

UFRRJ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

TESE

Parâmetros populacionais e padrões de uso do habitat de três peixes abundantes
(*Micropogonias furnieri*, *Diapterus rhombeus* e *Atherinella brasiliensis*) na Baía de
Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil: Uma abordagem a partir da estrutura em
tamanho

Hamilton Hissa Pereira

Agosto / 2017



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL**

**Parâmetros populacionais e padrões de uso do habitat de três peixes abundantes
(*Micropogonias furnieri*, *Diapterus rhombeus* e *Atherinella brasiliensis*) na Baía de
Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil: Uma abordagem a partir da estrutura em
tamanho.**

Hamilton Hissa Pereira

Sob a orientação do professor

Dr. Francisco Gerson Araújo

Sob a co-orientação do professor

Dr. Marcus Rodrigues da Costa

Tese submetida ao programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da UFRRJ, como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências - Biologia Animal**.

Seropédica, RJ.

Agosto / 2017

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Hp Hissa Pereira, Hamilton, 1982-
Parâmetros populacionais e padrões de uso do habitat de três peixes abundantes (*Micropogonias furnieri*, *Diapterus rhombeus* e *Atherinella brasiliensis*) na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil: Uma abordagem a partir da estrutura em tamanho / Hamilton Hissa Pereira. - 2017.
77 f.: il.

Orientador: Francisco Gerson Araújo.
Coorientador: Marcus Rodrigues da Costa.
Tese (Doutorado). -- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, 2017.

1. Peixes costeiros. 2. Estuário. 3. Frequência de comprimento. 4. Idade e crescimento. 5. Distribuição espaço-temporal. I. Gerson Araújo, Francisco, 1954-, orient. II. Rodrigues da Costa, Marcus, 1971-, coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal. IV. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA
SAÚDE

Hamilton Hissa Pereira

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciências – Biologia Animal.

TESE APROVADA EM: 25/8/2017



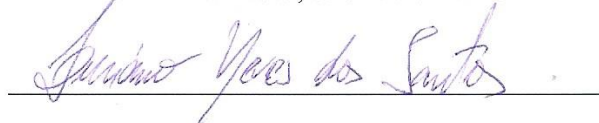
Francisco Gerson Araújo (Ph. D.)
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ
(Orientador)



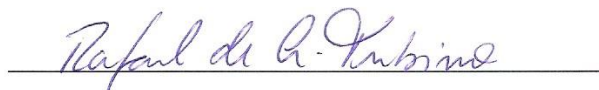
Cassiano Monteiro Neto (Ph. D.)
Universidade Federal Fluminense – UFF



Acácio Ribeiro Gomes Tomás (Ph. D.)
Instituto de Pesca, São Paulo – IP-SP



Luciano Neves dos Santos (Dr.)
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO



Rafael de Almeida Tubino (Dr.)
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFF

Entrar na Rural é fácil, o difícil é sair dela.

(Autor desconhecido)

Deus é a vontade de estar feliz!

(Cidade Negra)

Um passo a frente e você não está mais no mesmo lugar.

(Nação Zumbi)

Let it be !!

(The Beatles)

AGRADECIMENTOS

A Deus por abençoar minha vida com muita paz, amor e saúde... Isso é o que interessa, o resto não tem pressa.

Ao professor Gerson pela confiança em mim depositada ao aceitar a orientação deste projeto. Graças ao seu empenho e capacidade foi construída uma base de dados históricos rara em nosso país, e para mim sempre foi uma honra participar desta equipe. Muito obrigado por ter apostado em mim, professor, e espero não decepcioná-lo.

Ao longo de 16 anos no **Laboratório de Ecologia de Peixes/UFRRJ** muita gente contribuiu para concretização deste objetivo, assim não citarei nomes na esperança que entre idas e vindas, todos os que me ajudaram se sintam agraciados. Toda regra tem exceções e eu gostaria de registrar o meu agradecimento ao Léo por acompanhar e compartilhar toda uma trajetória acadêmica e de vida, o que resultou numa linda amizade. Sem contar o apoio para eu ingressar no doutorado e a relevante contribuição no terceiro capítulo, assim um abraço pro Léo, sua esposa Tati, Pedrinho e sua(s) família(s). Grande parte do sucesso do Laboratório de Ecologia de Peixes se deve aos funcionários sempre prestativos e companheiros, muito obrigado principalmente Márcia, Paulo, Ulisses, Deca e Adailton.

Gostaria de agradecer imensamente aos doutorandos José Paulo e Samara pelas trocas de ideias e por contribuírem de forma ativa, respectivamente no primeiro e no segundo capítulo. Também não poderia deixar de mencionar meus agradecimentos aos Doutores Rafael Tubino e Luciano Neves, membros da minha Banca de Qualificação, pelas precisas contribuições, imprescindíveis para a realização deste estudo.

Ao Marcus, que desde 2001 me ensinou na prática como se faz o trabalho de campo, como se transforma a natureza em dados ecológicos e qual a melhor forma de analisá-los e apresentá-los. Grande abraço na família, e a ti dedico meus mais sinceros agradecimentos pela ajuda no início, no fim e no meio deste trabalho. Estar ao lado de um craque facilita vitórias e torna o jogo da vida muito mais agradável. Essa parceria tipo top não vai ter fim!

À toda equipe da Fiperj pela compreensão nos muitos momentos em que eu estava dividido entre o trabalho e o doutorado. Valeu galera do Escritório Regional Metropolitano I, CEXT, DPP, DAF e Diretoria... Acabou a desculpa, agora é arregaçar as mangas e trabalhar, na esperança de que o conhecimento aqui adquirido seja o mais proveitoso possível.

A maior torcida do mundo faz a diferença! Gostaria de agradecer imensamente toda a minha família e meus amigos de alma iluminada que foram um porto seguro quando as condições não estavam favoráveis, fundamentais para que eu colocasse minha cabeça no devido lugar. Não tenho palavras para agradecer o apoio, compreensão e positividade, principalmente da melhor mãe do mundo (Dona Nidia), pai Rui, vó Neil, irmã Fernanda, cunhado Tieppo e da Maya que desde quando me conheceu só me via estressado com a tese. Não esquecendo da querida Fabricia, dos meus tios e primos, do povo de Santa Cruz e do Tosh, muito obrigado a todos!

SUMÁRIO

| | Páginas |
|--|----------------|
| RESUMO_____ | xiii |
| ABSTRACT_____ | xv |
| INTRODUÇÃO GERAL_____ | 01 |
| Área de estudo_____ | 03 |
| Caracterização climática e variabilidade interanual_____ | 04 |
| Espécies-alvo do estudo_____ | 06 |
| OBJETIVOS GERAIS E HIPÓTESE DA TESE_____ | 07 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS_____ | 07 |

Capítulo 1 – Parâmetros de crescimento de *Micropogonias furnieri* na fase de pré-maturação em uma baía tropical do sudeste do Brasil através da análise de frequências de comprimento.

| | |
|---------------------------------|----|
| RESUMO_____ | 14 |
| ABSTRACT_____ | 15 |
| INTRODUÇÃO_____ | 16 |
| MATERIAIS E MÉTODOS_____ | 17 |
| Área de estudo_____ | 17 |
| Programa de amostragem_____ | 18 |
| Análise de dados_____ | 19 |
| RESULTADOS_____ | 21 |
| DISCUSSÃO_____ | 24 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS_____ | 26 |

Capítulo 2 – Crescimento e uso do habitat por *Diapterus rhombeus* em uma baía tropical do sudeste do Brasil, com base na análise de frequências de comprimento.

| | |
|--------------------------|----|
| RESUMO_____ | 30 |
| ABSTRACT_____ | 31 |
| INTRODUÇÃO_____ | 32 |
| MATERIAIS E MÉTODOS_____ | 33 |

| | |
|---|----|
| Área de estudo | 33 |
| Programa de amostragem | 34 |
| Análise de dados | 35 |
| RESULTADOS | 37 |
| Parâmetros de crescimento | 37 |
| Uso do habitat | 38 |
| Relação entre dados bióticos e variáveis ambientais | 42 |
| DISCUSSÃO | 44 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 47 |

Capítulo 3 – Estratégias de *Atherinella brasiliensis* em relação à variabilidade ambiental em uma baía tropical no sudeste do Brasil.

| | |
|--------------------------------------|----|
| RESUMO | 52 |
| ABSTRACT | 53 |
| INTRODUÇÃO | 54 |
| MATERIAIS E MÉTODOS | 55 |
| Área de estudo | 55 |
| Programa de amostragem | 56 |
| Análise de dados | 57 |
| RESULTADOS | 59 |
| Caracterização ambiental | 59 |
| Uso do habitat | 61 |
| Parâmetros de crescimento e produção | 65 |
| DISCUSSÃO | 66 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 69 |
| CONCLUSÕES GERAIS DOS CAPÍTULOS | 76 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 77 |

ÍNDICE DE FIGURAS

Páginas

Figura 1 – Área de estudo na Baía de Sepetiba - RJ indicando as zonas de amostragens de arrastos experimentais de fundo: ZI – zona interna; ZC – zona central e ZE – zona externa. Na margem continental os arrastos ocorreram 7 nas seguintes praias: Muriqui (1), Itacuruçá (2), Coroa Grande (3), Sepetiba (4) e Pedra (5). _____04

Capítulo 1 – Parâmetros de crescimento de *Micropogonias furnieri* na fase de pré-maturação em uma baía tropical do sudeste do Brasil através da análise de frequências de comprimento

Figura 1 – Área de estudo, Baía de Sepetiba com indicação dos locais de amostragem. Arrasto de praia: zona externa – 1: Muriqui, 2: Itacuruçá; zona central – 3: Coroa Grande; zona interna – 4: Sepetiba, 5: Pedra. Arrasto de Fundo: ZE: zona externa, ZC: zona central, ZI: zona interna. _____18

Figura 2 – Distribuição bimestral de frequência de classes de comprimento (cm) de *M. furnieri* capturado na Baía de Sepetiba, RJ. Linha vermelha indica a separação entre capturas na praia e no fundo. _____22

Figura 3 – Curvas de crescimento das coortes, calculadas através da rotina ELEFAN para os quatro ciclos analisados. _____23

Capítulo 2 – Crescimento e uso do habitat por *Diapterus rhombeus* em uma baía tropical do sudeste do Brasil com base na análise de frequências de comprimento

Figura 1 – Área de estudo, Baía de Sepetiba com indicação dos locais de amostragem. Arrasto de praia: zona externa – 1: Muriqui, 2: Itacuruçá; zona central – 3: Coroa Grande; zona interna – 4: Sepetiba, 5: Pedra. Arrasto de Fundo: ZI: zona interna, ZC: zona central, ZE: zona externa. _____34

Figura 2 – Curva de crescimento de von Bertalanffy de *Diapterus rhombeus* estimada a partir da análise de frequências de comprimento. Valores médios \pm desvio padrão do comprimento total em função das idades ao longo dos seis anos de amostragem. _38

Figura 3 – Média \pm erro da abundância (3A) e média \pm erro do peso (colunas) e do fator de condição (linha) de *Diapterus rhombeus* (3B) por classe de tamanho. _____38

Figura 4 – Distribuição das frequências relativas do tamanho de *Diapterus rhombeus* por local de coleta na Baía de Sepetiba ao longo dos 6 anos. O n representa o número de indivíduos capturados em cada local. As setas vermelhas apontam a colonização/recrutamento dos menores indivíduos nas praias e a seta preta indica a progressão modal (deslocamentos) entre as zonas do interior da baía. _____40

Figura 5 – Distribuição das frequências relativas do comprimento total de *Diapterus rhombeus* por estação na Baía de Sepetiba ao longo dos 6 anos de amostragem. 41

Figura 6 – Distribuição dos valores da mediana do comprimento total de *Diapterus rhombeus* entre os locais de coleta, as estações e os anos de amostragem na Baía de Sepetiba, RJ ao longo dos 6 ciclos anuais. Letras diferentes indicam as séries de dados que apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si. 25%-75% indicam os valores para o primeiro e terceiro quartis e Min-Max indicam os valores mínimo e máximo de comprimento. 41

Figura 7 – Variação de tamanho, abundância, peso individual e peso total por classes de variáveis ambientais. Barras = média \pm erro de CT (A) e peso individual (B); linhas = média \pm erro de abundância (A) e peso total (B). Parte superior indicando a relação entre as classes da variável e suas respectivas localidades (P=Praias, ZI=Zona Interna, ZC=Zona Central, ZE=Zona Externa). Letras entre parênteses distintas indicam diferenças significativas ao nível de 95%. 43

Figura 8 – Modelo conceitual do uso do habitat por *Diapterus rhombeus* na Baía de Sepetiba e seus componentes espaciais vitais. Adaptado de Lowerre-Barbieri *et al.*, 2016. 46

Capítulo 3 – Estratégias de *Atherinella brasiliensis* em relação à variabilidade ambiental em uma baía tropical do sudeste do Brasil

Figura 1 – Área de Estudo, Baía de Sepetiba, com indicação dos locais de coleta. Zona Externa (ZE): 1–Muriqui, 2–Itacuruçá; Zona Central (ZC): 3–Coroa Grande; Zona Interna (ZI): 4–Sepetiba e 5–Pedra. Quadrados correspondem às estações pluviométricas do GEORIO. 56

Figura 2 – Média (\pm erro) das variáveis ambientais locais e de larga escala ao longo do período de estudo na Baía de Sepetiba. V: Verão; O: Outono; I: Inverno; P: Primavera. TSM: Temperatura de Superfície do Mar; ONI: Índice Oceânico do El Niño. 61

Figura 3 – Média (\pm erro) da densidade de jovens e adultos de *Atherinella brasiliensis* por ano (3A), estação (3B) e local de coleta (3C) na Baía de Sepetiba. Letras minúsculas e maiúsculas diferentes indicam valores que apresentaram diferenças estatísticas significativas para os jovens e adultos, respectivamente. 62

Figura 4 – Diagrama de ordenação dos dois primeiros eixos da dbRDA, mostrando as amostras (variáveis bióticas e abióticas) codificadas por estação do ano (4A) e zonas da Baía de Sepetiba (4B). 64

Figura 5 – Comprimento total médio (\pm desvio padrão) das coortes de *Atherinella brasiliensis* ao longo das estações do ano na Baía de Sepetiba, com eixo secundário referente ao valor do ONI (Índice Oceânico do El Niño). V: Verão; O: Outono; I: Inverno; P: Primavera. 66

ÍNDICE DE TABELAS

Páginas

Capítulo 1 – Parâmetros de crescimento de *Micropogonias furnieri* na fase de pré-maturação em uma baía tropical do sudeste do Brasil através da análise de frequências de comprimento

Tabela I – Programa de amostragem de arrastos de praia e de fundo realizados nas três zonas da Baía de Sepetiba durante os ciclos anuais de 1993/1994, 1994/1995, 1995/1996 e 1998/1999. _____19

Tabela II – Parâmetros de crescimento (L_{∞} e K), idade teórica no comprimento (t_0), longevidade ($A_{0,95}$), mortalidade natural (M), temperatura média do ambiente (T °C), amplitude de oscilação sazonal (C), ponto invernal (W_p), amostra inicial (SS), tamanho inicial (SL), índice de ajuste (R_n) e índice de performance de crescimento (ϕ) da corvina por ciclo anual de amostragem na Baía de Sepetiba. _____23

Tabela III – Comparações dos parâmetros de crescimento de von Bertalanffy de acordo com o teste da razão de verossimilhança entre os métodos e os ciclos anuais. SQR-MG: soma dos quadrados dos resíduos no modelo geral; SQR-MR: soma dos quadrados dos resíduos no modelo restrito; Prob.: nível de probabilidade; ns: diferenças não significativas; * diferenças significativas ao nível de 95% de confiança; ** diferenças significativas ao nível de 99% de confiança. _____24

Capítulo 2 – Crescimento e uso do habitat por *Diapterus rhombeus* em uma baía tropical do sudeste do Brasil com base na análise de frequências de comprimento

Tabela I – Programa de amostragem de arrastos de praia e de fundo realizados nas três zonas da Baía de Sepetiba durante os anos de 1987, 1993, 1995, 1998, 2000 e 2012. _____35

Tabela II – Parâmetros de crescimento (L_{∞} e k), longevidade ($A_{0,95}$), taxa de mortalidade natural (M), temperatura média do ambiente (T °C) e índice de performance (ϕ) de *Diapterus rhombeus* ao longo dos 6 anos de amostragens na Baía de Sepetiba. _____37

Capítulo 3 – Estratégias de *Atherinella brasiliensis* em relação à variabilidade ambiental em uma baía tropical do sudeste do Brasil

Tabela I – Programa de amostragem de arrasto de praia realizado nas três zonas da Baía de Sepetiba durante os anos de 1996, 1997, 1998, 1999, 2000 e 2001. _____57

Tabela II – Resultados da rotina do modelo linear baseado na distância (DistLM), considerando a relação entre cada variável ambiental isolada e a densidade de *Atherinella brasiliensis* (Teste Marginal) e a relação entre as variáveis ambientais de um modo geral

e a densidade da espécie em um modelo de regressão múltipla (Teste Sequencial). _____63

Tabela III – Parâmetros de crescimento (k e L_{∞}), idade teórica no comprimento (t_0), longevidade ($A_{0,95}$), taxa de mortalidade (M), temperatura média do ambiente (T °C), índice de performance (ϕ), Produção (P), Biomassa (B), razão P/B e taxa de crescimento absoluto (AGR) de *Atherinella brasiliensis* ao longo dos 6 anos de amostragens na Baía de Sepetiba. _____65

RESUMO

PEREIRA, Hamilton Hissa. **Parâmetros populacionais e padrões de uso do habitat de três peixes abundantes (*Micropogonias furnieri*, *Diapterus rhombeus* e *Atherinella brasiliensis*) na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil: Uma abordagem a partir da estrutura em tamanho.** Seropédica: UFRRJ, 2017. 92p. (Tese, Doutorado em Ciências, Biologia Animal).

Baías são ecossistemas de extrema importância ecológica para os peixes, principalmente espécies estuarino-residentes que passam todo o ciclo de vida nestes ambientes, e jovens de espécies marinhas que utilizam suas águas como áreas de berçário ou durante parte do desenvolvimento inicial (espécies estuarino-dependentes). Tais ambientes são altamente dinâmicos, com variações espaciais e sazonais das condições ambientais o que propicia uma excelente oportunidade de avaliar os padrões de estrutura populacional das espécies abundantes. A ictiofauna da Baía de Sepetiba tem sido estudada desde a década de 1980 através de amostragens experimentais padronizadas de arrastos de praia e de fundo, onde se destacam em abundância três espécies com diferentes estratégias de uso do habitat e diferentes histórias de vida: a corvina -*Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823), a carapeba - *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829) e o peixe-rei - *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1825). Neste estudo, a estrutura em tamanho foi a ferramenta utilizada para estimar os parâmetros populacionais e inferir os padrões de ocupação do sistema estudado. A corvina utiliza a baía como área de berçário, possui um longo período de recrutamento com jovens presentes nas praias durante todo o ano, sendo raros no verão, enquanto sub-adultos usam águas mais profundas no interior da baía até atingirem a maturidade sexual, migrando para a plataforma continental adjacente com um tamanho aproximado de 25 cm de comprimento, correspondente a até três anos de idade, configurando a fase de pré-maturação da espécie. A carapeba está presente na baía em todos os estágios do ciclo de vida, com pico de recrutamento no verão; os jovens estão presentes nas praias em maior abundância no verão e outono. À medida que atingem maiores tamanhos os indivíduos se movimentam gradativamente em direção às águas mais profundas da baía com características oceânicas. Este padrão de variação espaço-temporal da estrutura em tamanho foi consistente ao longo do período de estudo, assim como os parâmetros populacionais que se mantiveram estáveis e indicaram que a espécie tem uma longevidade de aproximadamente 7 anos, atingindo um comprimento assintótico próximo aos 30 cm. O peixe-rei completa o ciclo de vida em águas rasas estando presente em todas as praias amostradas e ao longo de todo ano, porém as maiores densidades são registradas no verão; os jovens preferem águas calmas de ambientes estruturados, ao passo que os adultos, as praias com águas mais transparentes. A espécie possui ciclo de vida curto (aproximadamente 3 anos), pequeno porte (comprimento assintótico de 17 cm) e um prolongado período de recrutamento. A dinâmica de produção das coortes de *A. brasiliensis* mostrou-se sensível a eventos climáticos de larga escala, quando foram registrados recrutamentos pouco expressivos e rápido desaparecimento da coorte parental em decorrência do forte evento de El Niño ocorrido em 1997/1998. A exploração de séries temporais anuais de dados bióticos (e.g., comprimento e peso individual) padronizados e repetidos permitiu avaliar a estabilidade dos parâmetros populacionais ao longo dos anos, o que sugere um ajuste do uso do habitat por estas populações. O uso destas três espécies abundantes dentro de uma baía tropical permitiu concluir que a estrutura em tamanho de populações é uma ferramenta eficaz para análise de importantes aspectos bioecológicos

de peixes com diferentes estratégias de histórias de vida, que compartilham distintos padrões de ocupação do habitat estuarino.

Palavras chave: Peixes costeiros, estuário, frequência de comprimento, idade e crescimento, variáveis abióticas, distribuição espaço-temporal.

ABSTRACT

PEREIRA, Hamilton Hissa. **Population parameters and habitat use patterns of three abundant fishes (*Micropogonias furnieri*, *Diapterus rhombeus* and *Atherinella brasiliensis*) in the Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil: An approach from size structure**. Seropédica: UFRRJ, 2017. 92p. (Thesis, PhD in Sciences, Animal Biology).

