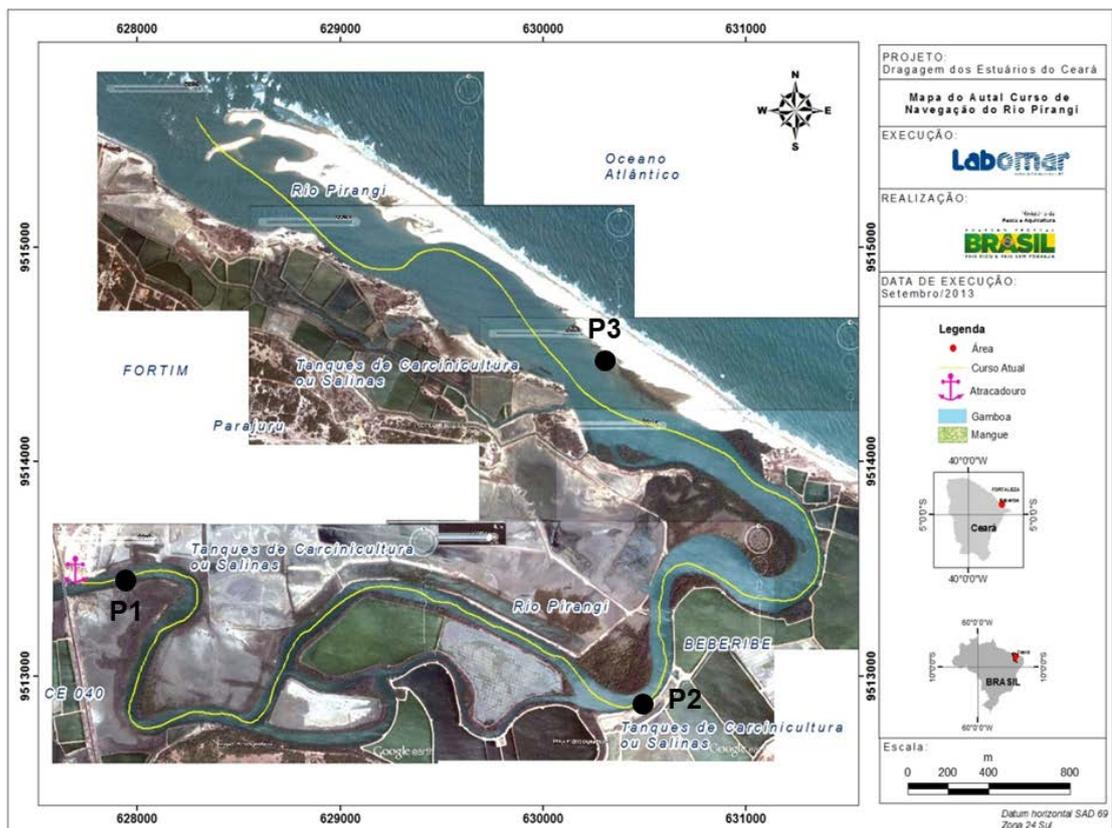


Figura 3: Pontos de coleta (P1, P2 e P3) no estuário do rio Pirangi (Ceará-Brasil).

Após a análise, as amostras depositadas para tombamento na Coleção de Plâncton Profa. Mariana Ferreira de Menezes, do Instituto de Ciências do Mar (UFC). Em laboratório, o ictioplâncton foi triado e os táxons identificados até o menor nível taxonômico possível (espécie) segundo (Fahay, 1983; Ré, 1999; Richards, 2005). Adotou-se como critério metodológico o uso da família para representar a riqueza taxonômica (Anexo 2). A identificação foi baseada em caracteres merísticos, morfológicos e morfométricos. Devido às dificuldades e a falta de bibliografia especializada para a região tropical, somente os ovos da família Engraulidae foram identificados. Os demais classificados como morfotipos A, B, C, D e E, de acordo com suas características morfométricas (tamanho do ovo) e morfológicas (presença ou ausência e quantidade de gotas de óleo). As larvas foram classificadas de acordo com o estágio de desenvolvimento em: pré-flexão, flexão e pós-flexão (Figura 4), baseada em Ré, 1999.

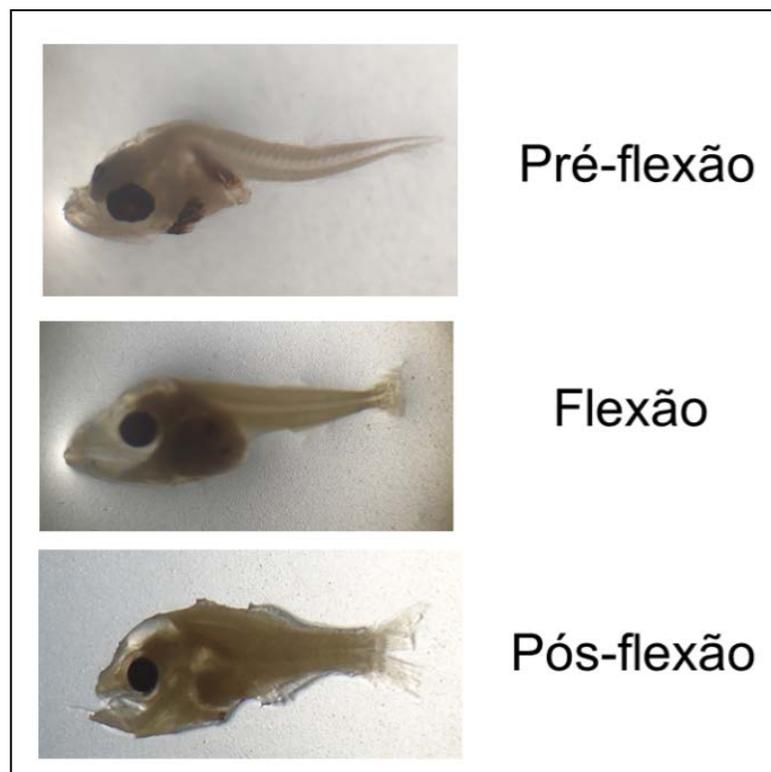


Figura 4: Estágios de desenvolvimento do ictioplâncton encontrados no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil). Pré-flexão: flexão do uróstilo; Flexão: flexão do uróstilo ao início do desenvolvimento das nadadeiras pélvicas; Pós-flexão: desenvolvimento das demais nadadeiras e aparecimento das escamas (Ré, 1999). Fonte pessoal.

#### 4.3. Análise de dados

Para testar a hipótese de diferença na densidade ictioplanctônicas coletada pelas diversas redes, os dados referentes aos pontos (P1, P2 e P3) e aos dois períodos sazonais foram agrupados, através da média das densidades de ovos e larvas, calculadas por:  $D = \text{org.} \cdot 100 \text{m}^{-3}$ .  $D = N \times v$ , onde  $N$  = número de ovos ou larvas e  $v = a \times n \times c$  ( $a$  = área da boca da rede,  $n$  = número de rotação do fluxômetro e  $c$  = taxa de calibração do fluxômetro).

A abundância relativa ( $A$ , %) para cada tipo de malha de rede calculada por:  $A = (n/N) \cdot 100$ , onde  $n$  representa o número de larvas da família referente e  $N$  o número total de larvas em cada malha. A frequência de ocorrência das famílias em cada rede seguiu os seguintes critérios: > 70% = muito frequente, 70% - 40% = frequente, 40% - 10% = pouco frequente e < 10% = esporádica (Matteucci e Colma, 1982).

Para testar a normalidade dos dados de densidade de ovos e larvas foi realizado o teste Kolmogorov Smirnov, através do programa Statistica 7. Como não ocorreu distribuição normal, as possíveis diferenças estatísticas entre as três redes, foi analisada através do teste não-paramétrico Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ), utilizando o programa Statistica 7.0. Para a análise da estrutura da assembleia de larvas de peixes foram calculados os estimadores de riqueza de Margalef ( $d$ ), equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) e índice de diversidade de Shannon-Weaver ( $H'$ ), após transformação logarítmica [ $\log(x+1)$ ], através do software Primer (*Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research*) 6.0. As curvas de acumulação foram feitas para as três aberturas de malhas, analisadas através do número de táxons (famílias) pelo estimador de riqueza taxonômica BOOTSTRAP, pelo Primer 6.0.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Ovos

Um total de 464 ovos foi amostrado pelas redes de 200, 300 e 500  $\mu\text{m}$ . Uma família (Engraulidae) e cinco morfotipos foram identificados e classificados de acordo com suas características (tamanho do ovo, gotas de óleo e espaço perivitelínico) (Tabela 1). Um exemplar de cada morfotipo foi escolhido para a descrição apresentada na tabela abaixo:

Tabela 1: Morfotipos de ovos coletados no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015. Figuras: Fonte pessoal.

Morfotipos de ovos		Diagnose
Engraulidae		Formato elipsoide, 55 µm de comprimento, 20 µm de largura e 3 µm de espaço perivitelino.
A		Formato ovoide, 25 µm de diâmetro, 8 µm de espaço perivitelino e presença de várias gotas de óleo.
B		Formato ovoide, 43 µm de diâmetro, 21 µm de espaço perivitelino e presença de uma gota de óleo.
C		Formato ovoide, 11 µm de diâmetro, 2 µm de espaço perivitelino e ausência de gotas de óleo.
D		Formato ovoide, 54 µm de diâmetro, 12 µm de espaço perivitelino, ausência de gotas de óleo e larvas bastante pigmentadas.
E		Formato ovoide, 21 µm de diâmetro, 3 µm de espaço perivitelino e cabeça da larva preenchendo a maior parte do córion.

Para as amostras coletadas com a rede de 200 µm, quatro táxons (Engraulidae, A, B e D) foram identificados, sendo o morfotipo B seu maior representante com  $1,449 \pm 1,040$  ovos. $100m^{-3}$ . Na rede de 300 µm, cinco táxons (Engraulidae, A, B, C e D) foram identificados, tendo como destaque a família Engraulidae com  $0,854 \pm 0,452$  ovos. $100m^{-3}$ . A rede de 500 µm apresentou todos os seis táxons e, com o maior valor pertencente ao táxon B ( $3,196 \pm 2,959$  ovos. $100m^{-3}$ ) (Tabela 2). Não houve diferença significativa ( $p=0,256$ , Kruskal-Wallis) entre as redes considerando a densidade dos ovos (Tabela 2).

Tabela 2: Média da densidade e desvio padrão dos ovos (ovos.100m<sup>-3</sup>) coletados pelas redes de 200, 300 e 500 µm, no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015.

Morfotipos	200µm	300µm	500µm
Engraulidae	0,430 ± 0,411	0,854 ± 0,452	0,205 ± 0,265
A	1,081 ± 0,637	0,107 ± 0,105	0,741 ± 0,712
B	1,449 ± 1,040	0,633 ± 0,348	3,196 ± 2,959
C	-	0,637 ± 0,438	0,077 ± 0,090
D	0,176 ± 0,168	0,401 ± 0,389	0,226 ± 0,139
E	-	-	0,855 ± 0,814

A maioria dos táxons identificados nas três redes foi classificada como esporádicos (Tabela 3). Para a coleta de ovos, 56% do total foi coletado pela rede de 500 µm (Figura 5). A abundância relativa, na malha de 200 µm, evidenciou um destaque para o tipo B (44,2%). Na rede de 300 µm, três táxons foram mais abundantes, principalmente morfotipo C, Engraulidae e morfotipo B. Na rede de 500 µm, 59,8% dos ovos corresponderam ao morfotipo B (Figura 5).

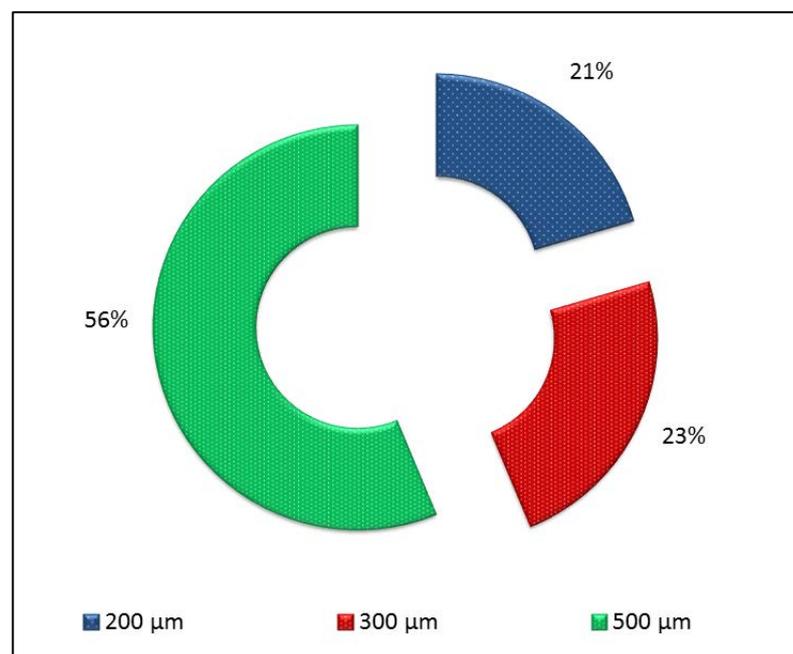


Figura 5: Abundância relativa (%) dos ovos coletados nas redes de 200, 300 e 500µm no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015.

Tabela 3: Número de ovos (N), abundância relativa (A, %) e frequência de ocorrência (Fo, %) dos ovos de peixe nas redes de 200, 300 e 500  $\mu\text{m}$ , do estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015. Pouco frequente: 40% - 10% (++) , Esporádico: < 10% (+) e (-) não ocorreu.

Morfotipo	200 $\mu\text{m}$			300 $\mu\text{m}$			500 $\mu\text{m}$		
	N	A (%)	Fo (%)	N	A (%)	Fo (%)	N	A (%)	Fo (%)
Engraulidae	23	24,2	+	40	37,1	+	33	12,6	+
A	17	17,9	-	1	0,9	-	19	7,3	+
B	42	44,2	+	34	31,5	+	156	59,8	+
C	-	-	-	28	25,9	+	3	1,1	+
D	13	13,7	+	5	4,6	+	19	7,3	+
E	-	-	-	-	-	-	31	11,9	-
<b>Total</b>	<b>95</b>			<b>108</b>			<b>261</b>		

## 5.2. Larvas

De um modo geral, a rede com malha de 500  $\mu\text{m}$  apresentou maior diversidade e abundância de ovos, enquanto a rede de 200  $\mu\text{m}$  evidenciou maior diversidade e abundância de larvas (Tabela 4).

Tabela 4: Quadro geral comparativo entre as três redes de 200, 300 e 500  $\mu\text{m}$  utilizadas no estudo do estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015. ED: Estágio de desenvolvimento. CC: Curva coletor.

	REDES		
	200 $\mu\text{m}$	300 $\mu\text{m}$	500 $\mu\text{m}$
Morfotipos (ovos)	4	5	<b>6</b>
Nº Total (ovos)	95	108	<b>161</b>
Famílias (larvas)	<b>7</b>	6	5
Nº Total (larvas)	<b>214</b>	<b>126</b>	41
ED (mais encontrado das larvas)	Pré-flexão	Flexão	Pré-flexão
CC (mais eficiente para larvas)	<b>x</b>		
Índice de diversidade de Shannon de larvas (maior)	<b>x</b>		

Um total de 381 larvas foi coletado nas redes de 200, 300 e 500  $\mu\text{m}$ . Dentre as larvas coletadas, oito famílias foram identificadas: Gobiidae, Engraulidae,

Gerreidae, Carangidae, Haemulidae, Sciaenidae, Echeneidae e Syngnathidae (Tabela 5).

Tabela 5: Família das larvas coletadas no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015. Figuras: Fonte pessoal.

