

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA

EVIDÊNCIAS DE CONECTIVIDADE ENTRE HABITATS COSTEIROS
TROPICAIS ATRAVÉS DO ESTUDO DE PEIXES EM FASES INICIAIS DO
CICLO DE VIDA.

ELISABETH CABRAL SILVA FALCÃO

RECIFE, 2012

ELISABETH CABRAL SILVA FALCÃO

EVIDÊNCIAS DE CONECTIVIDADE ENTRE HABITATS COSTEIROS
TROPICAIS ATRAVÉS DO ESTUDO DE PEIXES EM FASES INICIAIS DO
CICLO DE VIDA.

TESE APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM OCEANOGRAFIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE
PERNAMBUCO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO
DO GRAU DE DOUTORA EM CIÊNCIAS NA ÁREA DE
OCEANOGRAFIA BIOLÓGICA

ORIENTADORA: PROF^a DR^a MARIA ELISABETH DE ARAÚJO

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. WILLIAM SEVERI

RECIFE, 2012

Catálogo na fonte

Bibliotecário Marcos Aurélio Soares da Silva, CRB-4 / 1175

F178e Falcão, Elisabeth Cabral Silva.

Evidências de conectividade entre habitats costeiros tropicais através do estudo de peixes em fases iniciais do ciclo da vida / Elisabeth Cabral Silva Falcão. - Recife: O Autor, 2012.

xi, 121 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Elisabeth de Araújo.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco.
CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2012.

Inclui Referências e Apêndices.

1. Oceanografia. 2. Conectividade. 3. Tropical. 4. Larvas de

Elisabeth Cabral Silva Falcão

EVIDÊNCIAS DE CONECTIVIDADE ENTRE HABITATS COSTEIROS
TROPICAIS ATRAVÉS DO ESTUDO DE PEIXES EM FASES INICIAIS DO
CICLO DE VIDA.

Tese defendida e aprovada pela banca examinadora:

Prof.^a Dr.^a Maria Elisabeth de Araújo

(Orientadora)

Prof. Dr. Ronaldo Bastos Francini-Filho – UFPB

(Examinador)

Prof. Dr. Paulo de Oliveira Mafalda Júnior – UFBA

(Examinador)

Prof. Dr. Ralf Schwamborn – UFPE

(Examinador)

Prof. Dr. Fernando Antônio do Nascimento Feitosa – UFPE

(Examinador)

Recife – PE

2012

PARA ALICE E JULIA

Agradecimentos

Após uma longa jornada de quatro anos, mas que às vezes parece uma vida inteira, conclui-se uma importante etapa em minha vida. Durante este período, muitas pessoas especiais estiveram ao meu lado, compartilhando comigo momentos de aprendizado, dificuldades e de sucesso. Quero deixar aqui meus profundos agradecimentos a todas essas pessoas.

Especialmente, agradeço à minha “teacher” querida, amiga e orientadora Maria Elisabeth de Araújo pela oportunidade de melhorar como profissional e como pessoa, por toda ajuda e crítica construtiva e, sobretudo, por acreditar em mim.

Ao meu co-orientador William Severi, que me acompanha desde o início da minha formação acadêmica, por me apoiar e dar oportunidade de aprender cada dia mais.

Aos meus queridos amigos dos laboratórios de nécton (Universidade Federal de Pernambuco) e de ictiologia (Universidade Federal Rural de Pernambuco) pela amizade, apoio e momentos mais do que divertidos: Vanessa Marques, Camila Gusmão, Isabela Leal, Danise Alves, Claudio Macedo, Sidney Vieira, Daniel Lippi, Marcus Vinicius Santos, Felipe Mattos, Rafael Locatelli, Isabela Araújo, Aline Rocha, Tatiane Medeiros, Natália Santos, Janaína Leal, Verônica Severi, Helder Correa, Renata Felix, Sandra Luz, Priscila Cruz e Regis Vinicius.

Agradeço muito às amigas Natália Carneiro Lacerda dos Santos, Isabela Maria de Araújo, Vanessa Marques Mendes e Gabriela Oliveira pela amizade,

companhia, cuidado e ajuda que me oferecem sempre e que foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

À Profª Drª Sigrid Neumann Leitão por ter colaborado para a realização das atividades de campo, por sempre estar disposta a ajudar e ensinar.

Aos professores e funcionários do Programa de pós-graduação em oceanografia e ao CNPq pela concessão da bolsa de doutorado.

Aos meus pais e irmãos pelo apoio e incentivo.

Sou muito grata a Filipe, meu companheiro que me incentiva, me compreende e me escuta, e às minhas filhas que fazem cada dia ser um novo momento de felicidade.

Este trabalho não teria sido realizado sem a fé e a crença de que Deus nos guia, acolhe e nos dá oportunidades de externarmos aquilo que somos por dentro, sou eternamente grata.

Sumário

Lista de figuras	iii
Lista de tabelas	vi
Resumo	viii
Abstract	x

Introdução geral	1
------------------------	---

Capítulo I - Variáveis ambientais como estruturadoras da distribuição temporal de ovos e larvas de peixes em um complexo estuarino tropical do nordeste do Brasil.14

Resumo	15
Abstract	17
Introdução.....	18
Materiais e Métodos	20
Resultados.....	25
Composição da comunidade.....	25
Variação sazonal de ovos e larvas.....	25
Influência das variáveis ambientais na densidade de ovos e larvas	32
Discussão	38
Referências Bibliográficas	43

Capítulo II - Padrões na densidade e diversidade de larvas de peixes em um *continuum* manguezal-prado-recife 47 |

Resumo	48
Abstract	49
Introdução.....	50
Materiais e Métodos	53
Resultados.....	58
Discussão	70
Referências Bibliográficas	80

Capítulo III - Variação espaço-temporal de larvas de <i>Achirus</i> (Actinopterygii, Achiridae) em habitats de manguezal, praia e recife no nordeste do Brasil.....	88
Resumo	89
Abstract	91
Introdução.....	92
Materiais e Métodos	95
Área de estudo.....	95
Amostragens.....	97
Análise dos dados.....	98
Resultados.....	100
Condições hidrográficas	100
Densidade de larvas	102
Estágios larvais e variações no comprimento	103
Discussão	107
Referências Bibliográficas	114
Considerações Finais	119

Lista de Figuras

Capítulo I - Variáveis ambientais como estruturadoras da distribuição temporal de ovos e larvas de peixes em um complexo estuarino tropical, nordeste do Brasil

Figura 1. Complexo estuarino do Rio Formoso e indicação das localidades onde foram coletadas as amostras de ovos e larvas de peixes 20

Figura 2. Distribuição temporal das médias de densidade (ind.100 m⁻³) de (a) ovos e (b) larvas de peixes nos períodos de estiagem e chuvoso na zona estuarina do Rio Formoso, entre abril de 2009 e março de 2011. 27

Figura 3. Distribuição temporal das médias de densidade (ind.100 m⁻³) dos táxons com maior Índice de Valor Biológico (IVB) na zona estuarina do Rio Formoso. (a) Engraulidae, (b) *Achirus* spp., (c) *Atherinella brasiliensis*, (d) *Ctenogobius* spp., (e) *Lile piquitinga*, (f) *Eucinostomus* spp., (g) *Microgobius meeki*, (h) *Bairdiella ronchus*, (i) *Sphoeroides* spp., (j) *Bathygobius* spp. 31

Figura 4. Distribuição temporal das médias de precipitação acumulada (a), temperatura (b) e salinidade (c) na zona estuarina do Rio Formoso, no período de abril de 2009 a março de 2011. 33

Figura 5. Análise nMDS das estações de estiagem (círculos) e chuvosa (estrelas) considerando os dados das variáveis ambientais (a) e de densidade dos táxons (b) coletados na zona estuarina do Rio Formoso. 35

Capítulo II - Padrões na densidade e diversidade de larvas de peixes em um *continuum* manguezal-prado-recife

Figura1. Mapa da zona costeira adjacente ao estuário do Rio Formoso com a indicação dos habitats amostrados. 53

Figura 2. Densidade de larvas de peixes por período (a) e nas diferentes categorias do modo de ocupação dos estuários (b) nos três habitats estudados em Rio Formoso (PE). Os resultados estão expressos em média \pm desvio padrão. Letras diferentes indicam, em ordem decrescente, diferenças significativas entre habitats determinadas pela análise *a posteriori* (Tukey). 62

Figura 3. Densidade de larvas de peixes nos estágios de pré-flexão (PF), flexão (FL) e pós-flexão (PO), nos três habitats estudados em Rio Formoso (PE). Os resultados são expressos em média±desvio padrão. Letras diferentes indicam, em ordem decrescente, diferenças significativas entre habitats determinadas pela análise *a posteriori* (Tukey) 63

Figura 4. Valores dos índices de diversidade (a) e equitabilidade (b) da assembleia de larvas de peixes (média±desvio padrão) em um continuum manguezal-prado-recife em Rio Formoso (PE). Letras diferentes indicam, em ordem decrescente, diferenças significativas entre habitats ou períodos determinadas pela análise *a posteriori* (Tukey, $p < 0,01$) 64

Figura 5. Ordenação nMDS das assembleias de larvas de peixes coletadas em um *continuum* manguezal-prado-recife na zona costeira adjacente ao estuário do Rio Formoso (PE). 65

Figura 6. Padrões de movimentação entre habitats durante o ciclo de vida das espécies estuarinas coletadas em um *continuum* manguezal-prado-recife na zona costeira adjacente ao estuário do Rio Formoso (PE). (a) *Atherinella brasiliensis*: 1- presente estudo, 2- Silva-Falcão (2007), 3- Vendel e Chaves (2006) e Spach *et al.* (2006), 3- Fávares *et al.* (2003); (b) *Bairdiella ronchus*: 1- presente estudo, 2- Itagaki *et al.* (2007), 3- Reis-Filho *et al.* (2010), 4- Chaves e Bouchereau, 2000; (c) *Microgobius meeki*: 1- presente estudo, 2- Coser *et al.* (2007), 3- Reis-Filho *et al.* (2010), ?- Dados não disponíveis. (d) *Achirus* spp.: 1- presente estudo, 2- Allen e Baltz (1997), 3- Oliveira e Fávares (2010). Figuras dos peixes retiradas de Fahay (1983). 67

Figura 7. Padrões de movimentação entre habitats durante o ciclo de vida das espécies marinhas migrantes em um *continuum* manguezal-prado-recife na zona costeira adjacente ao estuário do Rio Formoso (PE). (a) *Lile piquitinga*: 1- presente estudo, 2- Reis-Filho *et al.* (2010). (b) *Eucinostomus* spp.: 1- presente estudo, 2- Thayer *et al.* (1987), 3- Chaves e Otto (1999). (c) *Archosargus rhomboidalis*: ?- Dados não disponíveis, 1- presente estudo, 2- Nagelkerken *et al.* (2000), 3- Chavance *et al.* (1986), 4- Floeter e Gasparini (2000). Figuras dos peixes retiradas de Fahay (1983). 69

Capítulo III - Variação espaço-temporal de larvas de *Achirus* (Actinopterygii, Achiridae) em habitats de manguezal, praia e recife no nordeste do Brasil

Figura 1. Complexo estuarino do Rio Formoso e indicação das áreas de manguezal, praia e recifes amostradas. 96

Figura 2. Valores médios e desvio padrão das variáveis abióticas em diferentes habitats estuarinos da zona estuarina do Rio Formoso, Pernambuco, Brazil (precipitação)..... 101

Figura 3. Densidade dos diferentes estágios larvais de *Achirus* coletados em diferentes habitats no estuário do Rio Formoso, Pernambuco, Brasil. Áreas sombreadas: período noturno; não sombreadas: período diurno.....105

Figura 4. Média e desvio padrão do comprimento corpóreo das larvas de *Achirus* coletadas em diferentes habitats no estuário do Rio Formoso, Pernambuco, Brasil 105

Lista de tabelas

Capítulo I - Distribuição sazonal de ovos e larvas de peixes e sua relação com as variáveis ambientais no complexo estuarino de Rio Formoso, Pernambuco, Brasil

Tabela 1. Coordenadas geográficas das áreas de amostragem de ovos e larvas de peixes na zona estuarina do Rio Formoso, Pernambuco 21

Tabela 2. Densidade media mensal, índice de valor biológico (IVB) e frequência de ocorrência amostral (FO) dos táxons coletados na zona estuarina do Rio Formoso 26

Tabela 3. Testes de Mann-Whitney (M-W) e de Kruskal-Wallis (K-W) e teste *posteriori* (Post) das médias de densidade dos táxons com maior Índice de Valor Biológico (IVB) entre os períodos do dia, meses, estações e ano na zona estuarina do Rio Formoso. (N): noturno, (E): estiagem, (1°): primeiro ano e (2°): segundo ano. Valores de significância indicados por (a) $p < 0,001$, (b) $p < 0,01$ e (c) $p < 0,05$ 28

Tabela 4. Análise do percentual de similaridade (SIMPER) das espécies que mais contribuíram para a diferença entre as estações de estiagem e chuvosa no estuário do Rio Formoso. 36

Tabela 5. Resultados da rotina BIOENV indicando as variáveis ambientais que melhor explicam a distribuição sazonal das larvas de peixes coletadas no estuário do Rio Formoso..... 36

Tabela 6. Análise de correlação de Pearson entre as variáveis ambientais e a densidade dos táxons com maior IVB com correlações significativas ($p < 0,05$) ... 37

Capítulo II - Padrões na densidade e diversidade de larvas de peixes em um *continuum* manguezal-prado-recife

Tabela 1. Densidade total ($\text{ind.}100 \text{ m}^{-3}$) dos táxons de larvas de peixes coletadas em Rio Formoso (PE), com indicação dos estágios de desenvolvimento larval e habitat em que ocorreram. Estágios larvais: pré-flexão (PF), flexão (FL), pós-flexão (PO). Habitats: manguezal (M), prado (P), recife (R). 59

Tabela 2. Análise do percentual de similaridade (SIMPER) das assembleias de peixes nos habitats individuais para determinar os grupos, em termos de densidade, que mais contribuiram para a similaridade nos habitats estudados em Rio Formoso (PE). Contribuição percentual da similaridade (CS). 67

Tabela 3. Resultado da ANOVA sobre a variação da densidade por habitat dos estágios larvais das espécies mais abundantes coletadas em um *continuum* manguezal-prado-recife na zona costeira adjacente ao estuário do Rio Formoso (PE). 68

Capítulo III - Variação espaço-temporal de larvas de *Achirus* (Actinopterygii, Achiridae) em habitats de manguezal, praia e recife no nordeste do Brasil

Tabela 1. Densidade larval média e níveis de significância das análises de variância não paramétricas de Kruskal–Wallis (habitats) e Mann–Whitney (períodos do dia e estações) sobre a densidade de larvas de Achiridae coletadas entre abril de 2009 e março de 2010..... 104

Resumo

Na costa brasileira, apesar da crescente preocupação em se estabelecer um manejo integrado dos ambientes costeiros, muitas das características ecológicas, como a conectividade entre estes ecossistemas através da movimentação dos peixes, ainda são pouco estudadas. No complexo estuarino do Rio Formoso, litoral sul de Pernambuco – Brasil existe uma variedade de habitats costeiros próximos a sua desembocadura que apresentam relativa proximidade um do outro. Entre eles destacam-se os manguezais, os prados de fanerógamas e os recifes de arenito. Recentemente, foram realizados alguns estudos a respeito da ictiofauna da região, contudo pouco se sabe sobre os padrões de abundância, diversidade e mudanças ontogenéticas de habitats dos peixes que utilizam estes ecossistemas em suas fases iniciais do ciclo de vida, especialmente durante a fase larval. O presente estudo objetivou analisar variações temporais e espaciais de densidade de larvas de peixes coletadas em diferentes habitats no estuário inferior do rio Formoso, buscando evidenciar padrões que indiquem o movimento das larvas ao longo de sua fase larval. Durante o período de abril de 2009 a março de 2011, foram coletadas 432 amostras mensais de ovos e larvas de peixes nos períodos diurno e noturno. Foram realizados arrastos horizontais com rede de plâncton (55 m) durante um intervalo de 10 minutos, em canal de mangue, praia estuarina com manchas de prados e paralelamente à linha de recifes situados na foz do estuário. As variáveis analisadas foram densidade de larvas, de ovos e de estágios larvais, comprimento da larva, diversidade (Shannon-Wiener), equitabilidade (Pielou), salinidade e temperatura. Durante dois ciclos sazonais e em diferentes habitats, o presente estudo determinou padrões sazonais e espaciais da comunidade íctia em

fase larval e determinou tendências na preferência por habitat na fase de pré-assentamento. Isto permitiu gerar dados que indiquem a existência de conectividade entre os habitats. Verificou-se que a comunidade é dominada, em densidade, por espécies residentes do estuário, principalmente *Achirus* spp., *Engraulidae* e *Atherinella brasiliensis*. Sazonalmente não ocorreram alterações na composição das espécies, contudo, a densidade larval em geral foi mais elevada durante a estação de estiagem, indicando ser um período de maior atividade reprodutiva na área. Não foi observada influencia das variáveis ambientais temperatura, salinidade e pluviosidade na estruturação da comunidade, no entanto, a análise de correlação sugeriu que as respostas às variações destes parâmetros foi espécie específica. Os diferentes estágios larvais de algumas espécies apresentaram segregação de habitat, a exemplo de *Lile piquitinga*, *Achirus* spp. e *Bairdiella ronchus*, indicando uma movimentação de larvas e conseqüente conectividade biológica entre habitats. Este estudo evidenciou a conectividade ecológica entre recifes, prados e manguezal através da movimentação de larvas de peixes entre habitats na zona estuarina do rio Formoso. Os resultados obtidos demonstram a importância da manutenção da integridade dos ecossistemas para conservação e manejo dos recursos pesqueiros em ecossistemas marinhos tropicais.

Palavras-chave: conectividade, tropical, larvas de peixes, Pernambuco.

Abstract

In spite of growing concern to establish an integrated management of coastal ecosystems on the Brazilian coast, many of the ecological characteristics such as connectivity between these ecosystems through the movement of fish, are still poorly studied. In the estuarine complex of rio Formoso, south coast of Pernambuco – Brazil, there is a variety of interconnected habitats near its inlet. These habitats include mangroves, seagrass meadows and reefs. Recently, a number of studies about the ichthyofauna has been held. However, to date, the abundance, diversity and ontogenetic habitat shifts patterns of fish that use these ecosystems in early stages of the cycle life is not known. Collection of fish larvae during two seasonal cycles and in different habitats was performed. A Spatial-temporal pattern in larval fish community was found and a trend in habitat preference in the pre-settlement stage was determined. This allowed achieve data that indicate the existence of connectivity between habitats. It was found that the larval fish assemblages are dominated by estuarine resident species, mainly *Achirus* spp., Engraulidae and *Atherinella brasiliensis*. Seasonally there are no changes in species composition; however, larval density is generally higher during the dry season, indicating a period of greatest reproductive activity in the area. There was no influence of the temperature, salinity, pH and precipitation variables on community structure, and the responses to variations of these parameters were species specific. The different larval stages of some species showed habitat shifts, like *Lile piquitinga*, *Achirus* spp. and *Bairdiella ronchus*, indicating a movement of larvae and consequent biological connectivity via export of biomass between habitats. This study provides new evidence on the ecological connectivity through

the movement of fish larvae between habitats in the estuarine zone of Rio Formoso. The results presented highlights the importance of ecosystem integrity in conservation and management of fishery resources in tropical marine ecosystems

Keywords: Connectivity, tropical, fish larvae, Pernambuco.

INTRODUÇÃO GERAL

As zonas costeiras marinhas representam um ambiente de grande interesse ambiental e econômico uma vez que fornecem diversos serviços ecológicos que geram bem-estar social e ambiental (Moberg e Folke, 1999). Elas representam uma área estratégica e intimamente ligada ao desenvolvimento econômico e social, seja através da atividade pesqueira, de recreação e turismo, ou das vias de comércio e da exploração de hidrocarbonetos nas plataformas continentais. Por isso, sua vulnerabilidade aos impactos negativos decorrentes destas atividades tem se tornado um aspecto preocupante, sobretudo do ponto de vista da destruição dos habitats (Valiela *et al.*, 2001; Orth *et al.*, 2006).

Os ecossistemas tropicais marinhos são ambientes complexos e estruturalmente distintos quanto as suas características físicas, hidrológicas e biológicas (Nagelkerken, 2009). Na região tropical, as zonas costeiras apresentam grande diversidade de espécies decorrente, sobretudo, da disponibilidade de habitats e nichos ecológicos (Roberts *et al.*, 2002). Entre os sistemas marinhos mais comuns nas águas quentes dos trópicos destacam-se os manguezais, estuários, prados de fanerógamas marinhas, lagunas e recifes. Quando esses ambientes estão presentes concomitantemente em uma determinada área, formam-se mosaico de habitats interconectados (Parrish, 1989). As características próprias desses ambientes interligados impõem limites nos padrões do ciclo de vida das espécies através do aumento da complexidade trófica e da necessidade de existirem táticas e estratégias de sobrevivência entre esses habitats (Sheaves, 2005).

A conectividade biológica entre as assembleias de peixes de diferentes ecossistemas aquáticos é estabelecida em decorrência da atuação de dois fatores principais: a alimentação e a busca por abrigo (Nagelkerken, 2009). Estes fatores, por sua vez, estão intimamente ligados ao crescimento do animal, pois interferem diretamente no incremento da biomassa e na redução da predação, respectivamente (Chittaro *et al.*, 2005). Desta forma, as ligações existentes entre os ecossistemas costeiros, através das migrações dos peixes, podem ser avaliadas a partir de estudos sobre dinâmica trófica das espécies entre diferentes habitats (relacionada à atividade trófica) ou através da constatação de segregação espacial de diferentes estágios do desenvolvimento (ciclo de vida) de peixes que formam essas assembleias.

Existem dois tipos de padrões no uso do habitat pelos peixes marinhos relacionados aos estágios do ciclo de vida: aqueles que passam todo o seu ciclo de vida na mesma área e aqueles que, inicialmente utilizam um habitat específico, e posteriormente, migram para o habitat parental (Beck *et al.*, 2001). Estes últimos representam aquelas espécies que utilizam habitats berçário durante as suas fases iniciais de desenvolvimento, sendo que sua migração ontogênica ao habitat adulto é que estabelecerá a conectividade biológica entre os ecossistemas.

Os padrões temporais na utilização de diferentes habitats, das várias classes de tamanho e fases de desenvolvimento das espécies de peixes, são aspectos muito utilizados na determinação de ligações entre eles. Neste contexto, os fatores mais

comumente avaliados são composição, abundância, tamanho e tempo de residência dos indivíduos (Gillanders *et al.*, 2003; Faunce e Serafy, 2006). Compreende-se o habitat berçário como aquele que apresenta a maior contribuição em termos de densidade, crescimento, sobrevivência e migração dos recrutas para o habitat parental, comparativamente a outras áreas em que os jovens da espécie também ocorrem (Beck *et al.*, 2001).

Atualmente existe uma grande cautela sobre as identificações de áreas de berçário (Chittaro *et al.*, 2005), o que têm gerado algumas opiniões discordantes entre pesquisadores da área (Layman *et al.*, 2006; Sheaves *et al.*, 2006). Uma das principais razões para este fato é a determinação de forma aleatória de áreas berçário, sem levar em consideração as funções que devem ser exercidas para que o habitat seja considerado como tal (Blaber, 2007). Isto decorre principalmente da carência de estudos quantitativos, realizados de forma simultânea e que estabeleça padrões diferenciados entre as espécies.

Em alguns estudos, os manguezais e prados de fanerógamas apresentaram uma comunidade de peixes bem distinta daquela dos recifes e a função de berçário, exercida por estes habitats é restrita apenas para algumas espécies (Chittaro *et al.*, 2005). Contudo, observa-se que os ecossistemas marinhos quando conectados apresentam maior abundância (Nagelkerken *et al.*, 2001; 2002; Nagelkerken e van der Velde, 2002) e diversidade das espécies de peixes (Nanami e Nishihira, 2003; Jelbart *et al.*, 2007) do que quando são isolados.

A fragmentação dos ecossistemas resulta na sua distribuição em manchas isoladas, sendo decorrente principalmente da perda de habitat ou da interrupção do fluxo hídrico entre eles (Layman et al., 2004). Entre as consequências, a diminuição da diversidade da assembleia de peixes e da abundância, inclusive as de interesse pesqueiro, são as mais reportadas (Layman *et al.*, 2004; Mumby *et al.*, 2004).

A conectividade entre os diferentes sistemas costeiros representa um campo de estudo relativamente atual, sendo os primeiros trabalhos que abordam diretamente o assunto foram publicados a partir desta década (Cowen *et al.*, 2000). Porém, indiretamente, muitos autores tomaram conhecimento da movimentação de peixes entre diversos ecossistemas marinhos, realizando pesquisas com uma conotação similar aos estudos sobre conectividade.

Na década de 80, foram investigadas as sobreposições e interações na estrutura da comunidade de peixes entre os ambientes de manguezal, fundos lamosos, prados e recifes de coral, muito embora o termo “conectividade” não tivesse ainda sido adotado. Neste estudo, Thollot e Kulbicki (1988) registraram poucas interações entre as comunidades de peixes da zona costeira da baía de Saint Vincent, no Indo-Pacífico, as quais foram caracterizadas pelos autores como autossuficientes. Posteriormente, uma extensa revisão sobre a migração de peixes entre habitat parental e berçários foi realizada por Parrish (1989) que

considerou o recrutamento e a alimentação como principais determinantes deste processo.

A conectividade das populações de peixes ocorre em diferentes escalas espaciais que vai de centenas (conectividade genética) a poucas dezenas de quilômetros (conectividade ecológica) (Nagelkerken, 2002). Em menor escala, a conectividade pode ser estabelecida um único ecossistema, que possui grande diversidade estrutural, como extensos bancos recifais (Aburto-Oropeza e Balart, 2001), sendo a movimentação principalmente relacionada à alimentação e procura por abrigo.

Peixes em estágios iniciais do ciclo de vida, sobretudo na fase larval pelágica, utilizam diversos mecanismos comportamentais e ambientais que promovem seu transporte ao habitat de assentamento (Boehlert e Mundy, 1988). Muitas espécies podem seguir rastros químicos e sonoros que são característicos do ambiente, como os compostos característicos dos estuários ou os sons emitidos por ondas em recifes (Holmes e McCormick, 2010). A partir daí, as larvas movem-se ativamente, em velocidade crescente enquanto completam seu desenvolvimento ontogênico.

Estudos sobre a distribuição e abundância de larvas de peixes em diferentes habitats nas diferentes fases ontogênicas são escassos. Um dos principais obstáculos para a realização dessas investigações é a padronização de amostragens em áreas estruturalmente diferentes, que requer o uso de metodologias distintas e originam dados quantitativos não comparáveis. Algumas

pesquisas, realizadas em diferentes habitats, obtiveram sucesso na coleta de larvas de peixes com o uso de armadilhas luminosas ou redes de plâncton. Em Porto Rico, Rooker *et al* (1996) realizaram amostragens em recifes de coral, fundo arenoso, prados de fanerógamas e manguezais com o uso de atrator luminoso. Os autores relataram diferenças na riqueza e abundância de larvas que foram mais elevadas nos recifes. Análises relacionadas à distribuição das fases ontogênicas entre habitats não foram realizadas, possivelmente devido à quase que exclusiva ocorrência de larvas em pós-flexão e além de indivíduos jovens, uma das desvantagens do uso de armadilhas luminosas (Rooker *et al.*, 1996).

No estuário de Santa Lúcia (África do Sul) Harris *et al.* (2001) realizaram amostragens de larvas de peixes em águas costeiras, na zona de arrebenção e no estuário. Os autores identificaram assembleias distintas entre os ambientes, contudo, as espécies marinhas migrantes foram comuns em todos os habitats sugerindo o movimento destas espécies como um fator essencial para o sucesso do recrutamento. A maior parte das espécies marinhas migrantes desova no mar e movem-se em direção aos estuários ainda na fase larval (Johannes, 1978). Nesta fase a taxa de mortalidade é geralmente bem elevada, principalmente devido à predação. Algumas espécies, como as de Lutjanidae, evitam as águas superficiais oceânicas onde a taxa de predação é mais alta, migrando em camadas mais profundas para as áreas rasas costeiras onde realizam o assentamento em prados de fanerógamas e manguezais (D'Alessandro e Spounagle, 2011).

No Brasil, o estudo de ovos e larvas de peixes em estuários tropicais tem fornecido dados sobre a diversidade, distribuição e abundância desta comunidade. Áreas recifais (Nonaka et al., 2000) e principalmente de manguezais (Ekau et al., 2001; Barletta-Bergan et al., 2002; Joyeux et a., 2004) tem sido estudadas principalmente sobre a ecologia das larvas de peixes. Contudo, até a presente data, essas investigações vêm sendo realizadas em habitats isolados desconsiderando possíveis segregações ontogênicas entre habitats que poderia sugerir a direção do movimento da espécie ao longo do seu ciclo de vida. Este tipo de informação implica na determinação de prováveis áreas de assentamento e de berçário das espécies, e na necessidade de se compreender o ciclo de vida das espécies para a instituição de medidas de conservação.