Bays are ecosystems of extreme ecological importance for fish, mainly estuarine-resident species that spend the entire life cycle in these environments, and juveniles of marine species that use these waters as nursery or during part of the early development (estuarine-dependent). Such environments are highly dynamic, with changes in spatial and seasonal environmental conditions which provide an excellent opportunity to evaluate the patterns of population structure of abundant species. The ichthyofauna of Sepetiba Bay has been studied since the 1980s through standardized beach seine and bottom trawls sampling, with three species with different life history strategies reaching high abundance: the whitemouth croaker - *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823), the mojarra - *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829) and the Brazilian silverside - *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1825). In this study, the size structure was the tool used to estimate the population parameters and to infer the patterns of use of the system. The whitemouth croaker uses the bay as nursery grounds, has a long recruitment period with young individuals occurring in the beaches throughout the year, with paucity in the summer, whereas the sub-adults occur in the deeper bay waters until they reach sexual maturity, migrating to the adjacent continental shelf when they reach approximately size of 25 cm in total length, corresponding to up to three years of age, and configuring the pre-maturation stage of the species. The mojarra is present in the bay at all stages of the life cycle, peak in recruitment at the summer, with juvenile occurring in high abundance in summer and autumn. As they reach larger sizes, individuals move gradually toward bay deeper waters with oceanic characteristics. This pattern of spatial-seasonal changes in the size structure was consistent throughout the study period, as well as the population parameters that remained stable and indicated that the species has a longevity of approximately 7 years, reaching an asymptotic length close to 30 cm total length. The Brazilian silverside completes life cycle in shallow waters and were present in all sampling occasions and throughout the year, but the highest densities were recorded in the summer; the juveniles prefer calm waters from structured environments, while the adults prefer beaches with more transparent waters. The species has a short life cycle (approximately 3 years), small size (asymptotic length of 17 cm) and a long recruitment period. The dynamics of cohort production for *A. brasiliensis* was sensitive to large-scale climatic events, with low recruitment and rapid disappearance of the parental cohort due to the strong El Niño event that occurred in 1997/1998. The use of standardized and repeated annual time series of biotic data (e.g. individual length and weight) allowed us to evaluate the stability of population parameters over the years, suggesting an adjusted habitat use by these populations. Using these three abundant species within a tropical bay allowed us to conclude that the population size structure is an effective tool for analyzing important bioecological aspects of fish with different life history strategies, which share different patterns of estuarine habitat occupation.

Key words: Coastal fishes; estuary, length frequency, age and growth, abiotic variables, spatio-temporal distribution.

INTRODUÇÃO GERAL

Ambientes estuarinos são áreas de transição ecológica ligando ecossistemas terrestres, dulcícolas e marinhos, sendo caracterizados por elevadas concentrações de nutrientes e grande variabilidade ambiental, por causa da mistura de água doce e salgada (ELLIOT, 2002; GILLANDERS *et al.*, 2011). Tais ambientes podem ser definidos como um corpo de água costeiro semi-fechado que é permanentemente ou periodicamente conectado ao mar e que recebe pelo menos descarga periódica de um ou mais rios, apresentando salinidade tipicamente inferior à do mar, com variações temporais e ao longo da sua extensão, podendo tornar-se hipersalinos em regiões onde a perda de água evaporada é alta e as entradas de água doce e de maré são insignificantes (POTTER *et al.*, 2010). Mudanças nas características físico-químicas destes ambientes são influenciadas principalmente pela ação de marés, fluxo de água doce, ventos, temperatura da água e do ar e precipitações pluviométricas, que tem padrões temporais sazonais relativamente previsíveis, embora com variabilidades climáticas interanuais (JAMES *et al.*, 2013). As condições climáticas locais e de larga escala também podem apresentar grande efeito sobre o funcionamento biológico dos estuários, baías e sistemas lagunares (KENNEDY, 1990; LEHMAN & SMITH, 1991; YIN *et al.*, 1997), com uma série de implicações para a ictiofauna (GARCIA *et al.*, 2001; HARLEY *et al.*, 2006; VIEIRA *et al.*, 2008; RIJNSDORP *et al.*, 2009).

As baías são um exemplo de ambiente estuarino que possuem relevante importância ecológica para a manutenção da ictiofauna, sendo utilizadas como área de berçário, refúgio, alimentação e rota de migração por diversas espécies, além de sustentarem toda uma assembleia de peixes residentes (DOLBETH *et al.*, 2008). Suas águas rasas oferecem abrigo contra predação, e a elevada produtividade do ecossistema propicia elevadas taxas de crescimento aos jovens, favorecendo o recrutamento das espécies (BECK *et al.*, 2001; DOLBETH *et al.*, 2010). Entretanto, poucas espécies apresentam elevadas abundâncias por serem tolerantes à variabilidade natural intrínseca destes ambientes, com destaque para as guildas dos estuarino-residentes e marinhos estuarino-dependentes (ELLIOTT & DEWAILLY, 1995; WHITFIELD, 1999; MARTINHO *et al.*, 2007). Algumas espécies que ocorrem nestes ambientes durante a fase juvenil, apresentam importância comercial, logo estes ambientes podem ser considerados ecossistemas essenciais para a renovação dos estoques (recursos) pesqueiros (HOUDE & RUTHERFORD, 1993; ABLE, 2005; NICOLAS *et al.*, 2007). Quanto às espécies residentes, seu papel como predador e/ou presa na teia trófica as torna cruciais para a dinâmica geral e o funcionamento do sistema estuarino (LEITÃO *et al.*, 2007; DOLBETH *et al.*, 2007). Contudo, tais ecossistemas estão entre os mais degradados do planeta, o que levou à intensificação de pesquisas ecológicas sobre a conservação e valorização dos habitats essenciais para os peixes (GILLIERS *et al.*, 2006; SEARCY *et al.*, 2007; AMARA *et al.*, 2007).

Numerosas perturbações antropogênicas vêm afetando os ecossistemas costeiros marinhos, contribuindo para as alterações de seus habitats e mudanças na estrutura e dinâmica das assembleias de peixes (KENNISH, 2002; WHITFIELD & ELLIOTT, 2002). As atividades humanas vêm promovendo modificações na geomorfologia, fisiografia e hidrologia destes ambientes, devido aos represamentos, as construções de portos, a urbanização de cidades, as dragagens periódicas dos canais e a destruição dos habitats (BLABER, 2002; COLBURN & JEPSON, 2012). A qualidade ambiental, tanto em relação às pressões antropogênicas quanto à variabilidade natural do ecossistema afetam as flutuações nos níveis de recrutamento e produção das populações de peixes,

que são altamente dinâmicas no sentido de produzirem coortes mais fortes, em relação às taxas de crescimento e sobrevivência dos indivíduos, apenas quando as condições ambientais são favoráveis (NICOLAS *et al.*, 2007; DOLBETH *et al.*, 2007).

O recrutamento de qualquer espécie de peixe marinho, garantido através da sobrevivência, crescimento e migração para o habitat dos adultos, dentro dos ecossistemas estuarinos é bastante influenciado pela qualidade do habitat, que oscila de acordo com a variabilidade natural e climática (NICOLAS *et al.*, 2007; DOLBETH *et al.*, 2008). Os distintos estágios na história de vida dos peixes (ovo, larva, jovem e adulto) em geral apresentam exigências e habitats diferenciados, sendo a preferência específica de habitat em cada estágio do desenvolvimento, relacionada à busca por condições ambientais adequadas, oferta de alimento e abrigo para escapar da predação (YÁÑEZ-ARANCIBIA *et al.*, 1998; RIJNSDORP *et al.*, 2009). Ambientes estuarinos possuem potenciais áreas de berçário, ou seja, subconjuntos de habitats utilizados pelos jovens que podem assegurar uma maior contribuição de indivíduos para a população adulta (BECK *et al.*, 2001; GILLANDERS *et al.*, 2003; DAHLGREN *et al.*, 2006). Tais contribuições podem ser mensuradas pelas taxas de densidade/abundância, crescimento e sobrevivência e pelos movimentos (conectividade) entre habitats.

As populações de peixes podem responder a variabilidade ambiental de diferentes maneiras, de acordo com as características do ciclo de vida das espécies, o tipo de habitat, a frequência, duração e intensidade das flutuações (oscilações) ambientais (MORAES *et al.*, 2012). Assim, as variáveis ambientais afetam os indivíduos direta e indiretamente, tanto a nível fisiológico quanto ecológico (comportamental), refletindo nos principais parâmetros populacionais (VAZZOLER, 1996; SÁ-OLIVEIRA *et al.*, 2015). O conhecimento de aspectos gerais do ciclo de vida das espécies, como o uso do habitat ao longo do desenvolvimento ontogenético, a época do ano em que ocorrem as maiores abundâncias e os padrões de recrutamento, crescimento, longevidade e mortalidade natural (BERVIAN & FONTOURA, 2007; SILVA *et al.*, 2014), tornam-se fundamentais para analisarmos o potencial ecológico de ambientes estuarinos para a manutenção da ictiofauna.

O tamanho de um peixe é essencialmente a variável preditora mais facilmente obtida em estudos experimentais e de monitoramento pesqueiro, permitindo varias interpretações, *i.e.*, a magnitude de suas interações com outros organismos e seus padrões de distribuição, reprodução, alimentação e migração (PAULY, 1998). Além disso, a estrutura em tamanho de uma população possibilita inferências sobre o uso do habitat seus padrões de variações espaciais/temporais e suas relações entre a abundância *vs* estágio de desenvolvimento *vs* variáveis ambientais.

O objetivo deste estudo foi contribuir para o conhecimento da biologia de três espécies de peixes abundantes na Baía de Sepetiba a partir da determinação de alguns parâmetros populacionais. As espécies-alvo foram a corvina *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823), a carapeba *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829) e o peixe-rei *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824). A partir da análise da estrutura em tamanho oriunda de uma expressiva série temporal de dados, foram investigadas como as diferentes estratégias de vida destas espécies respondem aos padrões de ocupação do sistema em estudo, bem como à variabilidade ambiental.

A estrutura desta tese é composta de três capítulos, com o primeiro abordando parâmetros populacionais de *Micropogonias furnieri* durante sua fase de pré-maturação; o segundo refere-se ao crescimento, padrões de uso do habitat e relações com variáveis

ambientais locais de *Diapterus rhombeus*; e o terceiro capítulo envolve as relações entre os parâmetros vitais e de uso do habitat de *Atherinella brasiliensis* associados às variáveis ambientais locais e de larga escala.

Área de estudo

A Baía de Sepetiba (Latitude: 22°54'-23°04'S e Longitude: 43°34'-44°10'W) foi formada por um cordão arenoso de 40 km de extensão (Restinga da Marambaia) que a separa do Oceano Atlântico e proporciona águas calmas e rasas no seu interior. Possui largura máxima de 18 km no extremo oeste, limite entre o interior da baía e a área oceânica adjacente à Baía de Ilha Grande, denominada de zona externa (AZEVEDO *et al.*, 2007; PEREIRA *et al.*, 2015). A margem continental da Baía de Sepetiba é formada por um mosaico de habitats fundamentais para a manutenção da riqueza da ictiofauna deste ecossistema. Dentre os tipos de ambientes destacam-se áreas de manguezal, marismas, pequenos estuários, costões rochosos e praias arenosas e lamosas (PESSANHA *et al.*, 2003; PEREIRA *et al.*, 2015). Os ambientes mais estruturados e os maiores aportes de água doce situam-se nas zonas central e interna, representando importantes fontes alóctones de nutrientes que contribuem para a produtividade da área (SEMA, 1998; ARAÚJO *et al.*, 2002; NEVES *et al.*, 2006). Os maiores efeitos da degradação ambiental da baía ocorrem nessa região de menor influência marinha, onde o processo de urbanização desordenada é tipicamente acentuado. (TUBBS FILHO *et al.*, 2012).

Em termos gerais, a escala espacial das praias amostradas foi definida segundo uma ordem de influência de descarga da drenagem continental: Muriqui, localizada na zona externa, recebe maior influência oceânica, bem como de descargas pluviais e de dois pequenos rios de 2ª e/ou 3ª ordem. Itacuruçá, localizada na zona externa, recebe descargas de pequenos córregos canalizados onde se misturam águas de drenagem fluviais e pluviais; Coroa Grande, localizada na zona central, recebe a descarga de drenagem pluvial associada a drenagem do Rio Cação de 3ª e/ou 4ª ordem formando um sistema de manguezal; Sepetiba e Pedra, localizadas na zona interna, sob menor influência marinha, recebem aporte de vários canais retificados variando de 1ª a 5ª ordem, além da drenagem pluvial (SEMADS, 2001).

A Baía de Sepetiba está localizada na periferia do Rio de Janeiro e até a década de 1960 era uma área agrária quando passou a ser modificada pela expansão urbana e industrial (BARCELLOS & LACERDA, 1994). Dentre os impactos ambientais sofridos destacam-se o lançamento de efluentes orgânicos e industriais na água, a presença de metais pesados no sedimento, o assoreamento e eutrofização da região mais interna, a sobrepesca, a construção civil e a degradação de habitats (LACERDA *et al.*, 1987; BARCELLOS *et al.*, 1991; 1997; COPELAND *et al.*, 2003; MOLISANI *et al.*, 2004; 2006; CUNHA *et al.*, 2006; 2009; TUBBS FILHO *et al.*, 2012). Os impactos ambientais foram intensificados nos últimos anos, com destaque para expansão do Porto de Itaguaí, dragagem de canais, construção e operação de uma grande siderúrgica e de um estaleiro de submarinos (ARAÚJO *et al.*, 2016; 2017).

Programas de longa duração têm sido objetos de estudos ecológicos desde 1983 até a atualidade, e durante este período verificou-se a intensificação das atividades antropogênicas associadas a alterações na estrutura da assembleia de peixes, reduções na riqueza de espécies e na abundância de indivíduos (ARAÚJO *et al.*, 2016, 2017).

Amostragens de arrasto de praia experimentais demonstram maiores reduções na riqueza de espécies entre as décadas de 1980 e 1990 para a guilda dos marinhos migrantes ao longo de todas as zonas da baía. Já as guildas dos marinhos ocasionais e dos residentes apresentaram maiores reduções na zona externa da baía (ARAÚJO *et al.*, 2016). Amostragens experimentais de arrasto de fundo realizadas no interior da baía (Figura 1) também corroboraram reduções na riqueza e abundância agravadas a partir do final da década de 1990, principalmente nas zonas interna e central da baía (ARAÚJO *et al.*, 2017).

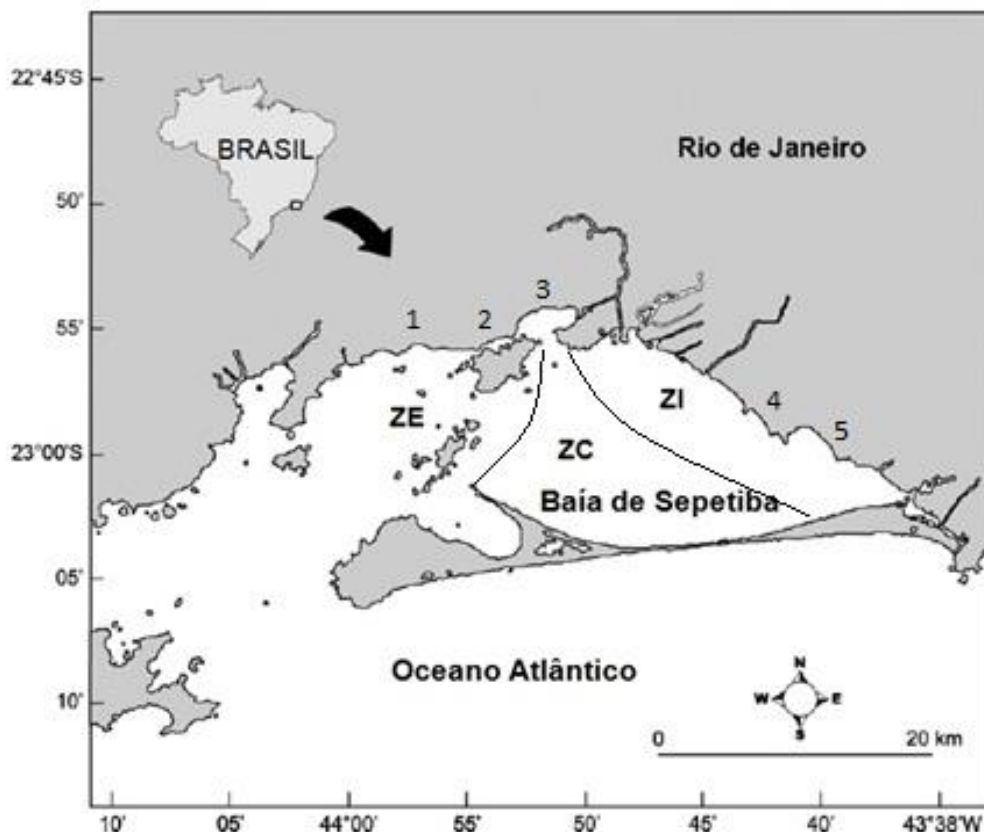


Figura 1. Área de estudo na Baía de Sepetiba - RJ indicando as zonas de amostragem de arrastos experimentais de fundo: ZI – zona interna; ZC – zona central e ZE – zona externa. Na margem continental os arrastos ocorreram nas seguintes praias: Muriqui (1), Itacuruçá (2), Coroa Grande (3), Sepetiba (4) e Pedra (5).

Caracterização climática e variabilidade interanual

O clima da região, classificado segundo a classificação de macroclima de KÖEPPEN (1948), se enquadra no grupo Aw definido como clima tropical chuvoso. Conforme critérios estabelecidos por NIMER (1989), o local apresenta mesoclima definido como tropical, quente e super-úmido. MATTOS (2005) pormenorizou os atributos acima na Restinga da Marambaia, uma área de confluência entre o interior da baía e região oceânica adjacente, também denominada de zona externa. A temperatura média anual do ar foi de 23,7° C sendo fevereiro o mês mais quente (26,8°C) e agosto o

mês mais frio (20,9°C). A precipitação anual foi em torno de 1239,7mm, sendo o verão a estação chuvosa e o inverno a mais seca. Ventos do quadrante sul (sul/sudeste) são os mais frequentes e de maior intensidade, que juntamente com as brisas marinhas, descarregam umidade contra o anteparo das serras que circundam as baías, podendo contribuir para ocorrência de chuvas na estação seca de inverno (SIGNORINI, 1980a; BARBIÉRI & KRONEMBERG, 1994). Na Baía de Sepetiba, o principal mecanismo responsável pela geração de correntes é a maré (SIGNORINI 1980a; 1980b; FRAGOSO, 1995). Outro aspecto interessante da circulação desta baía é a presença de oscilações periódicas com aproximadamente 6 horas de duração (IKEDA & STEVENSON, 1980; SIGNORINI 1980a, 1980b; IKEDA *et al.*, 1989; CORRÊA, 1994; FRAGOSO, 1995) influenciadas também pela entrada de águas oceânicas frias e densas, provenientes da baía da Ilha Grande e da área costeira adjacente que penetram pela parte oeste da baía, entre as ilhas de Itacuruçá e Jaguanum. Ao se misturarem com as águas de drenagem continental proveniente dos rios Cação, Guarda, Itaguaí e Guandu, estas correntes se aquecem e tornam-se superficiais, contornando a baía e saindo pelo canal entre as ilhas Jaguanum e da Marambaia, onde existe uma sobreposição de correntes superficiais menos salinas e quentes que saem e profundas e frias que entram (COSTA, 1992).

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) pode ser considerada como o principal sistema de grande escala responsável pelo regime de chuvas sobre o Brasil durante o verão austral, que vai de outubro a março. Trata-se de uma zona de convergência subtropical associada a processos pluviométricos convectivos do encontro de massas de ar quentes e úmidas da Amazônia e do Atlântico Sul na porção central do Brasil (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007). Em geral, a ZCAS estende-se desde o sul da região Amazônica até a porção central do Atlântico Sul, podendo variar de 10 a 15 graus de latitude. Isto resulta em situações climáticas distintas entre locais, conforme a região onde ela estaciona (ARTAXO, 2011). Outros eventos de variabilidade climática são causados por fenômenos que ocorrem em diferentes escalas espaciais e temporais, com destaque para o El Niño, um fenômeno oceânico caracterizado pelo aquecimento incomum das águas superficiais das porções central e leste do Oceano Pacífico. Essa anomalia regional de Temperatura de Superfície do Mar (TSM) assume dimensões continentais e globais em decorrência da interação Oceano-Atmosfera, nesse caso conhecida como ENOS (El Niño-Oscilação Sul). A La Niña outro evento de mesma magnitude é representado pelo resfriamento atípico das águas do Pacífico e efetiva-se quando a porção leste do Pacífico fica sujeita ao aumento anômalo de suas pressões, habitualmente elevadas (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007; NOBRE, 2011). Por afetar a dinâmica climática em escala global, a ocorrência do fenômeno gera diversas alterações climáticas com impactos generalizados sobre as atividades humanas, como secas severas, inundações e ciclones. No Brasil as alterações climáticas mais associadas ao fenômeno de El Niño são secas na Amazônia e no nordeste brasileiro, além de chuvas e inundações no sul do Brasil, podendo se estender até a região sudeste (DIAS, 2011; NOBRE, 2011). No século XX, foram registrados 12 eventos de El Niño, com destaque para o ocorrido nos anos de 1997 e 1998 (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007). Possivelmente, com o aquecimento global e consequente aumento da TSM do Pacífico, estes eventos tornar-se-ão mais frequentes e intensos no futuro (NOBRE, 2011; ARTAXO, 2011). Neste escopo, eventos do ciclo de vida de uma espécie, *i.e.*, sobrevivência, crescimento, reprodução e distribuição dos indivíduos podem variar consideravelmente como resultado da variabilidade climática em distintas escalas *i.e.*, sazonal, interanual, interdecadal e de longo prazo (BRANDER, 2007).