Famílias		Diagnose
Engraulidae		Formato do corpo muito alongado, intestino 3/4 do corpo, diâmetro do olho 10 µm, comprimento total do corpo 230 µm e total de 43 miômeros.
Gobiidae		Formato do corpo alongado, intestino 1/4 do corpo, diâmetro do olho 20 µm, comprimento total do corpo 202 µm e total de 25 miômeros.
Gerreidae		Formato do corpo alongado, intestino 1/4 do corpo, diâmetro do olho 10 µm, comprimento total do corpo 160 µm e total de 24 miômeros.
Carangidae		Formato do corpo não alongado, intestino 2/3 do corpo, diâmetro do olho 60 µm, comprimento total do corpo 455 µm e total de 24 miômeros.
Haemulidae		Formato do corpo alongado, intestino 1/4 do corpo, diâmetro do olho 15 µm, comprimento total do corpo 155 µm e total de 26 miômeros.
Sciaenidae		Formato do corpo não alongado, intestino 1/3 do corpo, diâmetro do olho 20 µm, comprimento total do corpo 330 µm e total de 24 miômeros.
Echeneidae		Formato do corpo muito alongado, intestino 3/4 do corpo, diâmetro do olho 20 µm, comprimento total do corpo 210 µm e total de 31 miômeros.
Syngnathidae		Formato do corpo muito alongado, intestino 2/3 do corpo, diâmetro do olho 20 µm, comprimento total do corpo 90 µm e total de 51 miômeros.

Para as amostras coletadas com a rede de 200 µm, sete famílias foram identificadas. Para a rede de 300 µm, seis famílias foram evidenciadas e, para a rede de 500 µm, ocorreram cinco famílias (Tabela 6).

Tabela 6: Densidade total das larvas (larvas.100m<sup>-3</sup>) nas redes de 200, 300 e 500µm coletadas no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015.

Família	200µm	300µm	500µm
Gobiidae	0,438 ± 0,276	0,390 ± 0,230	0,174 ± 0,078
Engraulidae	1,390 ± 1,135	1,499 ± 1,718	0,619 ± 0,405
Gerreidae	0,055 ± 0,010	0,963 ± 1,046	0,108 ± 0,103
Carangidae	0,041 ± 0,039	0,182 ± 0,174	0,017 ± 0,011
Haemulidae	-	0,038 ± 0,035	0,063 ± 0,059
Sciaenidae	0,051 ± 0,048	0,091 ± 0,088	-
Echeneidae	0,034 ± 0,035	-	-
Syngnathidae	0,216 ± 0,214	-	-

A rede de 200 µm apresentou a maior porcentagem (56%) do total de larvas coletadas (Figura 6). A família Engraulidae apresentou a maior abundância relativa nas três redes de coleta. Na rede de 200 µm, essa família correspondeu a 85% do total de larvas coletadas. Na rede de 300 µm, a abundância foi de 49,2% e na rede de 500 µm 44,2%. Para a rede de 200 e 300 µm, estes organismos foram classificados como frequentes e para a rede de 500 µm, como pouco frequentes (Anexo 2) (Tabela 7).

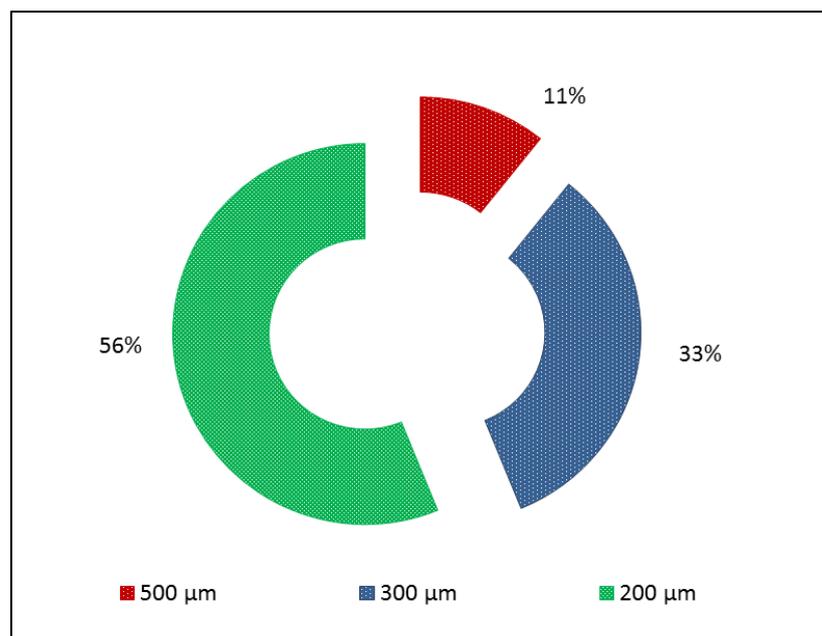


Figura 6: Abundância total (%) de larvas coletadas pelas redes de 200, 300 e 500µm durante o período de amostragem no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015.

Tabela 7: Abundância relativa (A, %) e frequência de ocorrência (Fo, %) das larvas nas redes de 200, 300 e 500  $\mu\text{m}$ , do estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015. Frequente: 70%-40% (+++); Pouco frequente: 40% - 10% (++); Esporádico: < 10% (+) e (-) não ocorreu.

Família	200 $\mu\text{m}$ M (larvas/100 m <sup>3</sup> )			300 $\mu\text{m}$ M (larvas/100 m <sup>3</sup> )			500 $\mu\text{m}$ M (larvas/100 m <sup>3</sup> )		
	N	A (%)	Fo (%)	N	A (%)	Fo (%)	N	A (%)	Fo (%)
Gobiidae	13	6,1	++	24	19,0	++	15	36,6	++
Engraulidae	162	75,7	+++	62	49,2	+++	21	51,2	++
Gerreidae	29	13,6	++	20	15,9	++	2	4,9	+
Carangidae	1	0,5	+	3	2,4	+	2	4,9	+
Haemulidae	-	-	-	1	0,8	+	1	2,4	+
Sciaenidae	4	1,8	++	16	12,7	+	-	-	-
Echeneidae	2	0,9	++	-	-	-	-	-	-
Syngnathidae	3	1,4	+	-	-	-	-	-	-
Total	214			126			41		

A curva de acumulação de espécies (rarefação) apresentou o alcance de uma suficiência amostral para os táxons para rede de 500  $\mu\text{m}$ . Já para as redes de 200  $\mu\text{m}$  e 300  $\mu\text{m}$  o bootstrap mostrou que a estabilização da curva ocorreria com apenas mais uma família, o que demonstra ser baixa a riqueza de táxons no ambiente estuarino de estudo. A rede de 200  $\mu\text{m}$  apresentou a maior eficiência de captura (Figura 7).

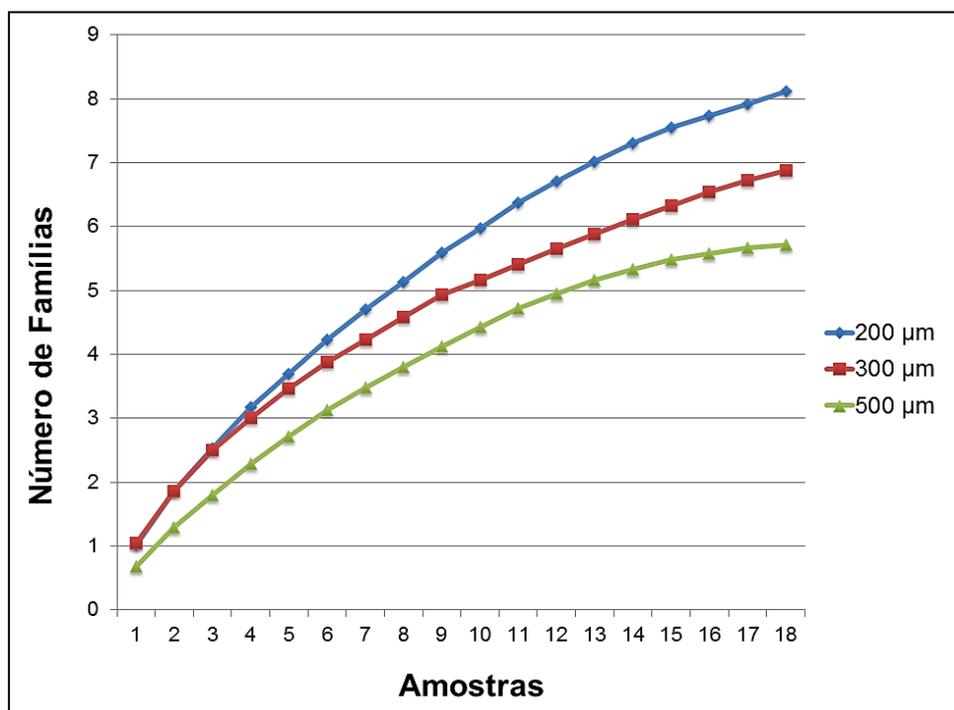


Figura 7: Curva de acumulação de espécies das larvas coletadas nas redes de 200, 300 e 500  $\mu\text{m}$  no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015.

A Tabela 7 mostra que o maior número de famílias e maior diversidade de Shannon-Weaver foram observados na rede de 200  $\mu\text{m}$ . Já a riqueza de Margalef foi maior na rede de 500  $\mu\text{m}$ . A maior equitabilidade foi registrada pela rede de 300  $\mu\text{m}$ .

Tabela 7: Índices de diversidade das larvas coletadas nas redes de 200, 300 e 500  $\mu\text{m}$ , do estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015. Riqueza de Margalef (d); equitabilidade de Pielou (J'), índice de diversidade de Shannon-Weaver (H') e número de táxons (S).

Redes	S	Índices de diversidade		
		d	J'	H'(loge)
200 $\mu\text{m}$	<b>7</b>	4,62	0,86	<b>1,68</b>
300 $\mu\text{m}$	6	4,54	<b>0,91</b>	1,63
500 $\mu\text{m}$	5	<b>5,87</b>	0,81	1,31

Durante o estudo, diferentes estágios de desenvolvimento foram classificados. Na rede de 200  $\mu\text{m}$ , a maior porcentagem de organismos apresentou estágio de pré-flexão (72,4%). Para rede de 300 $\mu\text{m}$ , ocorreram mais larvas nos estágios de flexão (66,1%) e, para 500  $\mu\text{m}$ , 80,5% das larvas estavam em estágios de pós-flexão. Apenas a rede de 200  $\mu\text{m}$  coletou todos os estágios de desenvolvimento encontrados no estudo (Figura 8).

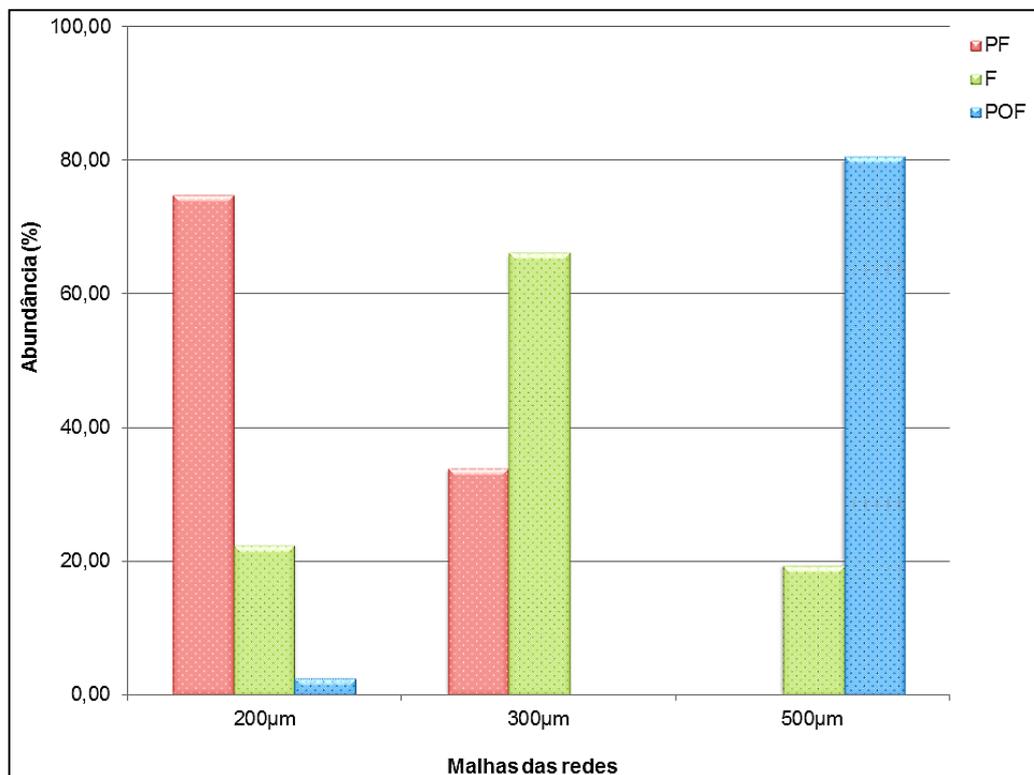


Figura 8: Abundância (%) de larvas em relação aos estágios de desenvolvimento: pré-flexão (PF), flexão (F) e pós-flexão (POF) coletada pelas redes de 200, 300 e 500  $\mu\text{m}$  no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015.

## 6. DISCUSSÃO

### 6.1. Comparação entre as três malhas de coleta

Os resultados apresentados por esse estudo refutaram a hipótese levantada, pois as maiores abundância de ovos e larvas ocorreram, respectivamente, nas redes de 500  $\mu\text{m}$  e 200  $\mu\text{m}$ . Cada rede mostrou-se eficaz para a captura de determinados estágios de desenvolvimento. Os dados fortalecem a idéia de que a escolha do tamanho das malhas dependerá do objetivo da pesquisa (Vannucci, 1968). No caso, para o presente estudo, a utilização da rede de menor malha (200  $\mu\text{m}$ ) permitiu uma amostragem mais completa do ictioplâncton em um estuário tropical sob influência da hipersalinidade.

Não era esperada uma maior abundância de ovos na rede de 500  $\mu\text{m}$ , uma vez que organismos menores não ficam retidos em malhas maiores (Skjoldal *et al.*, 2013), porém algumas espécies de teleósteos possuem ovos com diâmetro bastante acentuado, onde mesmo capturados por redes de malhas maiores conseguem ficar retidos (Somerton e Kobayashi, 1989). No caso do presente estudo, a maior porcentagem de ovos coletados pertenceu ao morfotipo B. Esses organismos apresentaram o maior diâmetro dentre todos os morfotipos, possivelmente seu tamanho permitiu sua retenção por uma malha maior.

A rede de menor malha (200  $\mu\text{m}$ ) teve a maior abundância e diversidade de larvas, onde esses organismos apresentaram a maior abundância em estágio de pré-flexão e em baixo número nos estágios mais avançados. Redes de malhas menores aumentam a probabilidade de coleta de indivíduos de menor tamanho, contudo a diminuição da malha pode vir a reduzir a filtração da água e aumentar os movimentos vibratórios da água. Assim larvas com estágios mais desenvolvidos e com capacidade natatória mais acentuada tendem a apresentar comportamento de fuga em relação à rede com malhas reduzidas (Skjoldal *et al.*, 2013).

### 6.2. Variação entre os estágios de desenvolvimento e as malhas de coleta

Em relação às fases de desenvolvimento apresentada pelas larvas capturadas, pode-se dizer que a ausência de larvas em estágio de saco vitelínico pode ter ocorrido pelo rápido processo de absorção do vitelo, pois em organismos

tropicais esse processo dura aproximadamente 24 horas, dependendo da espécie (Ré, 1984). Além de ser uma condição natural, a absorção do vitelo é influenciada pelo gradiente de salinidade, onde em condições mais salinas seu consumo pelas larvas é intensificado, pois uma alta quantidade de energia é exigida para o organismo manter a osmorregulação, afetando o crescimento e até mesmo a sobrevivência das larvas (Howell *et al.*, 1998).

A maior porcentagem de larvas coletadas pela rede de 200  $\mu\text{m}$  estava em estágio de pré-flexão, ou seja, são organismos de tamanho reduzido e de difícil identificação a nível específico. Nessa fase, as características comumente utilizadas na identificação como pigmentação e presença de espinhos (para algumas espécies) ainda não estão bem definidas (Richards, 2005). Outro fator que influencia na restrição da identificação é a lacuna em bibliografia especializada para o ictioplâncton de regiões tropicais do Atlântico Sul observada por (Mota *et al.*, 2017).