A presente tese representa o primeiro estudo no Brasil a abordar os padrões espaciais e temporais das assembleias de larvas de peixes em três diferentes tipos de habitats: manguezal, prado e recife. Pretende-se com este trabalho (1) analisar variações inter-anuais e sazonais das assembleias, (2) correlacionar estas variações com as condições abióticas do meio, (3) caracterizar as assembleias dos diferentes habitats, (4) identificar padrões de segregação espacial dos estágios de desenvolvimento, (5) caracterizar o ciclo de vida das espécies dominantes.

Referências

Aburto-Oropeza, O.; Balart, E. F. (2001) Community structure of reef fish in several habitats of a rocky reef in the Gulf of California. *Marine Ecology* 22(4): 283-305

Barletta-Bergan A.; Barletta M.; Saint-Paul U. (2002) Structure and seasonal dynamics of larval fish in the Caeté River Estuary in North Brazil. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 54: 193 – 206

Beck, M. W.; Heck, K. L.; Able, K. W.; Childers, D. L. (2001) The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. *BioScience* 51: 633 – 641

Blaber, S. J. M. (2007) Mangroves and fishes: issues of diversity, dependence, and dogma. *Bulletin of marine science* 80(3): 457–472.

Boehlert G. W.; Mundy B. C. (1988) Roles of behavioral and physical factors in larval and juvenile fish recruitment to estuarine nursery areas. *American Fisheries Society Symposium* 3: 51 – 67.

Chittaro, P. M.; Usseglio, P.; Sale, P. F. (2005) Variation in fish density, assemblage composition and relative rates of predation among mangrove, seagrass and coral reef habitats. *Environmental Biology of Fishes* 72: 175 187

Cowen, R. K.; Lwiza, K. M. M.; Sponaugle, S.; Paris, C. B.; Olson, D. B. (2000) Connectivity of Marine Populations: Open or Closed? *Science* 287: 857-859

D'Alessandro, E. K.; Spounagle, S. (2011) Comparative predation rates on larval snappers (Lutjanidae) in oceanic, reef, and nearshore waters. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 399: 182–187

Ekau, W.; Westhaus-Ekau, P.; Macêdo, S. J.; Dorrien, C. V. The larval fish fauna of the “Canal de Santa Cruz” estuary in Northeast Brazil. *Tropical Oceanography* 29(2): 117-128.

Faunce, C. H.; Serafy, J. E. (2006) Mangroves as fish habitat: 50 years of field studies. *Marine Ecology Progress Series* 318: 1–18

Gillanders, B. M.; Able, K. W.; Brown, J. A.; Eggleston, D. B.; Sheridan, P. F. (2003) Evidence of connectivity between juvenile and adult habitats for mobile marine fauna: an important component of nurseries. *Marine Ecology Progress Series* 247: 281–295

Harris, S. A.; Cyrus, D. P.; Beckley, L. E. (2001) Horizontal Trends in Larval Fish Diversity and Abundance Along an Ocean-Estuarine Gradient on the Northern KwaZulu-Natal Coast, South Africa. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 53: 221–235.

Holmes, T. H.; McCormick, M. I. (2010) Smell, learn and live: The role of chemical alarm cues in predator learning during early life history in a marine fish. *Behavioural Processes* 83: 299–305

Jelbart, J. E.; Ross, P. M.; Connolly, R. M. (2007) Fish assemblages in seagrass beds are influenced by the proximity of mangrove forests. *Marine Biology* 150: 993–1002

Johannes, R. E. (1978) Reproductive strategies of coastal marine fishes in the tropics. *Environmental Biology of Fishes* 3: 65–84.

Joyeux, J. C.; Pereira, B. B.; Almeida, H. G. (2004) The Flood-tide ichthyoplanktonic community at the entrance into a Brazilian tropical estuary. *Journal of Plankton Research* 2: 1277-1287.

Layman, C. A.; Arrington, D. A.; Langerhans, R. B.; Silliman, B. R. (2004) Degree of Fragmentation Affects Fish Assemblage Structure in Andros Island (Bahamas) Estuaries. *Caribbean Journal of Science* 40(2): 232-244

Layman, C. A.; Dahlgren, C. P.; Kellison, T. G.; Adams, A. J.; Gillanders, B. M.; Kendall, M. S.; Ley, J. A.; Nagelkerken, I.; Serafy, J. E. (2006) Marine nurseries and effective juvenile habitats. *Marine Ecology Progress Series* 318: 307–308

Moberg, F.; Folke, C. (1999) Ecological goods and services of coral reef ecosystems. *Ecological Economics* 29(2): 215-233

Mumby, P. J.; Edwards, A. J.; Arias-Gonzalez, J. E.; Lindeman, K. C.; Blackwell, P. G.; Gall, A.; Gorczynska, M. I.; Harbone, A. R.; Pescod, C. L.; Renken, H.; Wabnitz, C. C. C.; Lewellyn, G. (2004) Mangroves enhance the biomass of coral reef fish communities in the Caribbean. *Nature* 427: 533-536

Nagelkerken, I. (2009) *Ecological Connectivity among Tropical Coastal Ecosystems*. Springer, 615 p.

Nagelkerken, I.; Roberts, C. M.; Van der Velde, G.; Dorenbosch, M.; Van Riel, M. C.; Cocheret de la Morinière, E.; Nienhuism P. H. (2002) How important are mangroves and seagrass beds for coral-reef fish? The nursery hypothesis tested on an Island scale. *Marine Ecology Progress Series* 244: 299 – 305.

Nagelkerken, I.; Kleijnen, S.; Klop, T.; Van den Brand, R. A. C. J.; Cocheret de la Morinière, E.; Van der Velde, G. (2001) Dependence of Caribbean reef fishes on mangroves and seagrass beds as nursery habitats: a comparison of fish faunas between bays with and without mangroves/seagrass beds. *Marine Ecology Progress Series* 214: 225–235

Nagelkerken, I.; Van der Velde, G. (2002) Do non-estuarine mangroves harbour higher densities of juvenile fish than adjacent shallow-water and coral reef habitats in Curaçao (Netherlands Antilles)? *Marine Ecology Progress Series* 245: 191- 204

Nanami, A.; Nishihira, M. (2003) Effects of habitat connectivity on the abundance and species richness of coral reef fishes: comparison of an experimental habitat

established at a rocky reef flat and at a sandy sea bottom. *Environmental Biology of Fishes* 68: 183–196

Nonaka R. H.; Matsuura Y.; Suzuki K. (2000) Seasonal variation in larval fish assemblages in relation to oceanographic conditions in the Abrolhos Bank region off eastern Brazil. *Fishery Bulletin* 98: 767–784.

Orth, R. J.; Carruthers, T. J. B.; Dennison, W. C.; Duarte, C. M.; Fourqurean, J. W.; Heck Jr, K. L.; Hughes, A. R.; Kendrick, G. A.; Kenworthy, W. J.; Olyarnik, S.; Short, F. T.; Waycott, M.; Williams, S. L. (2006) A Global Crisis for Seagrass Ecosystems. *BioScience* 56(12): 987-996

Parrish, J. D. (1989) Fish communities of interacting shallow-water habitats in tropical oceanic regions. *Marine Ecology Progress Series* 58: 143-160

Roberts, C. M.; McClean, C. J.; Veron, J. E. N.; Hawkins, J. P.; Allen, G. R.; McAllister, D. E.; Mittermeier, C. G.; Schueler, F. W.; Spalding, M.; Wells, F.; Vynne, C.; Werner, T. B. (2002) Marine Biodiversity Hotspots and Conservation Priorities for Tropical Reefs. *Science* 15: 1280-1284.

Rooker, J. R.; Dennis, G. D.; Goulet, D. (1996) Sampling larval fishes with a nightlight lift-net in tropical inshore waters. *Fisheries Research* 26: 1 - 15

Sheaves, M. (2005) Nature and consequences of biological connectivity in mangrove systems. *Marine Ecology Progress Series* 302: 293–305

Sheaves, M.; Baker, R.; Johnston, R. (2006) Marine nurseries and effective juvenile habitats:an alternative view. *Marine Ecology Progress Series* 318: 303–306

Thollot, P.; Kulbicki, M. (1988) Overlap between the fish fauna inventories of coral-reefs, soft bottoms and mangroves in Saint-Vincent Bay (New Caledonia) *Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium, Australia* 2: 613-618

Valiela, I.; Bowen, J. L.; York, J. K. (2001) Mangrove Forests: One of the World's Threatened Major Tropical Environments. *BioScience* 51(10): 807-815

CAPÍTULO I

VARIÁVEIS AMBIENTAIS COMO ESTRUTURADORAS DA DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE OVOS E LARVAS DE PEIXES EM UM COMPLEXO ESTUARINO TROPICAL DO NORDESTE DO BRASIL.

Elisabeth Cabral Silva Falcão, William Severi e Maria Elisabeth de Araújo.

Resumo:

O conhecimento sobre as mudanças sazonais e inter-anuais nas assembleias de larvas de peixes e suas relações com variáveis ambientais são importantes na compreensão da dinâmica do ciclo de vida das espécies. O pouco conhecimento que se tem sobre essas variações torna-se ainda mais escasso se levarmos em consideração a variedade de habitats nos estuários tropicais do Brasil. O presente estudo objetivou identificar padrões sazonais na composição e abundância de ovos e larvas de peixes na zona estuarina do Rio Formoso (Pernambuco) e correlacioná-los com algumas variáveis ambientais. Amostragens de ovos e larvas, com rede de plâncton de 500 µm, foram realizadas em um período de dois anos (2009-2011), abrangendo dois ciclos sazonais, tendo no segundo ocorrido um evento de enchente. Os dados foram analisados buscando identificar padrões temporais na densidade e estrutura da comunidade e correlações com as variáveis temperatura, salinidade e pluviosidade. Na estação de estiagem, quando temperatura e salinidade foram mais elevadas, a densidade de ovos e larvas foi maior. Verificou-se que a composição das assembleias das estação chuvosa e de estiagem foi similar, sendo caracterizadas por espécies dominantes, principalmente das famílias Engraulidae, Achiridae e Atherinopsidae, que variam apenas em sua abundância. Entre as dez espécies mais abundantes, sete estiveram associadas às variações de uma ou mais variável ambiental, indicando que a resposta a estas mudanças deve ser espécie-específica e relacionada também a fatores comportamentais. Entre as espécies associadas ao aumento da temperatura, destacaram-se *Achirus* spp. e Engraulidae, que exibiram variações

temporais mais consistentes entre os anos analisados. *Ctenogobius* spp. apresentou densidades mais elevadas em condições de salinidade mais baixa, enquanto que a diminuição da pluviosidade coincidiu com densidades mais elevadas de *Achirus* spp., *Lile piquitinga*, *Bairdiella ronchus* e *Sphoeroides* spp.

Palavras-chave: hidrologia, sazonalidade, larvas de peixes, estuário.

Abstract:

Knowledge about seasonal and interannual changes in fish larvae assemblages and their relationships with environmental variables are important in understanding the life cycle dynamics of fish species. Nevertheless, these variations are still poorly known in Brazilian tropical estuaries. This study aimed to identify seasonal patterns in fish eggs and larvae composition and abundance in Rio Formoso estuary (Pernambuco) and correlate them with some environmental variables. Samplings with plankton net were performed over a two-year basis, including two seasonal cycles. Data were statistically analyzed in order to identify temporal patterns in density and community structure and correlations with the variables temperature, salinity, pH and precipitation. In the dry season, when temperature and salinity were higher, the density of eggs and larvae was higher. It was found that the larval fish assemblages of the rainy and dry seasons are similar and are characterized by dominant species that differed only in abundance. Few species were related to changes in environmental conditions, indicating that the response to these changes must be species-specific and also related to behavioral factors.

Keywords: Hidrology, seasonality, fish larvae, estuary

Introdução

A importância ecológica e econômica das zonas costeiras tropicais, sobretudo das áreas estuarinas, é reconhecida em várias partes do mundo (Barletta *et al.*, 2010). Contudo, as ameaças aos ecossistemas associados a essas áreas, como os recifes de coral, prados de fanerógamas e manguezais, continuam sendo uma preocupação crescente (Valiela *et al.*, 2001). A dependência que muitas espécies de peixes apresentam por estas áreas é evidente (Blaber, 2007), sobretudo durante as fases iniciais do ciclo de vida, quando buscam abrigo e alimento em águas rasas e produtivas.

As assembleias ictioplanctônicas estuarinas caracterizam-se por apresentar, em geral, uma elevada abundância de indivíduos, porém com uma diversidade limitada, quando comparadas com as que habitam a zona costeira adjacente (Harris *et al.*, 2001). A baixa diversidade das espécies de peixes em sistemas estuarinos é uma resposta às amplas flutuações das condições ambientais impostas por estes ambientes, notadamente a salinidade (Barletta *et al.*, 2005).

A determinação de padrões diferenciados na distribuição e abundância do ictioplâncton, em escala temporal, permite um melhor entendimento acerca das flutuações nestas assembleias, principalmente quando relacionados a fatores ambientais, tais como temperatura e salinidade. Embora muitos estudos tenham evidenciado variações sazonais na composição das assembleias de peixes em respostas às variações ambientais (Harris *et al.*, 2001; Avendaño-Ibarra *et al.*, 2004), poucos avaliam mais de um ciclo sazonal (Reyier e Shenker, 2007).

No Brasil, estudos realizados em estuários demonstraram que as mudanças na salinidade, pluviosidade e temperatura podem alterar a composição e abundância de larvas de peixes em uma escala sazonal (Barletta-Bergan *et al.*, 2002; Macedo-Soares *et al.*, 2009). Essas alterações estão relacionadas principalmente aos picos de desova das espécies dominantes, que respondem de forma diferenciada às características ambientais (Harris *et al.*, 2001). No estado de Pernambuco, pouco se conhece sobre a comunidade de larvas de peixes em estuários (Ekau *et al.*, 2001). As informações sobre as atividades reprodutivas dos peixes nestes ecossistemas não estão disponíveis em periódicos científicos, dificultando a associação entre época de desova e picos de densidade larval, assim como de padrões de movimentação ao longo do ciclo de vida.

A zona estuarina do Rio Formoso, Pernambuco, é caracterizada pela forte influencia marinha e elevada produtividade (Honorato da Silva *et al.*, 2001). Possui uma série de habitats, como planícies de marés, manguezais, prados e recifes de arenito, tornando esse ambiente de grande interesse ecológico. Recentemente, Paiva *et al.* (2009) verificaram uma elevada diversidade de peixes, tendo constatado grande parcela de espécies de origem marinha.

O presente estudo tem como objetivo identificar os padrões temporais na composição e abundância da assembleia de larvas de peixes na zona estuarina do Rio Formoso e avaliar possíveis relações entre as variáveis ambientais e mudanças na estrutura da comunidade.

Materiais e Métodos

A área de estudo compreende a região inferior do complexo estuarino do Rio Formoso, Pernambuco (Figura 1), formado pela confluência dos rios Formoso, Passos, Ariquindá e Lemenho. O complexo abrange aproximadamente 27,24 km² e está localizado no município de Rio Formoso, a 92 km de Recife, estado de Pernambuco, nordeste do Brasil. O estuário é dividido em três zonas distintas: superior, média e inferior (Lira *et al.*, 1979), apresentando cada uma características peculiares quanto aos meios biótico e abiótico (Lira *et al.*, 1979; Honorato da Silva *et al.*, 2004; Paiva *et al.*, 2009). Na região, as estações se dividem em chuvosa (março a agosto) e estiagem (setembro a fevereiro), sendo a estação chuvosa aquela de maior produtividade primária, caracterizada por condições eutróficas do estuário (Honorato da Silva *et al.*, 2004).

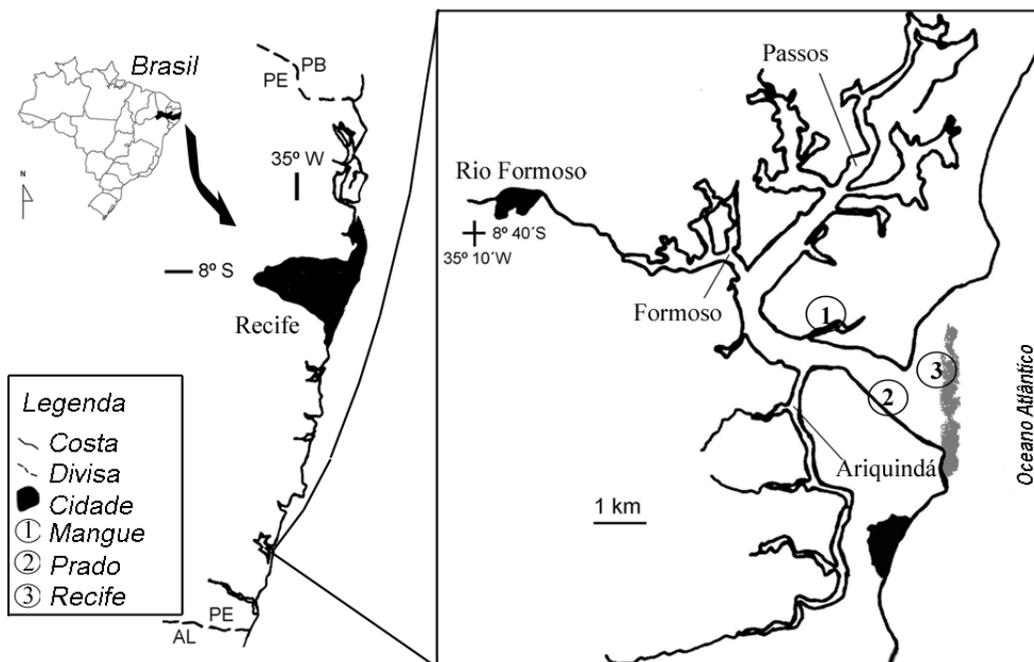


Figura 1. Complexo estuarino do Rio Formoso e indicação das localidades onde foram coletadas as amostras de ovos e larvas de peixes.

Três habitats distintos foram selecionados para as amostragens: manguezal, prado e recife (Tabela 1). Localizados dentro de duas áreas protegidas marinhas, as APAs Costa dos Corais e de Guadalupe, os habitats amostrados perfazem um trajeto de 6 km. O habitat manguezal consiste em um canal de maré, margeado por *Rhizophora mangle*, localmente conhecido como Maria-Açu. Na margem direita do estuário está localizada a praia dos Carneiros, que, por ser mais rasa que a margem oposta, propicia a formação de esparsos prados de fanerógamas, compostos por *Halodule wrightii* associada à macroalgas. O habitat de recife localiza-se ao largo da foz do Rio Formoso, fazendo parte de um complexo conjunto de recifes de arenito paralelos à linha de costa.

Tabela 1. Coordenadas geográficas das áreas de amostragem de ovos e larvas de peixes na zona estuarina do Rio Formoso, Pernambuco.

Localidade	Tipo de Habitat	Coordenadas
Maria-Açu	Mangue	8°40'51,63" S e 35°5'54,93" W
Praia dos Carneiros	Prado	8°41'44,85" S e 35°5'18,83" W
Boca da barra	Recife	8°41'34,19" S e 35°4'27,52" W

Foram realizadas amostragens mensais de larvas e ovos de peixes em um intervalo de dois anos, compreendendo os meses de abril de 2009 a março de 2011. Foi utilizada uma rede de plâncton cônico-cilíndrica com abertura de malha de 500 µm que foi arrastada por 10 minutos nas três localidades selecionadas. Em cada área, foram realizadas três réplicas no período diurno e três no noturno, totalizando 18 amostras por mês.

O volume total de água filtrada foi estimado utilizando-se um fluxômetro acoplado à boca da rede. Em cada ponto de amostragem, as variáveis ambientais salinidade e temperatura da água foram mensuradas utilizando refratômetro e termômetro, respectivamente. As amostras foram acondicionadas em potes plásticos de 500 mL e fixadas em solução de formalina 4% tamponada com carbonato de cálcio. As amostragens foram realizadas sempre em marés de quadratura e na baixa-mar, objetivando minimizar o efeito de diferentes marés e fases lunares, assim como realizar as atividades em melhores condições de navegação, sobretudo nos recifes. Dados da precipitação acumulada mensal foram obtidos no banco de dados do Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEPE) correspondente à estação meteorológica do município de Barreiros.

No laboratório, todo o conteúdo das amostras foi triado para a separação e ovos e larvas, sendo a densidade expressa em indivíduos por cem metros cúbicos ($\text{ind.}100 \text{ m}^{-3}$) e utilizada para as análises estatísticas. As larvas foram caracterizadas meristicamente (contagem de vértebras, miômeros, rastros, pterigióforos, espinhos e raios) e morfometricamente (relações corporais) e de acordo com os padrões de pigmentação e de distribuição de espinhos cefálicos. Alguns espécimes foram diafanizados (Dingerkus e Uhler, 1977) para facilitar a visualização e contagem de estruturas mais internas, como vértebras e rastros. Identificação. A identificação foi baseada em diversos manuais de identificação de larvas de peixes e trabalhos de descrição do desenvolvimento larval disponíveis na literatura (Fahay, 1983; Ahlstrom Symposium, 1983; Moser, 1984; Leis e Trnski, 1989; Neira et al., 1992; Able e Fahay, 1998; Richards, 2006).

O índice de valor biológico (IVB) foi calculado a partir da matriz de densidade dos táxons (Sanders, 1960). Este índice ordena os táxons considerando tanto sua frequência quanto sua abundância relativa nas amostras, evitando considerar espécies abundantes em amostras específicas, mas não frequentes durante o período analisado, ou vice-versa. O número máximo de táxons considerado para o cálculo do IVB de cada amostra foi aquele cuja abundância relativa acumulada alcançou 95% (Loya-Salinas e Escofet, 1990). As espécies com maiores valores finais do IBV foram classificadas em ordem de importância decrescente, sendo classificada em 1º lugar aquela dominante na comunidade.

Foram considerados nas demais análises, os táxons ordenados de 1 a 10, segundo o IVB. Os dados de densidade foram log-transformados e testados quanto à normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e homogeneidade (Bartlett), segundo as recomendações de Hammer et al. (2001). Uma vez não atingidos os pré-requisitos da ANOVA, as diferenças nas densidades e nas variáveis ambientais entre os anos e períodos do dia foram analisadas através do teste U de Mann-Whitney e entre os meses através da ANOVA de Kruskal-Wallis utilizando os dados não transformados. O teste de Dunn foi realizado como análise *a posteriori* para identificar meses em que ocorreram maiores médias.

Para analisar possíveis variações na estrutura da comunidade entre os anos e estações foi construída uma matriz de similaridade, baseada no índice de Bray-Curtis, a partir dos dados de densidade transformados na raiz quarta e organizados em uma planilha no modo R (Gotelli e Ellison, 2004). Este mesmo procedimento foi adotado para os dados abióticos, porém foi utilizada a distância

Euclidiana sobre os dados transformados e estandardizados. A partir dessas matrizes, o método de ordenamento nMDS foi utilizado com o intuito de avaliar a formação de grupos entre as estações do ano. A significância e a similaridade entre estes grupos foram testadas pela ANOSIM. A identificação de espécies que mais contribuíram para a similaridade interna dos grupos e a dissimilaridade entre eles foi baseada na análise SIMPER. A existência de possíveis correlações entre as assembleias de larvas de peixes e as variáveis ambientais foi verificada através da rotina BIOENV e a análise por espécie foi testada pela correlação de Pearson. Todas as análises estatísticas foram efetuadas nos pacotes estatísticos PRIMER® (Plymouth Routines Multivariate Ecological Research) e PAST® (Paleontological Statistics, ver. 2.13). O nível de significância considerado foi de 95% ($p \leq 0,05$).

Resultados

Composição da comunidade

Em 432 amostras coletadas durante um período de dois anos, foram contabilizados 3.514 ovos e 2.383 larvas de peixes. Dos 50 táxons identificados, Engraulidae e *Achirus* spp. foram os mais frequentes, estando presentes em mais de 50% das amostragens (Tabela 2). Além destes, *Atherinella brasiliensis* também foi frequente durante o período estudado, exceto em dezembro/10.

Os táxons identificados com maiores índices de valor biológico (IVB), em ordem decrescente, referem-se aos indivíduos pertencentes às famílias Engraulidae, Achiridae, Atherinopsidae, Gobiidae, Clupeidae, Gerreidae Sciaenidae e Tetraodontidae (Tabela 2).

Variação temporal de ovos e larvas

Os resultados da ANOVA de Kruskal-Wallis indicaram diferenças na distribuição mensal de ovos ($p = 0,0003$) e larvas ($p < 0,0001$). As maiores densidades de ovos ocorreram entre abril e maio de 2009 e entre novembro de 2010 e fevereiro de 2011 (Figura 2a). No primeiro ano, o pico de densidade de ovos ocorreu no mês de abril, quando a densidade média foi de $543,39 \pm 1005,29$ ovos. 100 m^{-3} , enquanto no segundo ano ocorreu no mês de janeiro com média de $274,37 \pm 370,01$ ovos. 100 m^{-3} . Entre os períodos do dia a densidade de ovos não diferiu (Mann-Whitney: $p = 0,827$), contudo a densidade média foi mais elevada à noite ($121,06 \pm 371,13$ ovos. 100 m^{-3}).

Tabela 2. Densidade media mensal, índice de valor biológico (IVB) e frequência de ocorrência amostral (FO) dos táxons coletados na zona estuarina do Rio Formoso.

Táxons	Abr 09	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan 10	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan 11	Fev	Mar	IVB	FO	
Engraulidae	1.93	1.12	0.66	0.92	0.21		0.57	11.86	6.32	0.23	0.96	0.77	3.42	1.24	0.13	0.49	0.71	11.76	7.19	2.34	0.99	18.66	4.37	2.16	1	50.00	
<i>Achirus</i> spp.	0.48	1.16		0.37	0.49	2.16	5.62	5.29	4.96	2.91	1.99	2.47	2.90	2.43	0.29	0.64			4.11	4.75	4.79	1.68	2.49	1.85	2	56.90	
<i>Atherinella brasiliensis</i>	0.33	0.27	1.49	1.16	1.78	2.64	4.29	2.96	1.86	1.42	1.18	3.32	14.64	12.97	0.59	9.48	0.49	1.14	0.55	1.48		0.17	0.18	1.87	3	27.00	
<i>Ctenogobius</i> spp.	8.26	2.68	1.12	5.71	2.15			0.82	1.15	3.56				1.79	0.37	0.11			1.38	3.28	0.55	0.28	0.53	0.90	4	23.60	
<i>Lile piquitinga</i>	0.22	1.75			0.13	0.42	0.78	1.66	1.15	1.76	0.92	0.13				1.58	0.18		0.75	6.15	9.69	0.46	0.53	2.30	5	17.30	
<i>Eucinostomus</i> spp.	1.78	1.38	0.25	0.54	2.65	0.16		0.78	3.35	1.51	0.12	0.16		0.72	0.22		0.12	0.22	0.15	0.74	0.41	1.28		0.17	6	20.80	
<i>Microgobius meeki</i>	1.14	0.13	0.39	0.17		2.26	0.43	0.87	0.31	0.24	2.59	0.50	0.23					0.17		0.14	0.45	0.46	0.13		7	20.10	
<i>Bairdiella ronchus</i>	0.14			0.15	5.53	0.63	4.65		0.12	3.16	2.45	0.31	0.65						0.53	0.14	0.13	0.28	0.19		8	16.60	
<i>Bathygobius</i> spp.	0.36			0.33	0.17	0.21		0.95		0.44	0.96	1.92		0.28		0.50										9	9.00
<i>Sphoeroides</i> spp.	0.26		0.32		0.14	0.47	1.28	0.57		0.25	0.13			0.27	0.82					0.22	0.15		0.25			10	13.19
<i>Oligoplites saurus</i>		0.18				0.41	0.95	0.14	0.12			0.97	1.00		0.33	0.16		0.31		0.24				0.17		11	8.00
<i>Archosargus rhomboidalis</i>						0.34	0.80	0.39	0.55	0.24									0.99		6.88					12	10.40
<i>Lupinoblennius paivai</i>				0.46			0.33	0.22			0.14		0.56	0.82								0.32	0.39			13	9.00
<i>Hyporhamphus</i> spp.					0.22		0.19	0.26	0.20	0.36						0.12	0.14				0.28	0.16	0.14			14	8.30
<i>Stellifer</i> spp.	0.16								0.12				0.32						0.83	0.36	0.27		0.18	0.40		15	6.25
<i>Gobionellus oceanicus</i>	0.82	0.98			0.13				0.14	0.17	0.57				0.14											16	6.25
<i>Oligoplites</i> spp.								0.95	0.15		0.16				0.24					0.16						17	4.16
<i>Syngnathus pelagicus</i>			0.12				0.17											0.94	0.14							18	2.77
<i>Strongylura</i> spp.	0.16					0.17							1.00								0.13			0.17		19	3.47
<i>Guavina guavina</i>	0.16	0.18		0.29																						20	2.08
<i>Lutjanus</i> spp.							0.15	0.12											0.83							21	2.08
<i>Carangoides ruber</i>	0.56																									22	0.69
<i>Diapterus auratus</i>					0.21																					23	0.69
<i>Malacoctenus delalandi</i>	0.56																									24	0.69
<i>Stegastes</i> spp.																						0.36				25	0.69
<i>Dactyloscopus</i> spp.							0.28		0.16											0.30						26	1.38
<i>Lactophrys</i> spp.		0.18																								27	0.69
<i>Microdesmus bahianus</i>				0.17																				0.38		28	2.08
<i>Trinectes</i> spp.							0.15		0.13							0.23										29	2.77
<i>Abudefduf saxatilis</i>							0.17		0.18	0.12												0.12				30	2.70
<i>Bryx dunckeri</i>															0.11											31	0.69
<i>Centropomus undecimalis</i>	0.13									0.28	0.13					0.16						0.15				32	3.47
<i>Chaetodipterus faber</i>								0.12																0.16		33	1.38
<i>Citharichthys</i> spp.				0.16																						34	0.69
<i>Gobiomorus dormitor</i>														0.43												35	1.38
<i>Haemulon parra</i>	0.23																									36	0.69
<i>Hippocampus</i> spp.							0.15		0.11											0.16		0.15				37	2.77
<i>Labrisomus nuchipinnis</i>	0.13																									38	0.69
<i>Ophioblennius atlanticus</i>							0.17											0.11								39	1.38
<i>Lobotes surinamensis</i>																							0.17			40	0.69
<i>Menticirrhus</i> spp.																										41	0.69
<i>Trachinotus</i> spp.																0.12					0.14					42	0.69
<i>Mugil</i> spp.						0.16																				43	0.69
<i>Naucrates ductor</i>										0.12																44	0.69
<i>Scartella cristata</i>	0.13																									45	0.69
<i>Sparisoma</i> spp.	0.13																									46	0.69
<i>Tylosurus crocodilus</i>																							0.12			47	0.69
<i>Sphoeroides spengleri</i>		0.12																								48	0.69
<i>Thalassophryne nattereri</i>					0.13																					49	0.69
<i>Pareques</i> spp.	0.14																									50	0.69

A densidade média de larvas de peixes foi mais elevada entre setembro e novembro de 2009 e entre novembro e dezembro de 2010 (Figura 2b). No primeiro ano, o pico de densidade larval foi registrado em setembro de 2009 (média de $22,09 \pm 31,22$ ind. 100 m^{-3}), enquanto no segundo a maior densidade média ocorreu em novembro de 2010 (média de $30,59 \pm 41,54$ ind. 100 m^{-3}). Entre os períodos do dia, as larvas foram mais abundantes nas amostragens noturnas ($p < 0,0001$), quando a densidade larval média foi de $25,69 \pm 32,89$ ind. 100^{-3} .