Espécies-alvo do estudo

A corvina *Micropogonias furnieri* (Desmarest 1823) é um peixe costeiro da família Sciaenidae, de hábitos demersais e ampla distribuição geográfica no Oceano Atlântico Ocidental, encontrada das Antilhas (20°N) até a Argentina (41°S) (VAZZOLER, 1991). Ocorre em fundos arenosos e lamosos, mais comumente em profundidades inferiores a 60 metros (MAGRO *et al.*, 2000), sendo um importante recurso pesqueiro demersal explorado pela frota industrial (arrasto de portas e de parelha) e artesanal (rede de emalhe) nas regiões Sul e Sudeste do Brasil (FIPERJ, 2013; HAIMOVICI *et al.*, 2016). Sua reprodução é parcelada com desenvolvimento sincrônico tendendo ao assincrônico (SANTOS *et al.*, 2015), com idade estimada entre 20 e 40 anos e comprimento total aproximado de 48 à 70 cm, para a área de distribuição no sudeste/sul (HAIMOVICI *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2017). Os exemplares jovens ocorrem em ambientes estuarinos utilizados para alimentação e crescimento (COSTA & ARAÚJO, 2003; MULATO *et al.*, 2015). Alimenta-se de organismos do fundo, principalmente anelídeos, crustáceos e pequenos peixes (FIGUEIREDO & VIEIRA, 2005; PESSANHA & ARAÚJO, 2014). Apesar da importância econômica da espécie, as elevadas abundâncias de corvina no interior de baías acarretam em capturas de indivíduos sub-adultos como fauna acompanhante da pesca artesanal do camarão (MAGRO *et al.*, 2000; ANDRADE-TUBINO *et al.*, 2009), que utiliza o mesmo petrecho de pesca que as amostragens experimentais realizadas no presente estudo.

A carapeba, *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829) é um peixe da família Gerreidae, eurialino, muito comum tanto em ambientes estuarinos, quanto nos ambientes costeiros adjacentes (AYALA-PÉREZ *et al.*, 2001; FRANCO *et al.*, 2012). Distribui-se do sudeste da Flórida (Estados Unidos) à Santa Catarina (Brasil) no Oceano Atlântico Ocidental (McEACHRAN & FECHHELM, 2005). Não apresenta importância comercial para pesca industrial, porém em pescarias de pequena escala a espécie apresenta valor agregado sendo comercializada localmente, destacando-se também como fauna acompanhante na pesca do camarão na Baía de Sepetiba (FIPERJ, 2014). A desova parece ocorrer próxima à desembocadura dos estuários e os jovens se desenvolvem em águas rasas, junto a praias e canais de mangue utilizados para alimentação e crescimento (ARAÚJO & SANTOS, 1999). Os maiores indivíduos descritos na literatura apresentam comprimento total em torno 40 cm (FROESE & PAULY, 2017). A espécie possui boca protátil e se alimenta principalmente da macrofauna bentônica, sendo boa parte do conteúdo estomacal constituído de lama. É predada por espécies piscívoras de grande porte (PESSANHA & ARAÚJO, 2012; 2014).

O peixe-rei, *Aterinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard 1825) é um peixe da família Atherinopsidae, estuarino residente (SCZEPANSKI *et al.*, 2007; CONTENTE *et al.*, 2010) com ampla tolerância a salinidade e elevadas abundâncias em águas rasas de ambientes estuarinos e praias oceânicas adjacentes. Distribui-se da Venezuela ao Rio Grande do Sul no Oceano Atlântico Ocidental. A espécie apresenta desova parcelada e um longo período reprodutivo, o que implica em presença de larvas durante todo o ano (BERVIAN & FONTOURA, 1997; FÁVARO *et al.*, 2003). Possui ovos bentônicos com filamentos que os mantem unidos entre si ou aderentes ao substrato arenoso, apresentando desenvolvimento direto e maiores abundâncias de jovens em ambientes de remanso e estruturados (DEL RÍO *et al.*, 2005). O peixe-rei possui pequeno porte e apresenta uma idade aproximada de 3,3 anos para um comprimento máximo de 14,2 cm (CARVALHO, 2014), além de representar um importante componente trófico na cadeia alimentar em tais sistemas. Seu nicho alimentar inclui uma grande variedade de tipos de presas, *i.e.*,

zooplâncton, diatomáceas, insetos terrestres e detritos vegetais (CONTENTE *et al.*, 2010) além de ser predado por níveis tróficos superiores.

OBJETIVO & HIPÓTESE GERAL DA TESE

O principal objetivo da tese foi investigar os padrões de uso da Baía de Sepetiba por espécies com diferentes histórias de vida. Para isso testamos a hipótese de que a persistência e estabilidade dos parâmetros de crescimento, ao longo de uma série temporal, indicam um equilíbrio populacional com padrões ontogenéticos de uso do habitat recorrentes. Indubitavelmente, sistemas estuarinos comportam diferentes usos do habitat, promovendo distintos padrões espaciais e temporais da estrutura em tamanho e da abundância refletindo processos que ocorrem ao longo do desenvolvimento das espécies.

Objetivos Gerais

- Capítulo 1: Estimar os parâmetros de crescimento de *Micropogonias furnieri* na fase de pré-maturação, a fim de investigar se estes parâmetros são bons preditores da performance da espécie na Baía de Sepetiba, garantindo a adaptação e sobrevivência.
- Capítulo 2: Determinar parâmetros vitais de *Diapterus rhombeus* a partir da estrutura em tamanho, assim como verificar as possíveis influências das condicionantes ambientais locais sobre o ciclo de vida.
- Capítulo 3: Investigar a dinâmica de produção das coortes (sobrevivência, crescimento e biomassa) de *Atherinella brasiliensis* ao longo do tempo, bem como explorar as associações entre as variáveis preditoras (temperatura local, salinidade, transparência, pluviosidade, Temperatura de Superfície do Mar e Índice Oceânico do El Niño) e as variáveis respostas (densidade de jovens e adultos).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABLE, K.W. A re-examination of fish estuarine dependence: Evidence for connectivity between estuarine and ocean habitats. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 64, p. 5–17. 2005.
- AMARA, R.; MEZIANE, T.; GILLIERS, C.; HERMEL, G.; LAFFARGUE, P. Growth and condition indices in juvenile sole *Solea solea* measured to assess the quality of essential fish habitat. **Marine Ecology Progress Series**, v. 351, p. 201–208. 2007.
- ANDRADE-TUBINO, M.F.; FIORE-CORREIA, L.B.; VIANNA, M. Morphometrics and length structure of *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) (Perciformes, Sciaenidae) in Guanabara bay, state of Rio de Janeiro, Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 35, n. 2, p. 239–246. 2009.
- ARAÚJO, F.G.; SANTOS, A.C.A. Distribution and recruitment of mojarra (Perciformes, Gerreidae) in the continental margin of Sepetiba Bay, Brazil. **Bulletin of Marine Science**, v. 65, n. 2, p. 431–439. 1999.
- ARAÚJO, F.G.; AZEVEDO, M.C.C.; SILVA, M.A.; PESSANHA, A.L.M.; GOMES, I.D.; CRUZ-FILHO, A.G. Environmental influences on the demersal fish assemblages in the Sepetiba Bay, Brazil. **Estuaries**, v. 25, p. 441–450. 2002.

- ARAÚJO, F.G.; AZEVEDO, M.C.C.; GUEDES, A.P.P. Inter-decadal changes in fish communities of a tropical bay in southeastern Brazil. **Regional Studies in Marine Science**, v. 3, p. 107–118. 2016.
- ARAÚJO, F.G.; PINTO, S.M.; NEVES, L.M.; AZEVEDO, M.C.C. Inter-annual changes in fish communities of a tropical bay in southeastern Brazil: What can be inferred from anthropogenic activities? **Marine Pollution Bulletin**, v. 114, p. 102–113. 2017.
- ARTAXO, P. O papel dos aerossóis no sistema climático. Em: NUSSENZVEIG, M. (org.) **O futuro da Terra**. FGV, Rio de Janeiro, p. 167–194. 2011.
- AYALA-PÉREZ, L.A.; GÓMEZ-MONTES, B.A.; MIRANDA, J.R. Distribución, abundancia y parâmetros poblacionales de la mojarra *Diapterus thombeus* (Pisces: Gerreidae) em la Laguna de Términos, Campeche, México. **Revista de Biología Tropical**, v. 49, n. 2, p. 635–642. 2001.
- AZEVEDO, M.C.C.; ARAÚJO, F.G.; CRUZ-FILHO, A.G.; PESSANHA, A.L.M.; SILVA, M.A.; GUEDES, A.P.P. Demersal fishes in a tropical bay in Southeastern Brazil: Partitioning the spatial, temporal and environmental components of ecological variation. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 75, p. 468–480. 2007.
- BARBIÉRI, E.B.; KRONEMBERGER, D.M.P. Climatologia do litoral Sul-Sudeste do estado do Rio de Janeiro. **Caderno de Geociências**, v. 12, p. 57–73. 1994.
- BARCELLOS, C.; REZENDE, C.E.; PFEIFFER, W.C. 1991. Zinc and cadmium production and pollution in a Brazilian coastal region. **Marine Pollution Bulletin**, v. 22, p. 558–561. 1991.
- BARCELLOS, C.; LACERDA, L.D. Cadmium and Zinc source assessment in the Sepetiba Bay and basin region. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 29, p. 183–199. 1994.
- BARCELLOS, C.; LACERDA, L.D.; CERADINI, S. Sediment origin and budget in Sepetiba Bay (Brazil) — an approach based on multielemental analysis. **Environmental Geology**, v. 32, p. 203–209. 1997.
- BECK, M.W.; HECK JR., K.L.; ABLE, K.W.; CHILDERS, D.L.; EGGLESTON, D.B.; GILLANDERS, B.M.; HALPERN, B.; HAYS, C.G.; HOSHINO, K.; MINELLO, T.J.; ORTH, R.J.; SHERIDAN, P.F.; WEINSTEIN, M.P. The Identification, Conservation, and Management of Estuarine and Marine Nurseries for Fish and Invertebrates. **BioScience**, v. 51, n. 8, p. 633–641. 2001.
- BERVIAN, G.; FONTOURA, N. F. Reprodução de *Atherinella brasiliensis* no estuário do rio Tramandaí, Imbé, Rio Grande do Sul, Brasil (Teleostei, Atherinopsidae). **Biociências**, v. 5, n. 2, p. 19–32. 1997.
- BERVIAN, G.; FONTOURA, N.F. Growth of the Silverside *Atherinella brasiliensis* in Tramandaí Estuary, Southern Brazil (Actinopterygii: Atherinopsidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 5, p. 485–490. 2007.
- BLABER, S.J.M. Fishes in Estuaries. **Fish and Fisheries**, v. 3, n. 4, p. 360–361. 2002
- BRANDER, K.M. Global fish production and climate change. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, vol. 104, n. 50, p. 19709–9714. 2007
- CARVALHO, B.M. **Mudança ontogenética no uso de habitat e crescimento de *Atherinella brasiliensis* (Atherinopsidae) e *Anchoa tricolor* (Engraulidae) em um estuário subtropical**. Dissertação de Mestrado - Curso de Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos, Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná. 85 p. 2014.
- COLBURN, L.L.; JEPSON, M. Social Indicators of Gentrification pressure in fishing communities: a context for social impact assessment. **Coastal Management**, v. 40, p. 289–300. 2012

- CONTENTE, R.F.; STEFANONI, M.F.; SPACH, H. 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**, v. 91, n. 6, p. 1–9. 2010.
- COPELAND, G.; MONTEIRO, T.; COUCH, S.; BORTHWICK, A. Water quality in Sepetiba Bay, Brazil. **Marine Environmental Research**, v. 55, p. 385–408. 2003.
- COSTA, R.N.L.T.R. **Pensar o mar para poder pescar: o espaço da pesca de litoral na Baía de Sepetiba, RJ**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 181 p. 1992
- COSTA, M.R.; ARAÚJO, F.G. Use of a tropical bay in southeastern Brazil by juvenile and subadult *Micropogonias furnieri* (Perciformes, Sciaenidae). **ICES Journal of Marine Science**, v. 60, p. 268–277. 2003.
- CORRÊA, M.A. **Análise das oscilações das correntes observadas na Baía da Ilha Grande (RJ)**. Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, SP. 115 p. 1994.
- CUNHA, C.L.N.; ROSMAM, P.C.C.; FERREIRA, A.P.; MONTEIRO, T.C.N. Hydrodynamics and water quality models applied to Sepetiba Bay. **Continental Shelf Research**, v. 26, p. 1940–1953. 2006.
- CUNHA, B.C.A.; ROCHA, D.S.; GERALDES, M.C.; PEREIRA, S.D.; ALMEIDA, A.C. Pb isotopic signatures in sediments of a subtropical coastal lagoon: anthropogenic source for metal contamination in the Sepetiba Bay (SE – Brazil). International Coastal Symposium. **Journal of Coastal Research**, v. 56, p. 797–801. 2009.
- DAHLGREN, C.P.; KELLISON, G.T.; ADAMS AJ.; GILLANDERS B.M.; KENDALL, M.S.; LAYMAN, C.A.; LEY, JA.; NAGELKERKEN I.; SERAFY J.E. Marine nurseries and effective juvenile habitats: Concepts and applications. **Marine Ecology Progress Series**, v. 312, p. 291–295. 2006.
- DEL RÍO, V.; ROSAS, J.; VELÁSQUEZ, A.; CABRERA, T. Desarrollo embrionario larval y tiempo de metamorfosis del pez tropical *Xenomelaniris brasiliensis* (Pisces: Atherinidae). **Revista de Biología Tropical**, vol. 53, n 3-4, p. 1–10. 2005.
- DIAS, P.L.S. A ciência das mudanças climáticas. Em: NUSSENZVEIG, M. (org.) **O futuro da Terra**. FGV, Rio de Janeiro, p. 35–60. 2011.
- DOLBETH, M.; MARTINHO, F.; LEITÃO, R.; CABRAL, H.; PARDAL, M.A. Strategies of *Pomatoschistus minutus* and *Pomatoschistus microps* to cope with environmental instability. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 74, p. 263–273. 2007.
- DOLBETH, M.; MARTINHO, F.; VIEGAS, I.; CABRAL, H.; PARDAL, M.A. Estuarine production of resident and nursery fish species: Conditioning by drought events? **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 78, p. 51–60. 2008.
- DOLBETH, M.; MARTINHO, F.; FREITAS, V.; COSTA-DIAS, S.; CAMPOS, J.; PARDAL, M.A. Multi-year comparisons of fish recruitment, growth and production in two drought-affected Iberian estuaries. **Marine and Freshwater Research**, v. 61, p. 1399–1415. 2010.
- ELLIOTT, M.; DEWAILLY, F. The structure and components of European estuarine fish assemblages. **Netherlands Journal of Aquatic Ecology**, v. 29, p. 397–417. 1995.
- ELLIOTT, M. An overview of the status, study and management of fishes in estuaries. Em: ELLIOTT, M.; HEMMINGWAY, K.L. (org.) **Fishes in estuaries**. Blackwell Science, Oxford, p 53–575. 2002.
- FÁVARO, L.F.; LOPES, S.C.G.; SPACH, H.L. Reprodução do peixe-rei, *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard) (Atheriniformes, Atherinidae), em uma planície de maré

- adjacente à gamboa do Bagaçu, Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20(3): 501–506. 2003.
- FIGUEIREDO, G.M.; VIEIRA, J.P. Diel feeding, daily food consumption and the predatory impact of whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*) in an estuarine environment. **Marine Ecology**, v. 26, p. 130–139. 2005.
- FIPERJ. **Diagnóstico da Pesca do Estado do Rio de Janeiro**. Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro, Niterói. 101p. 2013.
- FIPERJ. **Relatório final da Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro**. Secretaria de Desenvolvimento Regional, Abastecimento e Pesca. 141p. 2014.
- FRANCO, T.P.; NEVES, L.M.; TEIXEIRA, T.P.; ARAÚJO F.G. Patterns of spatial distribution of five species of mojarras (Actinopterygii: Gerreidae) in a small tropical estuary in south-eastern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 92, n. 5, p. 1217–1225. 2012.
- FRAGOSO, M. R. 1995. **Estimativa do padrão de circulação da Baía de Sepetiba (RJ) através de modelagem numérica**. Monografia de Graduação, Departamento de Oceanografia – UERJ, Rio de Janeiro, 84 p.
- FROESE, R.; PAULY, D. (eds). FishBase. World Wide Web electronic publication. Disponível em: <http://www.fishbase.org>, version 06/2017 (acesso em 20 julho 2017). 2017.
- GARCIA, A.M.; VIEIRA, J.P.; WINEMILLER, K.O. Dynamics of the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon estuary (Brazil) during cold and warm ENSO episodes. **Journal of Fish Biology**, v. 59, p. 1218–1238. 2001.
- GILLIERS, C.; LE PAPE, O.; DÉSAUNAY, Y.; MORIN, J.; GUÉRAULT, D.; AMARA, R. Are growth and density quantitative indicators of essential fish habitat quality? An application to the common sole *Solea solea* nursery grounds. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 69, p. 96–106. 2006
- GILLANDERS, B.M., ABLE, K.W., BROWN, J.A., EGGLESTON, D.B., SHERIDAN, P.F. Evidence of connectivity between juvenile and adult habitats for mobile marine fauna: an important component of nurseries. **Marine Ecology Progress Series**, v. 247, p. 281–295. 2003.
- GILLANDERS, B.M.; ELSDON, T.S.; HALLIDAY, I.A.; JENKINS, G.P.; ROBINS, J.B.; VALESINI, F.J. Potential effects of climate change on Australian estuaries and fish utilising estuaries: a review. **Marine and Freshwater Research**, v. 62, p. 1115–1131. 2011.
- HAIMOVICI, M; CARDOSO, L.G.; GATTO UNPIERRE, R. Stocks and management units of *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) in southwestern Atlantic. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 44, p. 1080–1095. 2016.
- HARLEY, C.D.G.; HUGHES, A.R.; HULTGREN, K.M.; MINER, B.G., SORTE, C.J.B., THORNER, C.S., RODRIGUEZ, L.F., TOMANEK, L.; WILLIAMS, S.L. The impacts of climate change in coastal marine systems. **Ecology Letters**, v. 9, p. 228–241. 2006.
- HOUDE, E.D.; RUTHERFORD, E.S. Recent trends in estuarine fisheries: predictions of fish production and yield. **Estuaries**, v. 16, p. 161–176. 1993.
- IKEDA, Y.; STEVENSON, M.R. Determination of circulation and short period fluctuation in Ilha Grande Bay (RJ), Brazil. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 29, n.1, p. 89–98. 1980.
- IKEDA, Y.; GODOI, S.S.; CACCIARI, P.L. Um estudo de séries temporais de corrente na Baía de Ilha Grande, RJ. **Relatório interno do Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo**, n. 28, p. 1-24. 1989.

- JAMES, N.C.; VAN NIEKERK, L.; WHITFIELD, A.K.; POTTS, W.M.; GÖTZ, A.; PATERSON, A.W. Effects of climate change on South African estuaries and associated fish species. **Climate Research**, v. 57, p. 233–248. 2013
- KENNEDY, V.S. Anticipated effects of climate change on estuarine and coastal fisheries. **Fisheries**, v. 15, p. 16–24. 1990.
- KENNISH, M.J. Environmental threats and environmental future of estuaries. **Environment Conservation**, v. 29, p. 78–107. 2002
- KÖEPPEN, W. **Climatologia: con um estudio de los climas de la tierra**. Mexico: Fondo de cultura econômica. 478p. 1948.
- LACERDA, L.D., PFEIFFER, W.C., FISZMAN, M. Heavy metals distribution, availability and fate in the Sepetiba Bay (SE-Brazil). **Science of the Total Environment**, v. 65, p. 163–173. 1987.
- LEHMAN, P.W.; SMITH, R.W. Environmental factors associated with phytoplankton succession for the Sacramento-San Joaquin delta and Suisun Bay estuary, California. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 32, p. 105–128. 1991.
- LEITÃO, R.; MARTINHO, F.; CABRAL, H.N.; NETO, J.M.; JORGE, I.; PARDAL, M.A. The fish assemblage of the Mondego estuary: composition, structure and trends over the past two decades. **Hydrobiologia**, v. 587, p. 269–279. 2007.
- MAGRO, M.; CERGOLE, M.C.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B. **Avaliação do potencial sustentável de recursos vivos na zona econômica exclusiva – REVIZEE – Síntese de conhecimentos dos principais recursos pesqueiros costeiros potencialmente exploráveis na costa sudeste-sul do Brasil: Peixes**. MMA/CIRM. 143 p. 2000
- MARTINHO, F.; LEITÃO, R.; VIEGAS, I.; DOLBETH, M.; NETO, J.M.; CABRAL, H.N.; PARDAL, M.A. The influence of an extreme drought event in the fish community of a southern Europe temperate estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 75, p. 537–546. 2007.
- MATTOS, C.C.L.V. Caracterização climática da Restinga da Marambaia, RJ. **História Natural da Ilha da Marambaia**. EDUR, Rio de Janeiro, p. 55 – 66. 2005.
- McEACHRAN, J.D.; FECHHELM, J.D. **Fishes of the Gulf of Mexico**. Austin: University of Texas Press. 2116p. 2005.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I.M. **Climatologia. Noções básicas e climas do Brasil**. Oficina de Textos, São Paulo, 206p. 2007.
- MOLISANI, M.M.; MARINS, R.V.; MACHADO, W.; PARAQUETTI, H.H.M.; BIDONE, E.D.; LACERDA, L.D. Environmental changes in Sepetiba Bay, SE Brazil. **Regional Environmental Change**, v. 4, p. 17–27. 2004.
- MOLISANI, M.M.; KJERFVE, B.; SILVA, A.P.; LACERDA, L.D. Water discharge and sediment load to Sepetiba Bay from an anthropogenically-altered drainage basin, SE Brazil. **Journal of Hydrology**, v. 331, p. 425–433. 2006.
- MORAES, L.E.; PAES, E.; GARCIA, A.; MÖLLER Jr., O.; VIEIRA, J. Delayed response of fish abundance to environmental changes: a novel multivariate time-lag approach. **Marine Ecology Progress Series**, v. 456, p. 159–168. 2012.
- MULATO, I.P.; CORRÊA, B.; VIANNA, M. Distribuição espaço-temporal de *Micropogonias furnieri* (Perciformes, Sciaenidae) em um estuário tropical no sudeste do Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, n. 1, p. 1–18. 2015.
- NEVES, L.M.; PEREIRA, H.H.; COSTA, M.R.; ARAÚJO, F.G. Uso do manguezal de Guaratiba, Baía de Sepetiba, RJ pelo peixe-rei *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard) (Atheriniformes, Atherinopsidae). **Revista brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 2, p. 421–428. 2006.