O estágio de desenvolvimento de pré-flexão ocorre logo após a passagem da alimentação endógena para exógena. Essa fase apresenta grande importância no sucesso do estoque pesqueiro adulto, uma vez que nela ocorre a maior taxa de mortalidade durante todo ciclo de vida dos peixes (Kamler, 2012). A captura de organismos nesse estágio é de fundamental importância para estudos que visam proporcionar informações para estabelecimento de alternativas ecológicas sustentáveis desses organismos (Navarro-Rodríguez *et al.*, 2006). Os resultados referentes aos dados de pré-flexão serem mais comuns na amostragem corroboram com outros trabalhos realizados em ambientes estuarinos (Chute e Turner, 2001; Costa e Souza-Conceição, 2009).

Na malha de 500  $\mu\text{m}$  foi observada a maior abundância de estágio larval de pós-flexão. Redes com maiores aberturas de malhas tendem a coletar indivíduos em fases de desenvolvimento mais avançadas (Leslie e Timmins, 1989). Contudo, em uma visão mais geral do estudo, ocorreu uma baixa densidade de larvas nesses estágios mais desenvolvidos. Nessa fase, as larvas já possuem uma maior percepção em relação à pressão que a água exerce durante o arrasto, como também, por possuírem capacidade natatória mais desenvolvida, que propicia uma maior evasão da rede (Johnson e Fogarty, 2013) ou podem reagir ao sentirem a turbulência causada pela hélice do barco no momento do arrasto (Overton e Rulifson, 2007).

A baixa abundância de larvas em estágio de pós-flexão pode, também, estar relacionada ao fato de que as condições oferecidas pelo ambiente estuarino não estejam sendo adequadas para sua sobrevivência (Miller *et al.*, 1988). Na busca por locais favoráveis ao seu desenvolvimento e segurança, mesmo sendo um organismo planctônico com mobilidade limitada, as larvas de peixes conseguem controlar seu deslocamento (Primo *et al.*, 2013) permitindo a migração ou permanência destes organismos para ambientes estuarinos ou marinhos mais favoráveis (Aceves-Medina *et al.*, 2008).

### **6.3. Diversidade de larvas capturadas pelas três malhas**

Para as três malhas das redes, foi observada a predominância de duas famílias: Engraulidae e Gobiidae. A mesma predominância dessas famílias foi encontrada em outras regiões estuarinas brasileiras (Barletta-Bergan *et al.*, 2002; Sarpedonti *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2011). Estes organismos apresentaram maiores abundâncias em todas as redes. Esse padrão de predominância é bastante comum em ambientes estuarinos, onde poucas espécies dominam o estuário (Zacardi *et al.*, 2016). Outra característica importante dos clupeiformes (engraulídeos) que pode explicar a dominância é a agregação de organismos durante a fase larval, formando cardumes (Namiki *et al.*, 2007). De modo geral, poucas espécies de peixe nascem dentro do ambiente estuarino e dentre esses organismos estão as larvas da família Gobiidae, tão comumente encontradas em regiões estuarinas tropicais (Castro *et al.*, 2005; Ramos *et al.*, 2010). Os ovos dos gobídeos ficam aderidos ao substrato enquanto suas larvas tendem a apresentar um padrão de distribuição espacial semelhante ao dos adultos (Gomes *et al.*, 2014).

A rede de 200  $\mu\text{m}$  foi a mais eficiente para a coleta da diversidade e abundância de larvas no estuário raso sob condições hipersalinas. A inclusão dessa malha (em conjunto com a rede de 300 e 500  $\mu\text{m}$ ) pode proporcionar uma amostragem mais completa do ambiente em termos ecológicos da diversidade e densidade dos táxons. Entretanto, para estudos que tenham como objetivo a coleta de organismos em estágio mais desenvolvido (como por exemplo, análise de conteúdo estomacal) a utilização dessa rede pode não ser conveniente. Vale ressaltar que a metodologia utilizada no presente trabalho foi aplicada em um ambiente semiárido, fortemente influenciado pela hipersalinidade, e em um período

de seca intensa. Portanto, este estudo apresenta subsídios relevantes para pesquisas futuras em regiões com características semelhantes. A padronização de metodologias é importante para obter dados importantes para a caracterização e o monitoramento ambiental dos ovos e larvas de peixes.

## 7. CONCLUSÃO

- A rede com abertura de malha de 500  $\mu\text{m}$  foi a mais adequada em relação à captura de ovos. Enquanto para as coletas de larvas para fins de análise de diversidade a rede de 200  $\mu\text{m}$  apresentou uma maior eficácia.
- Ocorreu variação na diversidade e riqueza entre as três malhas.
- A rede de 200  $\mu\text{m}$  foi mais eficiente na captura de larvas em estágio inicial de desenvolvimento (pré-flexão). Enquanto as redes de 300 e 500  $\mu\text{m}$  foram mais eficientes na captura de estágios mais avançados (flexão e pós-flexão).
- O estudo sugere que para futuras pesquisas sobre a assembléia ictioplanctônica em região estuarina em condições de hipersalinidade seria indicado à inclusão da rede de malha menor (200  $\mu\text{m}$ ) para uma amostragem mais completa do ambiente.

## BIBLIOGRAFIA

ACEVES-MEDINA, G. et al. Vertical structure of larval fish assemblages during diel cycles in summer and winter in the southern part of Bahía de La Paz, México. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 76, n. 4, p. 889-901, 2008. ISSN 0272-7714.

ALLEN, G. P. et al. Effects of tides on mixing and suspended sediment transport in macrotidal estuaries. **Sedimentary Geology**, v. 26, n. 1-3, p. 69-90, 1980. ISSN 0037-0738.

BARLETTA-BERGAN, A.; BARLETTA, M.; SAINT-PAUL, U. Structure and seasonal dynamics of larval fish in the Caeté River Estuary in North Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 54, n. 2, p. 193-206, 2002. ISSN 0272-7714.

CASTRO, M. S.; BONECKER, A. C. T.; VALENTIN, J. L. Seasonal variation in fish larvae at the entrance of Guanabara Bay, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, n. 1, p. 121-128, 2005. ISSN 1516-8913.

CHUTE, A. S.; TURNER, J. T. Plankton studies in Buzzards Bay, Massachusetts, USA. V. Ichthyoplankton, 1987 to 1993. **Marine Ecology Progress Series**, v. 224, p. 45-54, 2001. ISSN 0171-8630.

COSTA, M. D. P.; SOUZA-CONCEIÇÃO, J. M. Composição e abundância de ovos e larvas de peixes na baía da Babitonga, Santa Catarina, Brasil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 4, n. 3, p. 372-382, 2009.

COWEN, R. K. et al. Evaluation of the In Situ Ichthyoplankton Imaging System (ISIIS): comparison with the traditional (bongo net) sampler. **Fishery Bulletin**, v. 111, n. 1, 2013.

COWEN, R. K.; GUIGAND, C. M. In situ ichthyoplankton imaging system (ISIIS): system design and preliminary results. **Limnologia Oceanography Methods**, v. 6, n. 2, p. 126-132, 2008.

FAHAY, M. P. Guide to the early stages of marine fishes occurring in the western North Atlantic Ocean, Cape Hatteras to the southern Scotian Shelf. **Journal Northwest Atlantic Fisheries Science**, v. 4, n. 1, p. 423, 1983.

GOMES, M. P. et al. The interplay between structural inheritance and morphology in the Equatorial Continental Shelf of Brazil. **Marine Geology**, v. 355, p. 150-161, 2014. ISSN 0025-3227.

GONÇALVES, R. et al. Environmental factors affecting larval fish community in the salt marsh area of Guadiana estuary (Algarve, Portugal). **Scientia Marina**, v. 79, n. 1, p. 25-34, 2015. ISSN 1886-8134.

HABTES, S. et al. A comparison of sampling methods for larvae of medium and large epipelagic fish species during spring SEAMAP ichthyoplankton surveys in the Gulf of Mexico. **Limnology and Oceanography Methods**, v. 12, n. 2, p. 86-101, 2014. ISSN 1541-5856.

HERNANDEZ, F. J. et al. Comparison of two plankton net mesh sizes for ichthyoplankton collection in the northern Gulf of Mexico. **Fisheries Research**, v. 108, n. 2, p. 327-335, 2011. ISSN 0165-7836.

HOWELL, B. R. et al. Early life stages of farmed fish. **Biology of Farmed Fish**, p. 27-66, 1998.

IRISSON, J. et al. Vertical distribution and ontogenetic" migration" in coral reef fish larvae. **Limnology and Oceanography**, v. 55, n. 2, p. 909, 2010. ISSN 0024-3590.

JOHNSON, D. L.; FOGARTY, M. J. Intercalibration of MOCNESS and Bongo nets: Assessing relative efficiency for ichthyoplankton. **Progress in Oceanography**, v. 108, p. 43-71, 2013. ISSN 0079-6611.

KAMLER, E. **Early life history of fish: an energetics approach**. Springer Science & Business Media, 2012. ISBN 9401123241.

KEHAYIAS, G. et al. Zooplankton dynamics in the upstream part of Stratos reservoir (Greece). **Biologia**, v. 63, n. 5, p. 699-710, 2008. ISSN 1336-9563.

LESLIE, J. K.; TIMMINS, C. A. Double nets for mesh aperture selection and sampling in ichthyoplankton studies. **Fisheries Research**, v. 7, n. 3, p. 225-232, 1989. ISSN 0165-7836.

LIMA, A. R. A. et al. Changes in the composition of ichthyoplankton assemblage and plastic debris in mangrove creeks relative to moon phases. **Journal of Fish Biology**, 2015. ISSN 1095-8649.

MAIA, L. P. et al. **Atlas dos Manguezais do Nordeste do Brasil: Avaliação das Áreas de Manguezais dos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco**. Fortaleza: 2006.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, p. 1-12, 2016. ISSN 0177-798X.

MATTEUCCI, S. D.; COLMA, A. **Metodología para el estudio de la vegetación**. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, 1982. ISBN 0827016115.

MILLER, T. J. et al. Larval size and recruitment mechanisms in fishes: toward a conceptual framework. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 45, n. 9, p. 1657-1670, 1988. ISSN 0706-652X.

MIRANDA, L. B. **Princípios de Oceanografia Física de Estuários** Editora da USP, 2002. ISBN 8531406757.

MOTA, E. M. T. et al. Composition and cross-shelf distribution of ichthyoplankton in the Tropical Southwestern Atlantic. **Regional Studies in Marine Science**, 2017. ISSN 2352-4855.

NAMIKI, A. P.; BONECKER, F. T.; BERNARDO, F. Larval fish composition of a tropical estuary in northern Brazil (2°18'-2°47'S/044°20'-044°25'W) during the dry season. **Executive Editor: Gonzalo Velasco**, v. 1, n. 3, p. 235-241, 2007.

NAVARRO-RODRÍGUEZ, M. C. et al. Composición y variabilidad del ictioplancton de la laguna El Quelele, Nayarit, México. **Revista de biología marina y oceanografía**, v. 41, n. 1, p. 35-43, 2006. ISSN 0718-1957.

OVERTON, A. S.; RULIFSON, R. A. Evaluation of plankton surface pushnets and oblique tows for comparing the catch of diadromous larval fish. **Fisheries Research**, v. 86, n. 2, p. 99-104, 2007. ISSN 0165-7836.

PARADIS, Y. et al. Comparisons of catch and precision of pop nets, push nets, and seines for sampling larval and juvenile yellow perch. **North American Journal of Fisheries Management**, v. 28, n. 5, p. 1554-1562, 2008. ISSN 0275-5947.

PEPIN, P.; SHEARS, T. H. Variability and capture efficiency of bongo and Tucker trawl samplers in the collection of ichthyoplankton and other macrozooplankton. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 54, n. 4, p. 765-773, 1997. ISSN 0706-652X.

PRIMO, A. L. et al. Colonization and nursery habitat use patterns of larval and juvenile flatfish species in a small temperate estuary. **Journal of sea research**, v. 76, p. 126-134, 2013. ISSN 1385-1101.

RAMOS, S.; RÉ, P.; BORDALO, A. A. Recruitment of flatfish species to an estuarine nursery habitat (Lima estuary, NW Iberian Peninsula). **Journal of Sea Research**, v. 64, n. 4, p. 473-486, 2010. ISSN 1385-1101.

RÉ, P. **Ictioplâncton estuarino da Península Ibérica: guia de identificação dos ovos e estados larvares planctônicos**. Lisboa: 1999. ISBN 9726370655.

RÉ, P. M. A. B. **Ictioplâncton da região central da costa Portuguesa e do estuário do Tejo. Ecologia da postura e da fase planctónica de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) e de *Engraulis encrasicolus* (Linné, 1758)**. 1984. 425 Universidade de Lisboa

RICCARDI, N. Selectivity of plankton nets over mesozooplankton taxa: implications for abundance, biomass and diversity estimation. **Journal of Limnology**, v. 69, n. 2, p. 287-296, 2010. ISSN 1723-8633.

RICHARDS, W. J. **Early stages of Atlantic fishes: an identification guide for the western central north Atlantic**. CRC Press, 2005. ISBN 0203500210.

SARPEDONTI, V.; ANUNCIAÇÃO, E. M. S.; ISAAC, V. J. N. Ichthyoplankton variations in two mangrove creeks of the Curuçá estuary, Pará, Brazil. **Ecotrópicos**, v. 21, n. 1, p. 1-12, 2008.

SCHETTINI, C. A. F.; VALLE-LEVINSON, A.; TRUCCOLO, E. C. Circulation and transport in short, low-inflow estuaries under anthropogenic stresses. **Regional Studies in Marine Science**, v. 10, p. 52-64, 2017. ISSN 2352-4855.

SILVA, A. C. et al. Caracterização do ictioplâncton de quatro estuários da Microregião do Salgado do estado do Pará-Brasil. **Boletim Técnico-Científico do Cepnor.**, v. 11, n. 1, p. 33-44, 2011.

SILVA, J. M. O.; SILVA, E. V. Análise geoambiental do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Pirangi – Ce. **Revista Geonorte, Edição Especial**, v. 3, n. 4, p. 593-605, 2012.

SKJOLDAL, H. R. et al. Intercomparison of zooplankton (net) sampling systems: Results from the ICES/GLOBEC sea-going workshop. **Progress in Oceanography**, v. 108, p. 1-42, 2013. ISSN 0079-6611.

SMITH, P. E.; COUNTS, R. C.; CLUTTER, R. I. Changes in filtering efficiency of plankton nets due to clogging under tow. **Journal du Conseil**, v. 32, n. 2, p. 232-248, 1968. ISSN 1054-3139.

SOMERTON, D. A.; KOBAYASHI, D. R. A method for correcting catches of fish larvae for the size selection of plankton nets. **Fishery Bulletin**, v. 87, n. 3, p. 447-455, 1989. ISSN 0090-0656.

TAGGART, C. T.; LEGGETT, W. C. Efficiency of large-volume plankton pumps, and evaluation of a design suitable for deployment from small boats. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 41, n. 10, p. 1428-1435, 1984. ISSN 0706-652X.

VANNUCCI, M. Loss of organisms through the meshes. **Zooplankton sampling. Monograph Oceanograph Methodology**, v. 2, p. 77-86, 1968.

WATANABE, K. et al. Influence of salt-wedge intrusion on ecological processes at lower trophic levels in the Yura Estuary, Japan. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 139, p. 67-77, 2014. ISSN 0272-7714.

WERNER, E. et al. The Larval Fish Fauna of the “Canal de Santa Cruz”-Estuary in Northeast Brazil. **Tropical Oceanography**, v. 29, n. 2, 2016.

ZACARDI, D. M.; DA SILVA BITTENCOURT, S. C.; NAKAYAMA, L. O ictioplâncton e sua relação com a variação diária e os ciclos de marés no estuário amazônico. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 6, n. 2, p. 32-40, 2016. ISSN 2179-5746.

ZHANG, H.; XIAN, W.; LIU, S. Ichthyoplankton assemblage structure of springs in the Yangtze Estuary revealed by biological and environmental visions. **PeerJ**, v. 3, p. e1186, 2015. ISSN 2167-8359.

## ANEXOS

Anexo 1- Tabela com os valores da frequência de ocorrência (%) da família e dos cinco morfotipos de ovos coletados no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015.