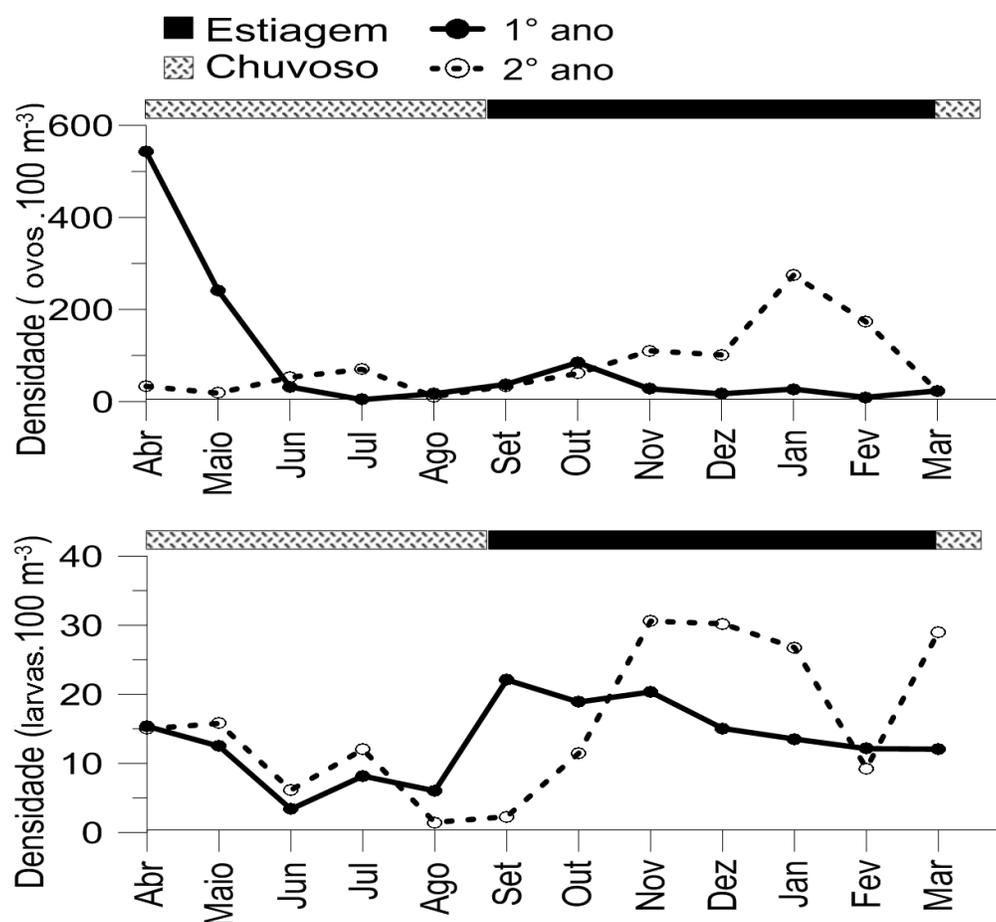


Figura 2. Distribuição temporal das médias de densidade (ind. 100 m^{-3}) de (a) ovos e (b) larvas de peixes nos períodos de estiagem e chuvoso na zona estuarina do Rio Formoso, entre abril de 2009 e março de 2011.

Os táxons com maior IVB também apresentaram variações significativas em sua distribuição temporal (Figura 3). Dos dez táxons analisados, apenas *Atherinella brasiliensis* e *Bathygobius* spp. não apresentaram densidades significativamente diferentes entre meses e estações. Estas espécies diferiram apenas entre os anos (*Bathygobius* spp.) e períodos do dia, sendo mais abundantes à noite (Tabela 3).

Tabela 3. Testes de Mann-Whitney (M-W) e de Kruskal-Wallis (K-W) e teste *posteriori* (Post) das médias de densidade dos táxons com maior Índice de Valor Biológico (IVB) entre os períodos do dia, meses, estações e ano na zona estuarina do Rio Formoso. (N): noturno, (E): estiagem, (1°): primeiro ano, (2°): segundo ano, (Res): resultado. Valores de significância indicados por (a) $p < 0,001$, (b) $p < 0,01$ e (c) $p < 0,05$.

Táxon	Período		Meses		Estações		Anos	
	M-W	Res	K-W	Post	M-W	Post	M-W	Post
Engraulidae	-6,18 ^a	N	71,98 ^a	Jan-2°;Set-2°	2,82 ^b	E	3,18 ^b	2°
<i>Achirus</i> spp.	-6,13 ^a	N	85,83 ^a	Nov-1°	5,75 ^a	E	0,01	n.s.
<i>Atherinella brasiliensis</i>	-2,92 ^b	N	22,26	n.s.	0,86	n.s.	1,12	n.s.
<i>Ctenogobius</i> spp.	-7,21 ^a	N	49,90 ^a	Abr-1°	-1,54	n.s.	1,11	n.s.
<i>Lile piquitinga</i>	-6,65 ^a	N	41,04 ^c	Mar-2°	2,36 ^c	E	-2,02	n.s.
<i>Eucinostomus</i> spp.	-4,88 ^a	N	59,13 ^a	Dez-1°	0,29	n.s.	2,94 ^b	1°
<i>Microgobius meeki</i>	-3,18 ^b	N	39,75 ^c	Fev-1°	1,35	n.s.	2,82 ^b	1°
<i>Bairdiella ronchus</i>	-5,03 ^a	N	56,39 ^a	Set-1°;Nov-1°	2,92 ^b	E	2,70 ^b	1°
<i>Bathygobius</i> spp.	-2,34 ^c	N	29,04	n.s.	-0,83	n.s.	2,86 ^b	1°
<i>Sphoeroides</i> spp.	0,62	n.s.	48,01 ^b	Out-1°;Nov-1°	1,54	n.s.	2,76 ^b	1°

Durante os meses mais quentes (setembro a fevereiro), que compreendem a estação de estiagem, foi observada a maior abundância para a maioria dos táxons analisados (Figura 3). Apenas um pico de densidade de larvas de

Engraulidae ocorreu no primeiro ano, quando foi registrada uma densidade média de $11,86 \pm 27,85$ ind.100 m⁻³ em novembro (Figura 3a). No segundo ano, essas larvas predominaram em setembro e janeiro, com valores médios de $11,76 \pm 23,47$ e $18,66 \pm 45,55$ ind.100 m⁻³, respectivamente.

Larvas de *Achirus* ocorreram em quase todos os meses, porém foram mais abundantes entre outubro e dezembro, em ambos os anos. No primeiro ano, o pico de densidade ocorreu em outubro, com $5,62 \pm 8,36$ ind.100 m⁻³, e no segundo, em dezembro, com $4,79 \pm 5,81$ ind.100 m⁻³ (Figura 3b).

Embora *Atherinella brasiliensis* tenha sido frequente, não foi possível identificar um padrão sazonal em sua distribuição (Figura 3c). No primeiro ano, a espécie apresentou maiores densidade em outubro e março, com médias de $4,29 \pm 10,5$ e $3,30 \pm 12,16$ ind.100 m⁻³, respectivamente. No segundo, a espécie foi mais abundante em abril, maio e julho, com médias de densidade de $14,64 \pm 34,45$; $12,97 \pm 39,06$ e $9,41 \pm 24,67$ ind.100 m⁻³. Similarmente, não houve um padrão sazonal definido na distribuição das larvas de *Ctenogobius* spp. Nos dois anos, os picos de densidade ocorreram nas duas estações (Figura 3d).

Lile piquitinga apresentou elevada abundância no início da estação chuvosa (março-2011), quando atingiu $20,30 \pm 48,61$ ind.100 m⁻³ e na estação de estiagem (dezembro-2010), com $9,69 \pm 4,21$ ind.100 m⁻³ (Figura 3e). Vários picos de densidade foram observados na distribuição mensal de *Eucinostomus* spp. (Figura 3f). No primeiro ano, as maiores densidades foram registradas em abril, maio, agosto e dezembro. No segundo, estas larvas foram menos abundantes, sendo as maiores densidades observadas em maio e janeiro.

Durante o primeiro ano, a densidade de larvas de *Microgobius meeki* foi significativamente maior ($p = 0,009$). Sua abundância foi mais elevada nos meses da estação de estiagem, com pico de densidade em setembro, quando foi registrada média de $2,26 \pm 6,48$ ind.100 m⁻³ (Figura 3g). Também houve maior densidade de *Bairdiella ronchus* no primeiro ano ($p = 0,002$). Esta espécie apresentou picos de densidade durante a estação de estiagem em setembro, novembro e fevereiro (Figura 3h).

Larvas de *Sphoeroides* spp. foram mais abundantes durante o primeiro ano ($p=0,012$) e em diversos meses foram observadas densidades mais elevadas. A densidade máxima no primeiro ano ocorreu em outubro ($1,28 \pm 1,9$ ind.100 m⁻³), enquanto que no segundo foi registrada em fevereiro ($0,27 \pm 1,07$ ind.100 m⁻³), ambas durante a estiagem (Figura 3i). O pico de densidade de *Bathygobius* spp. ocorreu em março-2011, atingindo valor total de 34,58 ind.100 m⁻³ sendo esta espécie mais abundante durante o primeiro ano ($p = 0,004$).

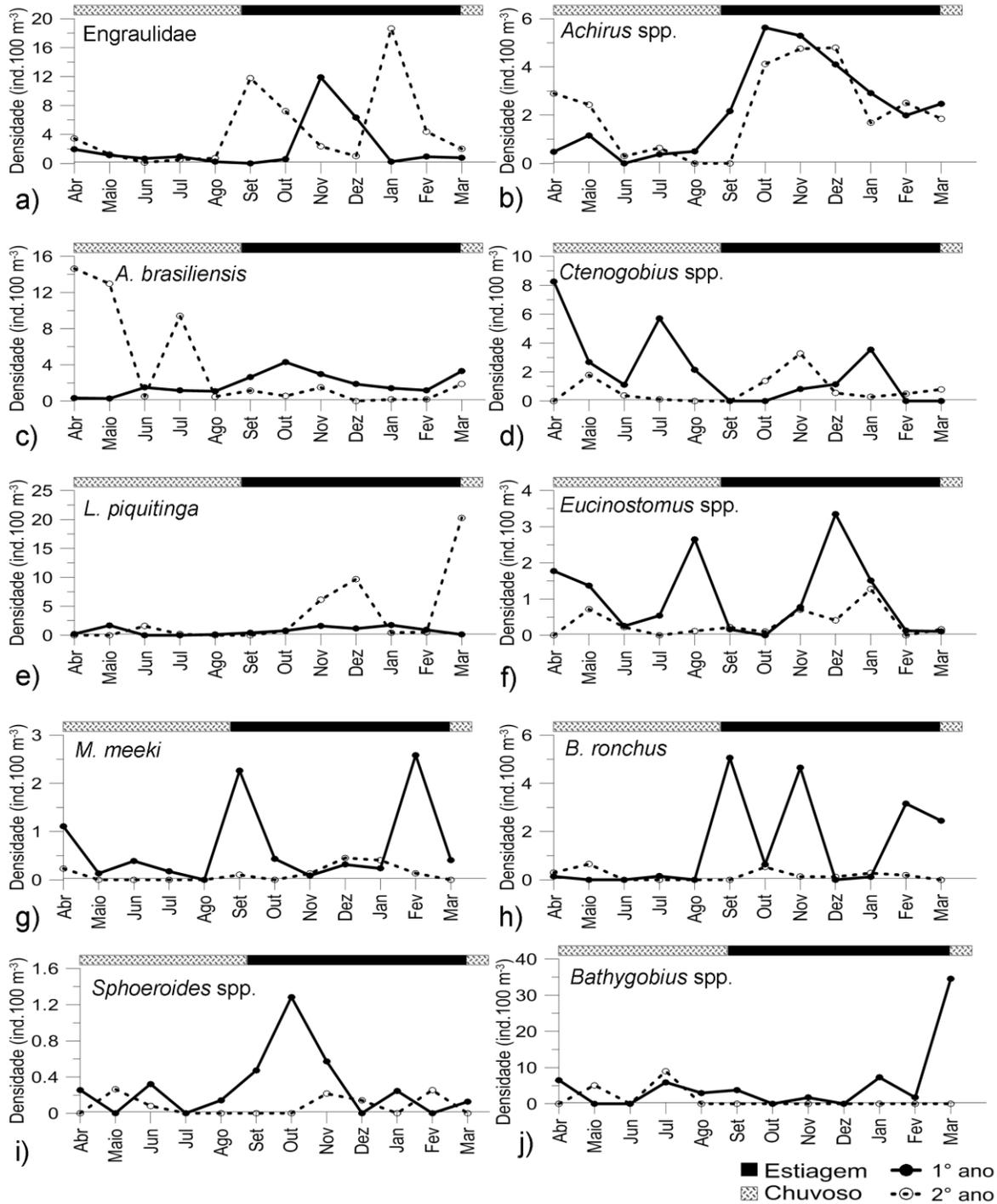


Figura 3. Distribuição temporal das médias de densidade (ind.100 m⁻³) dos táxons com maior Índice de Valor Biológico (IVB) na zona estuarina do Rio Formoso. (a) Engraulidae, (b) *Achirus* spp., (c) *Atherinella brasiliensis*, (d) *Ctenogobius* spp., (e)

Lile piquitinga, (f) *Eucinostomus* spp., (g) *Microgobius meeki*, (h) *Bairdiella ronchus*, (i) *Sphoeroides* spp., (j) *Bathygobius* spp.

Influência das variáveis ambientais na densidade de ovos e larvas

Não foram observadas diferenças na precipitação mensal entre os dois anos de estudo, contudo, houve variação entre as estações de estiagem e chuvosa ($p < 0,001$) para o período estudado, sendo os meses entre abril e agosto aqueles com valores mais altos. Em junho de 2010, o índice de pluviosidade marcou 613,5 mm, um valor elevado, resultante de chuvas intensas que causaram grandes enchentes na região (Figura 4a).

Durante o período estudado, a temperatura da água variou de 24,3 a 31,7 °C. Foram registradas diferenças nas médias deste parâmetro entre os meses ($p = 0,006$), sendo fevereiro de 2009 e março de 2011 aqueles com temperaturas mais elevadas. As maiores médias também ocorreram durante a estação de estiagem ($p < 0,001$), correspondendo ao período entre setembro de 2009 e março de 2010, para o primeiro ano, e entre outubro de 2010 e março de 2011 para o segundo (Figura 4b). A salinidade média variou de 15,42, registrada em junho de 2010, a 36,6, em novembro de 2009. Os maiores valores foram registrados no primeiro ano ($p < 0,001$) e durante os meses da estação de estiagem ($p < 0,001$) (Figura 4c).

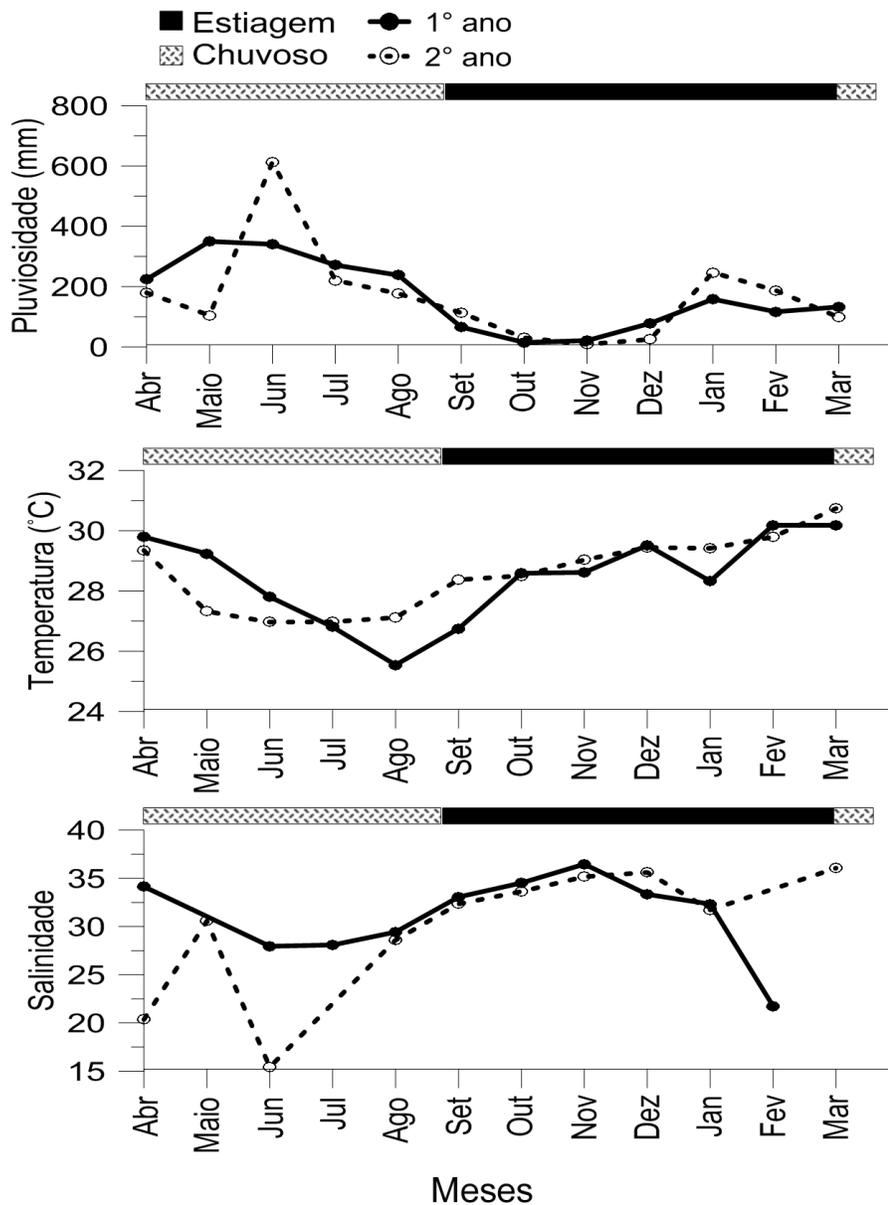
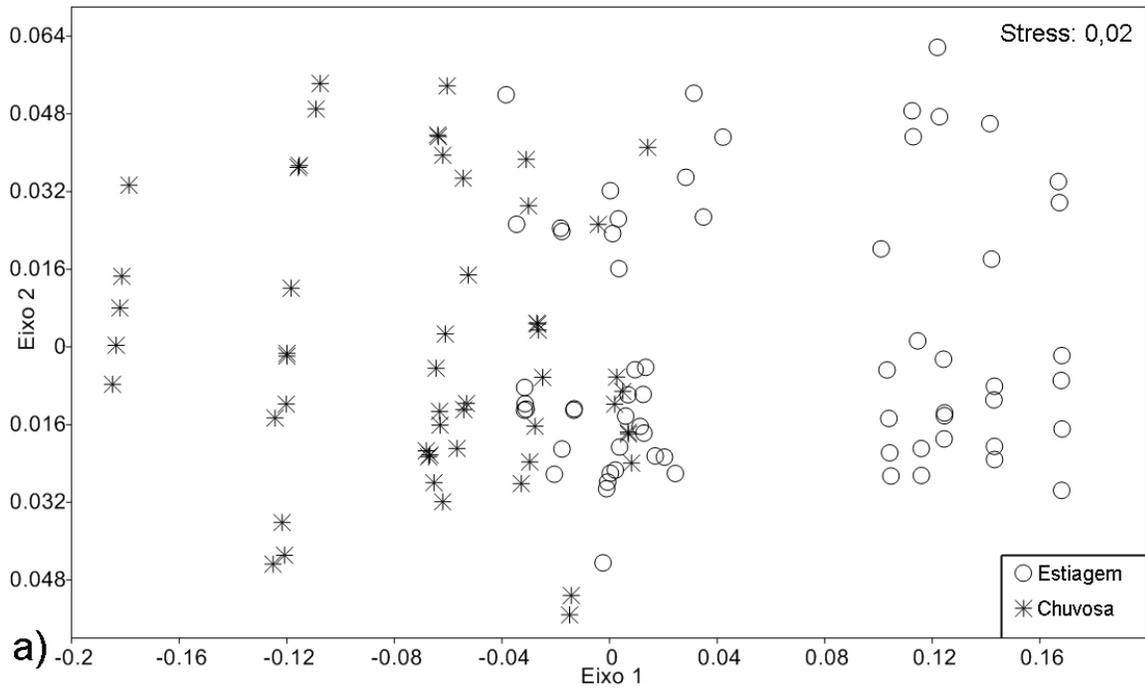


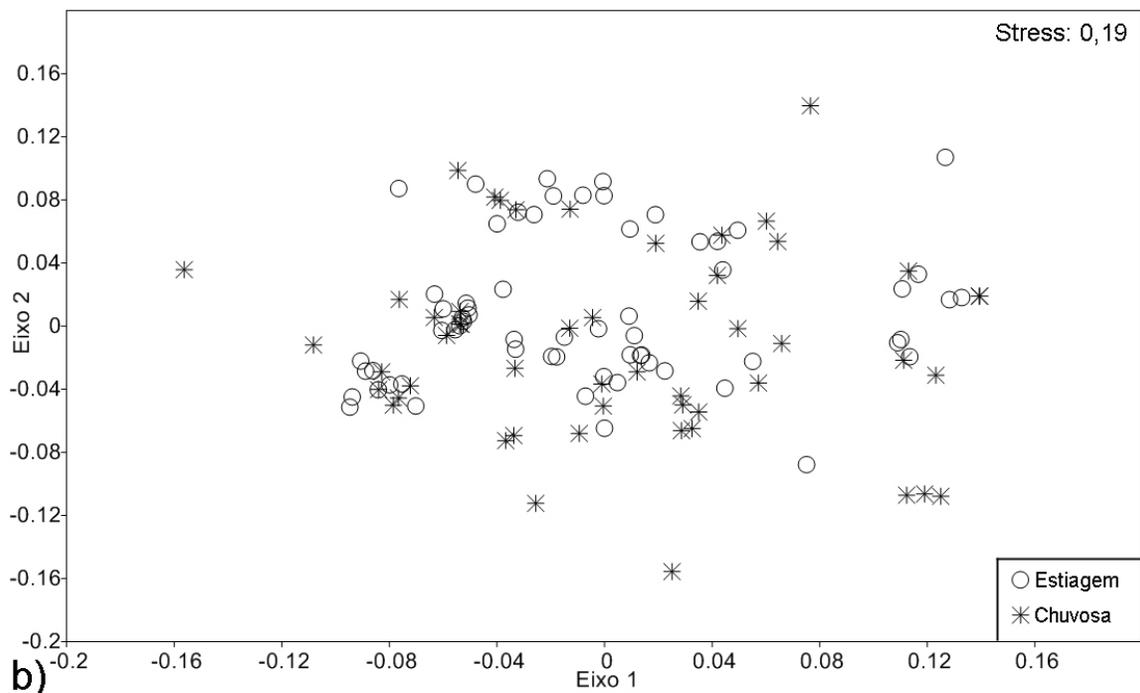
Figura 4. Distribuição temporal das médias de pluviosidade, temperatura e salinidade na zona estuarina do Rio Formoso, no período de abril de 2009 a março de 2011.

Com base na matriz de similaridade das variáveis ambientais, a análise nMDS (stress = 0,02) separou as amostras em dois grupos correspondentes às

estações de estiagem e chuvosa (Figura 5a). O resultado da ANOSIM indicou haver uma dissimilaridade intermediária entre os grupos (R Global = 0,41; p = 0,0001), resultante da sobreposição de amostras coletadas em meses de transição entre as estações do ano. O ordenamento sazonal das amostras, baseado na densidade dos táxons, não gerou grupos distintos ($\text{stress}=0,19$) (Figura 5b). Além disso, verificou-se que as assembleias nas estações do ano são similares (R Global = 0,11; p = 0,0003). Entre os dois anos estudados, também não houve diferença na composição da assembleia (R Global= 0,039; p = 0,02). De acordo com a abundância e ocorrência das espécies indicadas pela análise SIMPER, as similaridades internas dos grupos foram baixas. Por outro lado, a dissimilaridade entre os grupos foi elevada, principalmente por causa das contribuições de *Achirus* spp., *Engraulidade* e *Atherinella brasiliensis* (Tabela 4).



a)



b)

Figura 5. Análise nMDS das estações de estiagem e chuvosa considerando os dados das variáveis ambientais (a) e de densidade dos táxons (b) coletados na zona estuarina do Rio Formoso.

Tabela 4. Análise do percentual de similaridade (SIMPER) das espécies que mais contribuíram para a diferença entre as estações de estiagem e chuvosa no estuário do Rio Formoso.

Táxon	Similaridade%		Dissimilaridade % Estiagem x Chuvosa
	Estiagem	Chuvosa	
<i>Achirus</i> spp.	39,29	30,98	13,37
Engraulidae	29,55	26,60	13,20
<i>Atherinella brasiliensis</i>	8,93	13,97	10,51
<i>Eucinostomus</i> spp.	3,84	6,72	6,70
<i>Ctenogobius</i> spp.		8,45	6,58
<i>Microgobius meeki</i>		4,76	5,59
<i>Lile piquitinga</i>	4,14		6,43
<i>Bairdiella ronchus</i>	3,00		4,72

A rotina BIOENV foi utilizada para comparar os dados das variáveis ambientais com a abundância e distribuição dos táxons nas estações de estiagem e chuvosa. Os resultados desta análise geraram baixos valores de correlação. As variáveis temperatura e salinidade foram as que apresentaram os valores mais altos, contudo explicaram apenas 3% da variação dos dados (Tabela 5).

Tabela 5. Resultados da rotina BIOENV indicando as variáveis ambientais que melhor explicam a distribuição temporal das larvas de peixes coletadas no estuário do Rio Formoso.

Número variáveis	Correlação (Pearson)	Grupo de variáveis
1	0,027	Salinidade
1	0,010	Temperatura
2	0,033	Temperatura;salinidade

Dentre os táxons mais representativos, sete apresentaram correlações significativas com os fatores ambientais analisados (Tabela 6). As espécies de Engraulidae e *Achirus* spp., *Lile piquitinga* e *Microgobius meeki* foram

positivamente correlacionadas com a temperatura da água. *Ctenogobius* spp. correlacionou-se negativamente com a salinidade, enquanto que condições de baixa pluviosidade estiveram associadas ao aumento na densidade de *Achirus* spp., *L. piquitinga*, *Bairdiella ronchus* e *Sphoeroides* spp.

Tabela 6. Análise de correlação de Pearson entre as variáveis ambientais e a densidade dos táxons com maior IVB com correlações significativas ($p < 0,05$)

Táxons	Temperatura		Salinidade		Pluviosidade	
	R	p	R	p	R	p
Engraulidae	0,41	<,001	-0,12	0,299	-0,16	0,157
<i>Achirus</i> spp.	0,33	0,004	0,07	0,546	-0,49	<,001
<i>Atherinella brasiliensis</i>	-0,08	0,504	0,01	0,991	-0,06	0,955
<i>Ctenogobius</i> spp.	-0,10	0,387	-0,25	0,029	0,17	0,141
<i>Lile piquitinga</i>	0,27	0,019	0,20	0,081	-0,25	0,033
<i>Eucinostomus</i> spp.	-0,08	0,500	-0,03	0,769	0,04	0,730
<i>Microgobius meeki</i>	0,24	0,042	-0,01	0,927	-0,03	0,771
<i>Bairdiella ronchus</i>	0,09	0,456	-0,06	0,604	-0,36	0,002
<i>Bathygobius</i> spp.	0,07	0,144	0,06	0,249	-0,57	0,363
<i>Sphoeroides</i> spp.	-0,05	0,663	0,10	0,375	-0,25	0,034

Discussão

Os ecossistemas costeiros tropicais são reconhecidamente regiões de elevada abundância de ovos e larvas de peixes por representarem importantes sítios de desova e criação para várias espécies (Blaber, 2007). Apesar desta reconhecida importância, pouco se conhece sobre a dinâmica sazonal destas larvas nos estuários do nordeste, sobretudo em uma escala temporal de mais de um ciclo (um ano).