- NICOLAS, D.; LE LOC'H, F.; DE'SAUNAY, Y.; HAMON, D.; BLANCHET, A.; LE PAPE, O. Relationships between benthic macrofauna and habitat suitability for juvenile common sole (*Solea solea*, L.) in the Vilaine estuary (Bay of Biscay, France) nursery ground. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 73, p. 639–650. 2007.
- NIMER, E. 1989. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro, IBGE, 421 p.
- NOBRE, C. Mudanças globais e o Brasil: por que devemos nos preocupar. Em: NUSSENZVEIG, M. (org.) **O futuro da Terra**. FGV, Rio de Janeiro, p. 115–138. 2011.
- PAULY, D. Tropical fishes: patterns and propensities. **Journal of Fish Biology**, v. 53, p. 1–17. 1998.
- PEREIRA, H.H.; NEVES, L.M.; COSTA, M.R.; ARAÚJO, F.G. Fish assemblage structure on sandy beaches with different anthropogenic influences and proximity of spawning grounds. **Marine Ecology**, v. 36, p. 16–27. 2015.
- PESSANHA, A.L.M.; ARAÚJO, F.G.; AZEVEDO, M.C.C.; GOMES, I. D. Diel and seasonal changes in the distribution of fish on a southeast Brazil sandy beach. **Marine Biology**, v. 143, p. 1047–1055. 2003.
- PESSANHA, A.L.M.; ARAÚJO, F.G. Spatial and size feeding niche partitioning of the rhomboid mojarra *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829) in a tropical Brazilian Bay. **Marine Biology Research**, v. 8, p. 273–283. 2012.
- PESSANHA, A.L.M.; ARAÚJO, F.G. Shifts of the feeding niche along the size dimension of three juvenile fish species in a tidal mudflat in southeastern Brazil. **Marine Biology**, v. 161, p. 543–550. 2014.
- POTTER, I.C.; CHUWEN, B.M.; HOEKSEMA, S.D.; ELLIOTT, M. The concept of an estuary: A definition that incorporates systems which can become closed to the ocean and hypersaline. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 87, p. 497–500. 2010.
- RIJNSDORP, A.D.; PECK, A.M.; ENGELHARD, G.H.; MÖLLMANN, C.; PINNEGAR, J.K. Resolving the effect of climate change on fish populations on fish populations. **ICES Journal of Marine Science**, v. 66, n. 7, p. 1570–1583. 2009.
- SÁ-OLIVEIRA, J. C., ANGELINI, R. AND ISAAC-NAHUM, V. J. Population parameters of the fish fauna in a long-established Amazonian reservoir (Amapá, Brazil). **Journal Applied Ichthyology**, v. 31, p. 290–295. 2015.
- SANTOS, R.S.; SILVA, J.P.C.; COSTA, M.R.; ARAÚJO, F.G. Size at first maturation as parameter for establishment of the minimum size of capture for the White Croaker in southeastern, **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, p. 507–518. 2015.
- SANTOS, R.S.; COSTA, M.R.; ARAÚJO, F.G. Age and growth of white croaker *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) in a coastal area of Southeastern Brazil, through readings of annual rings in *sagittae* otoliths. **Neotropical Ichthyology**, v. 15, n.1, e160131. 2017.
- SCZEPANSKI, T.S.; NOLETO, R.B.; KANTEK, D.L.Z.; CORTINHAS, M.C.S.; CESTARI, M.M. Classical and molecular cytogenetics of *Atherinella brasiliensis* (Teleostei, Atheriniformes) from South coast of Brazil. **Journal of Fish Biology**, v. 71, p. 453–460. 2007.
- SEARCY, S.P.; EGGLESTON, E.B.; HARE, J.A. Is growth a reliable indicator of habitat quality and essential fish habitat for a juvenile estuarine fish? **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 64, p. 681–691. 2007.
- SEMA - Secretaria de Estado de Meio Ambiente. **Macroplano de gestão e saneamento ambiental da bacia da baía de Sepetiba. Relatório final – diagnóstico ambiental**. Consórcio ETEP/ECOLOGUS/SM GROUP. 215 p. 1998.
- SEMADS - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos da Macrorregião Ambiental 2 - Bacia da Baía de Sepetiba**. Rio de Janeiro. 79p. 2001.

- SILVA, J.P.C; SANTOS, R.S; COSTA, M.R; ARAÚJO, F.G. Parâmetros de crescimento e mortalidade de *Eucinostomus argenteus* (Baird & Girard, 1854) capturados no manguezal de Guaratiba, Baía de Sepetiba, RJ. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, n. 4, p. 657–667. 2014.
- SIGNORINI, S.R. A study of the circulation in Bay of Ilha Grande and Bay of Sepetiba, Part I, a survey of the circulation based on experimental field data. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 29, n. 1, p. 41–55. 1980_a.
- SIGNORINI, S.R. A study of the circulation in Bay of Ilha Grande and Bay of Sepetiba, Part II, an assessment to the tidally and wind-driven circulation using a finite element numerical model. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 29, n. 1, p. 57–68. 1980_b.
- TUBBS FILHO, D.; Antunes, J.C.O.; Vettorazzi, J.S. **Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim. Experiências para a gestão dos recursos hídricos**. INEA, Rio de Janeiro, 340p. 2012.
- VAZZOLER, A.E.A.M. Síntese de conhecimentos sobre a biologia da corvina *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823), na costa do Brasil. **Revista Atlântica**, v. 13, n.1, p. 55–74. 1991.
- VAZZOLER, A.E.A.M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. EDUEM: Maringá. 169p. 1996.
- VIEIRA, J.P.; GARCIA, A.M.; GRIMM, A.M. Evidences of El Niño Effects on the Mullet Fishery of the Patos Lagoon Estuary. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, vol. 51, n. 2, p.433–440. 2008.
- WHITFIELD, A.K. Ichthyofaunal assemblages in estuaries: a South African case study. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 9, p. 151–186. 1999.
- WHITFIELD, A.K.; ELLIOTT, M. Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries: a review of progress and some suggestions for the future. **Journal of Fish Biology**, v. 61, p. 229–250. 2002.
- YÁÑEZ-ARANCIBIA, A.; TWILLEY, R.R.; LARA-DOMÍNGUEZ, A.L. Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global. **Madera y Bosques**, v. 4, n. 2, p. 3–19. 1998.
- YIN, K.; HARRISON, P.J.; GOLDBLSTT, R.H.; St. JOHN, M.A.; BEAMISH, R.J. Factors controlling the timing of the spring bloom in the strait of Georgia estuary, British Columbia, Canada. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 54, p. 1985–1995. 1997.

CAPITULO 1

Parâmetros de crescimento de *Micropogonias furnieri* na fase de pré-maturação em uma baía tropical do sudeste do Brasil através da análise de frequências de comprimento

(Artigo submetido a JMBA UK- abril/2017)

RESUMO

As estimativas dos parâmetros populacionais de uma espécie são fundamentais para avaliação dos estoques pesqueiros de uma determinada região, constituindo uma importante ferramenta para os gestores ambientais em suas políticas de conservação. *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) é um dos recursos pesqueiros mais importantes na costa sudeste e sul brasileira e vem sofrendo uma grande exploração tanto da pesca industrial quanto da artesanal. O objetivo deste estudo foi estimar os parâmetros da dinâmica populacional desta espécie em uma baía tropical semi-fechada a partir de capturas experimentais de arrasto de praia e de fundo, a fim de fornecer subsídios para seu manejo e proteção. Foram estimados os parâmetros de crescimento (L_{∞} e k), longevidade e mortalidade natural através do método indireto utilizando abordagens não sazonais e sazonais, do modelo de von Bertalanffy em 4 ciclos anuais. O L_{∞} variou de 26,06 a 31,55 cm, k de 0,31 a 0,47 ano^{-1} e t_0 de -0,56 a -0,37 ano. A longevidade variou de 6,29 a 9,11 anos, e as taxas de mortalidade natural ficaram entre 0,40 e 0,59 ano^{-1} . A decomposição das modas indicou a presença de até seis coortes, e destas, quatro foram bem representadas pelo conjunto de dados analisados, sugerindo que a estrutura em tamanho na área estudada apresenta uma idade aproximada de três anos. No geral, os valores dos parâmetros foram consistentes considerando os dois métodos indiretos, representando uma robusta hipótese probabilística determinada a partir da estrutura em tamanho durante a fase de pré-maturação quando esta espécie habita baías e outras áreas estuarinas. A estreita faixa de variação dos parâmetros de crescimento ao longo dos quatro ciclo anuais estudados, sugere que a espécie está ajustada ao uso da baía durante a fase de pré-maturação.

Palavras-chaves: Estrutura em tamanho; recrutamento; método indireto; estuário, Baía de Sepetiba.

Growth parameters of the *Micropogonias furnieri* in the pre-adult phase in a semi-closed tropical bay using length–frequency analysis

ABSTRACT

Estimates of the population parameters of a species are fundamental for the evaluation and management of fish stocks in a given region, constituting an important tool for environmental managers in their conservation policies. *Micropogonias furnieri* is one of the most important fishery resources in Southeastern/Southern Brazilian coast that has undergone heavy exploitation. The aim of this study was to estimate the population dynamics parameters of this species in a semi-closed tropical bay to update information and to supply subsidies for environmental managers. The growth parameters, longevity and natural mortality for the non-seasonal and seasonal approaches, based on the VBGF were determined during 4 annual cycles. The L_{∞} ranged from 26.06 to 31.55 cm, k from 0.31 to 0.47 year⁻¹ and, t_0 from -0.56 to -0.37 years. The longevity ranged from 6.29 to 9.11 years, and mortality rates were between 0.40 and 0.59 year⁻¹. Mode decomposition indicated the presence of up to six cohorts, and from these, four were well represented by the analyzed data set, suggesting that the size structure in the studied area has a maximum age of three years. Overall, the parameter values were consistent considering the two indirect methods and represented a robust probabilistic hypothesis from the size structure during the pre-adult phase when this species inhabit bays and other estuarine areas. The narrow variation in the growth parameters along the four studied periods (annual cycles), suggests that this species is well adjusted in the use of the bay during the pre-maturation phase.

Key words: Size structure; recruitment; indirect method; estuary, Sepetiba bay.

INTRODUÇÃO

O crescimento e a determinação das idades em populações de peixes são questões importantes na avaliação dos estoques e na gestão pesqueira. Tradicionalmente, os estudos sobre o crescimento são centrados na interpretação de estruturas calcificadas como os otólitos (CAMPANA, 2001; WRIGHT *et al.*, 2001), que buscam correlações entre a formação de anéis etários e a correta determinação das idades. No entanto, o crescimento em peixes também pode ser determinado por um método indireto chamado de "Análise da Progressão Modal" que consiste em separar uma distribuição de frequência de comprimento em coortes, e atribuir idades arbitrárias a cada uma delas (GAYANILO & PAULY, 1997).

Atualmente uma das ferramentas eletrônicas mais utilizadas nas estimativas de crescimento de populações de peixes tropicais é a rotina ELEFAN (Eletronic Length Frequency Analysis) (PAULY & DAVID, 1981) inserida no pacote computacional FISAT II (FAO/ICLARM SOTCK ASSESSMENT TOOLS) (GAYANILO & PAULY, 1997) que minimiza a subjetividade da análise reestruturando os dados de comprimento pelo método de média corrida, com a premissa de que as amostras sejam representativas da população e que a progressão modal seja perceptível ao longo do tempo.

A determinação de estimativas de taxas de crescimento e idades de peixes está entre as mais importantes variáveis biológicas, formando a base do conhecimento necessário para compreensão da história de vida de uma espécie (GARCÍA & DUARTE, 2006), associadas a informações sobre a dinâmica reprodutiva, alimentar e seus padrões de distribuição e abundância. Normalmente para determinação de tais parâmetros é necessário um conjunto de dados representativos da população (estruturas calcificadas, variedade de tamanhos e um "N" significativo), que muitas das vezes só são acessados através de experimentações realizadas pelos centros de pesquisas e/ou universidades (FRANCIS *et al.*, 1992; CAMPANA & THORROLD, 2001; VAZ-DOS-SANTOS & ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2007; CARDOSO & HAIMOVICI, 2011). Em contrapartida, as espécies exploradas comercialmente monitoradas pelos centros de pesquisas e/ou órgãos gestores da atividade pesqueira, nos fornecem apenas dados relativos à sua estrutura de tamanho, devido à logística do processo de desembarque.

Independentemente da origem dos dados, a equação de crescimento de von Bertalanffy, através dos seus parâmetros, nos permite observar distintas abordagens sobre os modelos de história de vida de uma espécie com crescimento indeterminado, como os peixes. A relevância destes modelos está baseada na sua otimização, isto é, nos permite deduzir que o crescimento pode ser explicado segundo o processo de alocação de energia, ou seja, está centrado na compreensão do crescimento a partir do metabolismo energético (KOZLOWSKI, 1996). Assim o modelo de crescimento individual compreende uma generalização das fases de pré-maturação, maturação e pós-maturação, em uma única curva. DAY & TAYLOR (1997) sugerem que a forma da curva de crescimento seja interpretada como duas equações distintas. Uma equação que representa a fase de pré-maturação, onde a maior parte da energia está canalizada para o crescimento, e a forma da curva reflete a relação idade/tamanho como resposta deste processo. A outra equação representa a fase de pós-maturação, em que grande parte da energia é alocada para a reprodução. Em ambas as equações a constante k pode ser interpretada como uma taxa de crescimento ou parâmetro de qualidade do habitat, uma vez que valores elevados de k estão relacionados à habitats produtivos, expressando maiores incrementos tanto em comprimento (L_{∞}) quanto em peso (W_{∞}) (ROFF, 1983, 1984; KOZLOWSKI & UCHMANSKI, 1987; BROWN *et al.*, 2004; WILLIAMS *et al.*, 2007).

A corvina *Micropogonias furnieri* (Perciformes: Sciaenidae) é uma espécie de ampla distribuição geográfica, característica das regiões tropicais (México) e subtropicais (Argentina) do Atlântico Ocidental (ISAAC, 1988; JAUREGUIZAR *et al.*, 2003). Trata-se de uma espécie demersal, eurialina categorizada como estuarino dependente (VAZZOLER, 1991) apresentando grande importância comercial, sustentando importantes pescarias industriais e artesanais ao largo das costas brasileira, uruguaia e argentina (VASCONCELLOS & HAIMOVICI, 2006; AVILA-DA-SILVA *et al.*, 2007; CAROZZA *et al.*, 2011; FIPERJ, 2013; NORBIS & GALLI, 2013). Na fase juvenil ocorre em águas rasas de estuários e baías, utilizando-se destes ambientes para alimentação e crescimento (ROBERT & CHAVES, 2001; COSTA *et al.*, 2003) e na fase adulta ocupa a plataforma continental adjacente onde se reproduz (JAUREGUIZAR *et al.*, 2003; NORBIS & VEROCAI, 2005; CARNEIRO, 2007).

Conhecer os parâmetros de crescimento durante a fase em que essa espécie habita baías ou áreas estuarinas é importante para comparar e ressaltar a importância relativa das áreas costeiras semi-fechadas como fontes de manutenção dos estoques adultos. Complementarmente, tais estimativas permitem o entendimento do papel dessas áreas na fase inicial do ciclo de vida, quando os jovens e sub-adultos investem a maior parte da energia no processo de crescimento. Assim, avaliar a estrutura em tamanho das espécies de peixes pode fornecer indicadores quantitativos do desenvolvimento, bem como do uso do habitat em diferentes escalas espaciais. Adicionalmente, a estabilidade dos parâmetros de crescimento ao longo de vários ciclos anuais pode ser um bom indicador do uso ajustado do sistema por parte da espécie, quando a mesma encontra um determinado equilíbrio como resultado da adaptabilidade e adequação ao habitat. O presente estudo teve como objetivo analisar os parâmetros de crescimento de *M. furnieri* a partir da estrutura em tamanho, obtidos em amostragens experimentais realizadas na Baía de Sepetiba durante quatro ciclos anuais (1993/94; 1994/95; 1995/96; 1998/99). Assim, esperamos avaliar se o método indireto aplicado a dados de frequência de comprimento constitui uma ferramenta adequada na determinação de parâmetros de crescimento, além de sugerir o uso da baía como áreas de criação para esta espécie.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A Baía de Sepetiba está localizada na região Sudeste do estado do Rio de Janeiro (22°54'-23°04'S, 43°34'-44°10'W), com uma área aproximada de 450 km² abrangendo diferentes habitats como manguezais, costões rochosos, praias arenosas e lamosas. Na zona interna da baía, os habitats costeiros são mais degradados como resultado da drenagem continental através de pequenos rios e canais de maré que trazem águas de baixa qualidade para a baía. Por outro lado, na zona externa, próximo do limite com o mar, existem pequenas ilhas, costões rochosos e praias arenosas, e a conservação ambiental é comparativamente maior. Uma zona central, com condições ambientais intermediárias, está localizada entre essas duas zonas (Figura 1). A profundidade média é de 8 m, a profundidade máxima é de 30 m. As águas são predominantemente polialinas (salinidade média de 30) com temperatura média de 21,5°C no inverno a 27°C no verão (ARAÚJO *et al.*, 2002). A amplitude de marés varia de 0,5 a 1,2 m, com os ventos predominantes do Sudeste e Nordeste contribuindo para transportar águas para dentro e para fora da baía, respectivamente (SIGNORINI, 1980). A estação das chuvas ocorre principalmente entre outubro e fevereiro (final da primavera-verão) e a estação seca de maio a setembro (inverno) (BARBIÉRI & KRONENBERG, 1994).

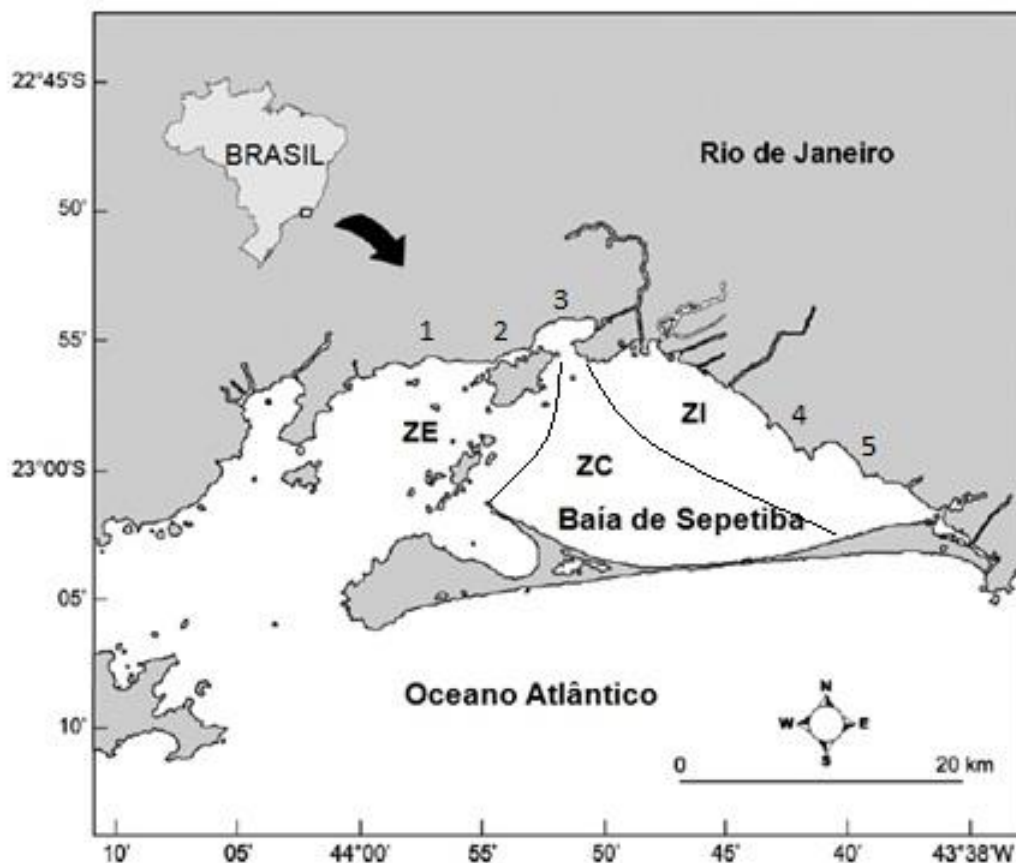


Figura 1. Área de estudo, Baía de Sepetiba com indicação dos locais de amostragem. Arrasto de praia: zona externa – 1: Muriqui, 2: Itacuruçá; zona central – 3: Coroa Grande; zona interna – 4: Sepetiba, 5: Pedra. Arrasto de Fundo: ZE: zona externa, ZC: zona central, ZI: zona interna.

Programa de amostragem

Dois programas padronizados de amostragem experimentais foram realizados na Baía de Sepetiba ao longo de quatro ciclos anuais (julho-93/junho-94; julho-94/junho-95; julho-95/junho-96 e setembro-98/setembro-99) totalizando 612 amostras (Tabela I): 1- arrastos de praia em cinco locais de amostragem, cobrindo as zonas externa (Muriqui e Itacuruçá), central (Coroa Grande) e interna da baía (Sepetiba e Pedra); e 2- arrastos de fundo cobrindo áreas mais profundas nas zonas interna, central e externa da baía (Figura 1).