	200µm	300µm	500µm
Família	Fo(%)	Fo(%)	Fo(%)
Engraulidae	27,8	22,2	38,9
A	5,6	5,6	11,1
B	11,1	16,7	11,1
C	0	22,2	11,1
D	16,7	11,1	16,7
E	0	0	5,6

Anexo 2- Tabela com os valores da frequência de ocorrência (%) das famílias de larvas coletadas no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015.

	200µm	300µm	500µm
Família	Fo(%)	Fo(%)	Fo(%)
Gobiidae	16,67	22,22	22,22
Engraulideo	61,11	44,44	33,33
Gerreidae	11,11	16,67	5,56
Carangidae	5,56	5,56	5,56
Haemulideo	-	5,56	5,56
Sciaenidae	11,11	5,56	-
Echeneidae	11,11	-	-
Syngnathidae	5,56	-	-

**Capítulo 2: VARIAÇÃO SAZONAL DO ICTIOPLÂNCTON ESTUARINO SOB  
INFLUÊNCIA DA HIPERSALINIDADE**

## RESUMO

As migrações sazonais de peixes adultos, a distribuição e abundância das larvas de peixes em ambiente estuarino são, em parte, influenciadas pela salinidade. Entretanto, o conhecimento da sazonalidade do ictioplâncton estuarino em salinidades extremas é escasso. O presente estudo foi realizado em um estuário do tipo inverso, com condições hipersalinas acentuadas durante um ano de seca intensa. Este estudo analisou a composição e abundância de ovos e larvas de peixes em um estuário semiárido (Piranji, NE Brasil) durante dois períodos sazonais, seco e chuvoso. As amostras foram coletadas, bimestralmente (fevereiro a dezembro de 2015) com uma rede de plâncton de 200µm. A abundância relativa, densidade e frequência de ocorrência dos ovos e das larvas de peixes foram calculadas. Os resultados mostraram que o maior valor de salinidade (62,2) foi encontrado no fim do período seco (dezembro). A média anual de salinidade no estuário foi alta ( $41,6 \pm 11,7$ ) caracterizando condições hipersalinas ao longo do ano. No total, 95 ovos e 214 larvas foram coletados. Seis taxa de ovos e sete famílias de larvas foram identificadas (Engraulidae, Gobiidae, Gerreidae, Carangidae, Scienidae, Echeneidae e Syngnathidae). A espécie mais abundante foi *Anchoa hepsetus*. A PERMANOVA ( $p > 0,05$ ) mostrou que não ocorreu diferença sazonal na assembleia ictioplanctônica, provavelmente resultante do forte déficit de chuvas. Através do teste BEST, foi observado que a salinidade e os copépodos foram as variáveis que melhor explicaram o padrão de distribuição das larvas. Os resultados combinados com uma análise da literatura sugerem que os altos níveis de salinidade (condição hipersalina) deste estuário inverso podem ser um fator importante para determinar a composição do ictioplâncton adaptada a condições extremas, bem como afetar negativamente a função de berçário dos manguezais.

**PALAVRAS-CHAVE:** ovos e larvas de peixes, hipersalinidade, *Anchoa hepsetus* e estação seca.

## ABSTRACT

Seasonal migrations of adult fish, distribution and abundance of fish larvae in the estuarine environment, are in part influenced by salinity. This study was conducted in an estuary inverse, with significant hypersaline conditions during a year of severe drought. Despite its importance, knowledge about ichthyoplankton in hypersaline tropical estuaries is scarce. This study analyzed the composition and abundance of fish eggs and larvae in a semiarid mangrove estuary system (Piranji, NE Brazil) during two seasonal periods, rainy and dry. Bimonthly samples (February to December 2015) were collected using 200  $\mu\text{m}$  plankton net. Abundance and frequency of occurrence were calculated for dry and rainy seasons. The results show that the highest values of salinity (62.2) were recorded in December (dry season). The annual average (dry and rainy seasons) of salinity was high ( $41,6 \pm 11,7$ ), which demonstrates the hypersaline conditions prevailing throughout the year. In total, 95 eggs and 214 larvae were collected. Larvae belonged to seven families (Engraulidae, Gobiidae, Gerreidae, Carangidae, Sciaenidae, Echeneidae, and Syngnathidae). The most abundant taxa were Engraulidae, Gerreidae and Gobiidae. *Anchovia hepsetus* was the most abundant species. No seasonal difference occurred in the ichthyoplankton assemblage (PERMANOVA,  $p > 0,05$ ). BEST test showed that salinity and copepods were the variables that best explained the pattern of distribution of the larvae. Comparing our results to those in the literature, the fish larvae abundance and diversity in the semiarid estuary was extremely lower than that in subtropical, temperate, and other tropical estuaries. Thus, the hypersalinity of this estuary can be a factor in determining the ichthyoplankton composition and can affect the nursery function of mangroves.

**KEYWORDS:** Fish eggs and larvae, hypersalinity, *Anchovia hepsetus* and dry season.

## 1 INTRODUÇÃO

O ambiente estuarino é extremamente produtivo, oferecendo alimentos para organismos que dele se utiliza (Kültz, 2015). As águas de ambientes estuarinos são biologicamente mais produtivas do que o rio e mar adjacente (Miranda *et al.*, 2002). São regiões comumente utilizadas para reprodução por diversas espécies de peixes ósseos, pois apresentam condições (e.g. proteção e alimentação) que favorecem o desenvolvimento dos organismos em estágios iniciais do ciclo de vida (Muelbert e Weiss, 1991; Barletta-Bergan *et al.*, 2002; Mann e Lazier, 2006). Muitas espécies de peixes associam a época e local de desova com altas densidades de organismos zooplanctônicos, principalmente os abundantes copépodes, a fim de garantir alimento disponível para a prole (Sammons *et al.*, 2001; James *et al.*, 2003).

Apesar dos atrativos, os estuários são ambientes que oferecem forte pressão seletiva, restringindo a diversidade de espécies devido às constantes flutuações sazonais dos fatores biológicos, químicos e físicos, que impõem grande estresse fisiológico aos organismos (Eskinazi-Sant'anna e Tundist, 1996; Barletta, Amaral, Corrêa, Guebert, Dantas, Lorenzi e Saint-Paul, 2008). As migrações sazonais de peixes adultos em estuários são, em parte, influenciadas por fatores abióticos, principalmente temperatura e salinidade (Akin *et al.*, 2005; Selleslaghet *et al.*, 2009). A salinidade, também, é apontada como um dos principais reguladores do padrão de distribuição e abundância das larvas de peixes estuarinos (Strand *et al.*, 2005).

Organismos planctônicos respondem mais rapidamente às perturbações ambientais, portanto, alterações sofridas pelo gradiente de salinidade em estuários são importantes para a sua sobrevivência (Kurtz *et al.*, 2004; Campfield e Houde, 2011). Tendo em vista a importância desse gradiente para o ictioplâncton, o estudo em regiões hipersalinas é de grande relevância para observar seu comportamento em condições extremas.

Estuários com características de hipersalinidade são regiões importantes para a preservação, já que possuem comunidades peculiares quanto sua estrutura e diversidade (Gordon *et al.*, 2000), bem como modelos de estudo para entendimento dos impactos das mudanças climáticas. O presente estudo foi realizado em ano de seca intensa com a ocorrência do ENSO (Oscilação Sul-EI Niño), sendo esse fenômeno relacionado com a redução pluviométrica na região Nordeste do Brasil

(Marengo *et al.*, 2016; Schettini *et al.*, 2017). É previsto que as variações climáticas sejam intensificadas no futuro, portanto a resposta do ambiente estuarino, como um todo, a situações extremas (e.g. a seca) é importante para a descrição das mudanças que podem, possivelmente, ocorrer (Dittmann *et al.*, 2015). Vale ressaltar que além de condições hipersalinas, as regiões semiáridas e áridas podem apresentar estuários do tipo inverso, onde a salinidade aumenta gradualmente da jusante em direção a montante, ao contrário do que geralmente ocorre em regiões úmidas e temperadas (Potter *et al.*, 2010; Valle-Levinson, 2010).

Apesar dos recentes avanços na pesquisa sobre composição e abundância do ictioplâncton em ecossistemas estuarinos (Arévalo-Frías e Mendoza-Carranza, 2014; Mangas *et al.*, 2014; Ren *et al.*, 2016), uma das principais lacunas no conhecimento científico mundial persiste em entender a variação sazonal do ictioplâncton em regiões estuarinas sob influência da hipersalinidade. Este conhecimento é relevante, pois a identificação das principais características ambientais, que afetam as larvas e ovos de peixes é fundamental para a compreensão da dinâmica populacional e concepção de estratégias de gestão para a sustentabilidade pesqueira (Houde, 2008; Patrick, 2008; Barletta *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2015).

## **2 HIPÓTESE**

No período chuvoso ocorre a maior densidade do ictioplâncton e a assembleia ictioplanctônica responde negativamente a hipersalinidade.

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo geral**

Analisar a variação sazonal da assembleia ictioplanctônica em um estuário no semiárido sob condições de hipersalinidade (Piranji-Ceará/Brasil).

### **3.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar taxonomicamente a assembleia ictioplanctônica ao menor nível taxonômico possível;

- Comparar a abundância relativa, densidade e frequência de ocorrência de ovos e larvas de ovos no período seco e chuvoso;
- Avaliar as influências de fatores bióticos (copépodes) e abióticos (temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e pH) sobre o ictioplâncton;
- Classificar as larvas quanto ao uso do ambiente estuarino durante seu ciclo de vida, levando em consideração os hábitos dos peixes adultos;
- Caracterizar a estrutura das assembleias de larvas de peixes durante o período seco e chuvoso, através de índices de diversidade, riqueza e equitabilidade;
- Descrever e comparar os estágios de desenvolvimento das larvas coletadas durante o período seco e chuvoso.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### *4.1 Área de estudo*

O estuário do rio Piranji está localizado no litoral leste do estado do Ceará na margem equatorial Atlântica. Possui uma bacia hidrográfica de 4.367 km<sup>2</sup>, sendo que a região estudada está localizada no baixo curso e compreende uma área de 55 km (Silva e Silva, 2012) (Figura 1). O Piranji é caracterizado como um sistema raso, com presença de manguezais, e está localizado na Costa Semiárida do Brasil (Nordeste do Brasil). Sua morfologia é composta por canais estreitos com extensos bancos de sedimentação, canais de navegação de baixas profundidades e correntes variando de acordo com as oscilações da maré (Paula *et al.*, 2007) Outra característica importante é a presença de uma barra arenosa de 3,2 km de comprimento na foz (Silva *et al.*, 2012), dificultando a entrada e saída da maré do mar para o estuário e vice-versa.

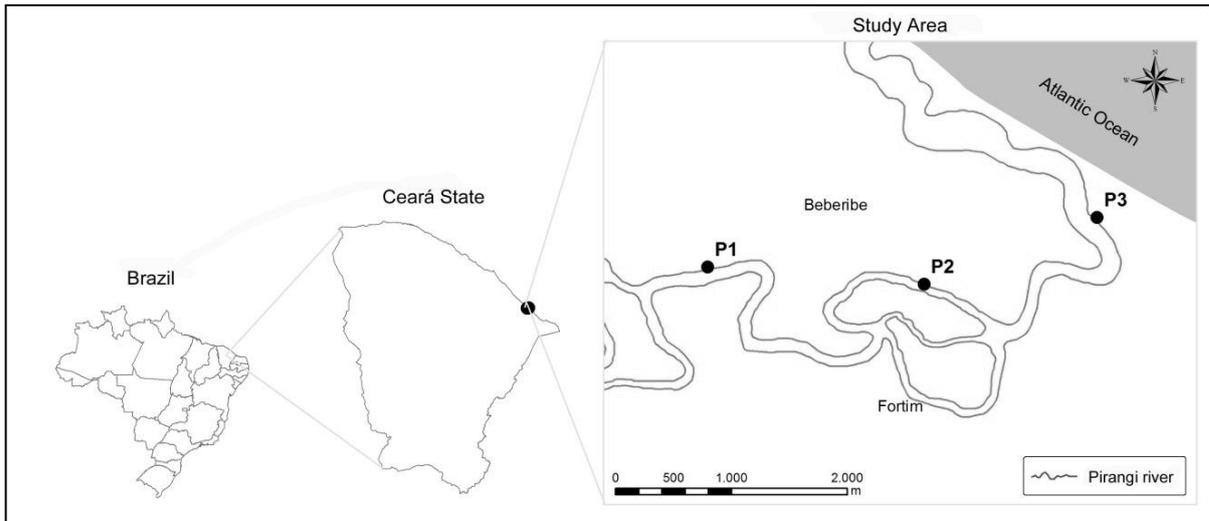


Figura 1: Pontos de coleta (P1, P2 e P3) no estuário do rio Pirangi (Ceará-Brasil).

O estuário do rio Pirangi obedece à sazonalidade climática de regiões tropicais semiáridas, possuindo um período chuvoso (primeiro semestre) e um período seco (segundo semestre) (Lacerda *et al.*, 2007) (Figura 2). Esse ecossistema pode apresentar hipersalinidade devido ao clima semiárido e os impactos antropogênicos locais (Schettini *et al.*, 2014), como por exemplo, a presença de barramentos ao longo do rio. A construção de reservatórios ao longo de seu curso influencia o fluxo de água doce, apresentando as maiores vazões apenas em períodos de maior pluviosidade (Paula, *et al.*, 2007; Schettini *et al.*, 2017) (Figura 2). A alta taxa de evaporação e o baixo escoamento superficial, também, são fatores que influenciam na concentração de sais tornando esses estuários hipersalinos (Savenije e Pagès, 1992; Savenije, 2006).

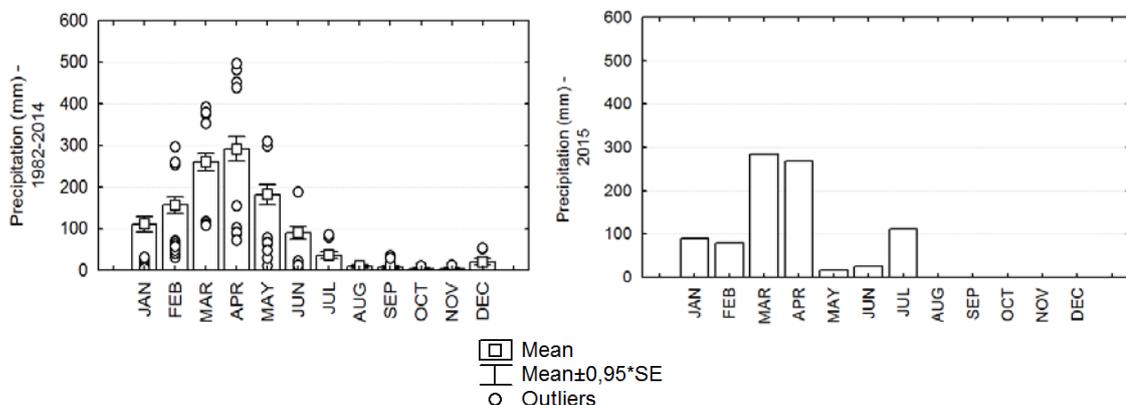


Figura 2: Médias pluviométricas de série histórica (1982-2014) e o ano de coleta (2015).

## 4.2 Amostragem

As variáveis ambientais abióticas (temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido e profundidade) foram registradas através de uma sonda multiparamétrica (YSI 6660) em cada ponto de coleta. A variável biótica (copépodes) utilizada na análise dos dados foi coletada por arrastos superficiais, com rede de 120  $\mu\text{m}$ , equipada com fluxômetro “General Oceanic”. As amostras de ictioplâncton foram coletadas em 3 estações (P1-P2-P3) (Figura 1). A região do ponto 1 está localizada a montante do rio, próxima ao pequeno porto da frota pesqueira da região. No entorno do ponto 2, o manguezal é bastante desmatado devido a atividade de carcinicultura ativa. O ponto 3 corresponde a região mais próxima da foz, sendo a área mais profunda.