Muitos estudos têm demonstrado que as larvas de espécies que desovam no estuário, a exemplo das espécies de Engraulidae, Atherinopsidae e Achiridae, são geralmente as mais frequentes e abundantes em relação àquelas que desovam no mar (Ekau *et al.*, 2001; Barletta-Bergan *et al.*, 2002; Joyeux *et al.*, 2004. Além disso, as primeiras espécies apresentam uma elevada fecundidade e desova contínua (Caselles e Acero, 1996; Caselles e Acero, 1996; Oliveira e Fávoro, 2010), resultando em uma alta densidade larval em vários meses do ano.

A presença de ovos e larvas de peixes durante o período estudado sugere que a atividade de desova na região ocorra ao longo do ano. Contudo, esta atividade parece ter sido mais intensa em temperaturas acima de 27°C concomitante com salinidades de 35 (abril de 2009 e janeiro de 2011). Esses valores são encontrados principalmente durante o período de estiagem. Em áreas de manguezal, muitas espécies desovam com maior intensidade durante a primavera e o verão (Chaves e Bouchereau, 2000), sugerindo que as características ambientais em períodos mais quentes ofereçam melhores condições para o desenvolvimento de ovos e larvas.

Vários trabalhos relataram uma maior abundância de ovos e larvas durante o período noturno. Um deles, realizado em estuário do Rio Caeté (Pará), relacionou a maior densidade de larvas de peixes à noite ao ritmo da atividade alimentar das espécies e evasão ao petrecho de coleta, que é mais visível nas amostragens diurnas (Barletta e Barletta-Bergan, 2009). Na Bahia de La Paz (México) muitos táxons foram registrados exclusivamente durante a noite (Aceves-Medina *et al.*, 2008). Esses autores associaram a abundância neste período ao momento da desova e da eclosão de ovos, o que também ocorreu no estuário do Rio Formoso devido à maior abundância de ovos e larvas no período noturno.

A maioria das espécies de peixes tropicais apresentam atividades de desova (ovos pelágicos) e eclosão (ovos demersais) durante os períodos crepuscular e noturno, objetivando reduzir o risco de predação (Johannes, 1978; Taylor, 1984). Dados de investigações pretéritas realizadas no estuário do Rio Formoso sugerem que a abundância de espécies de peixes planctívoros é mais baixa à noite (Paiva *et al.*, 2009; Pereira *et al.*, 2010), favorecendo a maior abundância de larvas durante este período.

Entre os táxons mais abundantes, *Achirus* spp e *Lile piquitinga* foram os que apresentaram tendências sazonais mais marcantes para os dois anos. Neste intervalo foram registrados dois picos de densidade larval para cada uma dessas espécies, tendo o menor deles ocorrido na estação chuvosa e o maior na de estiagem. Elevada abundância de clupeídeos nos meses mais quentes também foi observada por Macedo-Soares *et al.* (2009) na Laguna Ibiraguera (SC). Na costa brasileira, a desova da sardinha verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) também ocorre

durante todo o ano, com um elevado pico no verão, nos meses de dezembro e janeiro (Isaac-Nahum *et al.*, 1988).

Entre as espécies de Engraulidae presentes no estuário do Rio Formoso, as mais abundantes e frequentes são *Anchovia clupeioides* e *Cetengraulis edentulus* (Paiva *et al.*, 2009). Peixes desta família realizam migrações para a plataforma interna, onde acontece a desova e posterior retorno das larvas para o ambiente estuarino (Araújo *et al.*, 2008). De fato, esses peixes são k-estrategistas por apresentar um ciclo de vida curto (cerca de um ano), um rápido desenvolvimento embrionário, além de uma desova contínua, com picos nos meses mais quentes (Blaber, 1997).

Embora as variações nas condições ambientais, observadas entre as estações dos dois anos, tenham diferido significativamente, não houve mudança na estrutura da assembleia de larvas do estuário do Rio Formoso. A época de desova das espécies de peixes marinhos tropicais é mais longa do que das espécies temperadas (Johannes, 1978), por isso, a elevada frequência das espécies dominantes durante o período estudado causou a homogeneidade das assembleias da estação chuvosa e de estiagem.

Comparando-se as assembleias entre as estações de estiagem e chuvosa, verificou-se que houve similaridade apenas na sua composição, mas não na abundância das espécies, sendo Engraulidae e *Achirus* os principais responsáveis por esta diferença. Este resultado deve estar associado à elevada abundância durante a estiagem que estes táxons apresentaram.

As variações inter-anuais da densidade de larvas das espécies de *Ctenogobius*, *Eucinostomus*, *Sphoeroides* e *Microgobius meeki* foram caracterizadas por uma diminuição acentuada na abundância no segundo ano, sobretudo após o mês de junho de 2010. Dois dias antes das amostragens deste mês, ocorreram chuvas intensas que resultaram em uma enchente que atingiu o estuário, diminuindo bruscamente a salinidade e elevando a turbidez. O mês de junho foi caracterizado por apresentar baixa densidade larval, porém, como esperado, nos meses subsequentes houve um aumento gradual na abundância das espécies. Padrão similar foi observado durante o primeiro ano e também em um estudo pretérito realizado (M. F. Castro, com. pess., 2004) no mesmo estuário. O efeito de eventos climáticos regionais sobre a comunidade de larvas de peixes ainda é pouco estudado, contudo é sabido que alterações nas características do habitat podem impactar de maneira negativa a desova e sobrevivência de peixes em fases iniciais do ciclo de vida (Allen e Barker, 1990).

A fraca correlação entre as assembleias e as variáveis ambientais pode ter sido decorrente da baixa amplitude destas variáveis registradas na área de estudo que corresponde a porção inferior do estuário (Honorato da Silva *et al.*, 2001). No estuário do Rio Caeté (Pará), a produção larval foi influenciada principalmente pela sazonalidade das chuvas e da salinidade (Barletta-Bergan *et al.*, 2002). Naquele estuário, essas variações são marcantes, uma vez que a pluviosidade e a vazão do rio são elevadas, causando amplos gradientes. Por outro lado, na Baía de Vitória (Espírito Santo) (Joyeux *et al.*, 2004) e no Canal de Santa Cruz (Pernambuco) (Ekau *et al.*, 2001), variações sazonais na abundância e

composição de larvas não foram correlacionadas com variáveis ambientais, corroborando com o presente estudo.

Pesquisas recentes indicam que o padrão de resposta das assembleias de larvas de peixes sobre as abióticas é espécie-específica (Harris *et al.*, 2001) e que esta resposta também varia em função da estratégia reprodutiva e preferência por habitat (Avendaño-Ibarra *et al.*, 2004). No presente estudo, também foi constatada a associação entre as variáveis ambientais e a densidade para sete das dez espécies mais representativas (maiores IVB). A maior parte delas, Engraulidae, *Achirus*, *Ctenogobius*, *Microgobius meeki* e *Lile piquitinga*, correlacionaram-se com condições de altas temperaturas e/ou baixa pluviosidade. Dessas, apenas as espécies de *Ctenogobius* apresentaram correlação com a salinidade, no caso, negativa. As variáveis físicas, principalmente temperatura e salinidade, tem sido amplamente correlacionadas aos mecanismos de recrutamento de larvas em estuários (Boehlert e Mundy, 1988; Harris *et al.*, 2001).

A complexidade de riqueza de habitats associada a menores amplitudes das variáveis ambientais (porção inferior do estuário) representa uma área estratégica para a atividade reprodutiva de várias espécies de peixes ao longo do rio. As variações inter-anuais observadas na distribuição e abundância de algumas espécies, possivelmente relacionadas a um evento climático regional, reforçam a necessidade de monitoramentos em longo prazo das comunidades e das prováveis fontes de alterações em suas densidades.

Referências Bibliográficas

Aceves-Medina G., Saldierna-Martínez R., Hinojosa-Medina A., Jiménez-Rosenberg S. P. A., Hernández-Rivas M. E., Morales-Ávila R. (2008) 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* 76: 889 – 901.

Allen, D. M., Barker, D. L. (1990) Interannual variations in larval fish recruitment to estuarine epibenthic habitats. *Marine Ecology Progress Series* 63: 113-125.

Araújo, F. G., Silva, M. A., Azevedo, M. C. C., Santos, J.N.S. (2008) Spawning season, recruitment and early life distribution of *Anchoa tricolor* (Spix and Agassiz, 1829) in a tropical bay in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 68(4): 823 - 829.

Avendaño-Ibarra, R., Funes-Rodríguez, R., Hinojosa-Medina, A., González-Armas, R., Aceves-Medina, G. (2004) Seasonal abundance of fish larvae in a subtropical lagoon in the west coast of the Baja California Peninsula. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 61: 125 - 135

Barletta M., Barletta-Bergan A. (2009) Endogenous activity rhythms of larval fish assemblages in a mangrove fringed estuary in North Brazil. *The Open Fish Science Journal* 2: 15 – 24.

Barletta, M., Jaureguizar, A. J., Baigun, C., Fontoura, N. F., Agostinho, A. A., Almeida-Val, V. M. F., Val, A. L., Torres, R. A., Jimenes-Segura, L. F., Giarrizzo, T., Fabré, N. N., Batista, V. S., Lasso, C., Taphorn, D. C., Costa, M. F., Chaves, P. T., Vieira, J. P., Corrêa, M. F. M. (2010) Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical systems. *Journal of Fish Biology* 76: 2118 – 2176.

Barletta-Bergan A., Barletta M., Saint-Paul U. (2002) Structure and seasonal dynamics of larval fish in the Caeté River Estuary in North Brazil. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 54: 193 – 206.

Blaber, S. J. M. (2007) Mangroves and fishes: issues of diversity, dependence, and dogma. *Bulletin of marine science* 80(3): 457 – 472.

Boehlert G. W., Mundy B. C. (1988) Roles of behavioral and physical factors in larval and juvenile fish recruitment to estuarine nursery areas. *American Fisheries Society Symposium* 3: 51 – 67.

Caselles, O., Acero, P. A. (1996) Reproduction of *Anchovia clupeioides* and *Anchoa parva* (Pisces: Engraulidae) in the Ciénaga Grande de Santa Marta and Ciénaga de Pajalar, Colombian Caribbean. *Revista de Biología Tropical* 44(2b): 781 – 793.

Chaves, P. T., Bouchereau, J. L. (2000) Use of mangrove habitat for reproductive activity by the fish assemblage in the Guaratuba Bay, Brazil. *Oceanologica Acta* 23: 273 – 280.

Ekau, W.; Westhaus-Ekau, P.; Macêdo, S. J.; Dorrien, C. V. The larval fish fauna of the “Canal de Santa Cruz” estuary in Northeast Brazil. *Tropical Oceanography* 29(2): 117-128.

Gotelli, N. J., Ellison A. M. (2004) A primer of ecological statistics. Sinauer Associates: Massachusetts. 479p.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.

Harris, S. A., Cyrus, D. P., Beckley, L. E. (2001) Horizontal Trends in Larval Fish Diversity and Abundance Along an Ocean-Estuarine Gradient on the Northern

KwaZulu-Natal Coast, South Africa. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 53: 221–235.

Honorato da Silva M., Passavante J. Z. O., Silva-Cunha M. G. G., Nascimento-Vieira D. A., Grego C. K. S., Muniz K. (2004) Distribuição espacial e sazonal da biomassa fitoplanctônica e dos parâmetros hidrológicos no estuário do Rio Formoso (Rio Formoso, Pernambuco, Brasil). *Tropical Oceanography* 32: 89–106.

Isaac-Nahum, V. J., Cardoso, R. D., Servo, G., Rossi-Wongtschowski, C. L. D. B. (1988). Aspects of the spawning biology of the Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) (Clupeidae). *Journal of Fish Biology* 32: 383–396.

Johannes, R. E. (1978) Reproductive strategies of coastal marine fishes in the tropics. *Environmental Biology of Fishes* 3: 65–84.

Joyeux, J. C., Pereira, B. B., Almeida, H. G. (2004) The Flood-tide ichthyoplanktonic community at the entrance into a Brazilian tropical estuary. *Journal of Plankton Research* 2: 1277-1287.

Lira L., Zapata M. C., Fonseca V. G. (1979) Aspectos da dinâmica do estuário do Rio Formoso, Pernambuco. *Caderno Ômega* 3: 133–156.

Loya-Salinas, D.H., Escofet, A. (1990) Contribution to the calculation of the biological value index (Sanders, 1960). *Ciencias Marinas* 16(2): 97 - 115.

Macedo-Soares, L. C. P., Birolo, A. B., Freire, A. S. (2009) Spatial and temporal distribution of fish eggs and larvae in a subtropical coastal lagoon, Santa Catarina State, Brazil. *Neotropical Ichthyology* 7(2): 231-240.

Oliveira, E. C., Fávaro, L. F. (2010) Reproduction of the flatfish *Achirus lineatus* (Pleuronectiformes: Achiridae) in Paranaguá Bay, state of Paraná, a subtropical region of Brazil. *Zoologia* 27(4): 523–532.

Paiva A. C. G., Lima M. F. V., Souza J. R. B., Araújo, M. E. (2009) Spatial distribution of the estuarine ichthyofauna of the Rio Formoso (Pernambuco, Brazil), with emphasis on reef fish. *Zoologia* 26: 266–278.

Pereira P. H. C., Ferreira B. P., Rezende S. M. (2010) Community structure of the ichthyofauna associated with seagrass beds (*Halodule wrightii*) in Formoso River estuary – Pernambuco, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 82: 617–628.

Sanders, H. L. (1960). Benthic studies in Buzzard Bay. III. The structure of the soft-bottom community. *Limnology and Oceanography* 5: 138 - 153.

Taylor, M. H. (1984). Lunar Synchronization of Fish Reproduction. *Transactions of the American Fisheries Society* 113: 484-493.

Valiela, I., Bowen, J.L., York, J.K. (2001) Mangrove forests: one of the world's threatened major tropical environments. *BioScience* 51: 807–815.

Zar J. H. (1999) *Biostatistical Analysis*. 4th edition. New Jersey: Prentice Hall

CAPÍTULO II

PADRÕES NA DENSIDADE E DIVERSIDADE DE LARVAS DE PEIXES EM UM *CONTINUUM* MANGUEZAL-PRADOS-RECIFE.

Elisabeth Cabral Silva-Falcão, William Severi e Maria Elisabeth de Araújo.

Resumo

A variação da diversidade e abundância de larvas de peixes entre habitats costeiros tropicais ainda é pouco conhecida, sobretudo no Brasil. Neste estudo, objetivou-se analisar padrões espécie-específicos de densidade e segregação de estágios larvais em um *continuum* manguezal-prado-recife na zona estuarina do Rio Formoso, nordeste do Brasil. Foram identificadas 30 famílias e 36 espécies de peixes, sendo que apenas sete foram dominantes. No manguezal foi registrada maior densidade de larvas, representadas, em grande parte, tanto por espécies estuarinas como por marinhas migrantes. Entre as estuarinas, *Atherinella brasiliensis* foi a mais específica quanto ao habitat durante a fase larval uma vez que ocorreu quase exclusivamente no manguezal. Por outro lado, a densidade dos estágios de *Achirus* spp. variou significativamente entre os habitats, indicando um movimento a partir do recife em direção ao manguezal. As espécies marinhas migrantes ocorreram apenas em estágios mais avançados de desenvolvimento, principalmente em pós-flexão. *Lile piquitinga* e *Archosargus rhomboidalis* apresentaram elevada abundância nos prado, quando no estágio de flexão. Neste estudo, verificou-se que os habitats de manguezal e prado representam locais potenciais para o assentamento de várias espécies, devido à elevada abundância de larvas em estágios tardios nestes ambientes. Embora os processos que atuam na distribuição destes organismos ainda sejam desconhecidos na área, os padrões resultantes deste estudo evidenciam a existência de ligações entre os habitats através da movimentação destas larvas.

Palavras-chave: conectividade; habitats costeiros; nordeste do Brasil.

Abstract

Variation in diversity and abundance of fish larvae among tropical coastal habitats is still poorly known, particularly in Brazil. This study aimed to analyze species-specific patterns of density and larval stages segregation in a mangrove-seagrass-reef *continuum* at Rio Formoso estuarine zone, northeastern Brazil. A total of 30 families and 36 species of fish were identified, but only seven of them were sufficiently abundant in number and larval stages for analysis. The highest density of larvae was recorded in the mangrove, composed largely by both estuarine species and marine migrants. Among the estuarine species, *Atherinella brasiliensis* was more habitat-specific during larval stage since it has occurred almost exclusively in the mangrove. On the other hand, the density of *Achirus* spp. larval stages varied significantly among habitats, indicating a reef-to-mangrove movement. Marine migrant species occurred only at later stages of development, mainly post-flexion. *Lile piquitinga* and *Archosargus rhomboidalis* showed high abundance in seagrass, at flexion stage. The results indicate that the habitats of mangrove and seagrass habitats represent a potential settlement habitat for a number of species, based on a high abundance of larvae in late developmental stages in these environments. Although the processes that operate in the distribution of these organisms are still unknown in the area, the patterns resulting from this study suggest the existence of links between habitats through the movement of these larvae.

Keywords: connectivity; coastal habitats, northeastern Brazil

Introdução

Nas zonas costeiras tropicais a associação entre manguezal, prados de fanerógamas e recifes forma um complexo mosaico de ecossistemas conectados por processos físicos e biológicos (Sheaves, 2005). A ictiofauna move-se entre esses ambientes devido aos requerimentos fisiológicos e ecológicos do seu ciclo de vida. Esse movimento é realizado principalmente por espécies estuarino-dependentes, que necessitam migrar para habitats berçários ainda em estágios iniciais (larvas e pós-larvas) (Able, 2005).

É na fase larval pelágica que os peixes possuem um maior potencial de dispersão entre ambientes, especialmente as espécies demersais (Leis, 2006). A busca por um habitat adequado ao assentamento é facilitada por capacidades auditivas, olfatórias e visuais de larvas e jovens (Leis *et al.*, 2003; Holmes e McCormick, 2010). Somadas a estas características, o comportamento larval pode garantir o uso de habitats preferenciais ainda em estágios de desenvolvimento bastante iniciais, principalmente através de migrações verticais (Ruso e Bayle-Sempere, 2006).

Muitos trabalhos têm evidenciado que as assembleias de peixes são distintas entre os diferentes habitats, entretanto algumas espécies utilizam todo o mosaico (Harris *et al.*, 2001; Chittaro *et al.*, 2005; Dorenbosch *et al.*, 2006). Por isso, a fragmentação desses ecossistemas costeiros tropicais pode causar alterações substanciais na estrutura das comunidades, resultando em um declínio da biodiversidade e perda de serviços dos ecossistemas (Valentine-Rose *et al.*, 2007).

Estudos sobre a variação das assembleias e dos estágios de desenvolvimento de larvas de peixes entre habitats ainda são escassos. Um dos principais entraves para a realização destas investigações é a padronização no método de coleta em ambientes estruturalmente diversos (Rooker *et al.*, 1996). Utilizando redes convencionais de plâncton na Baía de la Ascension, Caribe, Vásquez-Yeomans (2000) coletou larvas de peixes sobre diversos habitats, incluindo manguezais, prados de fanerógamas e recifes. Essa autora identificou intensa atividade de desova na região, porém registrou baixa diversidade que foi justificada pelas coletas limitadas ao período diurno.

Em Porto Rico, Rooker *et al.* (1996) avaliaram o efeito de vários fatores, incluindo o tipo de habitat nas assembleias de larvas de peixes. Os autores utilizaram armadilhas luminosas em recifes, manguezais, prados e fundos de areia e registraram diferenças significativas na abundância e diversidade entre os habitats. Embora estes estudos tenham fornecido dados primários sobre a ecologia de larvas de peixes em diferentes ambientes, a existência de segregação espacial dos estágios de desenvolvimento, que indica a movimentação entre ecossistemas, não foi avaliada.

No Brasil a existência de ligações entre ecossistemas costeiros através do fluxo da ictiofauna ainda é pouco estudada, sobretudo na região Nordeste (Moura *et al.*, 2011). Recentemente, investigações sobre a estrutura das assembleias de peixes no complexo estuarino do Rio Formoso, Pernambuco foram realizadas em áreas de planícies de marés (Paiva *et al.*, 2009) e prados de fanerógamas (Pereira

et al., 2010), porém nenhuma delas buscou avaliar sua variação entre os diferentes tipos de habitats presentes na região.

A presente investigação é a primeira sobre os padrões de densidade e diversidade de larvas de peixes em diferentes ambientes (manguezal, prado de fanerógamas e recifes) costeiros no Brasil. O objetivo deste estudo é avaliar os padrões de abundância e da estrutura das assembleias de larvas de peixes em três habitats costeiros conectados, dispostos em um *continuum*. Em particular, as hipóteses são as seguintes: (1) As assembleias de larvas de peixes são diferentes entre os habitats amostrados; (2) Habitats berçários, como manguezais e prados, apresentam maior densidade larval em relação às áreas recifais; e (3) A densidade dos diferentes estágios larvais difere entre os habitats, indicando movimentação de diferentes fases ontogênicas.

Materiais e métodos

Área de estudo

A área de estudo abrange diferentes habitats localizados nas imediações da divisa dos municípios de Rio Formoso e Tamandaré, litoral sul de Pernambuco (Figura 1), sendo representada pela área na qual deságua o Complexo Estuarino do Rio Formoso. A região está inserida em duas áreas de proteção ambiental (APA): uma estadual, a APA de Guadalupe, e uma federal, a APA Costa dos Corais. A APA de Guadalupe foi criada pelo decreto nº 19.635/97, com 31.591 ha de área continental e 12.664 ha de área marítima, abrangendo os municípios de Sirinhaém, Rio Formoso, Tamandaré e Barreiros. A APA federal foi criada pelo decreto s/nº de 23 de outubro de 1997, abrangendo 413.563 ha, por 135 km de costa, entre o Rio Formoso e Rio Meirim, no norte de Alagoas.

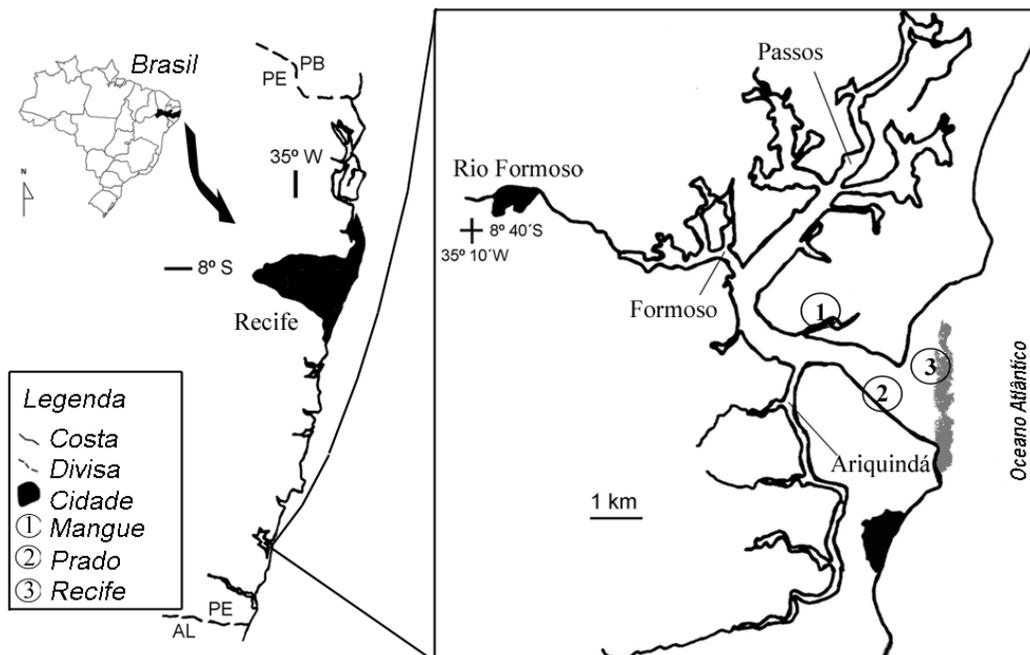


Figura1. Mapa da zona costeira adjacente ao estuário do Rio Formoso com a indicação dos habitats amostrados.

O complexo estuarino do Rio Formoso é um sistema raso com grande influência marinha, sendo caracterizado como um braço de mar (Lira *et al.*, 1979). Apresenta vários canais de maré onde se desenvolve uma vegetação típica de manguezal, com predominância de *Rhizophora mangle*.

A região costeira adjacente apresenta várias linhas de recifes de arenito que ficam parcialmente emersos na baixa-mar, além de várias outras linhas a partir da isóbata de 16 m que ficam permanentemente submersas (Camargo *et al.*, 2007). Estes arenitos são colonizados por uma grande variedade de invertebrados e vertebrados, entre eles os peixes recifais, que são o principal atrativo natural da área. Esta região vem sofrendo crescente pressão antrópica, sobretudo por conta do turismo e expansão urbana, podendo haver comprometimento da qualidade ambiental (Araújo e Costa, 2006; Coelho e Araújo, 2011).

Na porção inferior do estuário, nas margens rasas desenvolvem-se bancos de macroalgas com participação da fanerógama marinha *Halodule wrightii*, que conferem um ambiente alternativo ou berçário para as espécies de peixes que transitam por esta região costeira (Pereira *et al.*, 2010). Foram registradas 78 espécies de peixes para a região estuarina, sendo Clupeidae, Engraulidae e Gerreidae as famílias que apresentaram maior abundância (Paiva *et al.*, 2009).

Amostragens

As amostragens foram realizadas mensalmente no período de abril de 2009 a março de 2011, no manguezal, prado de fanerógamas e recife. Em cada habitat foram coletadas aleatoriamente três amostras (trélicas) por período (diurno e

noturno), totalizando 432 elementos amostrais. Os arrastos horizontais foram feitos com rede de plâncton com 500 µm de abertura de malha, a partir de uma embarcação com velocidade constante (1 a 2 nós), com duração padronizada de 10 minutos e o volume coletado foi estimado através de um fluxômetro acoplado à rede. As amostras foram fixadas e preservadas em solução de formalina a 4% tamponada com carbonato de cálcio.

No laboratório as amostras foram triadas sob estereomicroscópio em uma câmara de acrílico para a contagem e separação das larvas de peixes do restante do material. A densidade ictioplanctônica foi estimada a partir do volume filtrado pela rede e expressa em org.100m⁻³. As larvas foram caracterizadas meristicamente (contagem de vértebras, miômeros, rastros, pterigióforos, espinhos e raios) e morfometricamente (relações corporais) e de acordo com os padrões de pigmentação e de distribuição de espinhos cefálicos. Alguns espécimes foram diafanizados (Dingerkus e Uhler, 1977) para facilitar a visualização e contagem de estruturas mais internas, como vértebras e rastros. Identificação. A identificação foi baseada em diversos manuais de identificação de larvas de peixes e trabalhos de descrição do desenvolvimento larval disponíveis na literatura (Fahay, 1983; Ahlstrom Symposium, 1983; Moser, 1984; Leis e Trnski, 1989; Able e Fahay, 1998; Richards, 2006).

O estágio larval foi classificado, a partir das características definidas por Kendall *et al.* (1984), em: 1) pré-flexão: a partir da completa absorção do vitelo até o início da flexão da notocorda, 2) flexão: do início da flexão da notocorda até sua completa flexão e 3) pós-flexão: a partir da completa flexão da notocorda até o

início da metamorfose. As espécies foram classificadas de acordo com os modos de ocupação em ambientes estuarinos segundo Elliott *et al.* (2007).

Considerou-se “espécies estuarinas” aquelas capazes de completar todo seu ciclo de vida no ambiente estuarino; “marinhas migrantes”, aquelas que desovam no mar e geralmente entram nos estuários em grande número quando jovens. As “marinhas visitantes” são as que desovam no mar e entram nos estuários em pequeno número, alcançam as áreas mais externas onde a salinidade é próxima de 35 (Elliott *et al.*, 2007).

Análise dos dados

Foram consideradas como unidades amostrais os valores médios mensais obtidos em cada habitat e em cada período do dia. Todos os resultados das análises estatísticas estão apresentados na forma de média \pm desvio padrão. Para cada amostra foram calculados os índices de Diversidade de Shannon-Wiener (H') e de Equitabilidade de Pielou (J') (Krebs, 1999).

Os dados foram submetidos aos testes de Kolmogorov-Smirnof-Lillifors e de Bartlett para avaliar se cumpriam os pré-requisitos da ANOVA, e quando necessário foram $\log_{10} x+1$ transformados, para alcançar a normalidade. Comparações da densidade total, diversidade e equitabilidade de espécies, além da densidade das categorias de ocupação e dos estágios larvais entre os habitats e períodos do dia foram realizadas através da ANOVA unifatorial (Gotelli e Ellison, 2004). A análise *a posteriori* de Tukey foi efetuada para determinar que habitat e/ou período do dia foi responsável pelas maiores médias, indicando a formação

de grupos de habitats ou de habitats isolados que apresentam elevada densidade larval.