Arrastos de praia foram realizados paralelamente ao litoral a uma profundidade máxima de 1,5 m, cobrindo uma extensão de aproximadamente 30 m, usando uma rede de cerca de 12 m de comprimento, 2,5 m de altura com uma malha de 5 mm. Os arrastos de fundo foram realizados através de um barco de 12 m de comprimento, com uma rede de arrasto com abertura de boca de 8 m e uma malha de 12 mm na extremidade do saco. Os arrastos de fundo duraram 20 minutos, cobrindo uma extensão de aproximadamente 1,5 km. A unidade amostral correspondeu ao número total de peixes capturados em cada arrasto, sendo que no último ciclo anual foram realizadas réplicas em cada ponto de coleta. Todos os peixes coletados foram fixados em formalina 10% e, após 48 horas,

transferidos para etanol 70%, tendo então seu comprimento total medido em milímetros. O material testemunho encontra-se tombado na Coleção Ictiológica do Laboratório de Ecologia de Peixes da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (<http://www.ufrrj.br/laboratorio/lep/colecao.html>).

Tabela I. Programa de amostragem de arrastos de praia e de fundo realizados nas três zonas da Baía de Sepetiba durante os ciclos anuais de 1993/1994, 1994/1995, 1995/1996 e 1998/1999.

| Ciclo Anual | 1993/1994 | | | 1994/1995 | | | 1995/1996 | | | 1998/1999 * | | |
|--------------------------|---------------|---------|---------|-------------|---------|---------|-------------|---------|---------|-------------|---------|---------|
| | Zonas da Baía | Interna | Central | Externa | Interna | Central | Externa | Interna | Central | Externa | Interna | Central |
| Arrasto de Praia | | | | | | | | | | | | |
| Número de Amostras | 24 | 12 | 24 | 12 | 6 | 12 | 12 | 6 | 12 | 75 | 39 | 78 |
| Frequência de Amostragem | Mensal | | | Bimestral | | | Bimestral | | | Mensal | | |
| Período de Amostragem | 07/93-06/94 | | | 07/94-06/95 | | | 07/95-05/96 | | | 09/98-09/99 | | |
| Arrasto de Fundo | | | | | | | | | | | | |
| Número de Amostras | 22 | 22 | 30 | 22 | 22 | 30 | 10 | 10 | 15 | 39 | 39 | 39 |
| Frequência de Amostragem | Mensal | | | Mensal | | | Bimestral | | | Mensal | | |
| Período de Amostragem | 07/93-06/94 | | | 07/94-06/95 | | | 07/95-05/96 | | | 09/98-09/99 | | |

*Trélicas no último ciclo anual de amostragem

Análise de dados

Para as análises de frequência de comprimento, os peixes coletados em ambos os programas de amostragem foram agrupados por bimestre em classes de 1 cm, utilizando como critério a uniformidade na tomada das amostras e nos equipamentos de pesca utilizados, buscando acompanhar possíveis deslocamentos modais.

As curvas de crescimento foram estimadas a partir da função de crescimento von Bertalanffy (BERTALANFFY, 1938). O tamanho médio por idade/coortes para ajustar o modelo de crescimento foi estimado pelo método indireto de Bhattacharya (BHATTACHARYA, 1967) usando o software computacional FISAT II (GAYANILO *et al.*, 2005). Este método consiste em separar a distribuição de frequências de comprimento multimodal, transformando-as em linhas retas, cada uma representando uma coorte, começando no lado esquerdo da distribuição (menores tamanhos).

Os parâmetros de crescimento de von Bertalanffy são L_{∞} e k , onde L_{∞} corresponde ao comprimento máximo que um peixe considerado velho poderá atingir, também chamado de "comprimento assintótico". O k é o parâmetro de curvatura que determina a rapidez com que o peixe se aproxima do L_{∞} , enquanto o t_0 corresponde ao valor teórico associado ao comprimento zero. Estes parâmetros foram estimados através do método de variação residual mínima - MINIVAR (GONÇALVES & FONTOURA, 1999), usando planilha Excel. Para tal utilizamos os mesmos valores de comprimentos médios por classes de idade/coorte (Bhattacharya via FISAT) a fim de gerar um conjunto de valores de L_{∞} com limites biológicos aceitáveis associados individualmente ao parâmetro k , estimado de acordo com a seguinte equação:

$$k = \Sigma [-\log\{1-(L_t/L_{\infty})\}/t]/n,$$

onde: k é a constante relacionada à taxa de crescimento, L_t é o comprimento médio dos indivíduos (cm) em uma idade t (anos), L_{∞} é o tamanho teórico máximo e n é o

número de pares de dados de comprimento/idade. Assim, o valor L_{∞} que minimiza a variância residual final é selecionado de acordo com a seguinte equação:

$$S^2 = \Sigma [\{L_{\infty} \times (1 - e^{-k \cdot t}) - Lt\}^2 / (n-1)].$$

O valor t_0 foi arbitrado para zero, considerando o baixo valor de tamanho individual no tempo de eclosão em relação ao tamanho de indivíduos adultos. O primeiro grupo etário (coorte) recrutado(a) foi ajustado ao intervalo de tempo entre a época de reprodução (outono/inverno - de acordo com SANTOS *et al.*, 2017) e o período final de recrutamento desta espécie na baía (verão - de acordo com COSTA *et al.*, 2003), ou seja, aproximadamente uma idade de 0,9166 anos, com um mês equivalente a 0,0833 ano, apresentando um comprimento total \cong 8 cm (COSTA & ARAÚJO, 2003).

A fórmula empírica de PAULY (1979) para determinação de t_0 também foi usada na equação de longevidade: $\log(-t_0) = -0,3922 - 0,2752 \log L_{\infty} - 1,038 \log k$. Já a longevidade ($A_{0,95}$) foi determinada de acordo com a equação de TAYLOR (1958) e corresponde ao tempo necessário para que o indivíduo atinja 95% do tamanho máximo teórico (L_{∞}), conforme segue: $A_{0,95} = t_0 + 2,996 / k$.

O coeficiente de mortalidade natural (M) foi obtido empregando-se a fórmula empírica proposta por PAULY (1980), que requer os parâmetros de crescimento (L_{∞} e k) e a temperatura média do ambiente (T °C) em que a espécie está inserida:

$$\log M = -0,0066 - 0,279 \log L_{\infty} + 0,6543 \log k + 0,4634 \log T^{\circ}.$$

Após a determinação dos parâmetros de crescimento para cada ciclo anual através do método de variação residual mínima (MINIVAR), os dados foram aplicados na versão sazonal da equação de crescimento de von Bertalanffy (SPARRE & VENEMA, 1992) usando a rotina ELEFAN no software FISAT II. Este protocolo permite testar a aderência dos parâmetros de crescimento L_{∞} e k associados aos valores de W_p (ponto invernal) e C (amplitude de oscilação sazonal) na rotina de reestruturação da frequência de comprimento temporal para cada ciclo anual. Os valores de C estão relacionados a temperaturas médias máximas (verão) e mínimas (inverno) na área de estudo. Os valores de W_p foram relacionados ao período de menor taxa de crescimento para a espécie que correspondem ao período anual em que ocorre a formação de anel translúcido nos otólitos da espécie, inverno de acordo com SANTOS *et al.* (2017). Como a rotina ELEFAN não classifica as coortes individuais, isso impede o cálculo de t_0 . Por outro lado, essa rotina fornece uma opção para o “ancoramento” da curva de crescimento a partir de um suposto ponto de partida (época de reprodução). Assim, os comprimentos médios em referência às idades estimadas pelo método da variância residual mínima foram corroborados pela rotina ELEFAN. As comparações entre diferentes curvas de crescimento para cada ciclo anual foram obtidas a partir do índice de performance do crescimento (ϕ) de acordo com a equação de PAULY & MUNRO (1984): $\phi = \log k + 2 \log L_{\infty}$. Além disso, utilizamos um teste de razão de verossimilhança ($\alpha = 0,05$) para comparar a curva de crescimento entre os dois métodos (CERRATO, 1990; AUBONE & WÖHLER, 2000).

RESULTADOS

Um total de 4.852 indivíduos foi capturado ao longo do período de amostragem, com faixa de tamanho entre 1,0 e 28,8 cm CT. As distribuições de frequência de comprimento foram polimodais, uma clara evidência de deslocamento das modas ao longo do tempo. Indivíduos que variam de 1,0 a 8,0 cm CT foram registrados

predominantemente nas praias, enquanto nas áreas mais profundas da baía, a maior parte dos indivíduos apresentou CT que variaram de 9,0 a 28,8 cm (Figura 2).

A decomposição modal indicou a presença de quatro a seis coortes nos ciclos anuais examinados, sendo que o conjunto de dados permitiu observar quatro coortes bem definidas. O grupo dos recrutas teve uma moda entre 3,0 e 5,0 cm CT, o segundo grupo apresentou modas entre 9,0 e 12,0 cm CT, o terceiro entre 13,0 e 15,0 cm CT e o quarto entre 19,0 e 22,0 cm CT. Indivíduos com CT entre 8,0 e 20,0 cm foram capturados ao longo de todos os ciclos anuais, enquanto indivíduos maiores que 20,0 cm foram registrados ocasionalmente e em menor quantidade (Figura 2). O recrutamento da espécie ocorreu em três das quatro estações do ano (exceto no verão), sendo que nos ciclos anuais de 1993/1994 e 1998/1999 foram registrados dois períodos de recrutamento: um no inverno-outono e o outro na primavera-inverno. A rotina ELEFAN também permitiu observar a presença dessas duas coortes através da distribuição de frequência de comprimento reestruturada (Figura 3).

Os parâmetros de crescimento estimados pelo MINIVAR foram associados à variância residual mínima de acordo com o comprimento assintótico. Os resíduos mínimos foram obtidos a partir dos valores de L_{∞} de 26,06; 25,78; 26,90 e 30,10 cm CT, respectivamente, relacionados aos seguintes valores de k , 0,47; 0,42; 0,43 e 0,37. Os melhores ajustes obtidos pela rotina ELEFAN foram associados aos maiores valores do índice de reajuste (R_n). Os comprimentos assintóticos variaram de 26,06 a 31,55 cm e a taxa de crescimento (k) de 0,31 a 0,45 ano⁻¹ ao longo dos ciclos anuais examinados (Tabela II). As menores taxas de longevidade e mortalidade natural para ambos os métodos foram estimadas em 6,37 e 6,29 anos, e 0,48 e 0,40 ano⁻¹, respectivamente, enquanto as maiores foram 8,10 e 9,11 anos e 0,59 e 0,57 ano⁻¹. O índice de performance do crescimento e o teste da razão de verossimilhança mostraram que as configurações de parâmetros de crescimento de ambos os métodos representam adequadamente a população amostrada. O " ϕ " indica que durante os quatro ciclos anuais a performance de crescimento da espécie foi semelhante, sugerindo um padrão consistente de crescimento durante sua fase de pré-maturação (Tabela II).

O tamanho médio para cada grupo etário determinado por ambos os métodos ($p > 0.05$) apresentou diferenças entre os ciclos anuais, explícitas na forma de amplitude, como segue: grupo 1 (idade 0): 8,84 a 12,42 cm; Grupo 2 (idade 1): 14,65 a 17,70 cm; Grupo 3 (idade 2): 18,46 a 21,08 e grupo 4 (idade 3): 20,97 a 23,87 cm. Além disso, o maior tamanho estimado está dentro da faixa de tamanho de indivíduos com 3 anos de idade, em concordância com a relação idade/comprimento, como observado na literatura para diferentes áreas de ocorrência da espécie, avaliada por distintos métodos *i.e.*, análise de frequência de comprimento e/ou leitura de anéis em otólitos.

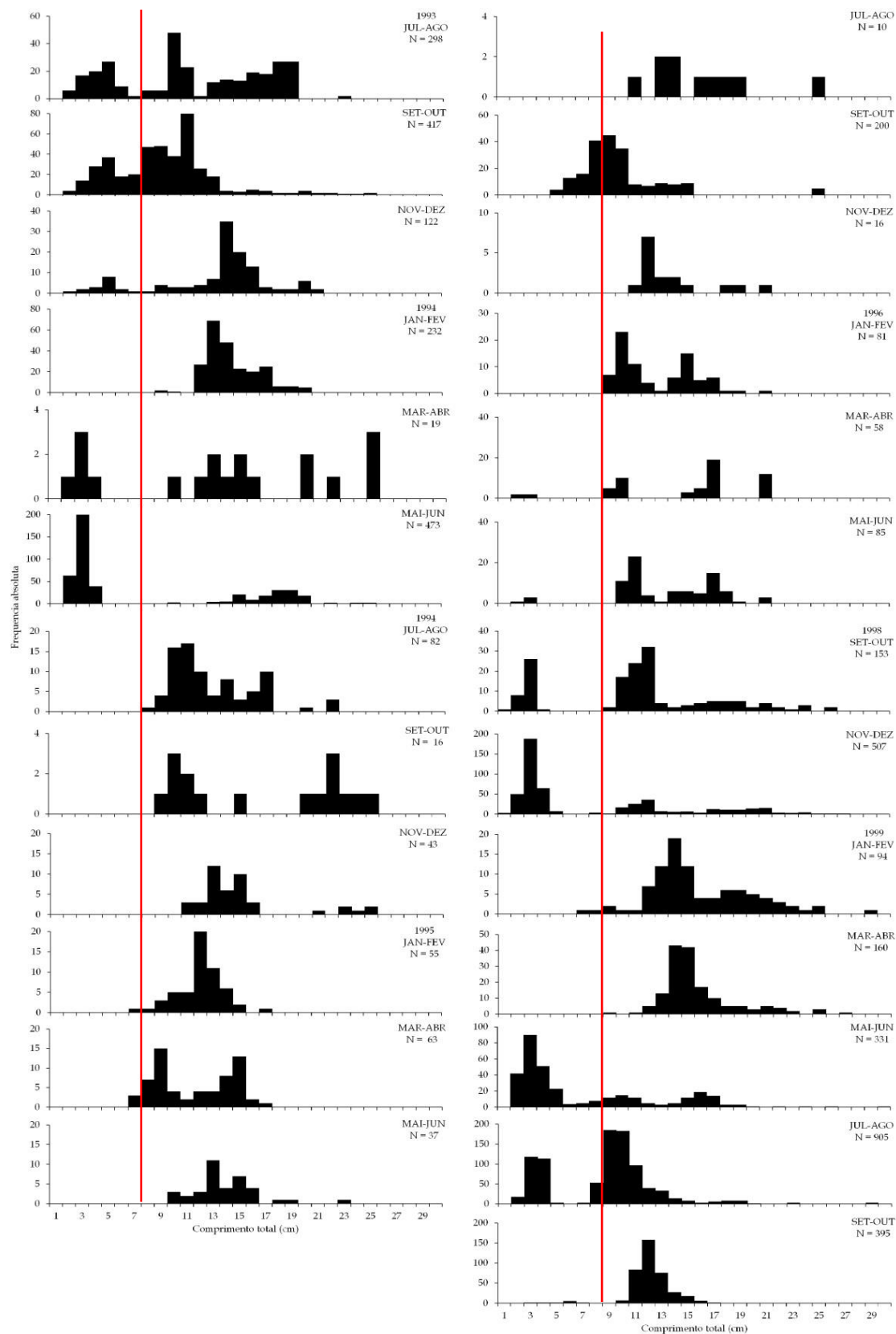


Figura 2. Distribuição bimestral de frequência de classes de comprimento (cm) de *M. furnieri* capturada na Baía de Sepetiba, RJ. Linha vermelha indica a separação entre capturas na praia e no fundo.

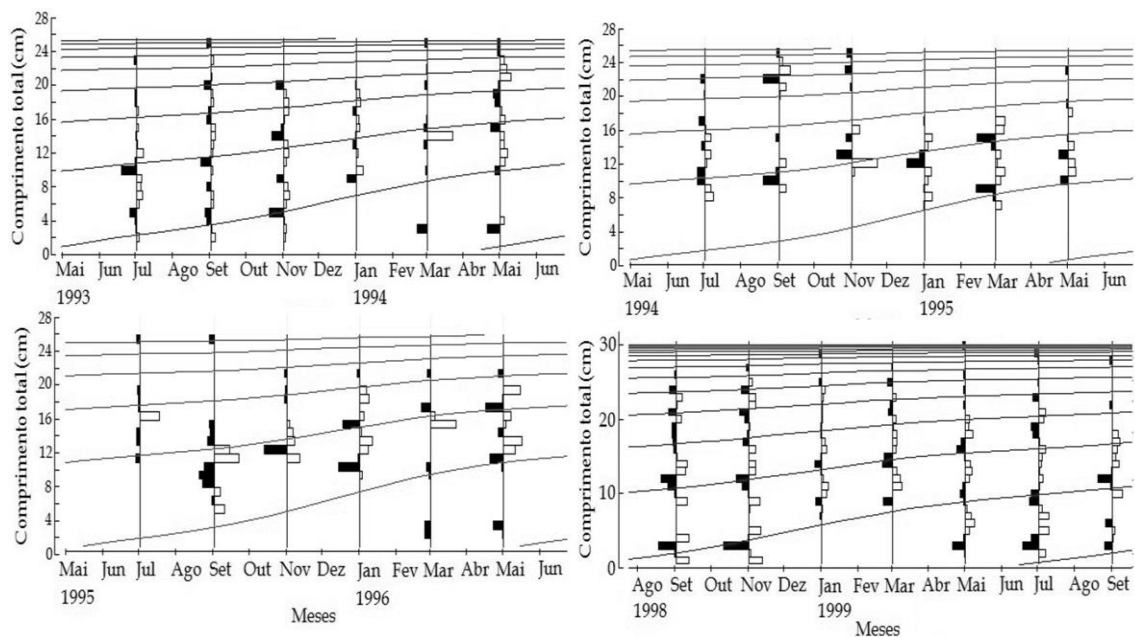


Figura 3. Curvas de crescimento das coortes, geradas através da rotina ELEFAN para os quatro ciclos anuais analisados.

Tabela II. Parâmetros de crescimento (L_{∞} e k), idade teórica no comprimento (t_0), longevidade ($A_{0,95}$), mortalidade natural (M), temperatura média do ambiente (T °C), amplitude de oscilação sazonal (C), ponto invernal (W_p), amostra inicial (SS), tamanho inicial (SL), índice de ajuste (R_n) e índice de performance de crescimento (ϕ) da corvina por ciclo anual de amostragem na Baía de Sepetiba.

| Ciclos | 93-94 | | 94-95 | | 95-96 | | 98-99 | |
|--------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | MINIVAR | ELEFAN | MINIVAR | ELEFAN | MINIVAR | ELEFAN | MINIVAR | ELEFAN |
| L_{∞} | 26,06 | 26,06 | 25,78 | 26,68 | 26,90 | 27,00 | 30,10 | 31,55 |
| K | 0,47 | 0,44 | 0,42 | 0,42 | 0,43 | 0,45 | 0,37 | 0,31 |
| t_0 | 0,00 | -0,39 | 0,00 | -0,40 | 0,00 | -0,37 | 0,00 | -0,56 |
| $A_{0,95}$ | 6,37 | 6,42 | 7,13 | 6,73 | 6,97 | 6,29 | 8,10 | 9,11 |
| M | 0,59 | 0,57 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,56 | 0,48 | 0,40 |
| T (°C) | 25,1 | | 25,0 | | 24,6 | | 25,1 | |
| C | | 0,35 | | 0,48 | | 0,46 | | 0,38 |
| W_p | | 0,50 | | 0,50 | | 0,50 | | 0,50 |
| SS | | 2,00 | | 6,00 | | 6,00 | | 7,00 |
| SL | | 3,50 | | 25,50 | | 25,50 | | 30,00 |
| R_n | | 0,274 | | 0,432 | | 0,238 | | 0,257 |
| Φ | 2,50 | 2,48 | 2,45 | 2,48 | 2,49 | 2,52 | 2,53 | 2,49 |

Os parâmetros de crescimento estimados pelos dois métodos sugerem um tipo similar de incremento de crescimento para os primeiros anos de vida da corvina, com um crescimento inicial rápido segundo a “teoria” dos valores hipotéticos negativos de t_0 (Tabela II). As comparações dos parâmetros de crescimento entre os dois métodos não mostraram diferenças significativas de acordo com o teste da razão de verossimilhança ($p > 0,05$), nem entre os três primeiros ciclos anuais analisados. A única exceção foi encontrada para o quarto ciclo anual, quando a estrutura em tamanho foi alterada em virtude da captura de maiores indivíduos, ocasionando diferenças em relação aos parâmetros de crescimento registrados nos anos anteriores (Tabela III).