A pesquisa foi realizada em 2015, ano com reduzida precipitação pluviométrica, após cinco anos consecutivos de precipitação abaixo da média histórica, resultante de anomalias climáticas (Marengo *et al.*, 2016). As coletas do plâncton ocorreram durante a maré vazante, a cada dois meses, entre fevereiro e dezembro (Anexo 1). Os arrastos foram realizados no período diurno, com redes de malhas claras para evitar à fuga das larvas (Costa e Souza-Conceição, 2009). O ictioplâncton foi amostrado pela rede de 200  $\mu\text{m}$  (60 cm de diâmetro de boca), ambas equipada com fluxômetro “General Oceanic”. Os arrastos foram realizados a bordo de um barco a motor, com velocidade constante, durante três minutos em cada ponto. Todas as amostras foram imediatamente fixadas e conservadas em formol 4%, tamponado com bórax (5 g/L).

### *Ictioplâncton*

Em laboratório, o ictioplâncton foi triado e os táxons identificados até o menor nível taxonômico possível, segundo a bibliografia especializada (Fahay, 1983; Ré, 1999; Richards, 2005). A identificação foi baseada em caracteres merísticos, morfológicos e morfométricos. Apenas os ovos da família Engraulidae foram identificados, os demais foram classificados como morfotipos A, B e D (padronizados no capítulo anterior). As larvas foram classificadas ao menor nível taxonômico possível. Em relação ao estágio de desenvolvimento as larvas foram classificadas em: pré-flexão, flexão e pós-flexão baseada em (Ré, 1999). As amostras foram depositadas para futuro tombamento na Coleção de Plâncton Profa. Mariana Ferreira de Menezes, do Instituto de Ciências do Mar (UFC).

### *Classificação ecológica das espécies*

A classificação ecológica levou em consideração os hábitos dos adultos reprodutores. As seguintes características foram utilizadas: espécies estuarinas residentes (podem completar todo ciclo de vida no ambiente estuarino), espécies marinhas dependentes (desovam no ambiente marinho, porém utilizam os estuários como área de criação), espécies marinhas oportunistas (desovam no ambiente marinho, porém utilizam os facultativamente os estuários como área de criação) e espécies marinhas visitantes (não possuem vínculo obrigatório com o estuário, porém adentra a região em situações casuais podendo efetuar suas desovas neste local) (Andrade-Tubino *et al.*, 2008; Potter *et al.*, 2015).

### *Zooplâncton*

Em laboratório, cada amostra foi fracionada com um subamostrador do tipo Motoda (Omori, 1992). Após obtenção das alíquotas, cujos fracionamentos variaram de 1/32 a 1/1024, todos os copépodes presentes nas subamostras foram contados através de microscópio estereoscópico. Os táxons foram identificados até o nível de ordem de acordo com bibliografia especializada (Tregouboff e Rose, 1957; Bjornberg, 1981; Bradford-Grieve e Copepoda. In: Boltovskoy 1999)

### *4.3 Análise de dados*

A densidade de ovos e larvas foi calculada por:  $D = \text{indivíduo}/100\text{m}^3$  e abundância relativa (A, %) por:  $A = (n/N) \cdot 100$ , onde n representa o número de organismos da Família referente e N o número total de organismos em cada malha. A classificação da frequência de ocorrência das famílias seguiu os seguintes critérios: > 70% = muito frequente, 70% - 40% = frequente, 40% - 10% = pouco frequente e < 10% = esporádica.

A normalidade dos dados de densidade de ovos e larvas foi analisada utilizando o teste paramétrico de Kolmogorov Smirnov, no programa Statistica 7. Não ocorreu distribuição normal dos dados, portanto, a diferença estatística entre o período seco e chuvoso foi analisadas através do teste não-paramétrico Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ), utilizando o programa Statistica 7.0. Para a análise da estrutura da assembleia de larvas, foram calculados os índices de equitabilidade de Pielou ( $J'$ ),

riqueza de Margalef (d) e o índice de diversidade de Shannon-Weaver (H'), após transformação logarítmica [ $\log(x+1)$ ], através do software Primer (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research) 6.0. Para a comparação entre as assembleias de larvas foi realizada uma PERMANOVA, através do software Primer 6.0. Para analisar a importância das variáveis ambientais na distribuição de larvas foi realizado um teste BEST (BIO-ENV) *Stepwise*, através do software Primer 6.0.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Variáveis abióticas

O estuário apresentou condições hipersalinas durante todo período de coleta, exceto o mês de abril (11,43), com uma maior intensidade (62,22) em dezembro. A média de salinidade no período chuvoso foi de  $36,46 \pm 14,56$  e, no período seco,  $49,24 \pm 8,75$ . A temperatura apresentou média de  $28,41 \pm 0,84$  °C para o período chuvoso e  $27,25 \pm 0,74$ °C para o período seco. Para o período chuvoso a média do pH foi de  $8,18 \pm 0,68$  mg/L e no período seco,  $8,14 \pm 0,43$  mg/L. O pH revelou pouca variação ao longo do ano. A profundidade média no período chuvoso foi de  $2,41 \pm 0,62$  m e período seco  $2,28 \pm 0,61$  m (Figura 4). A temperatura e salinidade foram estatisticamente diferentes entre o período seco e chuvoso (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) (Figura 3C e 3D).

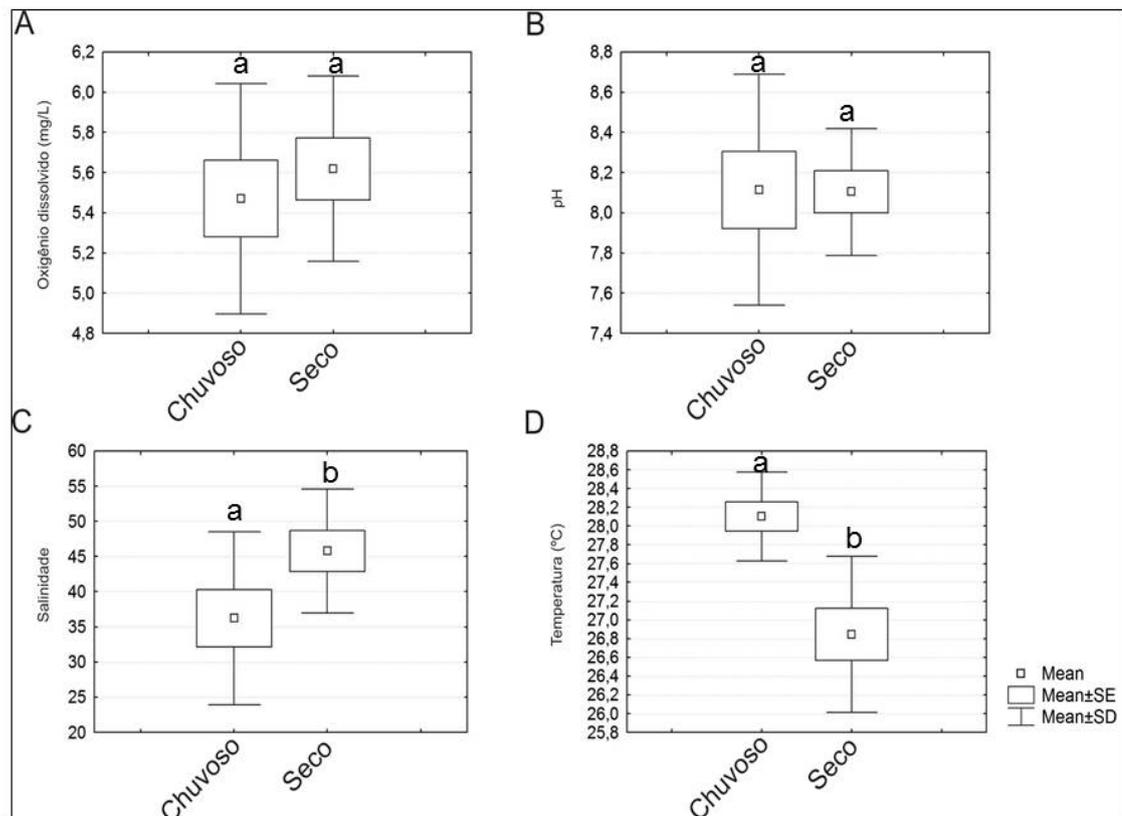


Figura 3: Oxigênio dissolvido (mg/L), pH, salinidade e temperatura (°C), registrados no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil), durante o período chuvoso e seco no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015.

## 5.2 Composição da assembleia ictioplanctônica

### Ovos

Um total 95 ovos foram coletados durante o estudo compreendendo seis taxa: uma família (Engraulidae) e cinco morfotipos. A densidade dos ovos não apresentou diferença significativa entre as estações chuvosa e seca (Kruskal-Wallis,  $P > 0,05$ ). No período chuvoso, ocorreram três morfotipos, com a maior densidade apresentada pelo morfotipo A. No período seco, apenas dois morfotipos foram registrados, com destaque o morfotipo B ( $1,449 \pm 1,040$  ovos) (Tabela 1).

Tabela 1: Densidade de ovos (ovo/100m<sup>3</sup>) coletados durante o período chuvoso e seco no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015.

Morfortipos	Chuvoso	Seco
	Densidade (ovo/100m <sup>3</sup> )	Densidade (ovo/100m <sup>3</sup> )
Engraulidae	0,495 ± 0,559	0,299 ± 0,308
A	1,081 ± 1,093	-
B	-	1,449 ± 1,040
D	0,176 ± 0,175	-

A maior abundância no período chuvoso foi do morfotipo A (38%). Enquanto no período seco, o morfotipo B apresentou 82,3% do total de ovos. Todos os morfotipos encontrados no período chuvoso e seco foram poucos frequentes. A maior frequência na estação chuvosa foi Engraulidae e, na estação seca, o morfotipo B (33,3%) (Tabela 2).

Tabela 2: Número total (N), abundância relativa (A, %) e frequência de ocorrência (Fo, %) de ovos de peixes durante o período chuvoso e seco no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015. Pouco frequente: 40% - 10% (++); Esporádico: < 10% (+) e (-) não ocorreu.

Morfortipos	Chuvoso			Seco		
	N	A%	Fo%	N	A%	Fo%
Engraulidae	14	31,82	++	9	17,65	+
A	17	38,64	+	-	-	-
B	-	-	-	43	82,35	++
D	13	29,55	+	-	-	-
Total	44	100		51	100	

### Larvas

Um total de 214 larvas de peixe foi coletado abrangendo 7 espécies, de 7 famílias (Anexo 2). No período chuvoso, ocorreram quatro espécies e no período

seco, seis (Tabela 3). *Anchoa hepsetus* (Linnaeus, 1758) foi a espécie mais abundante do período chuvoso, enquanto *Diapterus auratus* (Ranzani, 1842) apresentou maior média no período seco (Anexo 3). A assembleia de larvas não apresentou diferença significativa entre os períodos seco e chuvoso (PERMANOVA,  $p=0,796$ ).

Tabela 3: Densidade média de larva (larva/100m<sup>3</sup>) coletados durante o período chuvoso e seco no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015.

Espécies	Chuvoso	Seco
	Densidade média (larva /100m <sup>3</sup> )	Densidade média (larva /100m <sup>3</sup> )
<i>Bathygobius soporator</i> (Valenciennes, 1837)	0,438 ± 0,459	0,017 ± 0,020
<i>Anchoa hepsetus</i> (Linnaeus, 1758)	1,496 ± 1,431	0,112 ± 0,136
<i>Diapterus auratus</i> (Ranzani, 1842)	0,155 ± 0,199	0,368 ± 0,440
<i>Caranx latus</i> (Agassiz, 1831)	0,083 ± 0,097	-
<i>Bairdiella ronchus</i> (Cuvier, 1830)	-	0,051 ± 0,059
<i>Echeneis naucrates</i> (Linnaeus, 1758)	-	0,034 ± 0,036
<i>Hippocampus reidi</i> (Ginsburg, 1933)	-	0,022 ± 0,031

Em ambos os períodos de coleta, a maior abundância relativa foi evidenciada pelos engraulídeos. No período chuvoso, a espécie *Anchoa hepsetus* foi responsável por 91,1% do total de larvas coletadas. Essas larvas foram as únicas classificadas como frequentes (>40%), durante os dois períodos de coleta, enquanto as demais espécies foram pouco frequentes (<40%) ou esporádicas (<10%) (Tabela 4).

Tabela 4: Número total (N), abundância relativa (A, %) e frequência de ocorrência (Fo, %) de larvas de peixes nos períodos de amostragem chuvoso e seco no estuário do rio Piranji (Ceará- Brasil) em 2015. Frequente: 70%-40% (+++); Pouco frequente: 40% - 10% (++); Esporádico: < 10% (+) e (-) não ocorreu.

Família	Nome científico	Nome popular	Chuvoso			Seco		
			N	A (%)	Fo (%)	N	A (%)	Fo (%)
Gobiidae	<i>Bathygobius soporator</i>	Moré	11	7,0	++	4	7,0	+
Engraulidae	<i>Anchoa hepsetus</i>	Manjuba	143	91,1	+++	27	47,4	+++
Gerreidae	<i>Diapterus auratus</i>	Carapeba	2	1,3	+	19	33,3	++
Carangidae	<i>Caranx latus</i>	Xaréu	1	0,6	+	0	-	-
Sciaenidae	<i>Bairdiella ronchus</i>	Corvina	-	-	-	2	3,5	+
Echeneidae	<i>Echeneis naucrates</i>	Rêmora	-	-	-	2	3,5	+
Syngnathidae	<i>Hippocampus reidi</i>	Cavalo-marinho	-	-	-	3	5,3	+
Total			157			57		

A assembleia ictioplanctônica foi composta por espécies marinhas oportunistas, marinhas dependentes e residentes (Figura 4). No período chuvoso, a assembleia foi formada, em sua maioria, por espécies marinhas oportunistas. Já no período seco, as espécies marinhas dependentes foram as que apresentaram a maior abundância relativa (Figura 5).

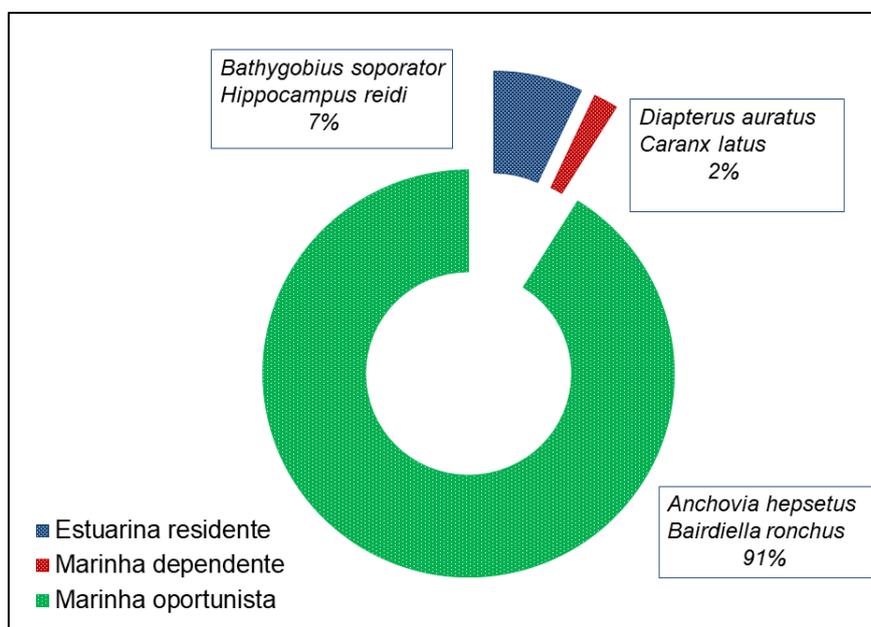


Figura 4: Classificação ecológica (%) das espécies coletadas durante o período chuvoso no estuário do rio Pirají (Ceará-Brasil) em 2015.