Com o intuito de avaliar diferenças nas assembleias de larvas de peixes entre os habitats, foram conduzidas análises multivariadas utilizando os dados de densidade. Os dados foram logaritmizados ($\log_{10} x+1$) a fim de reduzir o efeito das espécies muito abundantes ou raras, e aplicado o índice de similaridade de Bray-Curtis sobre esses resultando em uma matriz triangular.

A análise de ordenação nMDS das matrizes de similaridade foi efetuada para verificar a existência de diferentes assembleias entre os habitats, sendo considerado adequado um nível de stress $< 0,20$. A confirmação de diferenças significativas evidenciadas pelo nMDS foi realizada através da ANOSIM. Uma análise do percentual de similaridade (SIMPER) foi efetuada para determinar quais espécies foram responsáveis pelas diferenças evidenciadas pela ANOSIM (Clarke e Warwick, 1994).

A fim de identificar indícios de movimentação entre habitats foi analisada a segregação dos estágios larvais entre manguezal, prado e recife. As espécies mais abundantes foram analisadas quanto à distribuição dos estágios larvais entre os habitats. Para isso foi realizada uma ANOVA utilizando os dados de densidade de cada estágio e comparada a variação de suas médias entre os habitats. Em todas as análises foi estabelecido um valor de $\alpha = 0,05$.

Resultados

Foram analisadas 2.383 larvas pertencentes a 30 famílias, incluindo 36 identificadas ao nível de espécie, 23 de gênero e 10 apenas de família (Tabela 1). Numericamente, as famílias dominantes foram Engraulidae (23%), Atherinopsidae (16%), Achiridae (15%), Clupeidae (14%) e Gobiidae (14%), somando 82% do total. Engraulidae, além de representar a família mais abundante, foi também a mais especiosa, contribuindo com 6 espécies (10,17%).

Tabela 1. Densidade total (ind.100 m⁻³) dos táxons de larvas de peixes coletadas em Rio Formoso (PE), com indicação dos estágios de desenvolvimento larval e habitat em que ocorreram. Estágios larvais: pré-flexão (PF), flexão (FL), pós-flexão (PO). Habitats: manguezal (M), prado (P), recife (R).

Táxons	Densidade	Habitats	Estágios
Engraulidae			
<i>Anchoa lyolepis</i> (Evermann & Marsh, 1902)	19,23	M, P, R	PO
<i>Anchoa tricolor</i> (Agassiz, 1829)	3,83	M	PO
<i>Anchoa spinifera</i> (Valenciennes, 1848)	3,33	M	PO
<i>Anchoa</i> spp.	6,32	M	PO
<i>Anchoviella brevirostris</i> (Günther, 1868)	2,92	M	PO
<i>Anchoviella lepidentostole</i> (Fowle, 1941)	40,00	M, P, R	FL, PO
<i>Anchovia clupeoides</i> (Swainson, 1839)	35,53	M	FL, PO
Não identificadas	1.418,72	M, P, R	PF, FL, PO
Clupeidae			
<i>Lile piquitinga</i> (Schreiner & Miranda Ribeiro, 1903)	871,88	M, P, R	PF, FL, PO
Batrachoididae			
<i>Thalassophryne nattereri</i> Steindachner, 1876	2,31	R	PO
Antenariidae			
Não identificada	1,70	M	PF
Mugilidae			
<i>Mugil</i> spp.	2,84	R	PF
Atherinopsidae			

<i>Atherinella brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	1.176,71	M, P, R	PF, FL, PO
Belonidae			
<i>Strongylura</i> spp.	13,14	M, P, R	FL
<i>Tylosurus</i> spp.	2,14	R	PO
Hemiramphidae			
<i>Hyporhamphus</i> spp.	37,50	M, P, R	FL
Syngnathidae			
<i>Syngnathus pelagicus</i> Linnaeus, 1758	8,78	P, R	FL, PO
<i>Bryx dunckeri</i> (Metzelaar, 1919)	2,06	R	PO
<i>Hippocampus</i> spp.	9,35	P	PO
Não identificadas	7,27	P, R	PF, FL
Centropomidae			
<i>Centropomus undecimalis</i> (Bloch, 1796)	13,91	M, P, R	PO
Carangidae			
<i>Naucrates ductor</i> (Linnaeus, 1758)	2,19	P	PF
<i>Oligoplites saurus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	41,84	M, P, R	FL, PO
<i>Oligoplites</i> spp.	14,56	M, R	PF, FL
<i>Trachinotus</i> spp.	1,84	P	PO
<i>Carangoides ruber</i> (Bloch, 1793)	10,07	R	PO
Lutjanidae			
<i>Lutjanus</i> spp.	6,09	P, R	PF
Lobotidae			
<i>Lobotes surinamensis</i> (Bloch, 1790)	2,99	M	PO
Gerreidae			
<i>Eucinostomus lefroyii</i> (Goode, 1874)	4,75	M	PO
<i>Eucinostomus</i> spp.	298,06	M, P, R	PF, FL, PO
<i>Diapterus auratus</i> Razani, 1840	3,83	M	PO
Haemulidae			
<i>Haemulon parra</i> (Desmarest, 1823)	4,16	M	PO
Sparidae			
<i>Archosargus rhomboidalis</i> (Linnaeus, 1758)	167,10	M, P, R	FL, PO
Não identificadas	1,57	P	FL
Sciaenidae			
<i>Stellifer</i> spp.	6,41	M, P, R	PF
<i>Menticirrhus</i> spp.	2,46	M	PF
<i>Bairdiella ronchus</i> (Cuvier, 1830)	333,82	M, P, R	PF, FL

<i>Pareques</i> spp.	2,50	R	PF
Não identificadas	13,35	M, P, R	PF
Pomacentridae			
<i>Abudefduf saxatilis</i> (Linnaeus, 1758)	10,58	R	PF
<i>Stegastes</i> spp.	6,41	R	PF
Não identificadas	4,42	R	PF
Scaridae			
<i>Sparisoma</i> spp.	2,30	R	PO
Dactyloscopidae			
<i>Dactyloscopus</i> spp.	13,24	P, R	PF
Labrisomidae			
<i>Malacoctenus delalandi</i> (Valenciennes, 1836)	10,07	R	PO
<i>Labrisomus nuchipinnis</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	2,30	R	PO
Não identificadas	2,31	R	FL
Blenniidae			
<i>Scartella cristata</i> (Linnaeus, 1758)	2,30	R	PO
<i>Lupinoblennius paivai</i> (Pinto, 1958)	45,13	M, P, R	PF, FL, PO
<i>Ophioblennius atlanticus</i> (Valenciennes, 1836)	5,03	P, R	PF
Não identificadas	2,19	R	PF
Eleotridae			
<i>Guavina guavina</i> (Valenciennes, 1837)	11,29	M, P, R	PO
<i>Gobiomorus dormitor</i> Lacepède, 1800	7,77	M	PO
Não identificadas	7,82	M, R	PO
Gobiidae			
<i>Microgobius meeki</i> Evermann & Marsh, 1899	172,50	M, P, R	PF, FL, PO
<i>Ctenogobius</i> spp.	621,59	M, P, R	PO
<i>Gobionellus oceanicus</i> (Pallas, 1770)	53,13	M, P, R	PO
<i>Bathygobius</i> spp.	78,61	M, P, R	PF, PO
Microdesmidae			
<i>Microdesmus bahianus</i> Dawson, 1973	9,90	M, P	PO
Ephippidae			
<i>Chaetodipterus faber</i> (Broussonet, 1782)	5,05	P	PF
Paralichthyidae			
<i>Citharichthys</i> spp.	2,91	P	PF
Achiridae			
<i>Achirus lineatus</i> (Linnaeus, 1758)	250,32	M, P, R	FL, PO

<i>Achirus</i> spp.	953,64	M, P, R	PF, FL, PO
<i>Trinectes microphthalmus</i> Chabanaud, 1928	3,65	M, P	PO
<i>Trinectes</i> spp.	8,72	R	PF
Não identificadas	7,26	P, R	PF
Ostraciidae			
<i>Lactophrys</i> spp.	3,21	P	PF
Tetraodontidae			
<i>Sphoeroides spengleri</i> (Bloch, 1785)	2,13	M	PO
<i>Sphoeroides</i> spp.	78,89	M, P, R	PF, PO

A densidade larval média foi de 15 ± 25 ind.100 m⁻³, diferindo significativamente ao longo do *continuum* manguezal-prado-recife ($F_{(2;432)} = 101,9$, $p < 0,001$) (Figura 2.a). O teste *a posteriori* de Tukey apontou o manguezal como o habitat com maior densidade média de indivíduos (22 ind.100 m⁻³), seguido do prado (11 ind.100 m⁻³) e do recife (10 ind.100 m⁻³). Entre os períodos do dia, a densidade foi mais elevada à noite ($F_{(2;432)} = 12,1$, $p < 0,001$), quando a média foi de 25,69 ind.100 m⁻³, enquanto que no período diurno este valor foi de apenas 3,48 ind.100 m⁻³.

Nos habitats estudados houve uma predominância de larvas de espécies marinhas migrantes, como *Eucinostomus* spp. e *Lile piquitinga*, em seguida, prevaleceram as espécies estuarinas, representadas principalmente por *Atherinella brasiliensis* e *Ctenogobius* spp. As densidades de larvas de espécies estuarinas e marinhas migrantes foram significativamente maiores ($F_{(2;432)} = 17,3$, $p < 0,001$ e $F_{(2;432)} = 3,9$, $p = 0,02$) no manguezal, onde a média foi de 10,74 e 11,19 ind.100 m⁻³, respectivamente (Figura 2.b). A densidade de indivíduos marinho

visitantes foi significativamente maior nos prados e nos recifes ($F_{(2;432)} = 4,1$ $p = 0,01$), onde a densidade média foi de 1,25 e 0,679 ind.100 m⁻³, respectivamente.

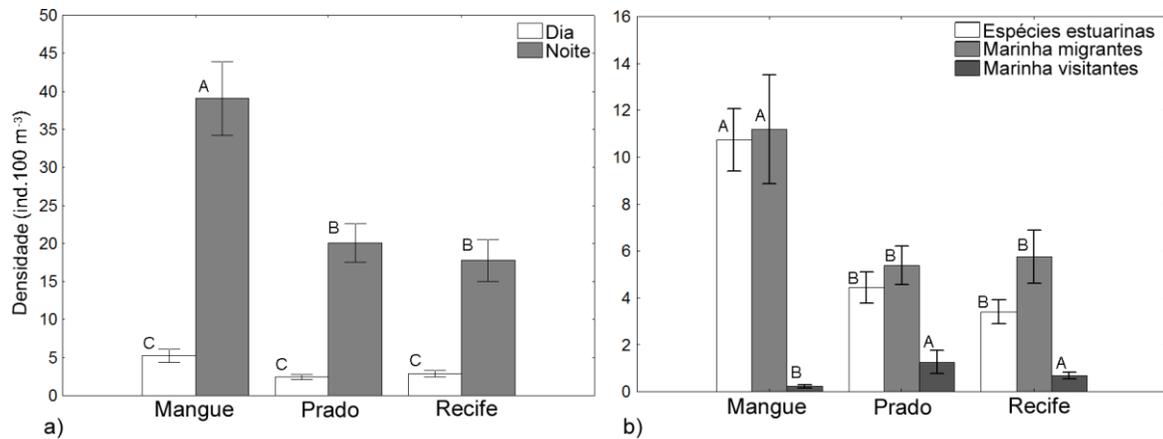


Figura 2. Densidade de larvas de peixes por período (a) e nas diferentes categorias do modo de ocupação dos estuários (b) nos três habitats estudados em Rio Formoso (PE). Os resultados estão expressos em média \pm desvio padrão. Letras diferentes indicam, em ordem decrescente, diferenças significativas entre habitats determinadas pela análise *a posteriori* (Tukey).

Ocorreram larvas nos três estágios de desenvolvimento, sendo aquelas em pré-flexão responsáveis por quase metade (48%) do total coletado. As larvas em pré-flexão apresentaram maior densidade no manguezal ($p < 0,001$), com densidade média de 11,36 ind.100 m⁻³. O estágio de flexão foi equivalentemente abundante entre os habitats ($p = 0,08$), apresentando maior média de 3,02 ind.100 m⁻³ no prado. Larvas em pós-flexão apresentaram densidade mais elevada no manguezal ($p < 0,001$) onde a média foi de 8,09 ind.100 m⁻³.

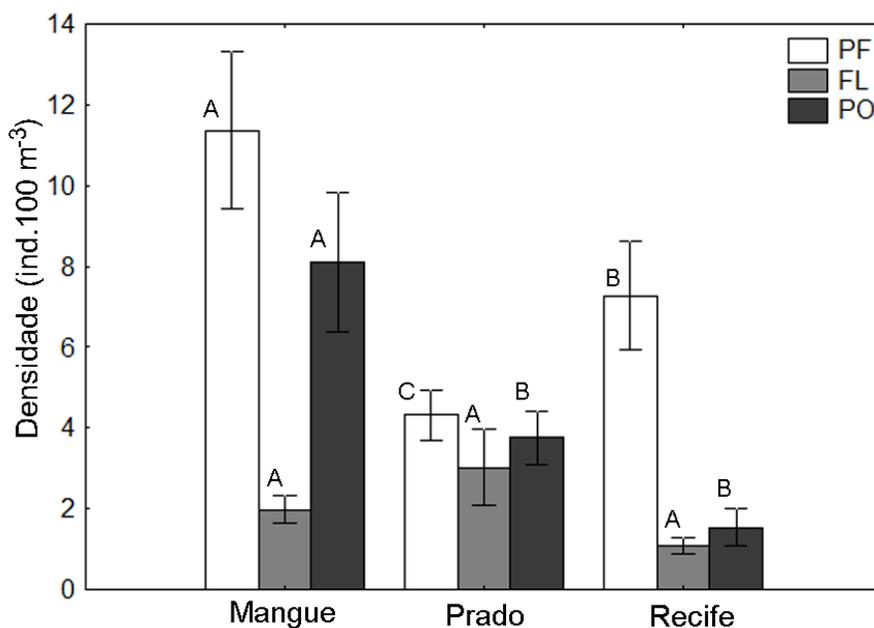


Figura 3. Densidade de larvas de peixes nos estágios de pré-flexão (PF), flexão (FL) e pós-flexão (PO), nos três habitats estudados em Rio Formoso (PE). Os resultados são expressos em média±desvio padrão. Letras diferentes indicam, em ordem decrescente, diferenças significativas entre habitats determinadas pela análise *a posteriori* (Tukey)

Os índices de diversidade e de equitabilidade não diferiram significativamente entre os habitats ($F_{(2;72)}=2,4$, $p = 0,08$ e $F_{(2;72)}=1,9$, $p = 0,14$, respectivamente). Contudo, comparando-se os períodos do dia, a diversidade de larvas foi mais elevada à noite ($F_{(2;72)}=42,8$, $p < 0,001$), enquanto a equitabilidade foi maior durante o dia ($F_{(2;72)}=23,2$, $p < 0,001$) (Figura 4).

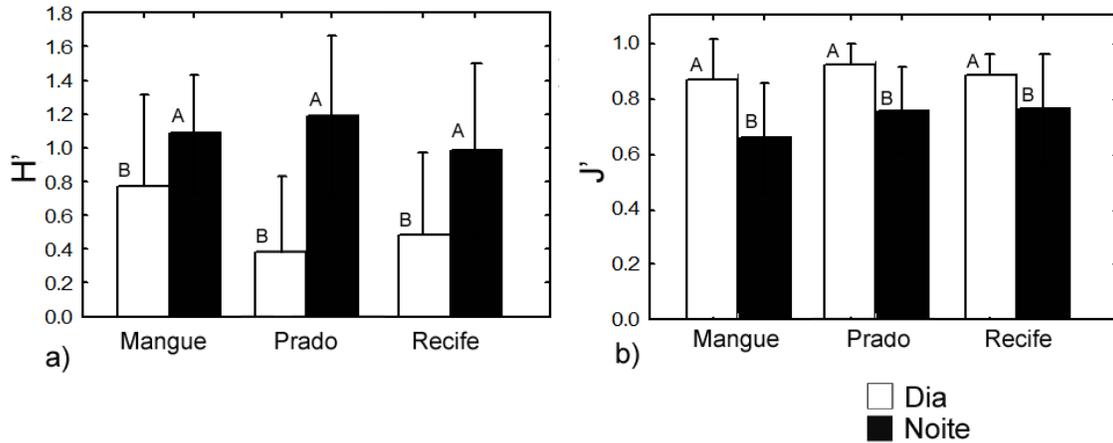


Figura 4. Valores dos índices de diversidade de Shannon-Wiener – H' (a) e equitabilidade de Pielou – J' (b) da assembleia de larvas de peixes (média±desvio padrão) em um continuum manguezal-prado-recife em Rio Formoso (PE). Letras diferentes indicam, em ordem decrescente, diferenças significativas entre habitats ou períodos determinadas pela análise *a posteriori* (Tukey, $p < 0,01$)

As assembleias de larvas de peixes variaram significativamente entre os habitats. As assembleias do recife e do prado apresentaram-se em sobreposição (R Global = 0,327, $p < 0,01$), enquanto no manguezal a estrutura da comunidade foi diferenciada (Figura 5). As espécies de Engraulidae, *Atherinella brasiliensis*, *Achirus* e *Ctenogobius* foram determinantes para a estruturação das assembleias em seus habitats (Tabela 2).

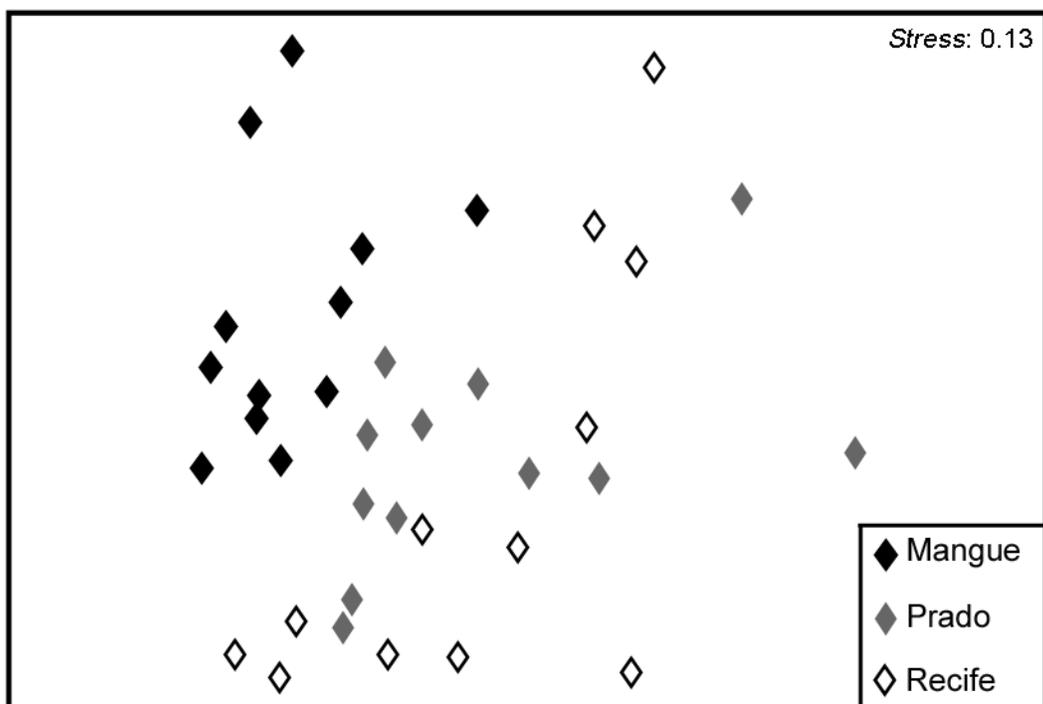


Figura 5. Ordenação nMDS das assembleias de larvas de peixes coletadas em um *continuum* manguezal-prado-recife na zona costeira adjacente ao estuário do Rio Formoso (PE).

Tabela 2. Análise do percentual de similaridade (SIMPER) das assembleias de peixes nos habitats individuais para determinar os grupos, em termos de densidade, que mais contribuiram para a similaridade nos habitats estudados em Rio Formoso (PE). Contribuição percentual da similaridade (CS).

Manguezal		Prado		Recife	
Espécies	CS (%)	Espécies	CS (%)	Espécies	CS (%)
<i>Atherinella brasiliensis</i>	33,80	<i>Achirus</i> spp.	24,77	Engraulidae spp.	31,88
Engraulidae spp.	17,32	<i>Ctenogobius</i> spp.	21,89	<i>Achirus</i> spp.	30,40
<i>Achirus</i> spp.	12,17	Engraulidae spp.	18,83	<i>Microgobius meeki</i>	8,32
<i>Lile piquitinga</i>	10,88	<i>Lile piquitinga</i>	7,70	<i>Eucinostomus</i> spp.	7,51
<i>Ctenogobius</i> spp.	7,93	<i>Bairdiella ronchus</i>	7,13	<i>Sphoeroides</i> spp.	4,79
<i>Eucinostomus</i> spp.	5,95	<i>Eucinostomus</i> spp.	6,58	<i>Bairdiella ronchus</i>	4,70

Entre as espécies mais abundantes, *Atherinella brasiliensis*, *Microgobius meeki*, *Achirus* spp., *Lile piquitinga* e *Archosargus rhomboidalis* tiveram variações ontogênicas estatisticamente significantes entre os habitats (Tabela 3).

Tabela 3. Resultado da ANOVA sobre a variação da densidade por habitat dos estágios larvais das espécies mais abundantes coletadas em um *continuum* manguezal-prado-recife na zona costeira adjacente ao estuário do Rio Formoso (PE).

	Pré-flexão		Flexão		Pós-flexão	
	F	p	F	p	F	p
<i>Atherinella brasiliensis</i>	71,81	<0,001	30,63	<0,001	-	-
<i>Bairdiella ronchus</i>	3,24	0,04	-	-	-	-
<i>Microgobius meeki</i>	4,99	0,007	-	-	-	-
<i>Achirus</i> spp.	4,23	0,01	3,24	0,03	9,41	<0,001
<i>Lile piquitinga</i>	-	-	8,15	<0,001	20,58	<0,001
<i>Eucinostomus</i> spp.	-	-	-	-	1,68	0,18
<i>Archosargus rhomboidalis</i>	-	-	3,71	0,02	-	-

Houve também uma diferença significativa no modo como os estágios larvais de algumas espécies estuarinas ocuparam os habitats (Figura 6). O padrão exibido por *Atherinella brasiliensis* demonstrou preferência pelo manguezal durante as fases de pré-flexão e flexão. Por outro lado, as larvas recém eclodidas (pré-flexão) de *Bairdiella ronchus* e *Microgobius meeki* foram mais abundantes no recife e no prado. A maior segregação espacial foi observada em espécies do gênero *Achirus*. Durante o estágio de pré-flexão, a espécie ocorreu predominantemente no recife, passando para o prado durante a flexão e chegando ao manguezal ao atingir o estágio de pós-flexão (Figura 6).

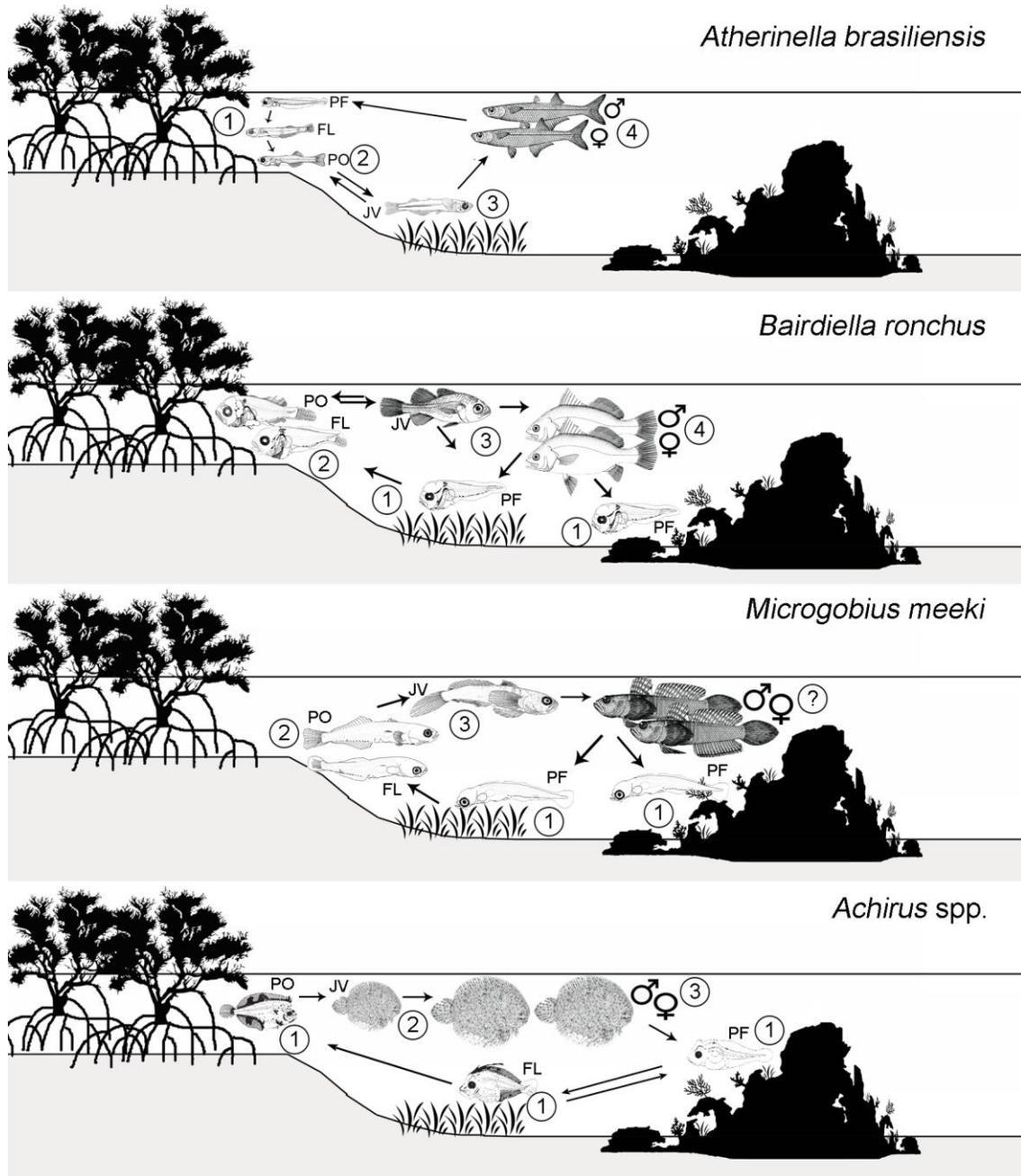


Figura 6. Padrões de movimentação entre habitats durante o ciclo de vida das espécies estuarinas coletadas em um *continuum* manguezal-prado-recife na zona costeira adjacente ao estuário do Rio Formoso (PE). (a) *Atherinella brasiliensis*: 1- presente estudo, 2- Silva-Falcão (2007), 3- Vendel e Chaves (2006) e Spach *et al.* (2006), 3- Fávares *et al.* (2003); (b) *Bairdiella ronchus*: 1- presente estudo, 2- Itagaki *et al.* (2007), 3- Reis-Filho *et al.* (2010), 4- Chaves e Bouchereau, 2000; (c)

Microgobius meeki: 1- presente estudo, 2- Coser *et al.* (2007), 3- Reis-Filho *et al.* (2010), ?- Dados não disponíveis. (d) *Achirus* spp.: 1- presente estudo, 2- Allen e Baltz (1997), 3- Oliveira e Fávoro (2010). Figuras dos peixes retiradas de Fahay (1983).

As variações nas densidades de estágios larvais das espécies marinhas migrantes possibilitaram identificar padrões distintos entre elas (Figura 7). Por outro lado, a baixa ocorrência de estágios mais iniciais (pré-flexão) foi um resultado comum para este grupo. Durante a flexão, as larvas de *Lile piquitinga* foram mais abundantes no prado, passando então a habitar o manguezal durante a fase de pós-flexão. Não houve segregação entre os estágios de *Eucinostomus* spp. e o estágio mais avançado de pós-flexão predominou em todos os habitats. No prado houve maior densidade de larvas de *Archosargus rhomboidalis*. A espécie foi coletada principalmente durante o estágio de flexão neste habitat.