Tabela III. Comparações dos parâmetros de crescimento de von Bertalanffy de acordo com o teste da razão de verossimilhança entre os métodos e os ciclos anuais. SQR-MG: soma dos quadrados dos resíduos no modelo geral; SQR-MR: soma dos quadrados dos resíduos no modelo restrito; Prob.: nível de probabilidade; ns: diferenças não significativas; * diferenças significativas ao nível de 95% de confiança; ** diferenças significativas ao nível de 99% de confiança.

| Métodos | | | | |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Ciclos Anuais | 1993-94 (1) | 1994-95 (2) | 1995-96 (3) | 1998-99 (4) |
| SQR-MG | 103132,00 | 41723,08 | 1547,15 | 103696,10 |
| SQR-MR | 20626,40 | 4635,89 | 1719,35 | 14813,72 |
| x^2 | 3,0423 | 5,6609 | 6,1312 | 3,4290 |
| Prob. | ns | ns | ns | Ns |

| Ciclos Anuais | | | | | | |
|----------------------|---------|-------|-------|-------|--------|--------|
| MINIVAR | 1 x 2 | 1 x 3 | 1 x 4 | 2 x 3 | 2 x 4 | 3 x 4 |
| SQR-MG | 2079,62 | 23,37 | 65,04 | 30,46 | 170,98 | 156,91 |
| SQR-MR | 297,08 | 3,34 | 10,84 | 3,38 | 21,37 | 19,61 |
| X^2 | 9,14 | 0,13 | 14,9 | 1,24 | 25,5 | 18,44 |
| Prob. | ns | ns | ** | ns | ** | ** |

| FISAT | 1 x 2 | 1 x 3 | 1 x 4 | 2 x 3 | 2 x 4 | 3 x 4 |
|--------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| SQR-MG | 37,65 | 68,00 | 109,87 | 111,14 | 236,31 | 212,27 |
| SQR-MR | 5,37 | 9,71 | 18,31 | 12,34 | 29,53 | 26,53 |
| X^2 | 0,07 | 2,63 | 14,06 | 5,51 | 19,27 | 13,81 |
| Prob. | ns | ns | ** | ns | ** | ** |

DISCUSSÃO

Os dois conjuntos de dados (arrasto de praia e arrasto de fundo) utilizados para avaliar os parâmetros de crescimento foram coletados no mesmo período, e assumimos que o grupo de indivíduos jovens do ano, jovens e sub adultos representados por nossos

dados brutos refletem a composição do estoque de *M. furnieri* na Baía de Sepetiba na fase de pre-maturação. Estudos prévios descreveram o uso do habitat pela espécie na baía (COSTA & ARAÚJO, 2001; 2002; 2003; COSTA *et al.*, 2003), corroborando a hipótese de se tratar de uma área adequada para sua sobrevivência e crescimento durante a fase inicial do ciclo de vida, favorecendo também o desenvolvimento de indivíduos sub adultos até atingirem o tamanho da primeira maturação ($L_{50} = 34,1$ para ♀ e 32,9 para ♂, de acordo com SANTOS *et al.*, 2015). Indivíduos adultos não foram registrados nas capturas de arrasto de fundo porque podem escapar facilmente da rede além de serem menos abundantes em ambientes estuarinos (ROBERT & CHAVES, 2001; COSTA & ARAÚJO, 2003; ANDRADE-TUBINO *et al.*, 2009). Espera-se que peixes com mais de 3 anos de idade ($CT > 25$ cm) deixem a baía para reprodução na plataforma interna das áreas costeiras adjacentes (COSTA & ARAÚJO, 2003; ALBUQUERQUE *et al.*, 2012). Sendo assim, as frequências de comprimento resultantes deste estudo corroboram a fase de pré-maturação para *M. furnieri* que apresentou CT em torno de 30 cm na Baía de Sepetiba.

Os parâmetros de crescimento são fortemente correlacionados entre si, uma vez que a constante de crescimento é inversamente proporcional ao comprimento assintótico e também à longevidade (FONTELES-FILHO, 2011). No entanto, no último ciclo anual, registrou-se um valor comparativamente maior de L_{∞} e menor de k em relação aos estimados nos períodos anteriores, apesar de a espécie apresentar uma performance de crescimento similar durante todo o período de estudo ($2.45 \leq \Phi \leq 2.53$). Os parâmetros de crescimento descritos na literatura para *M. furnieri* em geral diferem dos encontrados neste estudo, o que se deve a peculiaridades de local e metodologia de amostragem. Ressaltamos ainda que o CT máximo está diretamente relacionado ao artefato de captura utilizado ao longo destes anos de amostragem. SANTOS *et al.*, (2017) estudando estratos da população adulta da espécie no litoral paulista verificaram que a corvina é considerada uma espécie longeva e de crescimento lento. Suas estimativas para a população do sudeste do Brasil sugerem uma longevidade de até 45 anos para as fêmeas e 48 anos para os machos, com comprimento assintótico de 57,35 cm (fêmeas) e 52,34 cm (machos) e coeficientes de crescimento de 0,06 e 0,05 para fêmeas e machos, respectivamente (SANTOS *et al.*, 2017).

Neste estudo, o modelo de crescimento de von Bertalanffy foi estimado através de duas rotinas diferentes de métodos indiretos (MINIVAR e ELEFAN) a partir da análise de frequências de comprimento. Quando se incorpora informações biológicas das espécies aos dados de estrutura em tamanho, tais informações possuem características análogas aos métodos diretos, em relação à validação, precisão e acurácia dos parâmetros de crescimento obtidos (BERVIAN & FONTOURA, 2007; SILVA *et al.*, 2014). Neste sentido, a ocorrência de duas modas que representam recrutas em diferentes estações (inverno, primavera e outono) ao longo dos ciclos anuais de 1993/1994 e 1998/1999 está associada à desova parcelada (por lote) desta espécie com desenvolvimento ovariano sincrônico em mais de dois grupos, com tendência para assincrônico (VAZZOLER, 1991; SANTOS *et al.*, 2015).

As estimativas dos parâmetros de crescimento da corvina na Baía de Sepetiba foram corroborados por MOZO *et al.* (2006) e GARCÍA & DUARTE (2006) que avaliaram o crescimento da espécie através do método indireto no Mar do Caribe, com valores ligeiramente maiores de L_{∞} (34 e 38,6 cm) e de M (0,84 e 1,04 ano⁻¹) e valores semelhantes de k (0,44 e 0,50). Essas evidências reforçam a natureza espécie-específica dessas estimativas associadas às condições ambientais nas quais a espécie ocorre, uma

vez que a taxa de crescimento está intimamente associada às condições fisiológicas das espécies que desenvolvem adaptações às localidades distintas dentro de sua área de distribuição geográfica (FONTELES-FILHO, 2011). Adicionalmente, os comprimentos médios estimados para a idade de três anos no presente estudo (de 20,97 a 23,87 cm), se aproximam aos encontrados por CARNEIRO *et al.*, (2005) para o estoque sudeste (\cong 28 cm – método indireto), SANTOS *et al.*, (2017) para o litoral paulista (\cong 25 cm – método direto) e por BORTHAGARAY *et al.* (2011) no Uruguai (23,39 cm – método direto).

As variações eventuais nos parâmetros de crescimento descritos neste estudo e as da literatura disponível podem ser vistas como diferentes adaptações que descrevem parte da história de vida da corvina em diferentes sistemas. Na Baía de Sepetiba, todos esses parâmetros (crescimento, longevidade e mortalidade natural) apresentaram pequena variação entre os ciclos anuais, indicando a estabilidade populacional durante a fase de pré-maturação em uma área utilizada como berçário para a espécie. O conjunto de dados investigados utilizando métodos indiretos, como variância residual mínima e análises de distribuição de frequência de comprimento reestruturada, produziu hipóteses probabilísticas consistentes que mantêm uma estreita relação com os parâmetros de crescimento determinados por análise direta, *i.e.*, otolitos e análises indiretas disponíveis na literatura. Isso confirma que nossos achados possuem capacidade de previsão apropriada para refletir os parâmetros de crescimento da espécie a partir da estrutura em tamanho e, secundariamente, o uso adequado do habitat por esta espécie, garantindo a sobrevivência das coortes iniciais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, C.Q.; MIEKELEY, N.; MUELBERT, J.H.; WALTHER, B.D.; JAUREGUIZAR, A.J. Estuarine dependency in a marine fish evaluated with otolith chemistry. **Marine Biology**, v. 159, p. 2229–2239. 2012.
- ANDRADE-TUBINO, M.F.; FIORE-CORREIA, L.B.; VIANNA, M. Morphometrics and length structure of *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) (Perciformes, Sciaenidae) in Guanabara bay, state of Rio de Janeiro, Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 35, n. 2, p. 239–246. 2009.
- ARAÚJO, F.G.; AZEVEDO, M.C.C.; SILVA, M.A.; PESSANHA, A.L.M.; GOMES, I.D.; CRUZ-FILHO, A.G. Environmental influences on the demersal fish assemblages in the Sepetiba Bay, Brazil. **Estuaries**, v. 25, p. 441–450. 2002.
- AUBONE, A.; WÖHLER, O.C. Aplicacion del metodo de maxima verosimilitud a la estimacion de parametros y comparacion de curvas de crecimiento de von Bertalanffy. **INIDEP, Informe técnico**, v. 37, p. 1–21. 2000.
- AVILA-DA-SILVA, A.O.; CARNEIRO, M.H.; MENDONÇA, J.T.; SERVO, J.J. DE M.; BASTOS, G.C.C.; BATISTA, P.A. Produção pesqueira marinha do estado de São Paulo no ano 2005. **Série de Relatório Técnico. São Paulo**, n. 26, 44 pp. 2007.
- BARBIÉRI, E.B.; KRONEMBERGER, D.M.P. Climatologia do litoral Sul-Sudeste do estado do Rio de Janeiro (Um subsídio à análise ambiental). **IBGE - Caderno de Geociências** v. 12, p. 57–73. 1994.
- BERTALANFFY, L.Von. A quantitative theory of organic growth. **Human Biology**, v. 10, p. 181–213. 1938.
- BERVIAN, G.; FONTOURA, N.F. Growth of the Silverside *Atherinella brasiliensis* in Tramandaí Estuary, Southern Brazil (Actinopterygii: Atherinopsidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 5, p. 485–490. 2007.

- BHATTACHARYA, C.G. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. **Biometrics**, v. 23, p. 11–135. 1967.
- BORTHAGARAY, A.I.; VEROCAI, J.; NORBIS, W. Age validation and growth of *Micropogonias furnieri* (Pisces–Sciaenidae) in a temporally open coastal lagoon (South-western Atlantic–Rocha–Uruguay) based on otolith analysis. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 27, n.5, p. 1212–1217. 2011.
- BROWN, J.H.; GILLOOLY, J.F.; ALLEN, A.P.; SAVAGE, V.M.; WEST, G.B. Toward a metabolic theory of ecology. **Ecology**, v. 85, p.1771–1789. 2004.
- CAMPANA, S.E. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. **Journal Fish Biology**, v. 59, p. 197–242. 2001.
- CAMPANA, S.E.; THORROLD, S.R. Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations? **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 58, p. 30–38. 2001.
- CARDOSO, L.G.; HAIMOVICI, M. Age and changes in growth of the king weakfish *Macrodon atricauda* (Günther, 1880) between 1977 and 2009 in southern Brazil. *Fisheries Research*, v. 111, n.3, p. 177–187. 2011.
- CARNEIRO, M.H. **Diagnóstico dos recursos pesqueiros marinhos, *Cynoscion jamaicensis*, *Macrodon ancylodom* e *Micropogonias furnieri* (Perciformes: Sciaenidae) da região sudeste-sul do Brasil, entre as latitudes 23° e 28° 40's**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos, SP. 110p. 2007.
- CARNEIRO, M.H.; CASTRO, P.M.G.; TUTUI, S.L.S.; BASTOS, G.C.C. 2005 *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823). Estoque Sudeste. Em: CERGOLÉ, M.C.; ÁVILA-DA-SILVA, A.O.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.B. (org). **Análise das Principais Pescarias Comerciais da Região Sudeste-Sul do Brasil: Dinâmica Populacional das Espécies em Exploração**. Série Documentos REVIZEE: Score Sul, São Paulo, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. p. 94-100.
- CAROZZA, C.; SÁEZ, M.; SALVADOR, J.M.; DESPOS, J. Estructura de tallas y edades del desembarque de corvina rubia (*Micropogonias furnieri*) proveniente de los puertos Río Salado, General Lavalle, y Mar de Plata. Años 2009 y 2010. **Instituto Nacional de Investigación Y Desarrollo Pesquero**, v. 39, p. 1–20. 2011.
- CERRATO, R.M. Interpretable statistical tests for growth comparisons using parameters in the von Bertalanffy equation. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 47, p. 1416–1426. 1990.
- COSTA, M.R.; ARAÚJO, F.G. Recrutamento de *Micropogonias furnieri* (Desmarest,1823) (Pisces-Sciaenidae) na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. **Comunicação do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS**, v. 14, p. 61–72. 2001.
- COSTA, M.R.; ARAÚJO, F.G. Distribution of *Micropogonias furnieri* (Pisces:Sciaenidae) in the Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. **Revista de Biologia Tropical**, v. 50, n. 1, p. 217–225. 2002.
- COSTA, M.R.; ARAÚJO, F.G. Use of a tropical bay in southeastern Brazil by juvenile and subadult *Micropogonias furnieri* (Perciformes, Sciaenidae). **ICES Journal of Marine Science**, v. 60, p. 268–277. 2003.
- COSTA, M.R.; GUIMARÃES, F.J.C.; ARAÚJO, F.G. Size structure in *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) (Teleostei, Sciaenidae) in the Sepetiba Bay, RJ, Brazil. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 25, p. 221–232. 2003.
- DAY, T. e TAYLOR, P.D. Von Bertalanffy's growth equation should not be used to model age and size at maturity. **The American Naturalist**, v. 149, n. 2, p.381–393. 1997.
- FIPERJ. **Diagnóstico da Pesca do Estado do Rio de Janeiro**. Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro, Niterói. 101p. 2013.

- FONTELES-FILHO, A.A. **Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros**. 1ª ed. Expressão Gráfica Editora Fortaleza. 464p. 2011.
- FRANCIS, R.I.C.C.; PAUL, L.J.; MULLIGAN, K.P. Ageing of adult snapper (*Pagrus auratus*) from otolith annual ring counts: validation by tagging and oxytetracycline injection. **Marine and Freshwater Research**, v. 43, p. 1069–1089. 1992.
- GARCÍA, B.C.B.; DUARTE, L.O. Length-based estimates of growth parameters and mortality rates of fish populations of the Caribbean Sea. **Journal Applied Ichthyology**, v. 22, p. 193–200. 2006.
- GAYANILO Jr., F.C.; PAULY, D. **FAO-ICLARM stock assessment tools (FISAT) Reference manual**. FAO computerized information series (fisheries). Roma. ICLARM, v. 8: 262p. 1997.
- GAYANILO Jr., F.C.; SPARRE, P.; PAULY, P. **FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT II). Revised version. User's manual**. FAO Rome. 168p. 2005.
- GONÇALVES, P.L.; FONTOURA, N.F. Dinâmica populacional de *Palaemonetes argentinus* na lagoa Fortaleza, Rio Grande do Sul, Brasil (Decapoda, Palaemonidae). **Iheringia, Série Zoologia**, v. 86, p. 171–182. 1999.
- ISAAC, V.J. Synopsis of biological data on the whitemouth croaker *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823). **FAO: Fisheries Synopsis**, n. 150, 35 pp. 1988
- JAUREGUIZAR, A.J.; BAVA, J.; CAROZZA, C.R.; LASTA, C.A. Distribution of whitemouth croaker *Micropogonias furnieri* in relation to environmental factors at the Río de la Plata estuary, South America. **Marine Ecology Progress Series**, v. 255, p. 271–282. 2003.
- KOZLOWSKI, J.; UCHMANSKI, J. Optimal individual growth and reproduction in perennial species with indeterminate growth. **Evolutionary Ecology**, v. 1, p. 214–230. 1987.
- KOZLOWSKI, J. Optimal allocation of resources explains interspecific life-history patterns in animals with indeterminate growth. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 263, n. 1370, p. 559–566. 1996.
- MOZO, E.C.; BARANDICA, J.C.N.; RACEDO, J.B. Dinámica poblacional del coroncoro *Micropogonias furnieri* (Pisces: Sciaenidae) en la ciénaga grande de Santa Marta, Caribe Colombiano. **Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras**, v. 35, p. 37–58. 2006.
- NORBIS, W.; VEROCAI, J. Presence of two whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*, Pisces: Sciaenidae) groups in the Río de la Plata spawning coastal area as consequence of reproductive migration. **Fisheries Research**, v. 74, p. 134–141. 2005.
- NORBIS, W.; GALLI, O. Spatial co-occurrence of two sciaenid species (*Micropogonias furnieri* and *Cynocion guatucupa*) subject to fishing in the Río de La Plata and oceanic coast of Uruguay: ecological or technological interdependence? **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 39, p. 137–148. 2013.
- PAULY, D. Theory and management of tropical multispecies stocks - A review, with emphasis on the Southeast Asia demersal fisheries. **ICLARM Studies & Review**, v 1, p. 1–35. 1979.
- PAULY, D. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stock. **Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer**, v. 39, n.2, p. 175–192. 1980.
- PAULY, D.; DAVID, N. ELEFAN I, a BASIC program for the objective extraction of growth parameters from length-frequency data. **Meeresforschung**, v. 28, n. 4: p. 205–211. 1981.
- PAULY, D.; MUNRO, J.L. Once more on the comparison of growth in fishes and invertebrates. **ICLARM Fishbyte**, v. 2, p. 1–21. 1984.

- ROBERT, M.D.C.; CHAVES, P.D.C. Observações sobre o ciclo de vida da corvina, *Micropogonias furnieri* (Desmarest) (Teleostei, Sciaenidae), no litoral do Estado do Paraná, Brasil. **Revista brasileira de Zoologia**, v. 18, p. 421–428. 2001.
- ROFF, D.A. An allocation model of growth and reproduction in fish. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 40, p. 1395–1404. 1983.
- ROFF, D.A. The evolution of life history parameters in fish. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 41, p. 984–1000. 1984.
- SANTOS, R.S.; SILVA, J.P.C.; COSTA, M.R.; ARAÚJO, F.G. Size at first maturation as parameter for establishment of the minimum size of capture for the White Croaker in southeastern, **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, p. 507–518. 2015.
- SANTOS, R.S.; COSTA, M.R.; ARAÚJO, F.G. Age and growth of white croaker *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) in a coastal area of Southeastern Brazil, through readings of annual rings in *sagittae* otoliths. **Neotropical Ichthyology**, v. 15, n. 1, e160131. 2017.
- SIGNORINI, S.R. A study of the circulation in Bay of Ilha Grande and Bay of Sepetiba, part II, an assessment to the tidally and wind-driven circulation using a finite element numerical model. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 29, p. 57–68. 1980.
- SILVA, J.P.C.; SANTOS, R.S.; COSTA, M.R.; ARAÚJO, F.G. Parâmetros de crescimento e mortalidade de *Eucinostomus argenteus* (Baird & Girard, 1854) capturados no manguezal de Guaratiba, Baía de Sepetiba, RJ. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, n. 4, p. 657–667. 2014.
- SPARRE, P., VENEMA, S.C. Introduction to tropical fish stock assessment. **Part 1. Manual. FAO Fisheries Technical Paper**, 306/1, n.1, 1–376pp. 1992.
- TAYLOR, C.C. Cod growth and temperature. **Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer**, v. 23, p. 366–370. 1958.
- VASCONCELLOS, M.; HAIMOVICI, M. Status of white croaker *Micropogonias furnieri* exploited in southern Brazil according to alternative hypotheses of stock discreteness. **Fisheries Research**, v. 80, 196–202. 2006.
- VAZ-DOS-SANTOS, A.M.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D. Age and growth of the Argentine hake *Merluccius hubbsi* (Marini, 1933) in the Brazilian South-Southeast Region during 1996-2001. **Neotropical Ichthyology**, v. 5, n.3, p. 375–386. 2007.
- VAZZOLER, A.E.A.M. Síntese de conhecimentos sobre a biologia da corvina *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823), da costa do Brasil. **Atlântica**, v. 13, p. 55–74. 1991.
- WILLIAMS, J.P. ; ALLEN, L.G.; STEELE, M.A.; PONDELLA II, D.J. El Niño periods increase growth of juvenile white seabass (*Atractoscion nobilis*) in the Southern California Bight. **Marine Biology**, v. 152, p. 193–200. 2007.
- WRIGHT, P.J.; PANFILI, J.; MORALES-NIN, B.; GEFFEN, A.J. Types of calcified structures. In: PANFILI, J.; PONTUAL, H.; TROADECM H.; WRIGHT, P.J. (eds.) **Manual of fish sclerochronology**. Brest, France: Ifremer-IRD coedition. p.31–56. 2001.

CAPITULO 2

Crescimento e uso do habitat por *Diapterus rhombeus* em uma baía tropical do sudeste do Brasil com base na análise de frequências de comprimento

RESUMO

O conhecimento dos parâmetros populacionais de espécies de peixes e suas variações temporais são cruciais para avaliar o uso do habitat e sua estabilidade em uma determinada área. *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829) é uma espécie abundante na Baía de Sepetiba ocorrendo em diferentes fases do ciclo de vida, desde jovens-do-ano até adultos. A estrutura em tamanho desta população foi analisada ao longo de seis anos de amostragens (1987, 1993, 1995, 1998, 2000 e 2012) para estimar os parâmetros de crescimento e avaliar o uso do habitat, com base na densidade populacional das respectivas classes de tamanho. Os resultados revelaram que: 1) os parâmetros de crescimento apresentaram valores recorrentes ao longo dos ciclos anuais: o comprimento assintótico variou de 26,88 a 30,42 cm, o coeficiente de crescimento de 0,38 a 0,42 ano⁻¹, a mortalidade natural de 0,48 a 0,56 ano⁻¹ e a longevidade de 7,13 a 7,88 anos; 2) os peixes jovens ocupam as margens da baía (praias) e à medida que crescem se movimentam para áreas mais profundas com os indivíduos menores nas zonas mais internas e os adultos de maior tamanho nas proximidades da conexão com o mar; 3) o recrutamento ocorre no verão e outono, quando as elevadas temperatura e maiores taxas de drenagem continental favorecem o rápido crescimento dos jovens; 4) as variáveis ambientais são importantes preditoras da distribuição espaço-temporal da estrutura em tamanho da população, onde o comprimento total apresentou relação direta com a salinidade, transparência e profundidade e relação inversa com a temperatura. A recorrência ao longo dos seis anos dos parâmetros de crescimento e do padrão de distribuição espaço-temporal nos grupos de tamanho reflete o ajuste da espécie no uso do ambiente.

Palavras-chaves: Coortes, recrutamento, estrutura em tamanho, variáveis ambientais, estuários.