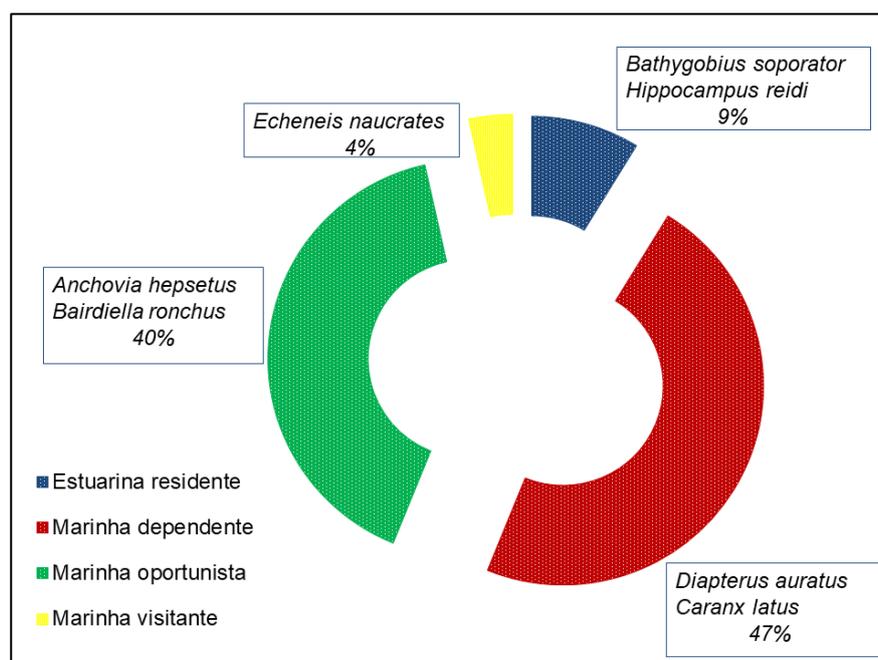


Figura 5: Classificação ecológica (%) das espécies coletadas durante o período seco no estuário do rio Pirají (Ceará-Brasil) em 2015.

Em relação ao estágio de desenvolvimento, as larvas ocorreram em pré-flexão, flexão e pós-flexão. No período chuvoso, apenas dois estágios ocorreram sendo que a maior abundância de larvas ocorreu em estágio de pré-flexão. No período seco, os três estágios foram evidenciados, onde o maior destaque foi para as larvas em flexão.

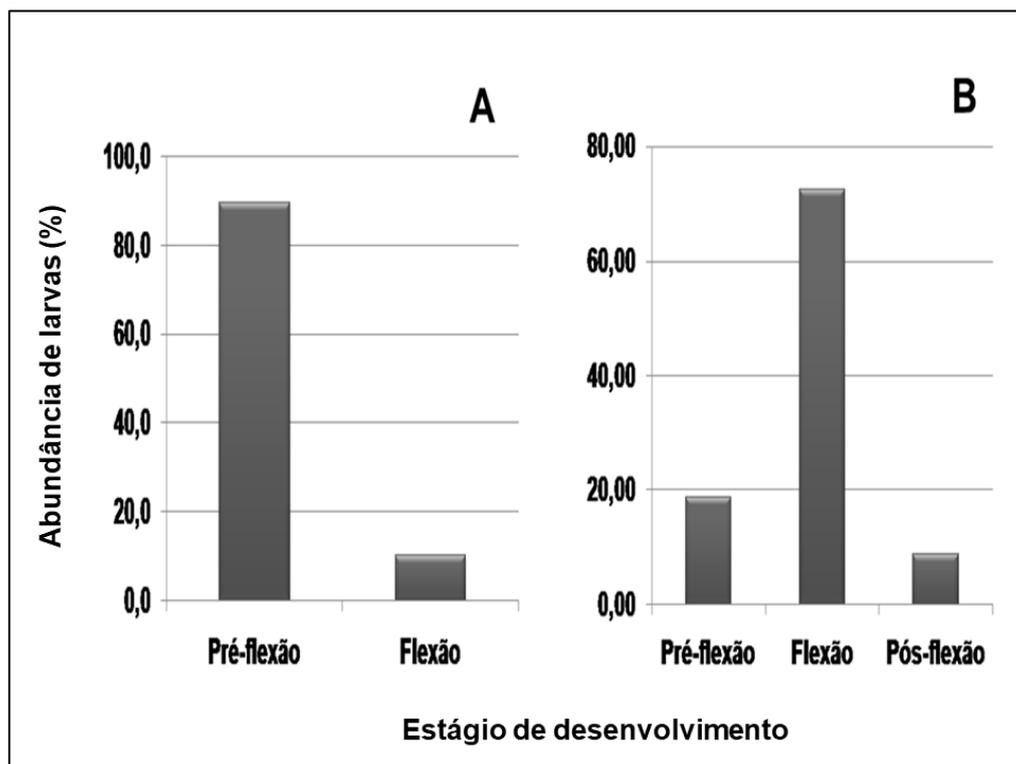


Figura 6: Estágio de desenvolvimento (%) dos organismos coletados durante: A: período chuvoso e B: período seco, no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015. Fonte: Pessoal.

O teste BIO-ENV ( $p=0,654$ ) revelou que a salinidade e os copépodes (Harpacticoida) são as variáveis ambientais com maior correlação para explicar a variação da assembleia ictioplantônicas (Tabela 5). A Tabela 6 mostra que os maiores valores para os índices de diversidade foram mais altos no período seco, com exceção da equitabilidade que foi maior no período chuvoso, porém apresentou valores altos ( $>0,50$ ) sugerindo que a distribuição da assembleia ictioplantônica foi homogênea em ambos os períodos.

Tabela 5: Resultados do teste Bio-Env realizado com as variáveis ambientais coletadas e mensuradas durante o período de estudo no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015.

Variáveis ambientais	Correlação r
Salinidade	0,678
Harpacticoida	0,667
Calanoida	0,491
Náuplio	0,475
Ciclopoida	0,383
Temperatura (°C)	0,367
Profundidade (m)	0,314
O <sub>2</sub> (mg/L)	0,297

Quatro subconjuntos mais relevantes das variáveis ambientais	Correlação p
Salinidade	0,678
Salinidade, Harpacticoida	0,654
Salinidade, Harpacticoida, Calanoida	0,631
Salinidade, Harpacticoida, Temperatura	0,627

Tabela 6: Descritores de comunidade das larvas coletadas durante o período chuvoso e seco no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015. Número de espécies (S); riqueza de Margalef (d); equitabilidade de Pielou (J') e índice de diversidade de Shannon-Weaver (H').

Período	Índices de diversidade			
	S	d	J'	H'(loge)
Chuvoso	4	7,38	<b>0,74</b>	1,02
Seco	<b>6</b>	<b>8,94</b>	0,71	<b>1,27</b>

## 6 DISCUSSÃO

### 6.1 Composição das famílias das larvas de peixes

As famílias Engraulidae, Gerreidae e Gobiidae apresentaram sucesso em ambiente de estresse osmótico elevado, pois obtiveram as maiores abundâncias e frequências no estuário estudado. As famílias Gobiidae e Engraulidae são, geralmente, as espécies mais encontradas em estuários brasileiros (Joyeux *et al.*, 2004). A grande abundância destas famílias em ambientes estuarinos, também, foi encontrada no Atlântico Sul (Contente *et al.*, 2013) e no Pacífico (Zhang *et al.*, 2015).

Os engraulídeos são muito comuns em estuários tropicais, os reprodutores dessa família utilizam o ambiente estuarino para reprodução, berçário e criação e possuem desovas contínuas (Bonecker, 2005), o que maximiza a probabilidade de captura por redes de plâncton. As larvas, geralmente, são coletadas próximas à região de desova, pois o processo de eclosão dos ovos é rápido, em aproximadamente 48h (Able, 2006). A predominância da família Engraulidae também foi encontrada em outros estuários tropicais (Sarpedonti *et al.*, 2013; Mangas *et al.*, 2014). Os adultos são componentes da base da cadeia alimentar, portanto são de grande importância na constituição da teia trófica ligando níveis superiores a inferiores (Bonecker, 2005; Castro *et al.*, 2005; Castello, 2007).

A família Engraulidae foi representada pela espécie *Anchoa hepsetus*. Essa espécie é frequentemente encontrada em estuários; alimenta-se de copépodos nas fases mais iniciais do ciclo de vida; apresenta ovos elípticos, transparentes e sem gotas de óleo e é capaz de suportar grande variação de salinidade, desde águas hipersalinas a regiões de água doce (Nizinski e Munroe, 2013). Essa tolerância pode explicar a maior densidade dessas larvas no estuário do Piranji.

Os gerreídeos foram os maiores representantes das espécies marinhas dependentes. Mesmo de origem marinha, os peixes dessa família, são comumente encontrados em estuários tropicais (Barletta *et al.*, 2008). A presença em estuários está relacionada à alimentação, proteção e reprodução da espécie (Dantas *et al.*, 2012). Os peixes dessa família apresentam uma importante contribuição na pesca comercial em regiões tropicais e subtropicais (Araújo *et al.*, 1999).

A família Gobiidae também é comumente encontrada em áreas estuarinas tropicais. Apesar de ser uma das famílias de maiores densidades no ambiente estuarino, apresentou-se em baixo número de indivíduos quando comparada às pesquisas realizadas em outras regiões (Ramos *et al.*, 2010; Ooi e Chong, 2011). Os organismos dessa família costumam apresentar, em regiões tropicais, picos de desovas no período chuvoso e no mês de setembro (período seco) (Tran, 2008). Algumas espécies de gobiídeos desovam e completam todo o seu ciclo de vida no estuário, como é o caso do *Bathygobius soporator*, que apresenta cuidados parentais com ovos demersais, mas suas

larvas são pelágicas (Joyeux *et al.*, 2004). A fase larval dessa família dura em média 40 dias, considerada relativamente longa e favorece a captura (Thresher, 1984).

A espécie *Bairdiella ronchus* (corvina) é marinha, contudo apresenta hábitos estuarinos, adentrando esse ambiente para desovar, onde a prole retorna ao ambiente marinho alguns meses depois (Chaves e Vendel, 1996). São peixes com importância para a pesca artesanal costeira e estuarina (Costa, M. D. P. e Souza-Conceição, J. M., 2009)

*Echeneis naucrates* (rêmora) também é uma espécie marinha que pode ser encontrada em estuários na fase de juvenil e em sua fase adulta quando a salinidade do rio é elevada (Keane e Neira, 2008). Esses peixes, em busca de proteção e alimentação fácil, utilizam como hospedeiros diversos animais marinhos, incluindo tartarugas e membros da própria espécie (Sazima e Grossman, 2006). A fixação em outro animal se dá pela sucção e ocorre apenas na fase juvenil; na fase larval, esse peixe apresenta natação livre (O'toole, 2002).

*Hippocampus reidi* (cavalo-marinho) é um peixe marinho comumente encontrado em recifes de corais e rochosos e manguezais (Lourie e Vincent, 2004). Possuem gestação com o tempo médio de 2 semanas (Rosa *et al.*, 2002). Esses peixes são extremamente ameaçados devido a sua grande exploração comercial, principalmente, para atividades de aquarismo (Rosa *et al.*, 2007).

## 6.2 Estágio de desenvolvimento das larvas

Apesar da baixa densidade de organismos, os resultados sugerem que o estuário do Piranji ainda está sendo utilizado como área de berçário e criação, porém restrita a espécies tolerantes à hipersalinidade. O estágio de pré-flexão foi o mais abundante no período chuvoso, resultados semelhantes foram encontrados em outras regiões estuarinas (Irisson *et al.*, 2010; Mangas *et al.*, 2014). O período seco apresentou maior abundância de larvas em flexão, sendo a maioria de origem marinha. Os adultos reprodutores de espécies marinhos, a fim de aumentar a probabilidade de sobrevivência da prole,

desovam próxima a foz e as larvas entram no estuário em estágios mais desenvolvidos através da maré. Essa entrada é crucial para o sucesso no recrutamento do estoque adulto. A baixa abundância das larvas em fases de desenvolvimento mais avançadas (pós-flexão) pode estar relacionada com a sua capacidade natatória, já que esses organismos podem fugir das redes de arrasto ou migrar para áreas mais favoráveis a sua sobrevivência (Johnson e Fogarty, 2013).

Futuras pesquisas com séries temporais longas são necessárias para compreender o efeito dos fatores abióticos na distribuição do ictioplâncton, já que essas assembléias são importantes para o equilíbrio e manutenção de ambientes estuarinos (Jiang *et al.*, 2015).

### 6.3 Ausência de variação sazonal do ictioplâncton estuarino?

Os resultados revelam padrões relevantes para o conhecimento científico, como a falta de sazonalidade nos ovos e larvas de peixes em estuarinos hipersalinos. A assembleia de larvas de peixes não apresentou diferença significativa entre o período seco e chuvoso (PERMANOVA,  $P > 0,05$ ). Essa homogeneidade refuta a hipótese sugerida, onde era esperada uma maior densidade do ictioplâncton no período chuvoso neste estuário tropical. O estudo foi realizado em um final de um ciclo de seca prolongado (2012-2015), intensificado pelo fenômeno de ENSO (Marengo *et al.*, 2016). Sabe-se que a sazonalidade dos picos de desova é influenciada pela presença de chuvas (Kelso *et al.*, 1996). Portanto, a redução acentuada de chuvas, por um período prolongado na região de estudo, pode estar condicionando a homogeneidade na distribuição sazonal do ictioplâncton, bem como uma simplificação da comunidade, através da seleção de espécies adaptadas à condição de hipersalinidade.

Apesar de não ter ocorrido diferença significativa na assembleia do ictioplâncton entre os períodos de coleta, foi possível observar que o número total de larvas de peixe foi 3 vezes maior no período chuvoso. Porém, apenas a manjuba *Anchoa hepsetus* foi responsável por quase totalidade de larvas, provavelmente devido a um pico de desova dias anteriores à coleta. Sabe-se que, embora possuam desovas contínuas, é comum que peixes tropicais apresentem picos de desova durante o período chuvoso (Ribeiro e Moreira,

2012). O período seco apresentou a maior diversidade e teve sua assembleia composta, em maior abundância, por espécies marinhas visitantes, provavelmente decorrente dos altos níveis de salinidade e da intrusão de águas marinhas no sistema estuarino pelas marés.

#### *6.4 Hipersalinidade e copépodes regulam a estrutura de larvas de peixes estuarinos*

Uma baixa densidade ictioplanctônica foi observada no estuário no estudo comparada a outras pesquisas realizadas em estuários tropicais (Arévalo-Frías e Mendoza-Carranza, 2014; Ooi *et al.*, 2011). As condições ambientais estuarinas, principalmente a hipersalinidade, podem estar relacionadas com esses resultados. Portanto, surgem duas questões para nortear a discussão. A primeira se refere aos adultos reprodutores que podem não estar encontrando uma situação favorável para desovar, reduzindo o processo de reprodução ou migração dessas espécies para outro manguezal. A segunda, mesmo que ocorra a desova em condições não favoráveis, os organismos não sobrevivem ou migram para regiões menos salinas.

O estuário em questão apresenta baixa profundidade, índices pluviométricos reduzidos e presença de barragens em seu entorno. Tais atributos favorecem o surgimento e a permanência prolongada da condição de hipersalinidade (Schettini *et al.*, 2017). A presença de barragens ao longo de um rio intensifica o estresse causado pelas alterações na salinidade, principalmente, durante períodos de seca, onde o processo de evaporação e o baixo fluxo fluvial aumenta a concentração de sais no ambiente (Kültz, 2015). Com a limitação do aporte de água doce, os estuários podem tornar-se hipersalinos e perder os atributos especiais que os tornam adequados para exercer função de berçário (Perdomo *et al.*, 1999; Sakho *et al.*, 2011).

O teste BIO-ENV evidenciou que a salinidade e os copépodes foram determinantes na estrutura da assembleia ictioplanctônica. Durante a maior parte do ano, o estuário apresentou condições hipersalinas (com exceção do mês de Abril) e a condição favorável (salinidade menor do que o mar adjacente) para reprodução e desova de peixes, foi rara. A presença de ovos de peixes no estuário depende da escolha da área de desova feita pelos adultos reprodutores, onde esses buscam por locais que atendam suas

necessidades fisiológicas (Werner *et al.*, 2016). Mesmo que alguns teleósteos marinhos desovem em estuários que apresentam grandes variações de salinidade, essas modificações podem aumentar a mortalidade dos ovos (Araújo e Cerqueira, 2008). Em situação de longos períodos com salinidade extrema e conseqüente alto esforço osmótico a migração dos peixes adultos é comum para outras regiões costeiras é comum (Plavan *et al.*, 2010). A ausência de condições favoráveis para o desenvolvimento dos estágios iniciais faz com que os adultos reprodutores procurem outras áreas mais apropriadas para a desova, considerando que o desenvolvimento das larvas ocorre em salinidades iguais ou mais baixas do que o mar (Barletta-Bergan *et al.*, 2002; Araújo e Cerqueira, 2008; Bonecker *et al.*, 2009; Wasserman e Strydom, 2011; Dhaneesh *et al.*, 2012).