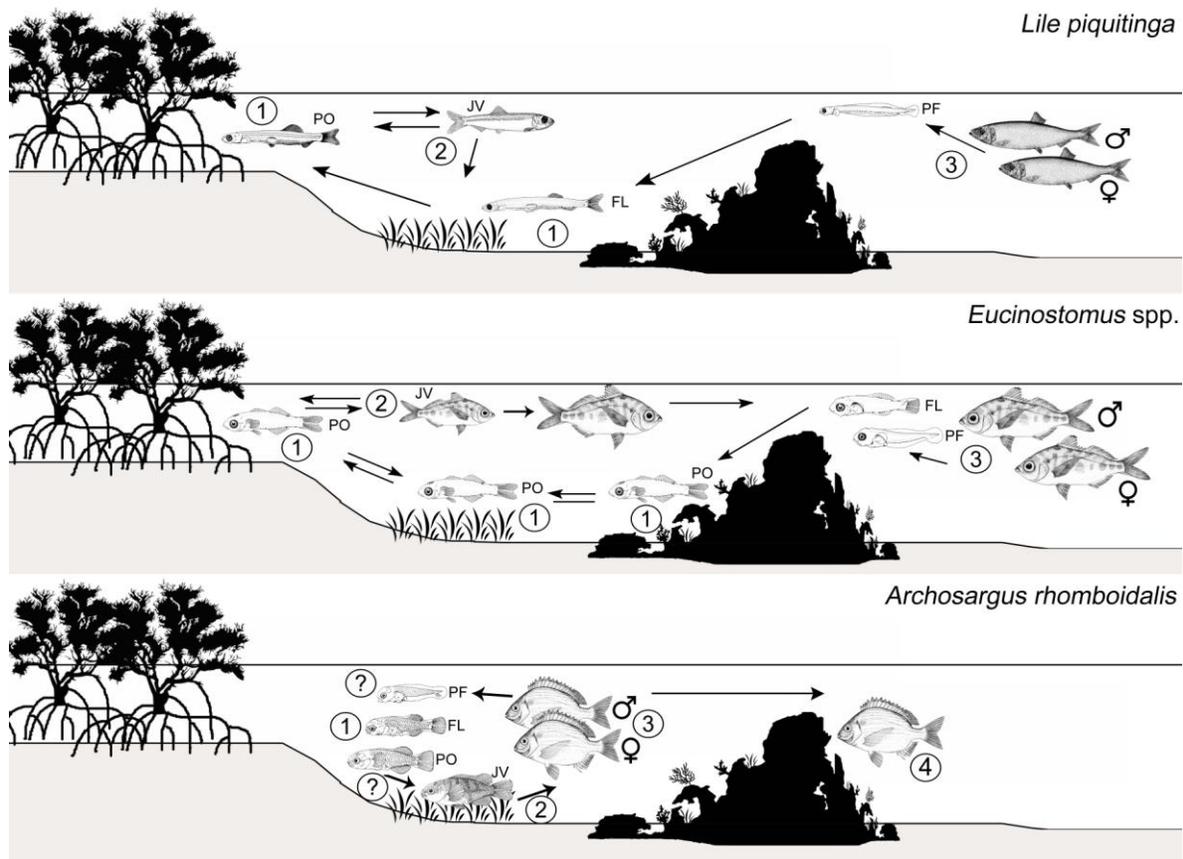


Figura 7. Padrões de movimentação entre habitats durante o ciclo de vida das espécies marinhas migrantes em um *continuum* manguezal-prado-recife na zona costeira adjacente ao estuário do Rio Formoso (PE). (a) *Lile piquitinga*: 1-presente estudo, 2- Reis-Filho *et al* (2010). (b) *Eucinostomus spp.*: 1- presente estudo, 2- Thayer *et al.* (1987), 3- Chaves e Otto (1999). (c) *Archosargus rhomboidalis*: ?- Dados não disponíveis, 1- presente estudo, 2- Nagelkerken *et al* (2000), 3- Chavance *et al.* (1986), 4- Floeter e Gasparini (2000). Figuras dos peixes retiradas de Fahay (1983).

Discussão

Os resultados indicam que os habitats estudados são utilizados em fases larvais pelágicas distintas por muitas espécies de peixes com diferentes tipos de associação com estes ambientes. Contudo, apenas um pequeno grupo de espécies, formado por peixes das famílias Atherinopsidae, Engraulidae, e Clupeidae, somou mais da metade do total capturado. A dominância destas duas últimas famílias é um padrão comum observado nas investigações de larvas de peixes em regiões costeiras adjacentes a estuários (Rooker *et al.*, 1996; Mafalda Junior *et al.*, 2006) e recifes de coral (Sponaugle *et al.*, 2003). As espécies destas famílias são pelágicas e apresentam elevada fecundidade (Blaber, 2007), além de produção larval em vários meses do ano (Sponaugle *et al.*, 2003), resultando em elevada abundância em ambientes costeiros.

A assembleia foi composta por diversos táxons característicos de áreas estuarinas e similares àquelas registradas em outros estuários tropicais brasileiros. Nas baías de Todos os Santos e de Camamu (Bahia) todos os táxons identificados em nível de família (Katsuragawa *et al.*, 2011) são comuns aos registrados na zona estuarina do Rio Formoso. Na Baía de Vitória (Espírito Santo), das 25 famílias identificadas (Joyeux *et al.*, 2004), Cynoglossidae, Elopidae, Ophichthidae, Scorpaenidae e Triglidae não foram registradas no presente levantamento, sendo as espécies destas famílias tipicamente marinhas e pouco abundantes nas amostragens de larvas em estuários. A presença de recifes mais afastados do estuário, que não foram aqui amostrados, pode sugerir a retenção de larvas destas famílias (Reyier e Shenker, 2007). Por outro lado, no presente

estudo a coleta realizada em áreas de prado e recife localizados na boca do estuário, resultou na ocorrência de famílias raras em estuários e tipicamente recifais, a exemplo de Scaridae, Pomacentridae, Antenariidae, Ostraciidae e Dactyloscopidae.

Em áreas estuarinas tropicais, as maiores densidades larvais costumam ocorrer nas regiões a montante, diminuindo à medida que se aproxima da região inferior ou boca do estuário (Barletta-Bergan *et al.*, 2002). Esta elevada densidade está particularmente associada à retenção larval de espécies estuarinas, que é resultado de fatores físicos do ecossistema somados ao comportamento ativo da larva (Boehlert e Mundy, 1988). No presente estudo, a maior densidade foi registrada no manguezal, diferindo significativamente do prado e recife.

Embora exista uma vasta literatura sobre as variações na densidade de peixes entre habitats de mangue, prado e recife (Nagelkerken *et al.*, 2002; Chittaro *et al.*, 2005; Dorenbosch *et al.*, 2006), as informações são relativas a indivíduos jovens ou adultos. Além disso, as comparações com trabalhos realizados isoladamente em prado ou recife são dificultadas pela utilização de diferentes métodos de coleta, como armadilhas luminosas e redes estacionárias (*e.g.* Sponaugle *et al.*, 2003; Ruso e Bayle-Sempere, 2006).

A predominância de espécies marinhas migrantes coincide com o padrão observado na ictiofauna jovem em um levantamento realizado na mesma região (Paiva *et al.*, 2009). O elevado número de larvas desta categoria em regiões estuarinas também foi registrado em estudos realizados na África do Sul (Harris *et al.*, 2001) e no Norte do Brasil (Barletta-Bergan *et al.*, 2002). Este resultado aponta

para a existência de movimento da ictiofauna entre habitats costeiros ainda na fase larval, com conseqüente conectividade ecológica (Nagelkerken *et al.*, 2002). A migração para berçários costeiros é bem documentada para espécies de Lutjanidae, Mullidae e Scaridae (Nagelkerken *et al.*, 2002; Unsworth *et al.*, 2009), que geralmente buscam os habitats estuarinos ao atingirem a fase jovem (Pereira *et al.*, 2010). Por isso, as larvas destas famílias foram raras no presente estudo, sendo mais comuns outras espécies marinhas migrantes, como *Lile piquitinga* e *Archosargus rhomboidalis*.

As espécies classificadas como estuarinas correspondem àquelas capazes de completar todo seu ciclo de vida do estuário (Elliot *et al.*, 2007). A maior densidade deste grupo no manguezal, assim como das marinhas migrantes, evidencia que existe a busca por um ambiente raso, abrigado e com elevada complexidade estrutural. Entre as hipóteses que tentam elucidar os fatores que determinam essa busca, destaca-se a redução da taxa de predação, a maior oferta de alimentos e a disponibilidade de abrigo (Blaber, 2007; Nagelkerken *et al.*, 2008).

Independentemente do estágio larval, os indivíduos são capazes de atingir os habitats necessários ao seu desenvolvimento, mesmo durante a fase de pré-flexão (Boehlert e Mundy, 1988; Leis, 2006). Mecanismos de retenção ou exportação, através de movimentação ativa e do transporte pelas correntes marinhas, garantem a chegada das larvas ao habitat de assentamento. Contudo, deve haver uma sincronia entre o tempo gasto no transporte para este habitat e o período de duração da fase pelágica (Van der Veer e Leggett, 2005). Por isso, a

ocorrência de elevada densidade de larvas, em estágios avançados de desenvolvimento, em um determinado ambiente, pode indicar sua utilização com berçário ou habitat de transição.

Entre os habitats, a densidade dos diferentes estágios de desenvolvimento variou significativamente. O padrão geral observado demonstra que, independente do estágio de vida, as densidades das larvas predominam nos manguezais, sugerindo tratar-se de um ambiente potencial para o assentamento das larvas em pós-flexão, que ocorreram em elevada abundância. Por outro lado, existem espécies que possivelmente utilizam esse habitat como área de produção larval, dada a elevada densidade de indivíduos em fases mais iniciais. A predominância de larvas em pré-flexão na assembleia de peixes, como observada neste estudo, corrobora com outras investigações realizadas em estuários no Brasil (Barletta-Bergan *et al.*, 2002; Coser *et al.*, 2007), que associaram este padrão à atividade reprodutiva de espécies residentes no estuário.

Em escala regional, a estrutura da comunidade em áreas de manguezal é influenciada principalmente pela diversidade, estrutura e hidrologia do habitat (Blaber, 2007). Além destes fatores, a proximidade com recifes e prados influencia diretamente na composição das assembleias de jovens e adultos (Nagelkerken *et al.*, 2002). Para as larvas de peixes, diferenças nos índices de diversidade e equitabilidade entre os habitats não foram observadas. Em estuários tropicais, as variações nos índices ecológicos estão geralmente ligadas aos pulsos sazonais das condições ambientais associadas ao ritmo endógeno das espécies (Joyeux *et al.*, 2004). Espacialmente, estes índices apresentam gradientes mais marcantes

entre áreas oceânicas e estuarinas, sendo as primeiras aquelas com maior diversidade (Harris *et al.*, 2001).

A sobreposição entre as assembleias de larvas de peixes de diferentes habitats costuma ser decorrente do padrão de desova em áreas mais externas ou fora dos estuários, com conseqüente retorno para áreas internas (Able *et al.*, 2010). Embora as espécies determinantes das assembleias dos habitats tenham sido comuns no *continuum* manguezal-prado-recife, diferenças nas densidades e na composição geral resultaram na formação de três assembleias distintas.

No manguezal houve dominância de *Atherinella brasiliensis*, que é uma espécie essencialmente estuarina (Spach *et al.*, 2004), enquanto no prado dominaram as larvas de *Achirus* spp., que são costeiras (Oliveira e Fávoro, 2010). No recife Engraulidae foi predominante, constituindo uma família que, além de ser uma das mais especiosas na região (Paiva *et al.*, 2009), suas espécies geralmente desovam em águas marinhas, resultando em uma abundância de larvas em águas costeiras (Able *et al.*, 2010). Larvas de peixes com ovos pelágicos, como Engraulidae e Achiridae, tendem a apresentar uma maior abundância em áreas mais profundas. Por outro lado, peixes que apresentam desova demersal, como aqueles pertencentes a Atherinopsidae, utilizam áreas rasas (Reyier e Shenker, 2007).

As informações obtidas na presente pesquisa permitiram compreender uma parte até então desconhecida do ciclo de vida de várias espécies de peixes, e relacionar suas fases de desenvolvimento larval com os diferentes ecossistemas costeiros. Esta análise foi possível principalmente pelo fato de ter ocorrido

diferenças na densidade entre os habitats dos estágios larvais das espécies estuarinas mais abundantes, indicando que as mesmas se movimentam ao longo do seu desenvolvimento larval.

A partir do padrão observado na distribuição dos estágios larvais de *Atherinella brasiliensis*, constatou-se que ela apresenta uma forte associação com o habitat de manguezal nas primeiras fases, logo após a eclosão. Este resultado suporta a ideia de que estes peixes utilizam áreas rasas estuarinas adjacentes aos manguezais para reprodução e desova (Fávaro *et al.*, 2003). Ao atingir a fase jovem e adulta, a espécie também ocupa os demais ambientes estuarinos, como planícies de marés e praias estuarinas (Vendel e Chaves 2006; Spach *et al.*, 2006; Paiva *et al.*, 2009). Uma vez que se alimenta principalmente de plâncton em todas as fases do ciclo de vida (Rocha *et al.*, 2008; Contente *et al.*, 2011), esta espécie utiliza as áreas estuarinas rasas como áreas de criação, por serem mais produtivas.

Em estudos similares realizados em estuários tropicais, *A. brasiliensis* é pouco frequente nas amostras, apresentando densidades médias inferiores a 0,5 ind.100 m⁻³ (Joyeux *et al.*, 2004; Coser *et al.*, 2007), enquanto na presente investigação a média foi de 2.72 ind.100 m⁻³. Considerando apenas o manguezal, este valor sobe para 8 ind.100 m⁻³. Uma das possíveis causas da menor densidade registrada nesses estudos consiste no fato das coletas terem sido realizadas em canais principais dos estuários que são mais profundos e afastados do mangue. A presença de áreas de manguezal parece ser fundamental para *A. brasiliensis* uma vez que neste habitat sua densidade foi mais elevada. Este

padrão sugere que a perda deste habitat, a partir da supressão da vegetação e de canais de maré, pode resultar no declínio do recrutamento desta espécie em ambientes estuarinos.

Nas fases mais iniciais, *B. ronchus* foi significativamente predominante nos habitats de prado e recife. Entretanto, esta espécie é considerada estuarina (Vasconcelos-Filho e Oliveira, 1999) e apresenta atividade de desova em áreas de manguezal (Chaves e Bouchereau, 2000). Em Cananéia, sudeste do Brasil, Itagaki *et al.* (2007) obtiveram larvas em flexão e pós-flexão, além de jovens, em canais intertidais estuarinos, onde foram coletadas manualmente com puçás. Esses autores associaram a abundância de larvas e jovens a um provável uso de canais e raízes de mangue como berçário e refúgio. Essa constatação explica o fato de terem sido coletadas apenas duas larvas em flexão no complexo estuarino do Rio Formoso e nenhuma em pós-flexão (através dos arrastos de rede de plâncton). Um padrão semelhante na densidade de larvas em pré-flexão foi observado para *Microgobius meeki*, considerada uma espécie estuarina, com predomínio também nos prado e recife, e (Reis-Filho *et al.*, 2010). A grande quantidade de larvas iniciais encontradas em Rio Formoso e em outros estuários tropicais (Barletta-Bergan *et al.*, 2002; Coser *et al.*, 2007) indica que esta espécie deve desovar em áreas estuarinas. Informações sobre sua atividade reprodutiva ainda não foram publicadas.

Comparando-se as espécies estudadas, a maior segregação espacial dos estágios de desenvolvimento foi registrada nas larvas de *Achirus*. Os estágios de pré-flexão, flexão e pós-flexão desses peixes foram distintamente predominantes

no recife, no prado e no manguezal, respectivamente. O padrão de distribuição longitudinal desses estágios sugere que o mecanismo de dispersão das larvas ocorre a partir da foz do estuário, próximo ao recife, de onde as larvas realizam migrações verticais sincronizadas com a maré. Este comportamento resulta em um transporte rio acima (Epifanio, 1988). Desta forma, os indivíduos pré-assentantes atingem as áreas de manguezal, onde habitam enquanto jovens (Allen e Baltz, 1997). As espécies deste gênero que ocorrem na área, *A. declivis* e *A. lineatus*, são encontradas principalmente em planícies de maré da zona estuarina superior (Paiva *et al.*, 2009), tendo sido registrada mais recentemente no prado (Pereira *et al.*, 2010).

As larvas e pós-larvas de espécies marinhas migrantes, além de ocuparem diferentes ecossistemas, também realizam migrações verticais sincronizadas com as marés para atingir os berçários costeiros (Boehlert e Mundy, 1988). Os indivíduos atingem as zonas estuarinas em estágios de desenvolvimento mais avançados, em geral, em flexão e pós-flexão (Elliot *et al.*, 2007).

Todas as espécies analisadas e consideradas marinhas migrantes apresentaram uma baixa ocorrência de larvas em pré-flexão, indicando que neste estágio devem se desenvolver ainda em áreas externas ao estuário. Este número reduzido também pode indicar que a espécie realiza a desova nestas áreas externas, como acontece com *Lile piquitinga*. Embora seja classificada como uma espécie estuarina (Reis-Filho *et al.*, 2010), não há dados que confirmem a sua atividade reprodutiva no estuário. Uma vez que poucas larvas em pré-flexão desta espécie foram coletadas no presente estudo, apenas seis, acredita-se que ela

apresente o mesmo padrão dos demais clupeídeos de regiões tropicais: desova e eclosão em ambiente marinho (Blaber, 1997). Este comportamento reprodutivo também ocorre em *Eucinostomus* spp. (Chaves e Otto, 1999). No estuário do Rio Formoso houve o predomínio destes peixes no estágio de pós-flexão para os três habitats amostrados. Os jovens desta família também são abundantes em vários habitats costeiros (Thayer *et al.*, 1987) e, por isso, apresentam características de espécie habitat-generalista (Adams *et al.*, 2006).

Estudos pretéritos indicam que *Archosargus rhomboidalis* desova em águas estuarinas, principalmente em prados de fanerógamas, onde as larvas eclodem (Chavance *et al.*, 1986). Na zona estuarina do Rio Formoso esta espécie parece depender fortemente deste habitat durante a fase larval. Embora não tenham sido coletados espécimes em pré-flexão, acredita-se que larvas neste estágio também se refugiam nos prados, utilizando-o como possível zona transicional (Ruso e Bayle-Sempere, 2006), até atingir a fase jovem, quando passa a ocorrer também em manguezais (Rooker e Dennis, 1991; Nagelkerken *et al.*, 2000). Uma das consequências da destruição e fragmentação dos prados é a interrupção de importantes rotas de migração, reduzindo a movimentação em direção aos manguezais (Reyier e Shenker, 2007).

A partir dos resultados do presente estudo, conclui-se que várias espécies que utilizam a zona estuarina do Rio Formoso, em fases iniciais do ciclo de vida, apresentam segregação espacial, sendo que algumas possuem maior especificidade quanto ao habitat. A movimentação de larvas em diferentes estágios entre os habitats evidencia a conectividade existente entre eles, sendo a

manutenção da integridade deste mosaico de ecossistemas fundamental para a manutenção da biodiversidade da região.

Referências Bibliográficas

Able, W. K. A re-examination of fish estuarine dependence: Evidence for connectivity between estuarine and ocean habitats. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 64: 5-17. 2005.

Able, K. W.; Fahay, M. P. The first year in the life of Estuarine fishes in the Middle Atlantic Bight. New Jersey: Rutgers University Press, 342p. 1998.

Able, W. K.; D. Wilber; Muzeni-Corino, A.; Clarke, D. Spring and Summer Larval Fish Assemblages in the Surf Zone and Nearshore off Northern New Jersey, USA. *Estuaries and Coasts* 33(1): 211-222. 2010

Adams, J. A.; Dahlgren, P. C.; Kellison, T. G.; Kendall, M. S.; Layman, C. A.; Ley, J. A.; Nagelkerken, I.; Serafy, J. E. Nursery function of tropical back-reef systems. *Marine Ecology Progress Series* 318: 287-301. 2006.

Ahlstrom Symposium. (1983). Ontogeny and systematics of fishes. Sponsored by the National Marine Fisheries Service, National Oceanic and Atmospheric Administration and United States Department of Commerce. Special Publication Number I. American Society of Ichthyologists and Herpetologists.

Allen, R. L.; Baltz, D. M. Distribution and microhabitat use by flatfishes in a Louisiana estuary. *Environmental Biology of Fishes* 50: 85-103. 1997.

Araújo, M. C. B.; Costa, M. F. The significance of solid wastes with land-based sources for a tourist beach: Pernambuco, Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Science* 1(1):28-34. 2006.

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* 54: 193–206. 2002.

Blaber, S. J. M. (1997) Fish and Fisheries of Tropical Estuaries. Chapman e Hall, London.

Blaber, S. J. M. Mangroves and fishes: issues of diversity, dependence, and dogma. Bulletin of Marine Science 80(3): 457-472. 2007.

Boehlert G. W.; Mundy B. C. Roles of behavioral and physical factors in larval and juvenile fish recruitment to estuarine nursery areas. American Fisheries Society Symposium 3: 51-67. 1988.

Camargo, J. M. R.; Araújo, T. C. M.; Maida, M.; Ushizima, T. M. Morfologia da plataforma continental interna adjacente ao município de Tamandaré, sul de Pernambuco – Brasil. Revista Brasileira de Geofísica 25(1): 79-89. 2007.

Chavance, P. A.; Yáñez-Arancibia, D.; Flores-Hernández, A.; Lara-Domínguez L.; Amezcua-Linares F. (1986) Ecology, biology and population dynamics of *Archosargus rhomboidalis* (Pisces: Sparidae) in a tropical coastal lagoon system, southern Gulf of Mexico. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología 13(2): 11-30.

Chaves, P. T., Bouchereau, J. L. (2000) Use of mangrove habitat for reproductive activity by the fish assemblage in the Guaratuba Bay, Brazil. Oceanologica Acta 23: 273 – 280.

ChaveS, P.T.C., Otto, G. (1999) The mangrove as a temporary habitat for fish: the *Eucinostomus* species at Guaratuba Bay, Brazil (25°52'S; 48°39'W). Brazilian Archives of Biology and Technology 42(1): 61-68.

Chittaro, P. M.; Usseglio, P.; Sale, P. F. Variation in fish density, assemblage composition and relative rates of predation among mangrove, seagrass and coral reef habitats. Environmental Biology of Fishes. v.72, p.175 187. 2005.Chittaro *et al.*, 2005

Clarke, K.R., Warwick, R.M. (1994). Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth, United Kingdom: Natural Environmental Research Council, Plymouth Marine Laboratory.

Coelho, C. F., Araújo, M. E. (2011) Divulgação de pesquisas científicas como ferramenta para sensibilização de turistas: o caso da Praia dos Carneiros, Pernambuco, Brasil. Revista da Gestão Costeira Integrada 11: 247-255.

Contente, R. F., Stefanoni, M. F., Spach, H. L. (2011) Feeding ecology of the Brazilian silverside *Atherinella brasiliensis* (Atherinopsidae) in a sub-tropical estuarine ecosystem. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 91: 1197-1205

Coser, L. M., Pereira, B. B., Joyeux, J. C. (2007) Descrição da comunidade ictioplanctônica e sua distribuição no estuário dos rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim, ES, Brasil. Interciencia, 32(4): 233-241

Dingerkus, G., Uhler, D. (1977) Enzyme clearing of alcian blue stained small vertebrates for demonstration of cartilage. Stain Technology 52(4): 229-232

Dorenbosch, M., Grol, M. G. G., Nagelkerken, I., Van der Velde, G. (2006) Different surrounding landscapes may result in different fish assemblages in East African seagrass beds. Hydrobiologia 563:45–60

Elliott, M., Whitfield, A. K., Potter, I. C., Blaber, S. J. M., Cyrus, D. P., Nordlie, F. G., Harrison, T. D. (2007) The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: a global review. Fish and Fisheries 8: 241-268.

Fahay, M. P. (1983). Guide to the early stages of marine fishes occurring in the western North Atlantic Ocean, Cape Hatteras to the southern Scotian Shelf. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science 4: 1 – 423.

Fávaro, L. F., Lopes, S. C. G., Spach, H. L. (2003) Reprodução do peixe-rei, *Atherinella brasiliensis* (Quoy e Gaimard) (Atheriniformes, Atherinidae), em uma

planície de maré adjacente à Gamboa do Baguaçu, Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 20(3): 501-506

Floeter, S. R., Gasparini, J. L. (2000) The southwestern Atlantic reef fish fauna: composition e zoogeographic patterns. *Journal of Fish Biology* 56: 1099–1114

Gotelli, N.J., Ellison, A. M. (2004) *A Primer of Ecological Statistics*. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, MA.

Harris, S. A., Cyrus, D. P., Beckley, L. E. (2001) Horizontal Trends in Larval Fish Diversity and Abundance Along an Ocean-Estuarine Gradient on the Northern KwaZulu-Natal Coast, South Africa. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 53: 221–235.

Holmes, T. H., McCormick, M. I. (2010) Smell, learn and live: The role of chemical alarm cues in predator learning during early life history in a marine fish. *Behavioural Processes* 83: 299–305

Itagaki, M. K., Ohkawara M. H., Dias, J. F., Katsuragawa, M. Description of larvae and juveniles of *Bairdiella ronchus* (Sciaenidae: Teleostei) in southeastern Brazil. *Scientia Marina*, v. 71, p. 249-257, 2007.

Joyeux, J. C., Pereira, B. B., Almeida, H. G. (2004) The flood-tide ichthyoplanktonic community at the entrance into a brazilian tropical estuary. *Journal of Plankton Research*, 26(11): 1277-1287

Katsuragawa, M.; Zani-Teixeira, M. L.; Goçalo, C. G.; Ohkawara, M. H.; Itagaki, M. K. (2011) Ichthyoplankton distribution and abundance in the northern Todos os Santos and Camamu bays, Bahia State – Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 59(1), pp. 97-109.

Kendall, A. W. JR., Ahlstrom, E. H., Moser, H. G. (1984) Early life history stage of fishes and their characters. In: Moser, H.G. *et al.* (Editors). *Ontogeny and*

systematics of fishes. Special publication 1. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Lawrence: KS, p. 11–22

Krebs, C. J. 1999. Ecological methodology. 2nd ed. Addison Wesley Longman.

Leis, J. M. Are larvae of demersal fishes plankton or nekton? *Advances in Marine Biology*, v. 51, p. 59-141. 2006.

Leis, J. M., Carson-Ewart, B. M., Hay, A. C., Cato, D. H. Coral-reef sounds enable nocturnal navigation by some reef-fish larvae in some places and at some times. *Journal of Fish Biology*, v. 63, p. 724-737. 2003.

Leis, J. M.; Trnski, T. The larvae of Indo-Pacific Shorefishes. Hawaii: University of Hawaii Press. 371p. 1989.

Lira, L.; Zapata, M. C.; Fonseca, V. G. da. (1979) Aspectos da dinâmica do estuário do Rio Formoso, Pernambuco. *Caderno Ômega* 3(1/2): 133-156

Mafalda Junior, P. O., Sinque, C., Muelbert J. H. (2006) Associações de larvas de peixes na costa norte da Bahia, Brasil. *Atlântica* 28(1): 5-11.

Moser, H.G. (1984). Morphological and functional Aspects of Marine Fish Larvae. In: *Marine Fish Larvae. Morphology, Ecology, and Relation to Fisheries*. Reaben Lasker, Editor. Publisher Washington Sea Grant Program. 131p.

Moura, R. L., Francini-Filho, R. B., Chaves, E. M., Minte-Vera, C. V., Lindeman, K. C. (2011) Use of riverine through reef habitat systems by dog snapper (*Lutjanus jocu*) in eastern Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 95: 274 – 278.

Nagelkerken, I, van der Velde, G., Gorissen, M. W., Meijer, G. J., van't Hof, T., and Hartog, C. (2000) Importance of Mangroves, Seagrass Beds and the Shallow Coral Reef as a Nursery for Important Coral Reef Fishes, Using a Visual Census Technique. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 51: 31–44

Nagelkerken, I., Blaber, S. J. M., Bouillon, S., Green, P., Haywood, M., Kirton, L. G., Meynecke, J. O., Pawlik, J., Penrose, H.M., Sasekumar, A., Somerfield, P.J. (2008) The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A review. *Aquatic Botany* 89(2): 155-185

Oliveira, E. C., Fávaro, L. F. (2010) Reproduction of the flatfish *Achirus lineatus* (Pleuronectiformes: Achiridae) in Paranaguá Bay, state of Paraná, a subtropical region of Brazil. *Zoologia* 27(4): 523–532.

Paiva A. C. G., Lima M. F. V., Souza J. R. B., Araújo, M. E. (2009) Spatial distribution of the estuarine ichthyofauna of the Rio Formoso (Pernambuco, Brazil), with emphasis on reef fish. *Zoologia* 26: 266–278.

Pereira P. H. C., Ferreira B. P., Rezende S. M. (2010) Community structure of the ichthyofauna associated with seagrass beds (*Halodule wrightii*) in Formoso River estuary – Pernambuco, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 82: 617–628.

Reis-Filho, J. A., Nunes, J. A. C. C., Ferreira, A. (2010) Estuarine ichthyofauna of the Paraguaçu River, Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil. *Biota Neotropica* 10(4): 301-312

Reyier, E. A., and Shenker, J. M. 2007. Ichthyoplankton community structure in a shallow subtropical estuary of the Florida Atlantic coast. *Bulletin of Marine Science*, 80: 267–293.

Richards, W. J. Early stages of Atlantic fishes: an identification guide for western central North Atlantic. CRC Press, 2581p. 2006.

Rocha, A. A., Silva-Falcão, E. C., Severi, W. (2008) Alimentação das fases iniciais do peixe-rei *Atherinella brasiliensis* (Atherinopsidae) no estuário do Rio Jaguaribe, Itamaracá, PE. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 3(4): 365 - 370

Rooker, J. R.; Dennis, G. D. (1991) Diel, lunar and seasonal changes in a mangrove fish assemblage off southwestern Puerto Rico. *Bulletin of Marine Science* 49(3): 684-698

Rooker, J. R.; Dennis, G. D.; Goulet, D. (1996) Sampling larval fishes with a nightlight lift-net in tropical inshore waters. *Fisheries Research* 26: 1 - 15

Ruso, Y. P., Bayle-Sempere, J. T. (2006) Diel and vertical movements of preflexion fish larvae assemblages associated with *Posidonia oceanica* beds. *Scientia Marina* 70(3): 399 - 406

Sheaves, M. Nature and consequences of biological connectivity in mangrove systems. *Marine Ecology Progress Series*, v. 302, p. 293–305. 2005.