Growth and habitat use by *Diapterus rhombeus* in a tropical bay of Southeastern Brazil using of length frequency analysis

ABSTRACT

Understanding growth parameters of fish populations and their variation overtime is crucial to assess the use of habitat and stability in a given área. *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829) is an abundant species in Sepetiba Bay occurring in different phases of the life cycle, from juveniles adults. Size structure of of population was assessed along six years of standartized sampling perido (1987, 1993, 1995, 1998, 2000 and 2012) to estimate the growth parameter and to asses the habitat use, based on the population density of the respective size classes. The results revealed that: 1) the growth parameters had recurrent values along the time periods: the asymptotic length ranged from 26.88 to 30.42 cm, the growth coefficient from 0.38 to 0.42 year⁻¹, the natural mortality from 0.48 to 0.56 year⁻¹ and the longevity from 7.13 to 7.88 years; 2) young fish occupied the bay shores (beaches) and as they grow they move to deeper areas with the smallest individuals occuring in the innermost bay areas whereas the largest adults in the outmost bay areas next to the connection to the sea; 3) the recruitment occurs in summer and fall, when high temperatures and higher rates of continental drainage favor the rapid growth of young individuals; 4) environmental variables were important for the spatial-temporal distribution of the structure in population size, where the total length has a direct relationship with salinity, transparency and depth and an inverse relationship with a temperature. The recurrence over the six years of the growth parameters and the spatial-temporal distribution pattern in size groups reflects the ajustement of the species not using the environment.

Key words: Cohorts, recruitment, size structure, environmental variables, estuaries.

INTRODUÇÃO

A análise da distribuição de frequências de comprimento dos indivíduos de uma população fornece modas de tamanho corporal que podem ser atribuídas às diferentes

classes de idade (VELASCO *et al.*, 2007; PANHWAR & LIU, 2013). A detecção das modas e a análise da sua progressão ao longo do tempo fornecem informações importantes sobre a dinâmica de recrutamento, crescimento e mortalidade (EVESON *et al.*, 2004; SILVA *et al.*, 2014; SA-OLIVEIRA *et al.*, 2015). Todo este conhecimento de parâmetros populacionais se faz necessário para avaliação e gestão adequada de populações ao longo do tempo, uma vez que o crescimento dos indivíduos é influenciado tanto por fatores naturais quanto antropogênicos (ESPINO-BARR *et al.*, 2014; GALLARDO-CABELLO *et al.*, 2015; SISKEY *et al.*, 2016). Os modelos de crescimento são ferramentas amplamente utilizadas para compreensão da dinâmica de uma população. Um exemplo comumente utilizado em áreas tropicais é o modelo de von Bertalanffy, baseado no processo de alocação de energia, ou seja, a longevidade é inversamente correlacionada com a taxa de crescimento e reprodução (FONTELES-FILHO, 2011). O modelo também reflete uma relação inversa entre k e L_{∞} , ou seja, quanto maior o coeficiente de crescimento (k) menor será o comprimento assintótico (L_{∞}). Esta última variável é influenciada por fatores genéticos, ambientais (disponibilidade de recursos) e populacionais (densidade), enquanto o k é determinado geneticamente e/ou fisiologicamente (BEVERTON & HOLT, 1957; SPARRE & VENEMA, 1992).

As baías são ecossistemas caracterizados pela variedade de habitats (praias, manguezais, costões rochosos e áreas estuarinas) e pela heterogeneidade ambiental em termos de influência das águas oceânicas, tipos de substratos e ações antropogênicas. Estes ambientes apresentam alta produtividade e diversidade biológica configurando importantes áreas de proteção, reprodução e alimentação para várias espécies de peixes, que podem ser residentes ou passar apenas parte dos seus ciclos de vida no ecossistema (ARAÚJO *et al.*, 1998; ARAÚJO *et al.*, 2002; PEREIRA *et al.*, 2015). O padrão de distribuição de uma espécie nestes ambientes é altamente influenciado por interações bióticas, como disponibilidade de alimentos, competição e predação, além de preferências relacionadas às variáveis ambientais locais. Contudo, muitas espécies têm estratégias de histórias de vida que envolvem mudanças ontogenéticas no uso do habitat, relacionadas a um equilíbrio seletivo entre minimizar o risco de mortalidade e maximizar os ganhos de energia (HUIJBERS *et al.*, 2013; ONG *et al.*, 2015). O tamanho corporal interfere nas relações ecológicas como vulnerabilidade à predação e capacidade de forrageamento (GREENBERG *et al.*, 1997; OHLBERGER *et al.*, 2013), além de estar associado a diferentes influências de variáveis ambientais em virtude das necessidades fisiológicas específicas de cada fase do desenvolvimento (CARVALHO & SPACH, 2015).

A ictiofauna da Baía de Sepetiba tem sido estudada sistematicamente desde a década de 1980 através de amostragens experimentais padronizadas de arrastos de praia e de fundo (ARAÚJO *et al.*, 2016; 2017). A família Gerreidae assim como *Diapterus rhombeus*, destacam-se entre as mais dominantes, com ampla distribuição e abundância na área de estudo. A carapeba, *D. rhombeus* é um peixe da família Gerreidae que se distribui do sudeste da Flórida (Estados Unidos) à Santa Catarina (Brasil) no Oeste do Oceano Atlântico (McEACHRAN & FECHHELM, 2005). No Rio de Janeiro *D. rhombeus* não apresenta alto valor comercial, porém destaca-se como fauna acompanhante da pesca de arrasto do camarão, representando um importante recurso para pescadores artesanais (FIPERJ, 2014). *D. rhombeus* é uma espécie eurialina que se alimenta principalmente da macrofauna bentônica e é predada por piscívoros, sendo um componente fundamental das teias tróficas com relevante importância ecológica em virtude das suas elevadas densidades populacionais (PESSANHA & ARAÚJO, 2012). Ela também ocorre em distintos ambientes, tais como lagoas hipersalinas e de água salobra (AYALA-PÉREZ *et al.*, 2001; PERALTA-MEIXUEIRO & VEGA-CENDEJAS,

2011), zonas de vegetação submersa (VARGAS-MALDONADO *et al.*, 1981), manguezais (COSTA *et al.*, 2014), estuários (DIAS *et al.*, 2011; FRANCO *et al.*, 2012; RAMOS *et al.*, 2014; ARAÚJO *et al.*, 2016), baías (CHAVES & OTTO, 1998; ARAÚJO & SANTOS, 1999; COSTA *et al.*, 2012; DENADAI *et al.*, 2012; ELLIFF *et al.*, 2013) e ao largo da plataforma continental interna (MORAES *et al.*, 2009).

O objetivo deste estudo foi determinar alguns aspectos da dinâmica populacional da espécie a partir de dados de distribuição de frequências de comprimento. Para isto foram realizadas as seguintes perguntas. (1) O modelo de crescimento de von Bertalanffy é um bom preditor para avaliar a estabilidade da espécie ao longo do tempo? (2) Como é que a espécie se distribuiu no tempo e no espaço? (3) A espécie utiliza distintos habitats ao longo do seu desenvolvimento? (4) Como as variáveis ambientais medidas afetam a ocorrência da espécie?

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A Baía de Sepetiba localiza-se no estado do Rio de Janeiro (latitude 22°54'-23°04'S; longitude 43°34'-44°10'W) possui uma área aproximada de 450 km² e é delimitada a oeste pela Baía de Ilha Grande, a sul pela Restinga da Marambaia, e a norte e leste pelo continente. Sua margem continental é formada por praias, costões rochosos e manguezais além de diversos rios e canais de drenagem, responsáveis pelo maior aporte de água doce e materiais em suspensão, com destaque para a foz do Rio Guandu (Canal de São Francisco), cuja vazão média varia de 111,7 a 167,4 m³/s nas estações seca e cheia, respectivamente (Costa *et al.*, 2013). No interior da baía há predomínio de substrato lamoso e águas polialinas, sendo 30 a salinidade média. A amplitude de marés é de até aproximadamente 1,5 metro, a precipitação pluviométrica anual varia de 1000 a 2100 mm e os ventos nordeste e sudoeste ativam correntes térmicas entre a baía e o oceano (SIGNORINI, 1980_a; b; BARBIÉRI & KRONEMBERG, 1994). A Baía de Sepetiba apresenta um gradiente natural que permite dividi-la em três zonas de acordo com valores de salinidade, transparência e profundidade: 1) a Zona Externa, situada no oeste da baía, está mais sujeita à influência marinha e caracteriza-se por apresentar os maiores valores de salinidade/transparência e profundidades que alcançam até 30 metros. 2) a Zona Central, que está situada na região adjacente ao Canal de São Francisco, é caracterizada por valores intermediários de salinidade/transparência e uma profundidade entre 5 e 10 metros. 3) a Zona Interna está situada no leste da baía, para onde são carreados os detritos da drenagem continental e a profundidade não alcança 5 metros, além de apresentar os menores valores de salinidade/transparência (ARAÚJO *et al.*, 2002; ARAÚJO *et al.*, 2006; AZEVEDO *et al.*, 2007).

As coletas foram realizadas em oito localidades da Baía de Sepetiba, sendo cinco locais situados ao longo da margem continental e três zonas no interior da baía. Os locais 1 (Muriqui) e 2 (Itacuruçá) são praias localizadas na zona externa da baía, caracterizadas pelo sedimento arenoso e pelo menor aporte de água doce devido à ausência de grandes rios nas proximidades. O local 3 (Coroa Grande) é uma praia localizada na zona central, margeada por manguezais e pela foz do Rio Cação, apresentando fundo predominantemente lamoso. Os locais 4 (Sepetiba) e 5 (Pedra de Guaratiba) são praias localizadas na zona interna da baía, a região mais densamente povoada e que apresenta os maiores efeitos da degradação ambiental, sendo caracterizadas pelo sedimento lamoso. As zonas ZI, ZC e ZE estão localizadas no interior da baía e correspondem a amostras realizadas respectivamente nas zonas interna, central e externa da baía, de acordo com o gradiente de salinidade, transparência e profundidade descrito anteriormente (Figura 1).

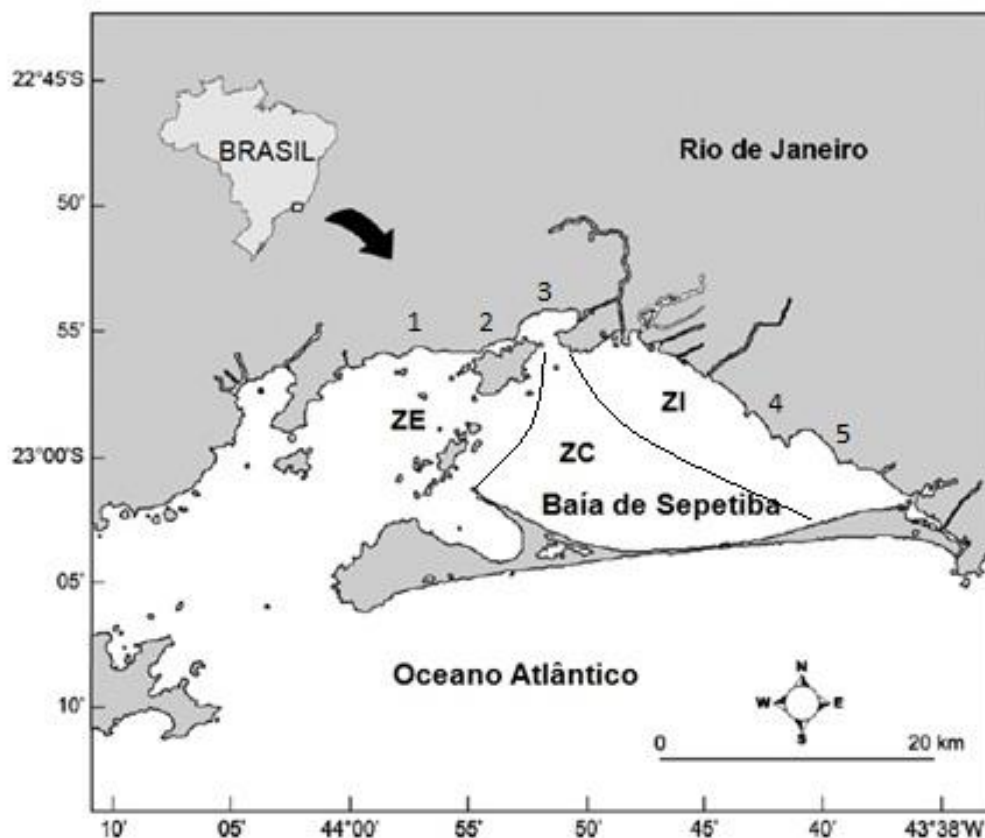


Figura. 1. Área de estudo, Baía de Sepetiba com indicação dos locais de amostragem. Arrasto de praia: zona externa – 1: Muriqui, 2: Itacuruçá; zona central – 3: Coroa Grande; zona interna – 4: Sepetiba, 5: Pedra. Arrasto de Fundo: ZI: zona interna, ZC: zona central, ZE: zona externa.

Programa de amostragem

Dois programas de amostragem (arrastos de praia e de fundo) foram realizados com o objetivo de abranger diferentes habitats da Baía de Sepetiba bem como capturar uma larga amplitude de tamanhos. As amostragens nas praias foram realizadas através de arrasto com rede picaré, operada manualmente, medindo 12 metros de comprimento, 2,5 metros de altura e malha de 5 mm de distância entre-nós opostos. Os arrastos de praia foram realizados a uma profundidade máxima de 1,5 metros e percorreram uma distância de 30 metros em cada local de coleta. O propósito desta metodologia foi capturar os jovens do ano presentes nas cinco praias amostradas.

As amostragens do interior da baía foram realizadas através de arrastos de fundo, utilizando um barco de 12 metros de comprimento provido com rede de arrasto com portas, com malha de 12 mm entre-nós opostos e abertura de boca de 8 metros. Os arrastos tiveram uma duração de 20 minutos, em direção contrária à corrente, a uma velocidade aproximada de 2,5 nós. O propósito deste programa de amostragem foi capturar os adultos de *D. rhombeus* que supostamente utilizam as três zonas do interior da baía.

Seis ciclos anuais descontínuos foram analisados neste estudo (1987, 1993, 1995, 1998, 2000 e 2012) compreendendo um período de quatro décadas e um total de 868 amostras (Tabela I). O conjunto de dados foi agrupado conforme as estações do ano, sendo o verão representado pelas amostragens realizadas de janeiro a março, o outono de abril a junho, o inverno de julho a setembro e a primavera de outubro a dezembro. As variáveis ambientais medidas nos locais de amostragens foram a temperatura e a salinidade mensuradas com uma sonda multiparamétrica Horiba W-21 (Horiba Trading Co. Ltd., Shanghai), a transparência tomada com auxílio de um disco de Secchi e a profundidade com um profundímetro. Imediatamente após a amostragem, os peixes foram fixados em formalina 10% e após 48h transferidos para etanol 70%. Todos os peixes foram medidos no comprimento total (CT) em milímetros e pesados a uma precisão de 0,01 gramas (PT). Alguns exemplares encontram-se tombados na coleção de referência do Laboratório de Ecologia de Peixes da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Tabela I. Programa de amostragem de arrastos de praia e de fundo realizados nas três zonas da Baía de Sepetiba durante os anos de 1987, 1993, 1995, 1998, 2000 e 2012.

| Ciclo Anual | 1987/1988 | | | 1993/1994 | | | 1995/1996 | | | 1998/199* | | | 2000/200* | | | 2012/201* | | |
|--------------------------|-------------|---------|---------|-------------|---------|---------|-------------|---------|---------|-------------|---------|---------|-------------|---------|---------|-------------|---------|---------|
| | Interna | Central | Externa | Interna | Central | Externa | Interna | Central | Externa | Interna | Central | Externa | Interna | Central | Externa | Interna | Central | Externa |
| Arrasto de Praia | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Número de Amostras | 24 | 12 | 24 | 24 | 12 | 24 | 12 | 6 | 12 | 69 | 36 | 72 | 72 | 36 | 72 | 24 | 0 | 24 |
| Frequência de Amostragem | Mensal | | | Mensal | | | Bimestral | | | Mensal | | | Mensal | | | Sazonal | | |
| Período de Amostragem | 07/87-06/88 | | | 07/93-06/94 | | | 07/95-05/96 | | | 10/98-09/98 | | | 07/00-06/01 | | | 08/12-06/13 | | |
| Arrasto de Fundo | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Número de Amostras | 10 | 9 | 17 | 22 | 22 | 30 | 10 | 10 | 15 | 32 | 32 | 32 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Frequência de Amostragem | Bimestral | | | Mensal | | | Bimestral | | | Mensal | | | Sazonal | | | Sazonal | | |
| Período de Amostragem | 07/87-06/88 | | | 07/93-06/94 | | | 07/95-05/96 | | | 10/98-09/98 | | | 07/00-05/01 | | | 08/12-06/13 | | |

* Ciclos anuais com réplicas

Análise de dados

Para análise das frequências de comprimento, os peixes foram agrupados em intervalos de classes de 2 cm, e as distribuições de frequências foram representadas em histogramas, para possibilitar o acompanhamento das classes modais entre os locais, estações e anos, bem como as respectivas abundância.

O método de BHATTACHARYA (1967), inserido no pacote computacional FISAT II (FAO-ICLARM Stock Assessment Tools) (GAYANILO *et al.*, 1996; GAYANILO & PAULY, 1997) foi utilizado para determinar o comprimento médio das respectivas coortes através da decomposição das frequências de comprimento compostas em várias distribuições normais, sendo que cada uma representa uma coorte de peixes do conjunto total de dados.

Os parâmetros da curva de von Bertalanffy (k e L_{∞}) foram ajustados a partir das estimativas de comprimento médio por classe etária, pelo método de variância residual mínima, descrito por GONÇALVES & FONTOURA (1999), utilizando a planilha MINIVAR para Excel. Previamente a esta análise, as coortes determinadas pelo método Bhattacharya, foram submetidos à rotina “solver” a fim de buscar o melhor ajuste do

conjunto de parâmetros (média, desvio padrão e proporção de captura) para cada distribuição de frequência pré-definida. Em seguida os valores de cada coorte foram inseridos na planilha MINIVAR que gera um conjunto de valores de L_{∞} com limites biológicos aceitáveis vinculados individualmente ao parâmetro k estimado pela seguinte equação: $k = \Sigma [-\log\{1-(L_t/L_{\infty})\}]/t/n$; onde: k é a constante relacionada a velocidade de crescimento, L_t é o comprimento (cm) médio dos indivíduos com idade t (anos), L_{∞} comprimento assintótico ou máximo teórico e n é o número de pares de dados de comprimento/idade. Logo após é selecionado o valor de L_{∞} que minimiza a variância residual final: $S^2 = \Sigma [L_{\infty} \cdot (1 - e^{-k \cdot t}) - L_t]^2 / (n-1)$.

Para determinação dos parâmetros de crescimento através do método MINIVAR, o valor da idade teórica no comprimento 0 (t_0) foi considerado zero. A longevidade ($A_{0,95}$) definida como o tempo que o indivíduo leva para alcançar 95% do comprimento assintótico, foi estimada com base na fórmula proposta por TAYLOR (1958): $A_{0,95} = t_0 + 2,996 / k$, considerando t_0 igual a 0.

O coeficiente de mortalidade natural (M) foi obtido empregando-se a fórmula empírica proposta por PAULY (1980), que requer os parâmetros de crescimento (L_{∞} e k) e a temperatura média do ambiente (T °C) em que a espécie está inserida:

$$\log M = -0,0066 - 0,279 \log L_{\infty} + 0,6543 \log k + 0,4634 \log 10T^{\circ}$$

O índice de performance de crescimento (ϕ) foi utilizado para comparar as curvas de crescimento segundo a equação de PAULY & MUNRO (1984):

$\phi = \log k + 2 \log L_{\infty}$. Este índice representa também uma verificação de potencial para a exatidão de estimativas dos parâmetros de crescimento.

A relação peso-comprimento foi descrita por meio da equação proposta por RICKER (1975): $W = a L^b$. O fator de condição de cada indivíduo se determinou a partir da expressão matemática proposta por VAZZOLER (1996): $K = W / L^b$; sendo: W o peso do exemplar, L seu comprimento total e b o coeficiente angular da equação peso/comprimento.

Variações temporais (interanuais e sazonais) e espaciais dos dados bióticos (abundância, peso e CT) e ambientais (temperatura, salinidade, transparência e profundidade) foram comparadas através do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, devido à heterocedasticidade e à distribuição não normal dos dados (ZAR, 1999). Sempre que houve diferença significativa ($p < 0,05$), empregou-se o teste de pós-comparações de Nemenyi-Dunn ($\alpha = 0,05$). A análise da variação temporal dos dados bióticos e ambientais considerou todo o conjunto de dados (arrasto de praia + arrasto de fundo). A variação espacial dos dados bióticos foi comparada considerando cada programa de amostragem isoladamente (arrasto de praia/arrasto de fundo) com o objetivo de apurar os padrões de distribuição de jovens e adultos. A representação da variação espacial dos dados ambientais se deu através da correlação com dados bióticos através do teste de Spearman. Os dados de arrasto de praia foram agrupados em uma única categoria, denominada de praias. Já as zonas do fundo permaneceram independentes, enquanto gradiente na forma de três zonas. Adicionalmente, cada variável ambiental foi ranqueada em seis classes considerando sua amplitude de variação, com o objetivo de representar graficamente o gradiente ambiental já descrito para Baía de Sepetiba (ARAÚJO *et al.*, 2006; AZEVEDO *et al.*, 2007). Por fim, o teste de Mann-Whitney foi utilizado para comparações dos tamanhos médios das respectivas idades entre os seis ciclos anuais com o intuito de avaliar variações entre os comprimentos médios de cada idade. Para essas análises, foi utilizado o software STATISTICA 7.0.

RESULTADOS

Parâmetros de crescimento

Foram coletados 5281 indivíduos de *Diapterus rhombeus*, correspondendo a um peso total de 181.641,72 gramas. Os comprimentos totais variaram de 1 a 28,2 cm, sendo 11,7 cm o valor da mediana e $11,11 \pm 5,39$ cm a média \pm desvio padrão. Os pesos variaram de 0,01 a 512,33 g, sendo 21,12 g a mediana, $34,49 \pm 40,39$ g a média e desvio padrão (DP).