A salinidade ideal varia de acordo com a espécie e seu estágio de desenvolvimento (Cloern e Jassby, 2012; Lisboa *et al.*, 2015). Todavia, a maioria dos peixes adultos possuem adaptações para tolerar o grau de estresse salino, pois secretam sais dinamicamente e retêm a água para a manutenção da atividade osmótica (Kültz, 2015). Porém os ovos e larvas de peixes são mais sensíveis a mudanças ambientais (Mann e Lazier, 2006; Pérez-Robles *et al.*, 2012), pois o epitélio desses organismos é bastante fino e ainda não apresentam filamentos branquiais (Opstad, 2003).

A salinidade pode afetar o equilíbrio osmótico dos estágios larvais, pois as larvas não conseguem manter a osmorregulação como os adultos. Altas salinidades exigem elevadas taxas energéticas para a regulação osmótica dos organismos, por isso a energia que seria utilizada para o processo de crescimento e desenvolvimento de ovos e larvas é reduzida (Boeuf e Payan, 2001; Kurbel, 2008). Portanto, mudanças na salinidade afetam o comportamento, o crescimento, o metabolismo, a nutrição e a respiração dos organismos em suas fases iniciais do ciclo de vida. Assim, a condição hipersalina pode impactar a composição do ictioplâncton estuarino, pois exige uma grande capacidade de osmorregulação dos organismos (Hammer, 1993).

Os resultados demonstraram que outro fator-chave para entender as larvas de peixes estuarinos é a abundância de copépodes. Um fator crucial para a sobrevivência das larvas é o início da alimentação exógena, pois nessa etapa, que começa na passagem da fase de saco vitelínico para a fase de pré-

flexão, a larva requer alimentos com alto teor de ácidos graxos para o desenvolvimento das membranas, principalmente, devido ao rápido crescimento apresentado nessa fase (Prieto *et al.*, 2006). As larvas se alimentam preferencialmente de plâncton, onde a predileção alimentar é delimitada de acordo com as espécies, como também, a fase de desenvolvimento que o organismo se encontra (Fosse *et al.*, 2013). Larvas de engraulídeos, em estuário, mostraram correlação positiva em relação à disponibilidade de plâncton no ambiente (Ooi e Chong, 2011). Dentre os organismos que compõem o plâncton, destacam-se os copépodes (zooplâncton), componentes fundamentais da dieta das larvas de peixes (Turner, 2004). Os copépodes são a principal fonte de proteínas e ácidos graxos, que são essenciais para o desenvolvimento das larvas (Portella *et al.*, 2002).

## 7 CONCLUSÕES

A assembleia ictioplanctônica no estuário tropical hipersalino (Piranji, Nordeste do Brasil) não apresentou diferença sazonal significativa, na sua estrutura, porém é influenciada negativamente pela salinidade e assembléia de copépodes encontradas ao longo do ano.

As espécies de larvas de origem marinha foram predominantes em ambos os períodos. As larvas em estágio de pré-flexão foram mais abundantes no período chuvoso, enquanto o estágio de flexão foi mais evidente no período seco.

## BIBLIOGRAFIA

ABLE, K. W., FAHAY, M. P., WITTING, D. A., MCBRIDE, R. S., HAGAN, S. M. Fish settlement in the ocean vs. estuary: comparison of pelagic larval and settled juvenile composition and abundance from southern New Jersey, USA. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 66, n. 1, p. 280-290, 2006. ISSN 0272-7714.

ANDRADE-TUBINO, M., F. ; RIBEIRO, A. L. R.; VIANNA, M. Organização espaço-temporal das ictiocenoses demersais nos ecossistemas estuarinos

brasileiros: uma síntese. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 4, p. 5, 2008. ISSN 1981-9366.

ARAÚJO, F. G.; ALCANTARA, S.; CLISTENES, A. Distribution and recruitment of mojarra (Perciformes, Gerreidae) in the continental margin of Sepetiba Bay, Brazil. **Bulletin of Marine Science**, v. 65, n. 2, p. 431-439, 1999. ISSN 0007-4977.

ARAÚJO, J.; CERQUEIRA, V. R. Influência da salinidade na incubação de ovos do robalo-peva (*Centropomus parallelus* Poey, 1860)-DOI: 10.4025/actascibiolsci. v27i1. 1363. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 27, n. 1, p. 85-89, 2008. ISSN 1807-863X.

ARÉVALO-FRÍAS, W.; MENDOZA-CARRANZA, M. Influence of temporal and spatial factors on abundance and richness of fish early stages in shallow tropical estuaries. **Environmental Biology of Fishes**, v. 98, n. 3, p. 891-904, 2014. ISSN 1573-5133. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1007/s10641-014-0324-x> >.

BARLETTA-BERGAN, A.; BARLETTA, M.; SAINT-PAUL, U. Structure and seasonal dynamics of larval fish in the Caeté River Estuary in North Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 54, n. 2, p. 193-206, 2002. ISSN 0272-7714.

BARLETTA, M. et al. Factors affecting seasonal variations in demersal fish assemblages at an ecocline in a tropical–subtropical estuary. **Journal of Fish Biology**, v. 73, n. 6, p. 1314-1336, 2008. ISSN 1095-8649. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.2008.02005.x> >.

BARLETTA, M. et al. Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical systems. **Journal of Fish Biology**, v. 76, n. 9, p. 2118-2176, 2010. ISSN 1095-8649. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02684.x> >.

BENETTI, A. D.; LANNA, A. E.; COBALCHINI, M. S. Metodologias para determinação de vazões ecológicas em rios. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 2, p. 149-160, 2003.

BJORNBERG, T. K. S. **Copepoda**. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, 1981.

BOEUF, G.; PAYAN, P. How should salinity influence fish growth? **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 130, n. 4, p. 411-423, 2001. ISSN 1532-0456.

BONECKER, A., C, T. Caracterização do ictioplâncton na entrada da Baía de Guanabara (RJ). **Biota Neotropica**, v. 5, n. 2, p. 0-0, 2005. ISSN 1676-0603. Disponível em: <<Go to ISI>://SCIELO:S1676-06032005000300025 >.

BONECKER, F. T.; CASTRO, M. S.; BONECKER, A. C. T. Larval fish assemblage in a tropical estuary in relation to tidal cycles, day/night and seasonal variations. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 4, n. 2, p. 239-246, 2009.

BRADFORD-GRIEVE, J. M.; COPEPODA. IN: BOLTOVSKOY , D. E. **Zooplankton of the South Atlantic Ocean**. Leiden: Backhuys Publishers 1999. 869-1098.

CAMPFIELD, P. A.; HOUDE, E. D. Ichthyoplankton community structure and comparative trophodynamics in an estuarine transition zone. **Fishery Bulletin**, v. 109, n. 1, p. 1-19, 2011. ISSN 0090-0656.

CASTELLO, J. P. Gestão sustentável dos recursos pesqueiros, isto é realmente possível. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 2, n. 1, p. 47-52, 2007.

CASTRO, M. S.; BONECKER, A. C. T.; VALENTIN, J. L. Seasonal variation in fish larvae at the entrance of Guanabara Bay, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, n. 1, p. 121-128, 2005. ISSN 1516-8913.

CHAVES, P.; VENDEL, A. L. Aspectos da Alimentação de *Genidens genidens* 1996.

CLOERN, J. E.; JASSBY, A. D. Drivers of change in estuarine-coastal ecosystems: Discoveries from four decades of study in San Francisco Bay. **Reviews of Geophysics**, v. 50, n. 4, 2012. ISSN 1944-9208.

CONTENTE, C. T. et al. Variação nictemeral do ictioplâncton no estuário do rio Curuçá (Pará-Brasil), durante os períodos chuvoso e seco. **Boletim Técnico Científico do Cepnor/Tropical Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 7, n. 1, p. 27-40, 2013. ISSN 1676-5664.

COSTA, M. D.; SOUZA-CONCEIÇÃO, J. M. Composição e abundância de ovos e larvas de peixes na baía da Babitonga, Santa Catarina, Brasil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 4, n. 3, p. 372-382, 2009.

COSTA, M. D. P.; SOUZA-CONCEIÇÃO, J. M. Composição e abundância de ovos e larvas de peixes na baía da Babitonga, Santa Catarina, Brasil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 4, n. 3, p. 372-382, 2009.

CRUZ, R. C. **Prescrição de vazão ecológica: aspectos conceituais e técnicos para bacias com carência de dados**. 2005. 176. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

DANTAS, D. V.; BARLETTA, M.; DA COSTA, M. F. The seasonal and spatial patterns of ingestion of polyfilament nylon fragments by estuarine drums (*Sciaenidae*). **Environmental Science and Pollution Research**, v. 19, n. 2, p. 600-606, 2012. ISSN 0944-1344.

DHANEESH, K. V. et al. Breeding, embryonic development and salinity tolerance of Skunk clownfish *Amphiprion akallopisos*. **Journal of King Saud University-Science**, v. 24, n. 3, p. 201-209, 2012. ISSN 1018-3647.

DITTMANN, S. et al. Drought and flood effects on macrobenthic communities in the estuary of Australia's largest river system. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 165, p. 36-51, 2015. ISSN 0272-7714.

ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M.; TUNDIST, J. G. Zooplâncton do estuário do Pina (Recife-Pernambuco-Brasil): composição e distribuição temporal. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 44, p. 23-33, 1996. ISSN 1413-7739. Disponível em: <  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-77391996000100003&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-77391996000100003&nrm=iso) >.

FAHAY, M. P. Guide to the early stages of marine fishes occurring in the western North Atlantic Ocean, Cape Hatteras to the southern Scotian Shelf. **J. Northwest Atlantic Fisheries Science** v. 4, n. 1, p. 423, 1983.

FOSSE, P. J. et al. Co-feeding strategy on survival and growth of *Betta splendens* larvae during weaning. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 6, p. 1801-1807, 2013. ISSN 0102-0935.

GORDON, I.; HALL, W.; PEARCE, B. **Advancing the understanding and management of salinity in Queensland**. Department of Natural Resources, 2000.

HAMMER, U. T. Zooplankton distribution and abundance in saline lakes of Alberta and Saskatchewan, Canada. **International Journal of Salt Lake Research**, v. 2, n. 2, p. 111-132, 1993. ISSN 1037-0544.

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

IRISSON, J. et al. Vertical distribution and ontogenetic" migration" in coral reef fish larvae. **Limnology and Oceanography**, v. 55, n. 2, p. 909, 2010. ISSN 0024-3590.

JAMES, A.; PITCHFORD, J. W.; BRINDLEY, J. The relationship between plankton blooms, the hatching of fish larvae, and recruitment. **Ecological Modelling**, v. 160, n. 1, p. 77-90, 2003. ISSN 0304-3800.

JIANG, M. et al. Comparison of inshore and offshore fish larval assemblages within the wider Yangtze River estuary (China). **Journal of Applied Ichthyology**, v. 32, p. 97-104, 2015. ISSN 1439-0426.

JOHNSON, D. L.; FOGARTY, M. J. Intercalibration of MOCNESS and Bongo nets: Assessing relative efficiency for ichthyoplankton. **Progress in Oceanography**, v. 108, p. 43-71, 2013. ISSN 0079-6611.

JOYEUX, J.-C.; PEREIRA, B. B.; DE ALMEIDA, H. G. The flood-tide ichthyoplanktonic community at the entrance into a Brazilian tropical estuary. **Journal of Plankton Research**, v. 26, n. 11, p. 1277-1287, 2004. ISSN 0142-7873.

KEANE, J. P.; NEIRA, F. J. Larval fish assemblages along the south-eastern Australian shelf: linking mesoscale non-depth-discriminate structure and water masses. **Fisheries Oceanography**, v. 17, n. 4, p. 263-280, 2008. ISSN 1365-2419.

KELSO, W. E. et al. Collection, preservation, and identification of fish eggs and larvae. **Fisheries techniques, 2nd edition. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland**, p. 255-302, 1996.

KORSMAN, B. M.; KIMBALL, M. E.; HERNANDEZ, F. J. Spatial and temporal variability in ichthyoplankton communities ingressing through two adjacent inlets along the southeastern US Atlantic coast. **Hydrobiologia**, p. 1-19, 2017. ISSN 0018-8158.

KÜLTZ, D. Physiological mechanisms used by fish to cope with salinity stress. **Journal of Experimental Biology**, v. 218, n. 12, p. 1907-1914, 2015. ISSN 0022-0949.

KURBEL, S. Are extracellular osmolality and sodium concentration determined by Donnan effects of intracellular protein charges and of pumped sodium? **Journal of Theoretical Biology**, v. 252, n. 4, p. 769-772, 2008. ISSN 0022-5193.

KURTZ, F. W.; MELLO, M. C.; ANDRADE, J. L. Distribuição de larvas e juvenis e peixes capturados na região da península antártica durante os verões austrais de 2002 e 2003. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 62, p. 300-307, 2004.

LACERDA, L. D.; MENEZES, M. O. T.; MOLISANI, M. M. Changes in mangrove extension at the Pacoti River estuary, CE, NE Brazil due to regional environmental changes between 1958 and 2004. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 3, p. 67-72, 2007. ISSN 1676-0603.

LI, Z.; YE, Z.; WAN, R. Spatial and seasonal patterns of ichthyoplankton assemblages in the Haizhou Bay and its adjacent waters of China. **Journal of Ocean University of China**, v. 14, n. 6, p. 1041-1052, 2015. ISSN 1993-5021. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1007/s11802-015-2603-3> >.

LISBOA, V. et al. Acclimation of juvenile *Mugil liza* Valenciennes, 1836 (Mugiliformes: Mugilidae) to different environmental salinities. **Neotropical Ichthyology**, n. AHEAD, p. 00-00, 2015. ISSN 1679-6225.

LOURIE, S. A.; VINCENT, A. C. J. A marine fish follows Wallace's Line: the phylogeography of the three-spot seahorse (*Hippocampus trimaculatus*, Syngnathidae, Teleostei) in Southeast Asia. **Journal of Biogeography**, v. 31, n. 12, p. 1975-1985, 2004. ISSN 1365-2699.

MANGAS, A. P. et al. Ictioplâncton da baía do Guajará e do estuário do rio Pará, ilha do Marajó, Pará, Brasil. **Boletim Técnico-Científico do Cepnor**, v. 13, n. 1, p. 43-54, 2014. ISSN 1676-5664.

MANN, K. H.; LAZIER, J. R. N. Vertical structure of the open ocean: biology of the mixed layer. In: (Ed.). **Dynamics of Marine Ecosystems: Biological-Physical Interactions in the Oceans**. USA: Blackwell Publishing, v.3, 2006. cap. 3, p.68-117.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, p. 1-12, 2016. ISSN 0177-798X.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; BJÖRN, K. **Princípios de oceanografia física de estuários**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2002.

MUELBERT, J. H.; WEISS, G. **Abundance and distribution of fish larvae in the channel area of the Patos Lagoon estuary, Brazil**. 1991. ISSN 0892-8908.

NIZINSKI, M. S.; MUNROE, T. A. **Anchovies**. 2013

O'TOOLE, B. Phylogeny of the species of the superfamily Echeneoidea (Perciformes: Carangoidei: Echeneidae, Rachycentridae, and Coryphaenidae), with an interpretation of echeneid hitchhiking behaviour. **Canadian Journal of Zoology**, v. 80, n. 4, p. 596-623, 2002. ISSN 0008-4301.

OMORI, M. I., T. **Methods in marine zooplankton ecology**.: 329 p. 1992.