Spach, H. L., Félix, F. C., Hackradt, C. W., Laufer, D. C., Moro, P. S., Cattani, A. P. (2006) Utilização de ambientes rasos por peixes na Baía de Antonina, Paraná. *Biociências* 14(2): 125-13

Spach, H.L., Santos, C., Godefroid, R.S., Nardi, M., Cunha, F. (2004) A study of the fish community structure in a tidal creek. *Brazilian Journal of Biology* 64: 337-351.

Sponaugle, S., Fortuna, J., Grorud, K., Lee, T. (2003) Dynamics of larval fish assemblages over a shallow coral reef in the Florida Keys. *Marine Biology* 143: 175–189

Thayer, G. W., Colby, D. R., Hettler, W. F. (1987) Utilization of the red mangrove prop root habitat by fishes in south Florida. *Marine Ecology Progress Series* 35: 25 – 38.

Unsworth, R. K. F., Garrard, S. L., Salinas De León, P., L Cullen, L. C., Smith, D. J., Sloman, K. A., Bell, J. J. (2009) Structuring of Indo-Pacific fish assemblages along the mangrove–seagrass continuum. *Aquatic Biology* 5: 85 – 95.

Valentine-Rose, L. C., Layman, A., Arrington, D. A., Rypel, A. L. (2007) Habitats fragmentation decreases fish secondary production in Bahamian tidal creeks. *Bulletin of marine science* 80(3): 863 – 877.

Van der Veer, H. W., and Leggett, W. C. (2005) Recruitment. In: *Flatfishes: Biology and exploitation*, pp. 120-137. Edited by R. Gibson. Blackwell Science, Oxford. 391p.

Vasconcelos-Filho, A. L.; Oliveira, A. M. E. (1999). Composição e ecologia da ictiofauna do Canal de Santa Cruz (Itamaracá-PE, Brasil). *Trabalhos Oceanográficos da UFPE* 27(1):101-113.

Vásquez-Yeomans, L. (2000) Seasonal variation of ichthyoplankton in a western Caribbean bay system. *Environmental Biology of Fishes* 58: 379–392

Vendel, A. L., Chaves, P. T. (2006) Use of an estuarine environment (Barra do Saí Lagoon, Brazil) as nursery by fish. *Revista Brasileira de Zoologia* 23(4): 1117 – 1122.

CAPÍTULO III

VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE LARVAS DE *ACHIRUS* (ACTINOPTERYGII, ACHIRIDAE) EM HABITATS DE MANGUEZAL, PRAIA E RECIFE NO NORDESTE DO BRASIL.

Elisabeth Cabral Silva Falcão, William Severi e Maria Elisabeth de Araújo

(Artigo publicado no *Journal of Marine Biological Association*)

Resumo

O gênero *Achirus* engloba espécies de Pleuronectiformes bentônicos, que apresentam aspectos peculiares durante sua fase larval. As larvas além de sofrerem profunda metamorfose podem ter suas atividades alimentar e natatória alterada devido à necessidade de encontrar um ambiente adequado ao assentamento. Sabendo-se da preferência por habitat que as espécies deste grupo apresentam, este estudo teve como principal objetivo avaliar se a abundância dos estágios larvais difere entre os habitats indicando o substrato preferencial para o assentamento das larvas de *Achirus* spp. entre diferentes ambientes na região estuarina do Rio Formoso, Pernambuco. As campanhas foram realizadas entre abril de 2009 a maio de 2010, durante os períodos diurno e noturno, em réplicas nos ambientes de mangue, praia e recife, totalizando 216 amostras. As larvas de *Achirus* spp. foram coletadas através de arrastos horizontais de subsuperfície com rede de plâncton com 500 de malha, durante 10 minutos, seguidos da fixação da amostra em formol 4%. Foi realizada a triagem, identificação, medida do comprimento padrão e determinação do estágio larval, sendo o material etiquetado e preservado em álcool. A densidade foi expressa em org.m⁻³, e submetida à análise de variância quanto aos meses, período do dia e habitat. Os dados de comprimento também foram submetidos à ANOVA para analisar variações entre habitat e períodos do dia. Foram coletadas 204 larvas planctônicas, além de 1 exemplar jovem de *Achirus*, gerando uma densidade média de 2,1 org.100m⁻³ por arrasto. As larvas ocorreram em todos os meses de coleta, exceto em Junho, apresentando um padrão de aumento sequencial na

densidade a partir de Julho chegando ao seu máximo em dezembro com 31,28 org.100m⁻³ ocorrendo posterior declínio. Durante o período noturno as larvas foram significativamente mais abundantes, porém não houve diferença de densidade entre os ambientes. Ocorreram larvas nos estágios pré-vitelino ao de pós-flexão, sendo mais abundante o estágio de pré-flexão, correspondendo a 87% do total. Indivíduos maiores foram capturados à noite, enquanto que entre os ambientes, houve significativa segregação de tamanho que a partir do recife, foi aumentando em direção ao mangue. Os resultados indicam que as larvas de *Achirus* provêm de regiões mais profundas externas ao estuário, onde ocorre a desova, e realizam migração ontogênica em direção às águas rasas do manguezal onde realizam assentamento no habitat berçário.

Palavras-chave: Ecossistemas costeiros; larvas de peixes; Pleuronectiformes

Abstract

The genus *Achirus* includes demersal fish that exhibit a close relationship with the substrate and comprise peculiar aspects during their larval stage. This study aimed to assess whether the abundance of *Achirus* larvae differ among a set of habitats in Rio Formoso estuary, Pernambuco, Brazil. Samplings were undertaken monthly by horizontal hauls with plankton net between April 2009 and March 2010, during day and night periods in the mangrove, beach and reef habitats. Sorting, identification, measurement and larval stage determination were performed. The density and body length were subjected to non-parametric analysis of variance to analyze variation among seasons, habitats and day-night periods. 204 larvae were collected from an average density of 2.1 larvae.100 m⁻³ by towing. Density was higher during night samplings, but there was no difference between habitats. Larvae occurred in yolk-sac to post-flexion stage, being pre-flexion the most abundant one, corresponding to 78%. There was segregation in size; larger larvae were captured at night and in the mangrove. The smallest ones were caught on reef, with increase in length toward mangrove. Temperature and salinity appears to be the most important hydrographic factors affecting the fish larvae. The results indicate that *Achirus* larvae come from deeper regions outside the estuary, where spawning occurs, and perform ontogenetic migration towards the shallow waters of mangrove where they might settle.

Keywords: Coastal habitats, ichthyoplankton; Pleuronectiformes

Introdução

A família Achiridae é composta por espécies de peixes de pequeno tamanho que habitam principalmente as zonas costeiras dos mares tropicais e subtropicais (Munroe, 2002). Como outros representantes de Pleuronectiformes, o grupo é conhecido por apresentar aspectos peculiares de sua história de vida, principalmente durante os primeiros estágios de desenvolvimento, como uma profunda metamorfose larval, em comparação a outros teleósteos, e um movimento do habitat pelágico para o bentônico (Geffen *et al.*, 2007). As larvas planctônicas possuem inicialmente corpo simétrico e lateralmente comprimido, sofrendo posterior migração do olho esquerdo, alteração na posição do intestino e aumento da pigmentação no lado com olhos (Richards, 2006). As larvas de Achiridae também apresentam corpo alto, intestino longo, saliência cefálica bastante peculiar, além de olhos e maxila grandes (Ahlstrom *et al.*, 1984).

Após a completa metamorfose da larva no plâncton, o indivíduo passa para a fase jovem e ocorre o assentamento no habitat berçário (Van der Veer e Leggett, 2005). A mudança para este habitat é influenciada por padrões de comportamento ainda no estágio larval, como as migrações verticais sincronizadas com as marés, que propiciam a retenção ou a exportação para ambientes favoráveis ao desenvolvimento (Bailey *et al.*, 2005). Os atributos do habitat, como tipo de substrato e complexidade estrutural, também influenciam os padrões de distribuição (Moles e Norcross, 1995), assentamento (Walsh *et al.*, 1999) e alimentação (Florin e Lavados, 2010) nas fases iniciais dos Pleuronectiformes.

Adicionalmente, a sobrevivência e dispersão destes organismos podem ser afetadas pelas condições hidrográficas (Yamashita *et al.*, 2001).

O gênero *Achirus* (Lacépède) engloba quatro espécies descritas para a costa brasileira: *A. Achirus* (Linnaeus, 1758), *A. declivis* Chabanaud, 1940, *A. lineatus* (Linnaeus, 1758) (Menezes *et al.*, 2003) e *A. mucuri* Ramos, Ramos e Lopes, 2009 (Ramos *et al.*, 2009). Contudo, apenas *A. lineatus* foi caracterizada quanto ao seu desenvolvimento larval (Richards, 2006), informação valiosa para a identificação e diferenciação dos indivíduos coletados nesta fase. A escassez de trabalhos que descrevam os diferentes estágios larvais dificulta a identificação das larvas de peixes, e gera uma lacuna no conhecimento sobre aspectos ecológicos destas larvas, como sua abundância e distribuição espaço-temporal.

Em diferentes estuários da costa brasileira, larvas de Achiridae fazem parte de uma parcela significativa da comunidade ictioplanctônica (Barletta-Bergan *et al.*, 2002; Bonecker *et al.*, 2007; 2009; Sarpedonti *et al.*, 2008). Contudo, nenhum estudo até a presente data forneceu informações direcionadas à ecologia larval destes indivíduos. Além disso, os levantamentos sobre ictioplâncton em ecossistemas costeiros do Brasil têm sido realizados principalmente em áreas estuarinas com fundo lamoso associado a manguezais (Mafalda Jr *et al.*, 2008), e existe pouca informação sobre as larvas de peixes em ambientes recifais (Nonaka *et al.*, 2000) e de praia (Godefroid *et al.*, 1999).

O objetivo do presente estudo é realizar a primeira descrição dos padrões de distribuição espaço-temporal de larvas de *Achirus* em um sistema costeiro tropical no nordeste do Brasil, incluindo habitats de manguezal, prado e recife. As

principais questões investigadas foram: (1) a densidade larval difere entre habitats?; (2) existe segregação por estágio e tamanho entre os habitats?; e (3) existe correlação entre variações na densidade e nas variáveis abióticas? Este estudo pretende gerar informações que poderão auxiliar na compreensão dos padrões sazonais e diários de densidade destas larvas, assim como da influência das características do habitat na distribuição e assentamento destes organismos.

Materiais e métodos

Área de estudo

O presente estudo foi realizado na região inferior do complexo estuarino do Rio Formoso, o qual é formado pela confluência dos rios Formoso, Passos, Ariquindá e Lemenho. O complexo abrange aproximadamente 27,24 km² e está localizado no município de Rio Formoso, a 92 km de Recife, capital de Pernambuco (nordeste do Brasil). O estuário é dividido em três zonas distintas (superior, média e inferior), e cada uma apresenta características peculiares quanto aos meios bióticos e abióticos (Lira *et al.*, 1979; Silva *et al.*, 2004; Paiva *et al.*, 2009). O nordeste do Brasil apresenta duas estações distintas – uma estação chuvosa de março a agosto e uma estação de estiagem de setembro a fevereiro. A estação chuvosa é seguida por um aumento na produtividade primária, podendo ser caracterizada por condições eutróficas no estuário (Honorato da Silva *et al.*, 2004).

Três habitats distintos foram selecionados para as amostragens de larvas de peixes - manguezal, prado e recife (Figura 1). Localizadas dentro de duas áreas protegidas marinhas (APAs: Costa dos corais e Guadalupe), os habitats amostrados perfazem um trajeto de aproximadamente 6 km. Um total de 185 espécies de peixes foi registrado na APA Costa dos corais (Ferreira e Cava, 2001), incluindo *Achirus lineatus* e *A. declivis* entre os Achiridae (Paiva *et al.*, 2009). O habitat manguezal, composto principalmente por *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia schaueriana* e *A. germinans* (Nascimento-Filho

et al., 2007), está localizado na margem esquerda do estuário, em um pequeno canal conhecido como Maria-Açu. Consiste em um canal de maré margeado pelo manguezal, que fornecem significativa complexidade estrutural através de suas raízes, e com substrato de lama fina, rica em matéria orgânica.

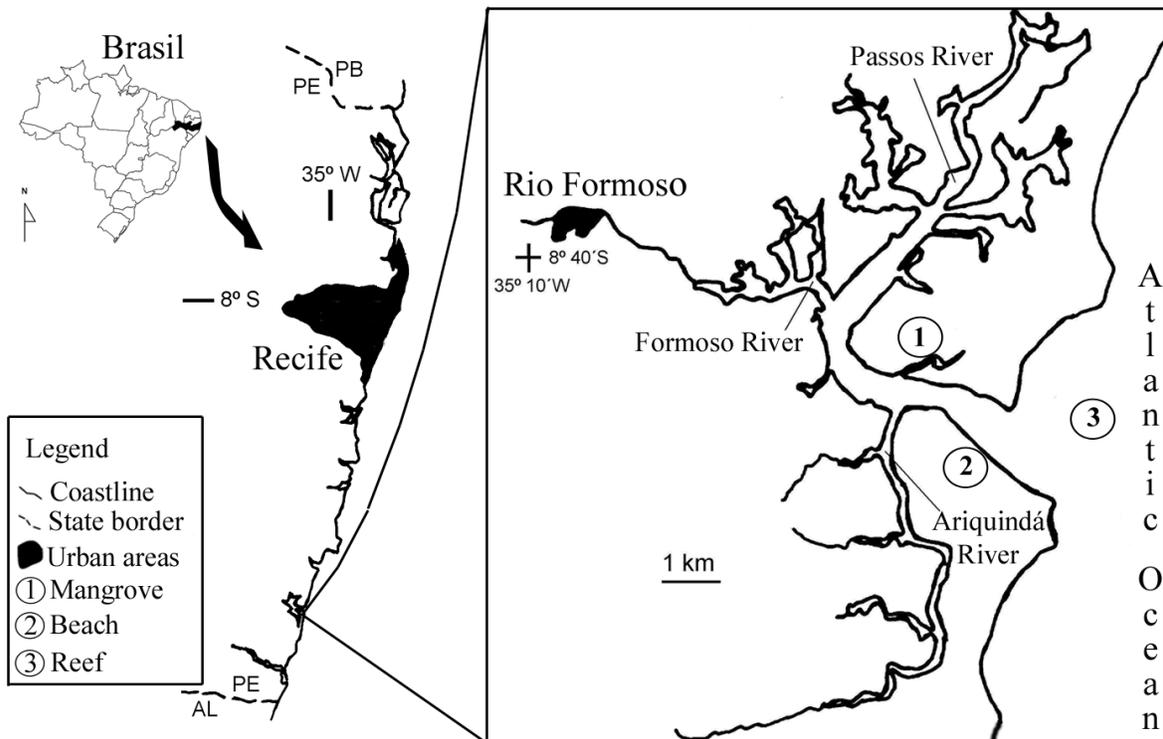


Figura 1. Complexo estuarino do Rio Formoso e indicação das áreas de manguezal, praia e recifes amostradas.

Na margem direita do estuário está localizada a praia dos Carneiros, selecionada como habitat de prado. Este local possui substrato arenoso com manchas de macroalgas e prados de fanerógamas, compostos principalmente por *Halodule wrightii*, sendo considerado um habitat intermediário. Os prados atuam como abrigo para recrutas de peixes recifais e estuarinos, funcionando como um

corredor entre os demais ecossistemas (Pereira *et al.*, 2010). O habitat de recife localiza-se na foz do Rio Formoso, fazendo parte de um complexo conjunto de recifes de arenito paralelos à linha de costa. Entre as 105 espécies de peixes registradas nos recifes de Tamandaré, localizados ao largo do estuário do Rio Formoso (Ferreira *et al.*, 1995), 40 foram registradas no estuário adjacente e acredita-se que desempenham um papel na estruturação da comunidade de peixes estuarina (Paiva *et al.*, 2009).

Amostragens

As amostragens foram realizadas mensalmente entre abril de 2009 a março de 2010, nos períodos diurno e noturno, com tréplicas nos três habitats estudados, totalizando 216 amostras. Com o propósito de iniciar as coletas noturnas após o crepúsculo e operar em condições adequadas de navegação, principalmente nos recifes, as coletas foram realizadas durante a baixa-mar de quadratura. Os arrastos de ictioplâncton foram efetuados horizontalmente, na subsuperfície, com rede de plâncton com abertura de malha de 500 μm . A rede foi arrastada em uma velocidade constante de cerca de 2 nós por 10 minutos e o volume filtrado foi estimado por um fluxômetro, acoplado no centro da boca da rede. As variáveis temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidade, pH, oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) e profundidade local (m) foram aferidas na superfície durante cada arrasto, utilizando monitores portáteis. Não houve coleta de dados de salinidade nos meses de março/10 e maio/09 e de oxigênio nos meses de fevereiro e março/10 em decorrência da indisponibilidade dos equipamentos. Os dados de pluviosidade mensal da estação

de Tamandaré para o período amostrado foram obtidos no banco de dados do Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEPE).

A fixação da amostra foi realizada mediante a adição de solução de formalina a 4%, tamponada com carbonato de cálcio e diluída em água do mar. No laboratório o material foi triado sob estereomicroscópio, tendo as larvas sido identificadas e determinados seu comprimento corpóreo (BL) e estágio de desenvolvimento larval, segundo Kendall *et al.* (1984). As larvas de *Achirus* foram distinguidas das demais larvas da família através de características únicas apresentadas pelo gênero que as diferenciam de *Trinectes*. Estas características incluem a presença de um terceiro raio dorsal alongado e de um forâmen cefálico nas fases intermediárias e avançadas, além da ausência de pigmentação em estágios mais iniciais (larval vitelino e início do pré-flexão) (Ahlstrom *et al.*, 1984; Richards, 2006). O número total de larvas em cada amostra foi determinado e os valores de abundância foram convertidos em valores de densidade, expressos em larvas. 100 m⁻³.

Análise dos dados

Valores de densidade e comprimento corpóreo foram considerados na análise da distribuição espaço-temporal. Os fatores fixos foram habitat, período do dia e estação do ano. Os dados foram padronizados e transformados ($\log_{10} x+1$) antes da realização das análises estatísticas. A normalidade das variáveis foi testada através do teste de Kolmogorov-Smirnof-Lillifors e a homocedasticidade através do teste de Bartlett (Zar, 1999). Uma vez não cumprindo os pré-requisitos

da ANOVA, as variáveis foram submetidas aos testes não paramétricos: Mann-Whitney para analisar diferenças entre períodos do dia e estações; e Kruskal-Wallis para analisar diferenças entre habitats. Foram considerados significativos os resultados de ($p < 0,05$). A associação entre as variáveis ambientais e a densidade foi analisada através do teste de correlação não paramétrica de Spearman. Este teste foi considerado apenas como uma análise exploratória uma vez que pode gerar resultado de correlações positivas ao acaso.

Resultados

Condições hidrográficas

A profundidade das estações de coleta variou de 0,8 a 14,9 m. O habitat de recife foi o mais profundo (média de $6,0 \pm 3,1$ m) enquanto os habitats de prado e manguezal foram os mais rasos (médias de $1,95 \pm 0,7$ e $1,30 \pm 0,5$ respectivamente). A temperatura média durante o período de amostragem foi de $28,42^{\circ}\text{C}$. Temperaturas mais baixas ocorreram entre maio e agosto (média de $27,1^{\circ}\text{C}$) e as mais elevadas ocorreram em fevereiro e março (média de $30,18^{\circ}\text{C}$). Este parâmetro variou significativamente apenas entre as estações do ano ($p < 0,0001$) e foi mais elevada durante o período de estiagem (média de 29°C). Nenhuma variação significativa na temperatura foi encontrada entre os períodos do dia e entre habitats.

A salinidade média foi 30,78, variando de 26 em junho a 36 em novembro. Os valores de salinidade foram mais elevados durante a estação de estiagem ($p = 0,0049$) nas amostras diurnas ($p = 0,0294$) coletadas no prado e no recife ($p < 0,0001$). A distribuição mensal da precipitação média foi inversamente correlacionada à da salinidade, com valores de pluviosidade acima de 200 mm registrados entre abril e agosto (estação chuvosa) (Figura 2).

A concentração média de oxigênio dissolvido na água foi mais elevada em agosto ($7,58 \text{ mg.L}^{-1}$). Concentrações mais elevadas ocorreram durante o dia ($p = 0,0247$), com valor médio de $6,25 \text{ mg.L}^{-1}$. Entre os habitats, a concentração mais

baixa foi registrada no manguezal, alcançando $5,01 \text{ mg.L}^{-1}$, enquanto o recife apresentou os valores mais elevados (média de $6,82 \text{ mg.L}^{-1}$; $p < 0,0001$).

Os valores de pH variaram de 6,32 em dezembro a 8,71 em março, com valores mais elevados na estação chuvosa (média de 7,97), embora nenhuma diferença estatisticamente significativa tenha sido encontrada entre as estações ($p = 0,1125$). O manguezal teve os menores valores de pH (média de 7,8) e os outros habitats apresentaram médias superiores a 8.0 (Figura 2).

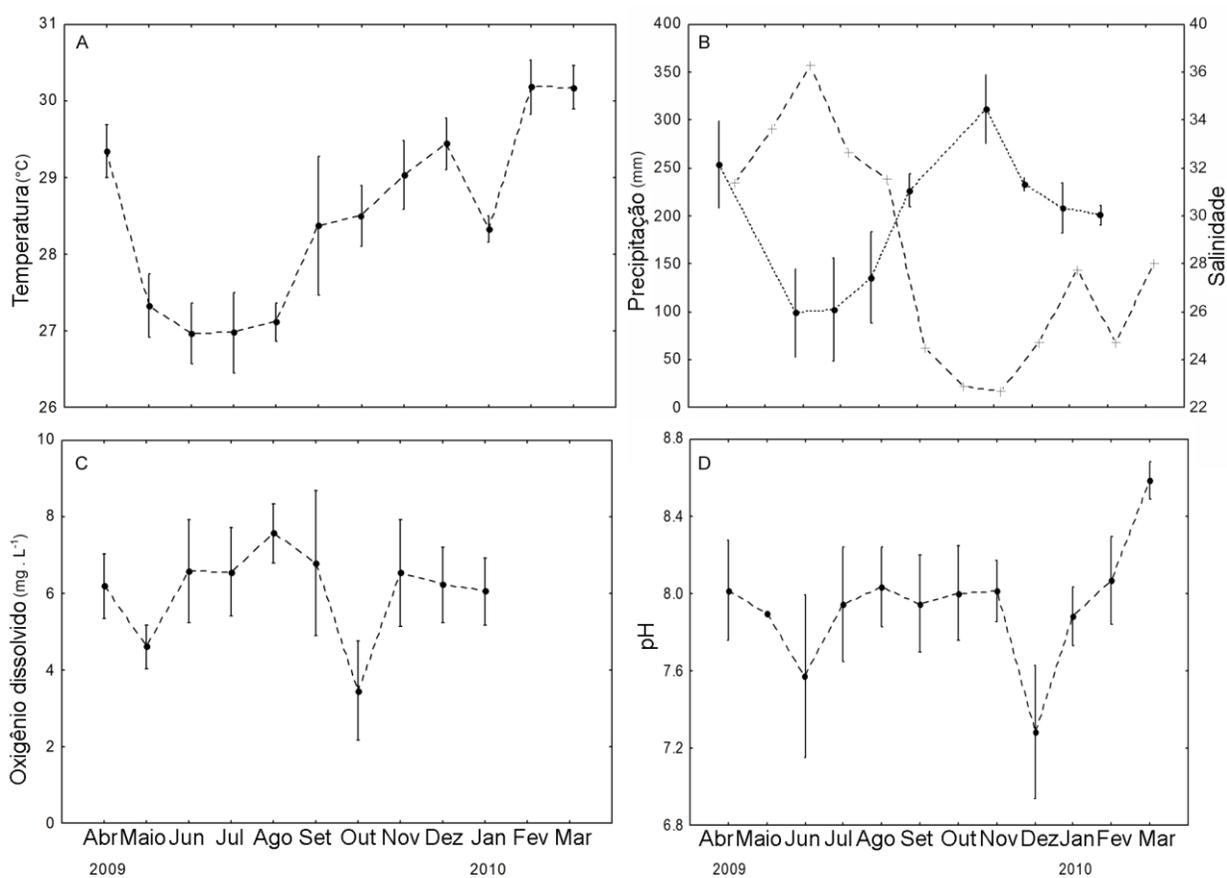


Figura 2. Valores médios e desvio padrão das variáveis abióticas em diferentes habitats estuarinos da zona estuarina do Rio Formoso, Pernambuco, Brasil (—+—: precipitação).

Densidade de larvas

Um total de 204 larvas de *Achirus* foram coletadas, com uma densidade média de $2,1 \pm 4,92$ larvas.100 m⁻³ por arrasto. Os valores de densidade foram significativamente diferentes entre os meses ($p = 0.0001$), com um máximo de 31,28 larvas.100 m⁻³ em dezembro/09 e mínimo de 1,36 larvas .100 m⁻³ em abril/10. A densidade também diferiu significativamente entre as estações do ano e períodos do dia (Tabela 1). A densidade média variou de 0,83 larvas.100 m⁻³ na estação chuvosa a 3,34 larvas.100 m⁻³ na estação de estiagem ($p < 0,0001$). Os resultados do teste de Mann-Whitney indicaram diferenças significativas entre períodos do dia ($p < 0,0001$), com densidade larval média de 3,46 larvas.100 m⁻³ nas amostras noturnas e 0,74 larvas.100 m⁻³ nas diurnas. Nenhuma diferença significativa nos valores de densidade total foi detectada entre os habitats ($p = 0,1478$), mas uma média mais elevada foi registrada no recife (3 larvas.100 m⁻³), seguido do prado (2,07 larvas.100 m⁻³) e manguezal (1,23 larvas.100 m⁻³). Dentre as variáveis hidrográficas mensuradas, a densidade larval correlacionou-se positivamente apenas com a temperatura ($r = 0,2$; $p < 0,05$) e a salinidade ($r = 0,2$; $p < 0,05$).

Tabela 1. Densidade larval média e níveis de significância das análises de variância não paramétricas de Kruskal–Wallis (habitats) e Mann–Whitney (períodos do dia e estações) sobre a densidade de larvas de Achiridae coletadas entre abril de 2009 e março de 2010.

	Densidade média ± DP (larva.100 m ⁻³)									
	Habitats				Estações			Períodos		
	Manguezal	Prado	Recife	p*	Estiagem	Chuvosa	p**	Dia	Noite	p**
Total	1,23 ± 3,53	2,06 ± 3,86	2,99 ± 6,65	0,217	3,34 ± 6,08	0,83 ± 2,85	<0,001	0,74 ± 2,85	3,46 ± 6,06	<0,001
Larval vitelino	0,03 ± 0,30	0,14 ± 0,57	0,36 ± 1,71	0,219	0,25 ± 1,40	0,10 ± 0,52	0,731	0,05 ± 0,33	0,30 ± 1,45	0,114
Pré-flexão	0,71 ± 3,33	1,62 ± 3,72	2,38 ± 6,10	0,043	2,68 ± 5,74	0,46 ± 2,60	<0,001	0,60 ± 2,77	2,55 ± 5,71	<0,001
Flexão	0,04 ± 0,38	0,10 ± 0,50	0,11 ± 0,43	0,268	0,13 ± 0,52	0,04 ± 0,33	0,089	0,05 ± 0,36	0,12 ± 0,50	0,095
Pós-flexão	0,32 ± 1,12	0,19 ± 0,88	0,08 ± 0,42	0,518	0,22 ± 0,90	0,18 ± 0,81	0,783	0,03 ± 0,26	0,36 ± 1,16	0,008

p* - Kruskal-Wallis; p** - Mann-Whitney; DP - desvio padrão

Estágios larvais e variações no comprimento

Todos os estágios de desenvolvimento larval de *Achirus* foram encontrados durante o período de amostragem. Do total, 10% eram larvas vitelinas, 78% estavam em pré-flexão, 4% estavam em flexão e 8% em pós-flexão. A participação relativa dos estágios foi similar entre os habitats, uma vez que a média da proporção de cada estágio não diferiu significativamente entre os habitats. Em cada habitat a proporção dos estágios foi diferente. No manguezal ($p = 0,003$) o teste de Scheffé destacou os estágios de pós-flexão (33%) e pré-flexão (58%) como os mais representativos. Na praia ($p = 0,001$) e recife ($p = 0,001$) a proporção média de larvas em pré-flexão foi de 60% e 58%, respectivamente.

A análise de variância revelou resultados significativos considerando a densidade por estágio larval apenas para os estágios de pré-flexão e pós-flexão (Tabela 1). O estágio de pré-flexão foi mais abundante na estação de estiagem ($p < 0,0001$) durante as coletas noturnas ($p = 0,0005$) realizadas nos habitats de

recife e de prado ($p = 0,0430$). Valores significativamente diferentes na densidade de larvas em pós-flexão foram registradas apenas entre períodos do dia ($p = 0,0086$), com maiores valores médios registrada nas coletas noturnas, enquanto nenhuma diferença foi observada entre estações e habitats (Tabela 1). Contudo, houve uma tendência geral de densidades médias mais elevada de larvas em pós-flexão no manguezal ($0,33 \text{ larvas} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$), enquanto as menores foram registradas no recife ($0,1 \text{ larvas} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$) (Figura 3).