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, n. 15, p. 1599-1610, 2011. ISSN 0278-4343.

OPSTAD, I. **Growth and survival of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) larvae at different salinities**. The Big Fish Bang. Proceedings of the 26th Annual Larval Fish Conference: 63-69 p. 2003.

PATTRICK, P., STRYDOM, N. A. Composition, abundance, distribution and seasonality of larval fishes in the shallow nearshore of the proposed Greater Addo Marine Reserve, Algoa Bay, South Africa. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 79, n. 2, p. 251-262, 2008. ISSN 0272-7714. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S027277140800156X> >.

PAULA, D. P. et al. **A Hidrodinâmica do Estuário do Rio Pirangi, Ceará-Brasil: implicações para o Manejo e Uso Sustentável**. In: **XI Congresso da ABEQUA, Belém**. Belém: Universidade Federal do Pará, 2007. 1-3.

PAULA, P. D. et al. **A Hidrodinâmica do Estuário do Rio Pirangi, Ceará-Brasil: implicações para o Manejo e Uso Sustentável** XI Congresso da ABEQUA. Belém. Universidade Federal do Pará. XI: 1-3 p. 2007.

PERDOMO, L. et al. The mangrove ecosystem of the Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia): Observations on regeneration and trace metals in sediment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 37, n. 8, p. 393-403, 1999. ISSN 0025-326X.

PÉREZ-ROBLES, J. et al. Interactive effects of salinity on oxygen consumption, ammonium excretion, osmoregulation and Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPase expression in the bullseye puffer (*Sphoeroides annulatus*, Jenyns 1842). **Aquaculture Research**, v. 43, n. 9, p. 1372-1383, 2012. ISSN 1365-2109.

PLAVAN, A. A.; PASSADORE, C.; GIMENEZ, L. Fish assemblage in a temperate estuary on the uruguayan coast: seasonal variation and environmental influence. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 58, n. 4, p. 299-314, 2010. ISSN 1679-8759.

PORTELLA, M. C. et al. Substituição do alimento vivo na larvicultura. **Memórias de Simpósio Brasileiro de Aqüicultura**, 2002.

POTTER, I. C. et al. 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, n. 3, p. 497-500, 2010. ISSN 0272-7714.

POTTER, I. C. et al. The ways in which fish use estuaries: a refinement and expansion of the guild approach. **Fish and Fisheries**, v. 16, n. 2, p. 230-239, 2015. ISSN 1467-2979.

PRIETO, M. J. et al. Tipo de alimento, sobrevivência e desempenho inicial de pós-larvas de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 1002-1007, 2006.

RAMOS, S.; RÉ, P.; BORDALO, A. A. Recruitment of flatfish species to an estuarine nursery habitat (Lima estuary, NW Iberian Peninsula). **Journal of Sea Research**, v. 64, n. 4, p. 473-486, 2010. ISSN 1385-1101.

RÉ, P. **Ictioplâncton estuarino da Península Ibérica: guia de identificação dos ovos e estados larvares planctônicos**. Lisboa: 1999. ISBN 9726370655.

REN, P. et al. The spatial pattern of larval fish assemblages in the lower reach of the Yangtze River: potential influences of river–lake connectivity and tidal intrusion. **Hydrobiologia**, v. 766, n. 1, p. 365-379, 2016. ISSN 0018-8158.

RIBEIRO, C. S.; MOREIRA, R. G. Fatores ambientais e reprodução dos peixes. **Revista da Biologia**, 2012.

RICHARDS, W. J. **Early stages of Atlantic fishes: an identification guide for the western central north Atlantic, Two Volume Set**. CRC Press, 2005. ISBN 0203500210.

ROSA, I. L.; DIAS, T. L.; BAUM, J. K. Threatened fishes of the world: *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933 (Syngnathidae). **Environmental Biology of Fishes**, v. 64, n. 4, p. 378-378, 2002. ISSN 0378-1909.

ROSA, I. L. et al. Population characteristics, space use and habitat associations of the seahorse *Hippocampus reidi* (Teleostei: Syngnathidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 5, n. 3, p. 405-414, 2007. ISSN 1679-6225.

SAKHO, I. et al. The influence of natural and anthropogenic factors on mangrove dynamics over 60 years: The Somone Estuary, Senegal. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 94, n. 1, p. 93-101, 2011. ISSN 0272-7714.

SAMMONS, S. M.; BETTOLI, P. W.; GREER, V. A. Early life history characteristics of age-0 white crappies in response to hydrology and zooplankton densities in Normandy Reservoir, Tennessee. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 130, n. 3, p. 442-449, 2001. ISSN 0002-8487.

SANTOS, G. S.; BRITO-LOLAIA, M.; SCHWAMBORN, R. Two new methods for sampling zooplankton and larval assemblages in tropical reef ecosystems. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 491, p. 27-37, 2017. ISSN 0022-0981.

SARPEDONTI, V.; ANUNCIACAO, E. M. S.; BORDALO, A. O. Spatio-temporal distribution of fish larvae in relation to ontogeny and water quality in the oligohaline zone of a North Brazilian estuary. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 3, p. 55-63, 2013. ISSN 1676-0603.

SAVENIJE, H. H. G. **Salinity and tides in alluvial estuaries**. Elsevier, 2006.

SAVENIJE, H. H. G.; PAGÈS, J. Hypersalinity: a dramatic change in the hydrology of Sahelian estuaries. **Journal of Hydrology**, v. 135, n. 1-4, p. 157-174, 1992. ISSN 0022-1694.

SAZIMA, I.; GROSSMAN, A. Turtle riders: remoras on marine turtles in Southwest Atlantic. **Neotropical Ichthyology**, v. 4, n. 1, p. 123-126, 2006. ISSN 1679-6225.

SCHETTINI, C. A. F.; BEZERRA, L. J.; TRUCCOLO, E. C. **Distribuição longitudinal da salinidade em estuários de baixo influxo no Ceará. In: Simposio de Recursos Hidricos do Nordeste - SRHN XII, 2014, Natal. Anais do Simposio de Recursos Hidricos do Nordeste - SRHN XII: 2014. 11-11.**

SCHETTINI, C. A. F.; VALLE-LEVINSON, A.; TRUCCOLO, E. C. Circulation and transport in short, low-inflow estuaries under anthropogenic stresses. **Regional Studies in Marine Science**, v. 10, p. 52-64, 2017. ISSN 2352-4855.

SILVA, D. F. et al. Efeitos da associação de eventos de ENOS e ODP sobre o Estado do Ceará. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 29, n. 2, p. 114-135, 2012. ISSN 2238-6211.

SILVA, J. M. O.; SILVA, E. V. Análise geoambiental do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Pirangi – Ce. **Revista Geonorte, Edição Especial**, v. 3, n. 4, p. 593-605, 2012.

STRAND, J. et al. Impaired larval development in broods of eelpout (*Zoarces viviparus*) in Danish coastal waters. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 30, n. 1, p. 37-46, 2005. ISSN 1573-5168. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1007/s10695-004-6003-7> >.

STRYDOM, N. A. Occurrence of larval and early juvenile fishes in the surf zone adjacent to two intermittently open estuaries, South Africa. **Environmental Biology of Fishes**, v. 66, n. 4, p. 349-359, 2003. ISSN 0378-1909.

THRESHER, R. E. **Reproduction in reef fishes**. 1984.

TRAN, D. D. **Some aspects of biology and population dynamics of the goby pseudapocryptes elongatus (Cuvier 1816) in the mekong delta.** 2008.

Fakulti Agroteknologi dan Sains Makanan

TREGOUBOFF, G.; ROSE, M. **Manuel de planktonologie mediterraneene.** Paris, France: Centre National de la Recherche 1957. 589.

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

VALLE-LEVINSON, A. **Contemporary issues in estuarine physics.** Cambridge University Press, 2010. 38 ISBN 1139487698.

WASSERMAN, R. J.; STRYDOM, N. A. The importance of estuary head waters as nursery areas for young estuary-and marine-spawned fishes in temperate South Africa. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 94, n. 1, p. 56-67, 2011. ISSN 0272-7714.

WERNER, E. et al. The Larval Fish Fauna of the "Canal de Santa Cruz"-Estuary in Northeast Brazil. **Tropical Oceanography**, v. 29, n. 2, 2016.

ZHANG, H.; XIAN, W.; LIU, S. Ichthyoplankton assemblage structure of springs in the Yangtze Estuary revealed by biological and environmental visions. **PeerJ**, v. 3, p. e1186, 2015. ISSN 2167-8359.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Propomos uma ideia inicial de que a assembleia do ictioplâncton responde negativamente a condição hipersalina encontrada no estuário tropical estudado, principalmente, por ter sido um ano atípico, com precipitação pluviométrica abaixo da média histórica e presença de ENSO. É necessário explorar este tópico utilizando séries temporais mais longas sobre estuários hipersalinos para aumentar o conhecimento sobre a influência das mudanças ambientais na estrutura e dinâmica do ictioplâncton. A crescente pressão antrópica local e global pode intensificar os fenômenos de hipersalinização em estuários. Em muitas costas em todo o mundo (principalmente nas zonas áridas e semiáridas), a função de berçário dos ambientes estuarinos poderá ser reduzida, principalmente em ecossistemas que não estejam sujeitos a variabilidade climática extrema. Um exemplo da pressão local é a construção de barragens e reservatórios que reduzem (ou anulam) o fluxo de água doce para os estuários. Esses são fatores importantes a serem investigados para prever os efeitos sobre a biodiversidade de peixes e dos recursos pesqueiros. Portanto, a expansão no conhecimento gerado mediante estudos sobre o ictioplâncton em ambientes com condições naturais com variabilidade interanualextrema poderá gerar subsídios relevantes para a elaboração de planos de gestão dos recursos biológicos e manutenção do equilíbrio desses ecossistemas.

**ANEXOS**

Anexo 1- Tabela com data, horário e maré coletados durante o estudo no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015.

		<b>Dia</b>	<b>Hora</b>	<b>Maré</b>
<b>Fevereiro</b>	P1	04/02/2015	12:05:00	Vazante
	P2	04/02/2015	10:03:00	Vazante
	P3	04/02/2015	08:05:00	Vazante
<b>Abril</b>	P1	05/04/2015	11:35:00	Vazante
	P2	05/04/2015	09:55:20	Vazante
	P3	05/04/2015	07:54:10	Vazante
<b>Junho</b>	P1	03/06/2015	11:03:00	Vazante
	P2	03/06/2015	09:37:00	Vazante
	P3	03/06/2015	07:51:40	Vazante
<b>Agosto</b>	P1	30/08/2015	12:55:20	Vazante
	P2	30/08/2015	10:07:50	Vazante
	P3	30/08/2015	07:51:00	Vazante
<b>Outubro</b>	P1	27/10/2015	12:06:00	Vazante
	P2	27/10/2015	10:16:00	Vazante
	P3	27/10/2015	07:46:00	Vazante
<b>Dezembro</b>	P1	26/12/2015	12:19:00	Vazante
	P2	26/12/2015	10:33:00	Vazante
	P3	26/12/2015	08:09:00	Vazante

## Anexo 2 - Lista dos 7 táxons identificados.

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Super classe: Osteichthyes

Classe: Actinopterygii

Ordem: Clupeiformes

Família: Engraulidae

Espécie: *Anchovia hepsetus* (Linnaeus, 1758)

Ordem: Perciformes

Família: Gobiidae

Espécie: *Bathygobius soporator*  
(Valenciennes, 1837)

Família: Gerreidae

Espécie: *Diapterus auratus* (Ranzani, 1842)

Família: Carangidae

Espécie: *Caranx latus* (Linnaeus, 1766)

Família: Haemulidae

Espécie: *Haemulon* sp.

Família: Sciaenidae

Espécie: *Bairdiella ronchus*

Família: Echeneidae

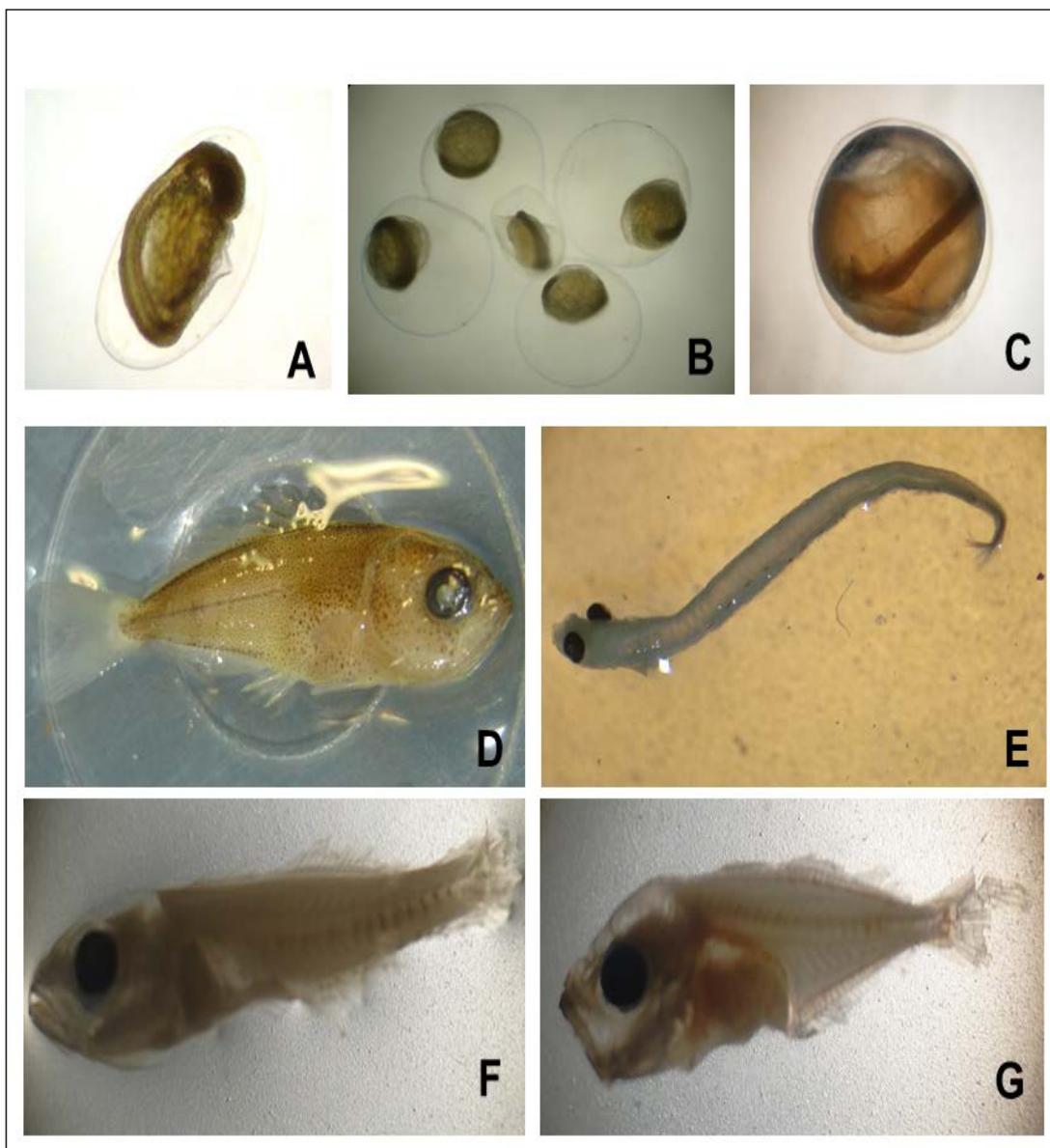
Espécie: *Echeneis naucrates* (Linnaeus, 1758)

Ordem: Syngnathiformes

Família: Syngnathidae

Espécie: *Hipocampus reidi* (Ginsburg, 1933)

Anexo 3 – Ovos e larvas coletados no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil) em 2015.



Anexo 3: Ovos e larvas coletados durante o estudo no estuário do rio Piranji (Ceará-Brasil). A: Ovo da família Engraulidae; B: Ovos do morfotipo A e D; C: ovo do morfotipo B; D: Larva da família Sciaenidae; E: Larva da família Engraulidae; F: Larva da família Gerreidae e G: Larva da família Carangidae.