Considerando-se os valores dos picos de densidade dos diferentes estágios larvais, os estágios mais iniciais (larval vitelina e pré-flexão) foram mais abundantes no recife. Houve um incremento de larvas durante as amostragens noturnas (Figura 3), embora tenha sido coletado um elevado número de larvas em pré-flexão no manguezal durante o período diurno ($p = 0,0322$). O estágio de flexão distribuiu-se de maneira mais uniforme entre os habitats, com pico de densidade nas coletas noturnas no período de estiagem. Maiores valores de densidade de larvas em pós-flexão foram registrados no manguezal, com valores mais elevados durante a estiagem. No mangue e no prado, as larvas em pós-flexão foram coletadas exclusivamente à noite.

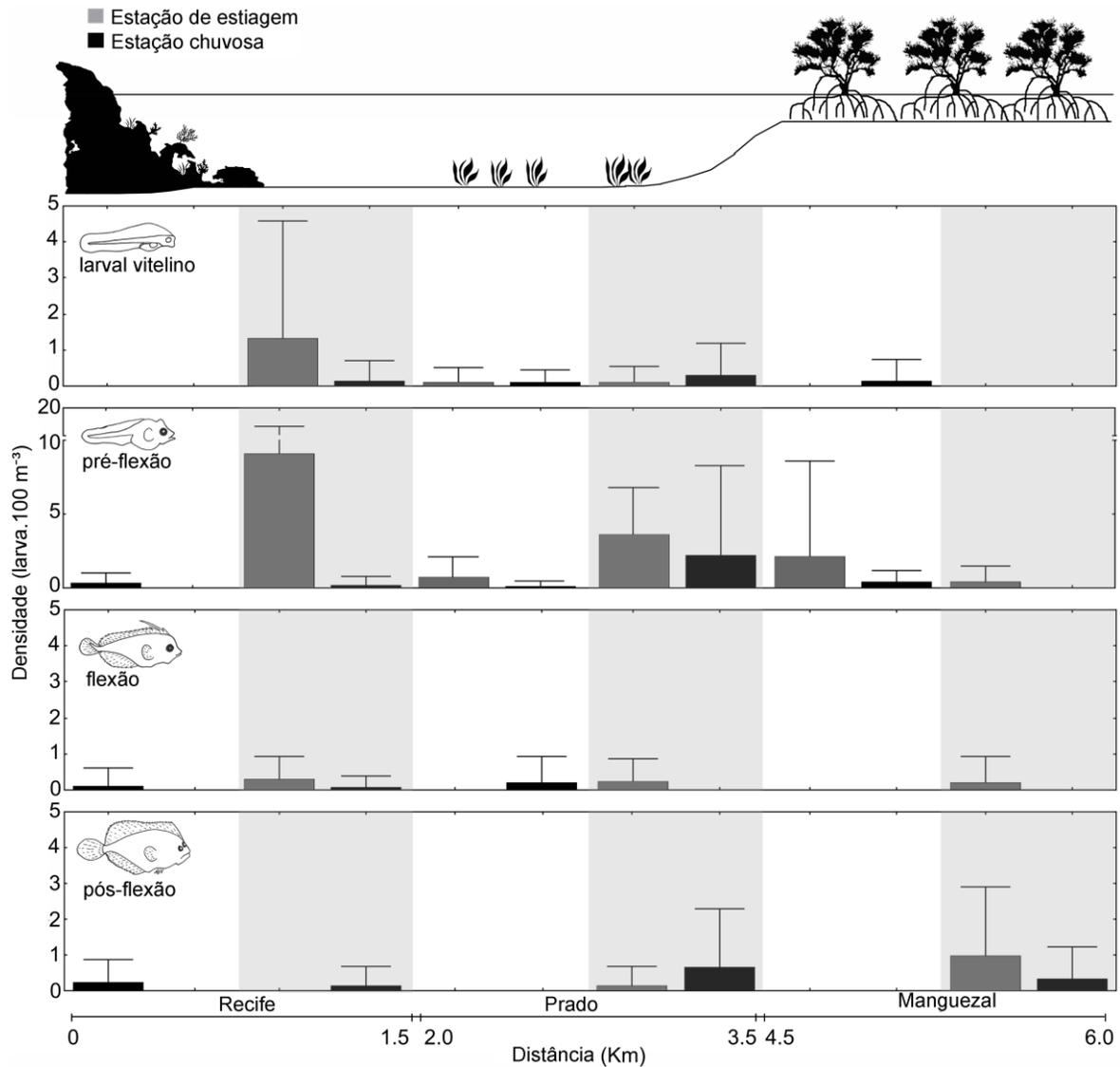


Figura 3. Densidade dos diferentes estágios larvais de *Achirus* coletados em diferentes habitats no estuário do Rio Formoso, Pernambuco, Brasil. Áreas sombreadas: período noturno; não sombreadas: período diurno.

Os comprimentos corpóreos das larvas variaram entre 1,4 a 4,5 mm (média de $2,2 \pm 0,64$ mm), tendo os maiores tamanhos ocorrido na estação chuvosa ($p = 0,0362$). Diferenças significativas foram encontradas entre os períodos do dia ($p = 0,0178$), com um valor médio de 2,5 mm nas amostras noturnas contra 1,9 mm

nas diurnas. Também foi registrada diferença no tamanho entre os habitats ($p = 0,0320$), com os maiores tamanhos coletados no manguezal (Figura 4).

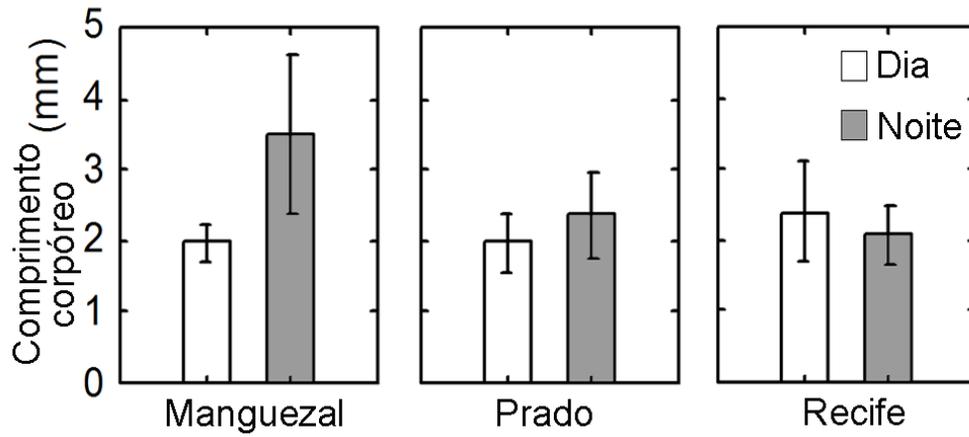


Figura 4. Média e desvio padrão do comprimento corpóreo das larvas de *Achirus* coletadas em diferentes habitats no estuário do Rio Formoso, Pernambuco, Brasil.

Discussão

O ictioplâncton em regiões estuarinas é dominado por espécies estuarino-dependentes, que encontram neste ecossistema áreas que representam berçários em potencial devido aos seus atributos bióticos e abióticos (Reyier e Shenker, 2007). Muitas dessas espécies, incluindo Pleuronectiformes, são conhecidas por exibirem migração ontogênica a partir das áreas de desova em direção ao estuário (Bailey, 1997). Nos estuários tropicais brasileiros, larvas de Achiridae são frequentes nas amostragens de ictioplâncton e, em alguns casos, podem figurar entre os táxons mais abundantes (Barletta-Bergan *et al.*, 2002; Barletta e Barletta-Bergan, 2009). Entre as espécies do gênero *Achirus* que ocorrem na costa brasileira, apenas *A. lineatus* e *A. declivis* foram registradas no estuário do Rio Formoso (Paiva *et al.*, 2009), embora Araújo *et al.*, (2004) também cite *A. achirus* para a região nordeste do país. A inexistência de informações sobre as características diagnósticas das formas larvais de *Achirus* que ocorrem na área estudada (Richards, 2006) impossibilitam afirmar com exatidão a espécie abordada neste estudo.

A ocorrência de larvas ao longo de todo o ano indica que na região a atividade de desova desta espécie é contínua no complexo estuarino do Rio Formoso, com um provável pico em dezembro. No estuário do Rio Caeté (norte do Brasil), *Achirus* também predominou neste mês, que ocorre durante a estiagem, com maiores valores de temperatura e salinidade (Barletta e Barletta-Bergan, 2009). Embora exista pouca informação disponível sobre o ciclo de vida de Achiridae, os peixes dessa família são conhecidos por apresentarem atividade de

desova mais intensa quando a temperatura da água é superior a 20°C (Futch, 1970). Temperaturas acima desse valor foram registradas no presente estudo, o que pode explicar a coleta de larvas iniciais em quase todos os meses. A única exceção foi junho/09, quando houve uma menor densidade, em um mês da estação chuvosa.

Elevadas temperaturas promovem o aumento da taxa de crescimento, resultando em um incremento no tamanho em que ocorre a metamorfose para algumas espécies (Geffens *et al.*, 2007), enquanto que a elevada temperatura acelera a metamorfose em outras espécies, resultando a um menor tamanho em que a metamorfose ocorre e período larval mais curto (Yamashita *et al.*, 2001). Em todo caso, a desova em estações mais quentes favorece o desenvolvimento e a sobrevivência das larvas. Adicionalmente, elevada salinidade pode também contribuir para uma maior densidade de larvas em estágios iniciais. Em espécies de linguados que desovam em águas da plataforma externa e apresentam migração para áreas costeiras durante a fase larval, experimentos em laboratório indicaram que as larvas iniciais não toleram baixa salinidade, ao contrário das larvas pré-assentantes (Yamashita *et al.*, 2001). Os dados obtidos para a área de estudo suportam estas observações, uma vez que o recife, que é o habitat mais distante da costa, apresentou a maior densidade de larvas recém eclodidas e em pré-flexão. Esta elevada ocorrência prevaleceu na estação de estiagem e no período noturno.

Em condições hidrográficas favoráveis, uma sincronia é frequentemente determinada entre eclosão das larvas e o ciclo de produção de plâncton, que aumenta a sobrevivência de ovos e larvas pelágicas (Rijnsdorp *et al.*, 1995). Contudo, comparando, os dados de densidade larval no presente estudo com o pico de produção primária registrados em estudos realizados por Honorato da Silva *et al* (2004; 2009), realizados no mesmo estuário, esta sincronia não é aparente. Dessa forma, a produção de plâncton pode não ser um fator limitante para estas larvas na área em questão, provavelmente devido ao fato de ser um estuário altamente produtivo (Honorato da Silva *et al.*, 2009) a apresenta elevada biomassa ao longo do ano.

As larvas realizam migrações verticais circadianas, concentrando-se na superfície à noite e migrando para o fundo durante o dia. Este comportamento é conhecido para muitas larvas de peixes como estratégia de alimentação e/ou fuga de predadores visuais e pode estar associado à “*selective tidal stream transport*” (STST), que é uma estratégia para exportação ou retenção através de migrações verticais em sincronia com as marés (Boehlert e Mundy, 1988). Alguns estudos tem documentado este comportamento, como a retenção de formas larvais de espécies de *Achirus*, que migram para camadas mais profundas durante as marés vazantes (Aceves-Medina *et al.*, 2008) ou são mais abundantes durante a maré enchente, sugerindo transporte rio acima (Barletta e Barletta-Bergan, 2009). A zona estuarina inferior do Rio Formoso é um braço-de-mar, com grande penetração de maré e inexpressiva influência fluvial (Lira *et al.*, 1979). Esta condição decorre da forte influência marinha e pode favorecer a retenção das

larvas na coluna de água na zona estuarina. Neste caso as migrações verticais seriam desencadeadas principalmente pelo fotoperíodo e não pela variação de marés. No manguezal a densidade de larvas não foi significativamente influenciada pelo período do dia, embora maiores médias tenham sido registradas no período diurno. Provavelmente, o maior número de larvas capturadas neste habitat foi devido à maior turbidez da água, maior no manguezal do que no recife (Honorato da Silva *et al.*, 2009), que reduz a visibilidade e, conseqüentemente a evasão à rede (Lemke e Ryer, 2006).

Quase 90% das larvas coletadas estavam nos estágios de desenvolvimento larval vitelino e de pré-flexão, com este último atingindo 78% do total. A predominância de larvas mais iniciais é esperada devido à relação direta entre duração do período larval e taxa de mortalidade (Van der Veer e Leggett, 2005). Larvas em pré-flexão foram mais abundantes no recife e no prado durante a noite. Este resultado corrobora com o padrão observado por Able *et al.* (2006); estes autores estudaram o ictioplâncton na costa do estado de Nova Jersey (EUA) e concluíram que 77% das larvas em pré-flexão foi coletado em estações costeiras e a 90% das em pós-flexão foi coletado no estuário. No presente estudo, a maiorias das larvas em pré-flexão foram coletadas no prado e no recife, enquanto que larvas em pós-flexão foram coletadas principalmente manguezal. Uma vez que o período de desenvolvimento larval é de aproximadamente um mês para algumas espécies de *Achirus* (Ortiz-Galindo *et al.*, 1990; Flores-Coto *et al.*, 1992), nenhum padrão sazonal (período chuvoso ou de estiagem) foi relacionado à ocorrência de diferentes estágios larvais. Contudo, um elevado numero de larvas recém

eclodidas chegaram ao primeiro ecossistema que habitam (o recife) na estação de estiagem. A salinidade é mais baixa durante a estação chuvosa, que favorece a sobrevivência de larvas maiores (Yamashita *et al.*, 2001). As maiores larvas coletadas no complexo estuarino do Rio Formoso ocorreram na estação chuvosa, embora a densidade total das larvas tenha sido baixa em comparação com a estação de estiagem.

Com o crescimento, as larvas tornam-se menos dependentes das correntes, mas ainda podem beneficiar-se da STST na busca de um habitat apropriado (Gibson, 1997). Contudo, a mudança de habitat apenas ocorrerá após o desenvolvimento das estruturas que geram as habilidades necessárias à sobrevivência. Existem evidências que indicam que o período da mudança ontogênica de habitat está mais relacionado ao tamanho corpóreo do que à fase de desenvolvimento (Fuiman, 1997), que nem sempre coincidem. O aumento gradual no comprimento das larvas a partir do recife em direção ao manguezal é um indicativo da sua migração da área de desova para seu provável habitat de assentamento. Entre os habitats investigados, o recifal teve a maior concentração de larvas, principalmente em estágios mais iniciais. Provavelmente, a eclosão destes indivíduos ocorre em águas mais profundas da região marinha adjacente, com correntes que favorecem a deriva de ovos e larvas em direção à costa.

Na área de estudo, a ictiofauna jovem que habita os prados de fanerógamas da praia dos Carneiros foi estudada, porém nenhum espécime jovem de Achiridae foi registrado (Pereira *et al.*, 2010). Similarmente, um inventário realizado na área recifal adjacente não registrou nenhum espécime desta família

(Ferreira *et al.*, 1995). Pequenos jovens de *Achirus lineatus* e *A. declivis* foram coletados nas áreas mais internas associadas aos manguezais (Paiva *et al.*, 2009), sugerindo que estes manguezais representam um berçário em potencial para estas.

A migração entre ecossistemas e consequente conectividade populacional ocorre durante o estágio larval pelágico. A duração dos estágios de ovo e larva precisa coincidir com o período de transporte necessário para garantir a metamorfose (Van der Veer e Leggett, 2005). Por isso, a fase larval pelágica dos Pleuronectiformes é mais crítico para a sobrevivência dos indivíduos do que a fase jovem e adulta, uma vez que o assentamento no habitat bentônico ocorre em berçários específicos (Gibson, 1997). A duração da fase pelágica em algumas espécies da família é bastante curta – geralmente não ultrapassando 30 dias antes do assentamento dos indivíduos (Ortíz-Galindo *et al.*, 1990; Flores-Coto *et al.*, 1992). Além disso, muitas larvas pelágicas de Pleuronectiformes apresentam uma natação bastante letárgica, correspondendo a apenas $1BL \cdot sec^{-1}$ (Bailey *et al.*, 2005). Isto significa que uma larva em flexão, com cerca de 3 mm de comprimento corpóreo, é capaz de realizar um percurso de apenas 260 m em um dia, justificando a importância das migrações verticais na otimização do transporte larval.

Conclui-se que os três habitats abordados no presente estudo são utilizados pelas fases iniciais de *Achirus*, porém há uma tendência de segregação de tamanhos, que indica uma movimentação dos recifes (local de desova) para o manguezal (local de assentamento). A proximidade dos habitats estudados

provavelmente favoreceu este movimento, resultando em uma conectividade entre ecossistemas.

Referências Bibliográficas

Able, K. W., Fahay, M. P., Witting, D. A., McBride, R. S., and Hagan, S. M. (2006) Fish settlement in the ocean vs. estuary: Comparison of pelagic larval and settled juvenile composition and abundance from southern New Jersey, U.S.A. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66: 280-290.

Aceves-Medina, G., Saldierna-Martínez, R., Hinojosa-Medina, A., Jiménez-Rosenberg, S. P. A., Hernández-Rivas, M. E., and Morales-Ávila, R. (2008) 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*, 76: 889-901.

Ahlstrom, E. H., Amaoka, K., Hensley, D. A., Moser, H. G., and Sumida, B. Y. (1984) Pleuronectiformes development. In: *Ontogeny and Systematic of Fishes*. pp. 640-670. Edited by H. Moser, W. Richards, D. Cohen, M. Fahay, A. Kendall, and S. Richardson. American Society of Ichthyology and Herpetology, Lawrence, 760 p.

Araújo M.E., Teixeira J.M.C. and Oliveira A.M.E. (2004) Peixes estuarinos marinhos do Nordeste brasileiro. Fortaleza: Edições UFC/UFPE.

Bailey K.M. (1997) Structural dynamics and ecology of flatfish populations. *Journal of Sea Research* 37, 269–280.

Bailey, K. M., Nakata, H., and Van der Veer, H. W. (2005) The planktonic stages of flatfishes: physical and biological interactions in transport processes. In: *Biology and exploitation*, pp. 94-119. Edited by R. Gibson. Blackwell Science, Oxford. 391p.

Barletta, M., and Barletta-Bergan, A. (2009) Endogenous activity rhythms of larval fish assemblages in a mangrove fringed estuary in North Brazil. *The Open Fish Science Journal*, 2: 15-24.

Barletta-Bergan, A., Barletta, and M., Saint-Paul, U. (2002) Structure and seasonal dynamics of larval fish in the Caeté River Estuary in North Brazil. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 54: 193-206.

Boehlert, G. W., and Mundy, B. C. (1988) Roles of behavioral and physical factors in larval and juvenile fish recruitment to estuarine nursery areas. *American Fisheries Society Symposium*, 3: 51-67.

Bonecker, A. C. T., Castro, M. S., Namiki, C. A. P., Bonecker, F. T., and Barros, F. B. A. G. (2007) Larval fish composition of a tropical estuary in northern Brazil (2°18' - 2°47' S 044°20' - 044°25' W) during the dry season. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 2: 235-241.

Ferreira B.P. and Cava F. (2001) Ictiofauna marinha da APA Costa dos Corais: lista de espécies através de levantamento da pesca e observações subaquáticas. *Boletim Técnico-Científico do CEPENE* 9, 167–180.

Ferreira B.P., Maida M. and Souza A.E.T. (1995) Levantamento inicial das comunidades de peixes recifais da região de Tamandaré—PE. *Boletim Técnico-Científico do CEPENE* 3, 213–230.

Flores-Coto, C., Sánchez-Iturbe, A., Zavala-García, F., and López-García, D. (1992) Edad y crecimiento de larvas de *Achirus lineatus*, *Etropus crossotus*, *Syacium gunteri* y *Symphurus civitatus* en el sur del Golfo de México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 19: 167-173.

Florin, A., and Lavados, G. (2010) Feeding habits of juvenile flatfish in relation to habitat characteristics in the Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 86: 607-612.

Fuiman, L. A. (1997) What can flatfish ontogeny tell us about pelagic and benthic lifestyles? *Journal of Sea Research*, 37: 257-267.

Futch, C. R. (1970) Contributions to the ecology of larval and juvenile lined sole, *Achirus lineatus*, in Tampa Bay, Florida. Florida Department of Natural Resources, Marine Research Laboratory, 17: 1-5.

Geffen, A. J., Van der Veer, H. W., and Nash, R. D. M. (2007) The cost of metamorphosis in flatfishes. *Journal of Sea Research*, 58: 35–45.

Gibson, R.N. (1997) Behaviour and the distribution of flatfishes. *Journal of Sea Research*, 37: 241-256.

Godefroid R.S., Hofstaetter M. and Spach H.L. (1999) Larval fish in the surf zone of Pontal do Sul beach, Pontal do Paraná, Paraná, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 16, 1005–101.

Honorato da Silva M., Silva-Cunha M.G.G., Passavante J.Z.O., Grego C.K.S. and Muniz K. (2009) Estrutura sazonal e espacial do microfitoplâncton no estuário tropical do Rio Formoso, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 23, 355–368.

Honorato da Silva, M., Passavante, J. Z. O., Silva-Cunha, M. G. G., Nascimento-Vieira, D. A., Grego, C. K. S., and Muniz, K. (2004) Distribuição espacial e sazonal da biomassa fitoplânctônica e dos parâmetros hidrológicos no estuário do Rio Formoso (Rio Formoso, Pernambuco, Brasil). *Tropical Oceanography*, 32: 89-106.

Kendall, A. W., Ahlstrom, E. H., and Moser, H. G. Early Life History Stages of Fishes and Their Characters. (1984) In: *Ontogeny and Systematic of Fishes*, pp. 640-670. Edited by H. Moser, W. Richards, D. Cohen, M. Fahay, A. Kendall, and S. Richardson. American Society of Ichthyology and Herpetology, Lawrence, 760 p.

Lemke, J. L., and Ryer, C. H. (2006) Risk sensitivity in three juvenile (Age-0) flatfish species: does estuarine dependence promote risk-prone behavior? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 333: 172–180.

Lira, L., Zapata, M. C., and Fonseca, V. G. (1979) Aspectos da dinâmica do estuário do Rio Formoso, Pernambuco. *Caderno Ômega*, 3: 133-156.

Mafalda Jr P.O., Souza C.S. and Velame M.P.B. (2008) Fish larvae assemblage of a coastal area under influence of petrochemical activities, in Todos os Santos bay, Bahia, Brazil. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 11, 457–464.

Menezes N. A., Buckup P. A.; Figueiredo J. L., and Moura, R. L. (2003) *Catálogo das Espécies de Peixes Marinhos do Brasil*. EDUSP, São Paulo. 160 p.

Moles, A., and Norcross, B. L. (1995) Sediment preference in juvenile Pacific flatfishes. *Netherlands Journal of Sea Research*, 34: 177-182.

Munroe T.A. (2002) Achiridae. In Carpenter K.E. (ed.) *The living marine resources of eastern Central Atlantic*. Rome: FAO and American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Special Publication No. 5, Volume 3, pp. 1925–1933.

Nascimento-Filho G.A., Coelho-Junior C., Correa F.M., Longo A.F.P., Gaspar F.L. and Schwamborn R. (2007) Desenvolvimento estrutural de bosque de mangue ao longo do gradiente de inundação do Rio Arinquiná—baía de Tamandaré, Pernambuco. *Boletim Técnico-Científico do CEPENE* 15, 31–37.

Nonaka R.H., Matsuura Y. and Suzuki K. (2000) Seasonal variation in larval fish assemblages in relation to oceanographic conditions in the Abrolhos Bank region off eastern Brazil. *Fishery Bulletin* 98, 767–784.

Ortíz-Galindo, J. L., Matus-Nivón, E., Ramírez-Sevilla, R., and González-Acosta, B. (1990) Embrión, larva y prejuvenil del sol mexicano *Achirus mazatlanus* (Pisces: Soleidae). *Revista de Biología Tropical*, 38: 195- 204.

Paiva, A. C. G., Lima, M. F. V., Souza, J. R. B., and Araújo, M. E. (2009) Spatial distribution of the estuarine ichthyofauna of the Rio Formoso (Pernambuco, Brazil), with emphasis on reef fish. *Zoologia*, 26: 266-278.

Pereira P.H.C., Ferreira B.P. and Rezende S.M. (2010) Community structure of the ichthyofauna associated with seagrass beds (*Halodule wrightii*) in Formoso River

estuary—Pernambuco, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 82, 617–628.

Ramos, R. T. C., Ramos, T. P. A., and Lopes, P. R. D. (2009) New species of *Achirus* (Pleuronectiformes: Achiridae) from Northeastern Brazil. *Zootaxa*, 2113: 55-62.

Reyier, E. A., and Shenker, J. M. 2007. Ichthyoplankton community structure in a shallow subtropical estuary of the Florida Atlantic coast. *Bulletin of Marine Science*, 80: 267–293.

Richards, W. J. (2006) *Early stages of Atlantic fishes: an identification guide for western central North Atlantic*. CRC Press, Boca Raton. 2581p.

Rijnsdorp, A. D., and Witthames, P. R. (2005) Ecology of reproduction. In: *Flatfishes: Biology and exploitation*, pp. 68-93. Edited by R. Gibson. Blackwell Science, Oxford. 391p.

Sarpedonti, V., Anunciação, E. M. S., and Nahum, V. J. I. (2008) Ichthyoplankton variations in two mangrove creeks of the Curuçá estuary, Pará, Brazil. *Ecotrópicos*, 21:1-12.

Van der Veer, H. W., and Leggett, W. C. (2005) Recruitment. In: *Flatfishes: Biology and exploitation*, pp. 120-137. Edited by R. Gibson. Blackwell Science, Oxford. 391p.

Walsh, H. J., and Peters, D. S. (1999) Habitat Utilization by Small Flatfishes in a North Carolina Estuary. *Estuaries*, 22: 803-813.

Yamashita Y., Tanaka M. and Miller J.M. (2001) Ecophysiology of juvenile flatfishes in nursery grounds. *Journal of Sea Research* 45, 205–218.

Zar, J. H. (1999) *Biostatistical Analysis*, 4th edn. Prentice Hall, New Jersey. 663 p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostraram que a produção e o recrutamento das larvas para os habitats costeiros ocorrem durante todo o ano e para a maioria das espécies de peixes que vivem na região de estudo. As estações do ano determinam as variações na abundância de ovos e larvas, porém a estrutura da comunidade não é alterada em decorrência de mudanças nas condições ambientais das estações, mesmo com a inclusão de um evento climático regional (enchente). . Contudo, sugere-se que exista uma tendência anual de picos de produção larval durante o período de estiagem. Algumas espécies parecem ter sido afetadas pela enchente, contudo é necessário monitorá-las por um período mais amplo para avaliar com mais precisão esta resposta.

A assembleia de larvas de peixes da região estuarina inferior do Rio Formoso é bem diversa, com participação de muitas espécies de origem marinha. Porém, a esta assembleia é dominada por poucas espécies, sendo a maior parte composta por espécies estuarinas. Espécies marinhas migrantes, como aquelas do gênero *Eucinostomus* e *Lile piquitinga*, são encontradas apenas em estágios mais avançados, indicando sua movimentação a partir de áreas marinhas mais externas.

O manguezal corresponde ao habitat com maior abundancia de larvas, sendo a concentração de larvas tardias neste local mais elevada. A seleção do habitat de

assentamento inicia-se ainda na fase larval, quando a larva busca um ambiente ideal para o seu desenvolvimento e sua proteção. A concentração de pré-assentantes de determinadas espécies, como *Bairdiella ronchus*, *Achirus* spp. e *Lile piquitinga*, sugere que a área estudada o manguezal atua como berçário para elas. Os dados também apontam para o prado como provável berçário de *Archosargus rhomboidalis*. Por outro lado, a área recifal representa um ambiente onde muitas larvas recém eclodidas estiveram associadas e, devido a sua posição mais externa ao complexo estuarino, acredita-se que parte delas é composta por espécies marinhas migrantes que estão entrando no estuário na busca por um ambiente favorável ao seu desenvolvimento.

Algumas espécies, como *Atherinella brasiliensis* e *Archosargus rhomboidalis*, estão fortemente associadas a um único habitat, sendo que a primeira foi abundante no manguezal e a segunda no prado. O padrão exibido por estas espécies indicam que perdas ou alterações nesses habitats podem resultar na redução de suas populações através do impacto causado ao recrutamento dessas larvas.

As espécies de *Achirus* exibiram uma tendência anual bem consistente, com picos de densidade no período de estiagem e maior densidade larval durante a noite. A segregação espacial dos estágios larval foi bem evidente, havendo uma tendência de movimentação das larvas mais iniciais a partir dos recifes em direção ao manguezal, onde as larvas pré-assentantes são mais abundantes. Sugere-se que

este padrão de distribuição destas larvas, e de outras com padrões similares, resulte na conectividade entre estes habitats através da exportação de biomassa no tecido vivo. O quanto esta ligação entre os habitats, via movimentação das larvas de peixes, pode aumentar o sucesso do recrutamento e a produção larval é uma questão levantada a partir dos resultados obtidos e que necessita ser investigada em nível específico.