As estimativas dos parâmetros de crescimento de *D. rhombeus* foram bem recorrentes entre os seis anos de estudo. O comprimento assintótico (L_{∞}) variou de 26,88 cm a 30,42 cm, os valores da constante de crescimento (k) foram bem próximos entre si ($0,38$ a $0,42 \text{ ano}^{-1}$) e o índice de performance (ϕ), utilizado para comparar as curvas de crescimento também apresentou valores similares ($2,47$ a $2,56$). A longevidade ($A_{0,95}$) variou entre 7,13 e 7,88 anos e o coeficiente de mortalidade natural (M) entre $0,48$ e $0,56 \text{ ano}^{-1}$ (Tabela II).

Tabela II. Parâmetros de crescimento (L_{∞} e k), longevidade ($A_{0,95}$), taxa de mortalidade natural (M), temperatura média do ambiente (T °C) e índice de performance (ϕ) de *Diapterus rhombeus* ao longo dos 6 anos de amostragens na Baía de Sepetiba.

| Ano | L_{∞} | K | $A_{0,95}$ | M | T (°C) | Φ |
|------|--------------|------|------------|------|--------|--------|
| 1987 | 26,88 | 0,42 | 7,13 | 0,56 | 25,7 | 2,48 |
| 1993 | 30,42 | 0,39 | 7,68 | 0,52 | 26,0 | 2,56 |
| 1995 | 27,79 | 0,39 | 7,68 | 0,51 | 24,7 | 2,48 |
| 1998 | 27,36 | 0,39 | 7,68 | 0,52 | 25,2 | 2,47 |
| 2000 | 27,08 | 0,40 | 7,49 | 0,54 | 25,6 | 2,47 |
| 2012 | 30,22 | 0,38 | 7,88 | 0,48 | 24,8 | 2,54 |

A estrutura em tamanho registrada nos distintos anos, utilizada como base para estimar as respectivas idades a partir do modelo de von Bertalanffy, não variou significativamente entre os ciclos anuais de acordo com o teste de Mann-Whitney ($p > 0,05$). O tamanho estimado para os indivíduos de 1 ano de idade foi $9,22 \pm 0,35$ cm (média \pm DP) de CT, indivíduos de 2 anos mediram $15,43 \pm 0,62$ cm, 3 anos $19,62 \pm 0,82$ cm e 4 anos $22,44 \pm 0,98$ cm (Figura 2).

Os indivíduos com idade de até dois anos foram os mais representativos numericamente, com destaque para as classes modais de 4, 10 e 16 cm (Figura 3A). Enquanto os menores indivíduos foram os que mais contribuíram para a abundância, os de maior tamanho apresentam a maior contribuição para a biomassa (CT entre 16 e 28 cm) na área, com destaque para a classe de 20 cm. O fator de condição da espécie acompanhou o ganho em biomassa, e o coeficiente angular da equação peso/comprimento (b) apresentou o valor de 3,38, indicando que durante o crescimento relativo, a espécie apresenta um maior incremento em peso em relação ao incremento em comprimento (Figura 3B).

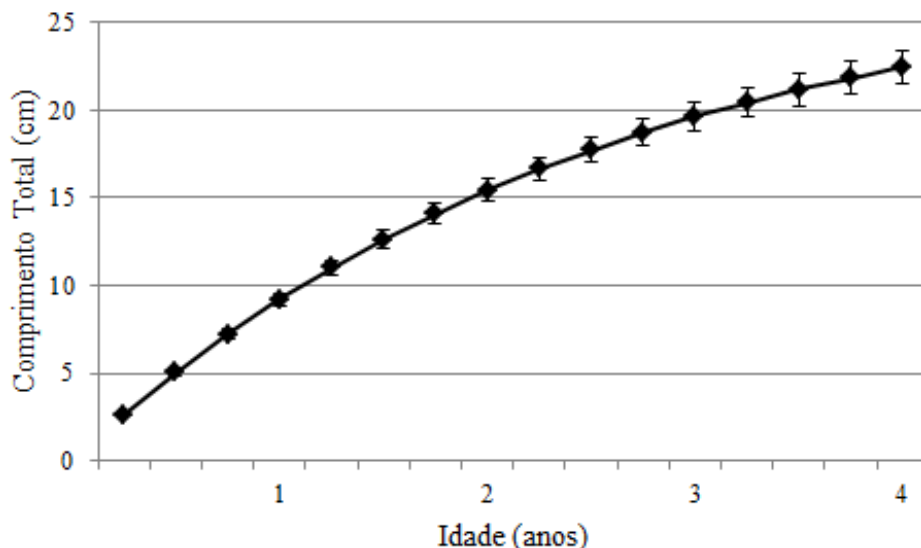


Figura 2. Curva de crescimento de von Bertalanffy de *Diapterus rhombeus* estimada a partir da análise de frequências de comprimento. Valores médios \pm desvio padrão do comprimento total em função das idades ao longo dos seis anos de amostragem.

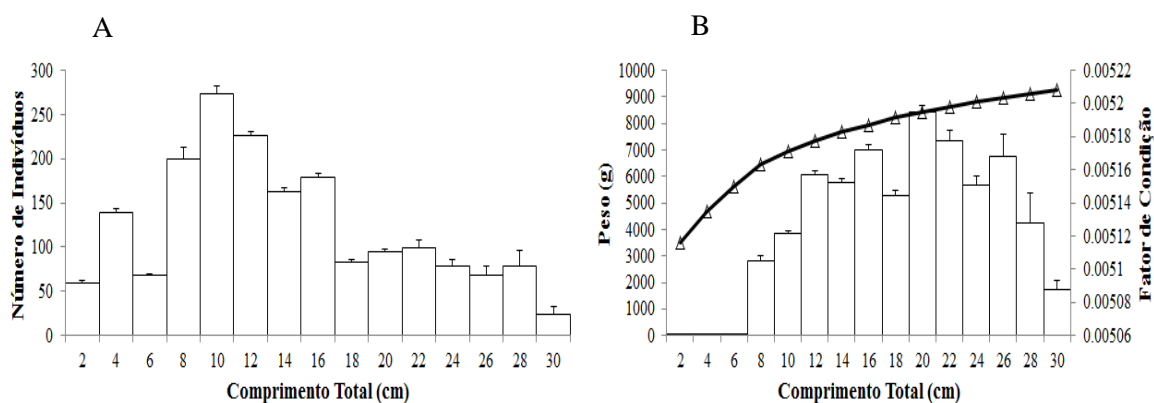


Figura 3. Média \pm erro da abundância (3A) e média \pm erro do peso (colunas) e do fator de condição (linha) de *Diapterus rhombeus* (3B) por classe de tamanho.

Uso do habitat

O recrutamento de *Diapterus rhombeus* ocorre nas praias da Baía de Sepetiba, onde a espécie apresentou maiores valores de abundância na zona interna (Kruskal-Wallis: $H= 7,57$; $p < 0,05$), porém não foram encontradas diferenças significativas em relação à biomassa ($p > 0,05$). Considerando o tamanho dos indivíduos em todas as praias, a principal classe modal da espécie foi 4 cm, porém as medianas das zonas interna e central foram de 3,0 cm, significativamente menores que 3,3 cm registrada na zona externa ($H= 23,80$; $p < 0,01$). Nas praias da zona interna o CT variou de 1,0 a 7,7 cm, na central de 1,0 a 8,6 cm e na externa de 2,2 a 13,2 cm (Figuras 4 e 6). Já no interior da baía (amostragens de arrasto de fundo), os maiores valores de abundância foram observados

na zona interna ($H= 9,27$; e $p < 0,01$), sendo a biomassa da zona interna significativamente maior que da zona central ($H= 7,71$; $p < 0,05$). A análise da estrutura em tamanho dos indivíduos entre as zonas do interior da baía revelou diferenças significativas marcadas tanto pelo valor da mediana ($H= 968,73$; $p < 0,01$) quanto pelo deslocamento da classe modal. Na zona interna foi registrada a maior amplitude de tamanhos, com indivíduos de 5,9 a 28,2 cm de CT, sendo 12 cm o valor da mediana e principal classe modal. Na zona central os indivíduos apresentaram tamanho variando de CT 6,9 a 22,0 cm, com mediana de 13,8 cm e principal classe modal de 16 cm. Na zona externa o CT variou de 7,0 a 24,5 cm, com mediana de 17,4 cm e principal classe modal de 20 cm (Figuras 4 e 6).

Entre as estações do ano, os valores de abundância de indivíduos foram significativamente maiores no verão e outono em relação ao inverno e primavera ($H= 15,05$; $p < 0,01$) enquanto que para a biomassa não houve diferenças significativas ($p > 0,05$). A análise do tamanho dos indivíduos revelou diferenças significativas entre todas as estações do ano ($H= 263,05$; $p < 0,01$), cuja ordem crescente das medianas foi assim observada: verão, outono, primavera e inverno. Durante o inverno, os valores de CT variaram de 3 a 28,1 cm, com mediana de 13,8 cm e classe modal de 14 cm. Na primavera os valores de CT variaram de 1 a 22,2 cm, com mediana de 12,8 cm e principal classe modal de 14 cm. Além desta classe observou-se a presença de recrutas, pouco representativa com classe modal de 4 cm. No verão foi registrada a maior amplitude de CT variando de 1 a 28,2 cm, com mediana de 10,8 cm e principal classe modal de 4 cm, seguida de outra menos representativa de 16 cm. Já no outono os valores de CT variaram de 1,7 a 26,1 cm, com mediana de 11,5 cm e principal classe modal de 12 cm. Nesta estação também se observou a presença da coorte dos recrutas (Figuras 5 e 6).

Entre os anos de amostragem não foram detectadas diferenças significativas para abundância de indivíduos nem para biomassa ($p > 0,05$). A análise da estrutura em tamanho de *Diapterus rhombeus* revelou a presença de uma moda evidente dos indivíduos capturados na praia (recrutas), e até três modas bem visíveis de indivíduos adultos coletados no interior da baía. Os únicos anos que não apresentaram diferenças significativas em relação ao tamanho dos indivíduos foram 1993 e 2000, com medianas de 13,1 e 13,4 cm, respectivamente. Os demais anos foram diferentes entre si, ($H= 384,06$; $p < 0,01$) com destaque para o ano de 1993 que apresentou a maior amplitude de variação dos tamanhos (Figura 6).

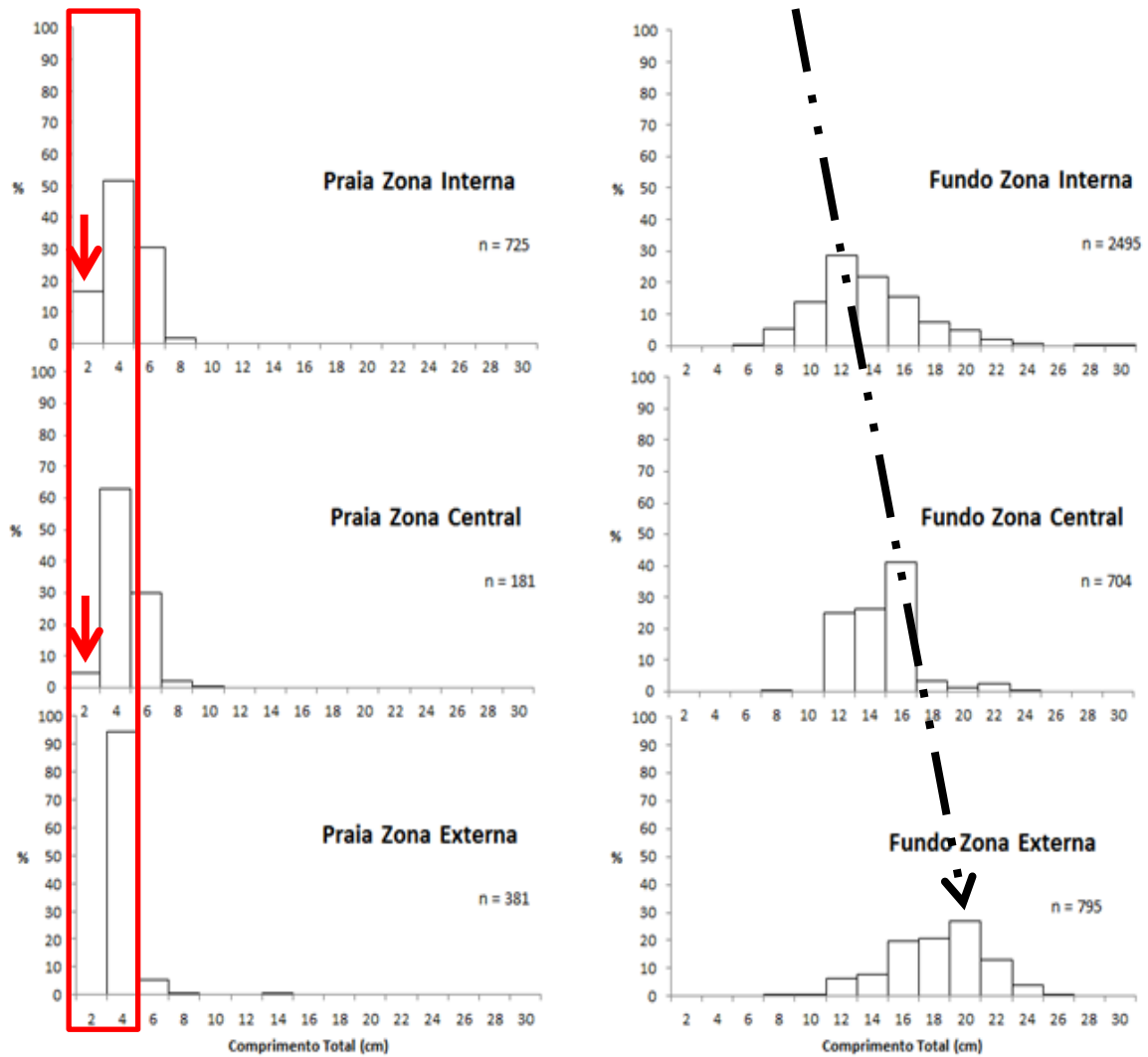


Figura 4. Distribuição das frequências relativas do tamanho de *Diapterus rhombeus* por local de coleta na Baía de Sepetiba ao longo dos 6 anos. O n representa o número de indivíduos capturados em cada local. As setas vermelhas apontam a colonização/recrutamento dos menores indivíduos nas praias e a seta preta indica a progressão modal (deslocamentos) entre as zonas do interior da baía.

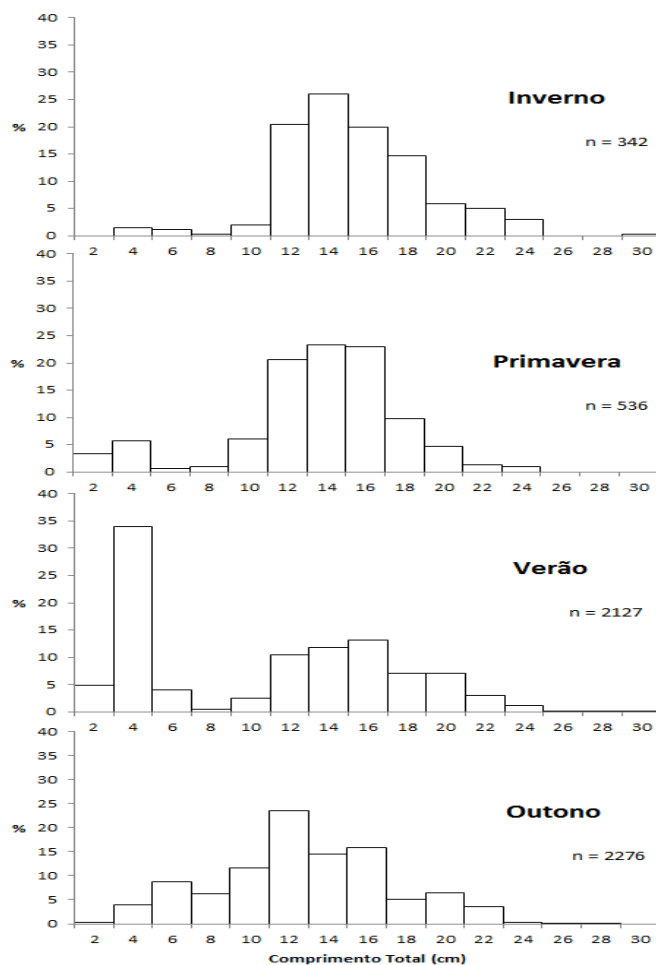


Figura 5. Distribuição das frequências relativas do comprimento total de *Diapterus rhombeus* por estação na Baía de Sepetiba ao longo dos 6 anos de amostragem.

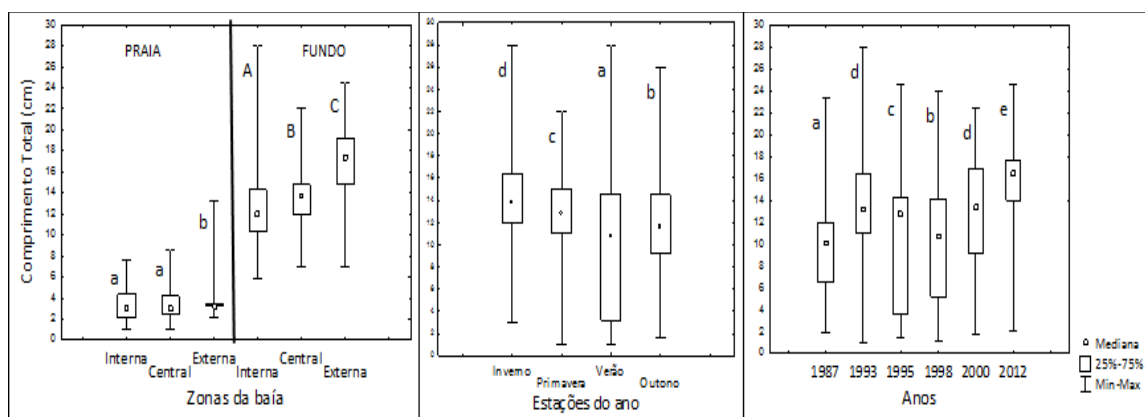


Figura 6. Distribuição dos valores da mediana do comprimento total de *Diapterus rhombeus* entre os locais de coleta, as estações e os anos de amostragem na Baía de Sepetiba, RJ ao longo dos 6 ciclos anuais. Letras diferentes indicam as séries de dados que apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si. 25%-75% indicam os valores para o primeiro e terceiro quartis e Min-Max indicam os valores mínimo e máximo de comprimento.

Relação entre dados bióticos e variáveis ambientais

Nenhuma variável ambiental variou significativamente entre os anos de amostragem ($p > 0,05$), embora sazonalmente tenham sido observadas diferenças significativas para temperatura ($H = 75,72$; $p < 0,01$) e salinidade ($H = 10,16$; $p < 0,05$). A temperatura da água foi maior durante o verão em relação às demais estações, sendo que os valores registrados na primavera também foram significativamente maiores em relação ao inverno. Considerando a salinidade, diferenças significativas foram encontradas apenas entre a primavera e o verão, estações que registraram respectivamente o maior e o menor valor desta variável.

As menores temperaturas foram registradas nas zonas externa e central da Baía de Sepetiba (classes de $16,5^{\circ}\text{C}$, $19,8^{\circ}\text{C}$ e $23,1^{\circ}\text{C}$), a zona interna apresentou temperaturas intermediárias (classe de $26,4^{\circ}\text{C}$) enquanto os maiores valores foram registrados nas praias agrupadas (classes de $29,7^{\circ}\text{C}$ e 33°C) ($H = 44,55$; $p < 0,01$). A temperatura apresentou correlação negativa com o tamanho dos indivíduos ($r = -0,31$; $p < 0,05$), peso total ($r = -0,49$; $p < 0,05$) e peso individual ($r = -0,30$; $p < 0,05$) não apresentando correlação significativa com a abundância ($r = -0,06$; $p > 0,05$) (Figura 7).

Os menores valores de salinidade foram registrados nas praias (classes de 0, 6,2, 12,4 e 18,6). Já no interior da baía (classes de 24,8 e 31), os valores das três zonas diferiram significativamente entre si com maior salinidade na zona externa, menor na interna e valores intermediários na zona central ($H = 65,76$; $p < 0,01$). A salinidade apresentou correlação positiva com o tamanho dos indivíduos ($r = 0,54$; $p < 0,05$), peso total ($r = 0,56$; $p < 0,05$) e peso individual ($r = 0,55$; $p < 0,05$), não apresentando correlação significativa com a abundância ($r = 0,08$; $p > 0,05$) (Figura 7).

As menores transparências foram registradas nas praias (classe 0m), seguida por zona interna (classe 1m), zona central (classes 2m e 3m) e zona externa (classes 4m e 5m), com diferenças significativas entre todos os locais ($H = 109,33$; $p < 0,01$). A transparência apresentou correlação positiva com o tamanho dos indivíduos ($r = 0,65$; $p < 0,05$), o peso total ($r = 0,62$; $p < 0,05$) e o peso individual ($r = 0,66$; $p < 0,05$), não apresentando correlação significativa com a abundância ($r = 0,09$; $p > 0,05$) (Figura 7).

A profundidade apresentou o mesmo padrão de variação espacial ($H = 129,44$; $p < 0,01$) que a transparência, sendo a praia representada pela classe 0m, a zona interna pela classe 4,3m, a zona central pela classe 8,6m e a zona externa pelas classes 12,9m, 17,2m e 21,5m. A profundidade apresentou correlação positiva com todas as variáveis resposta: abundância ($r = 0,20$; $p < 0,05$), tamanho dos indivíduos ($r = 0,7$; $p < 0,05$), peso total ($r = 0,75$; $p < 0,05$) e peso individual ($r = 0,71$; $p < 0,05$) (Figura 7).

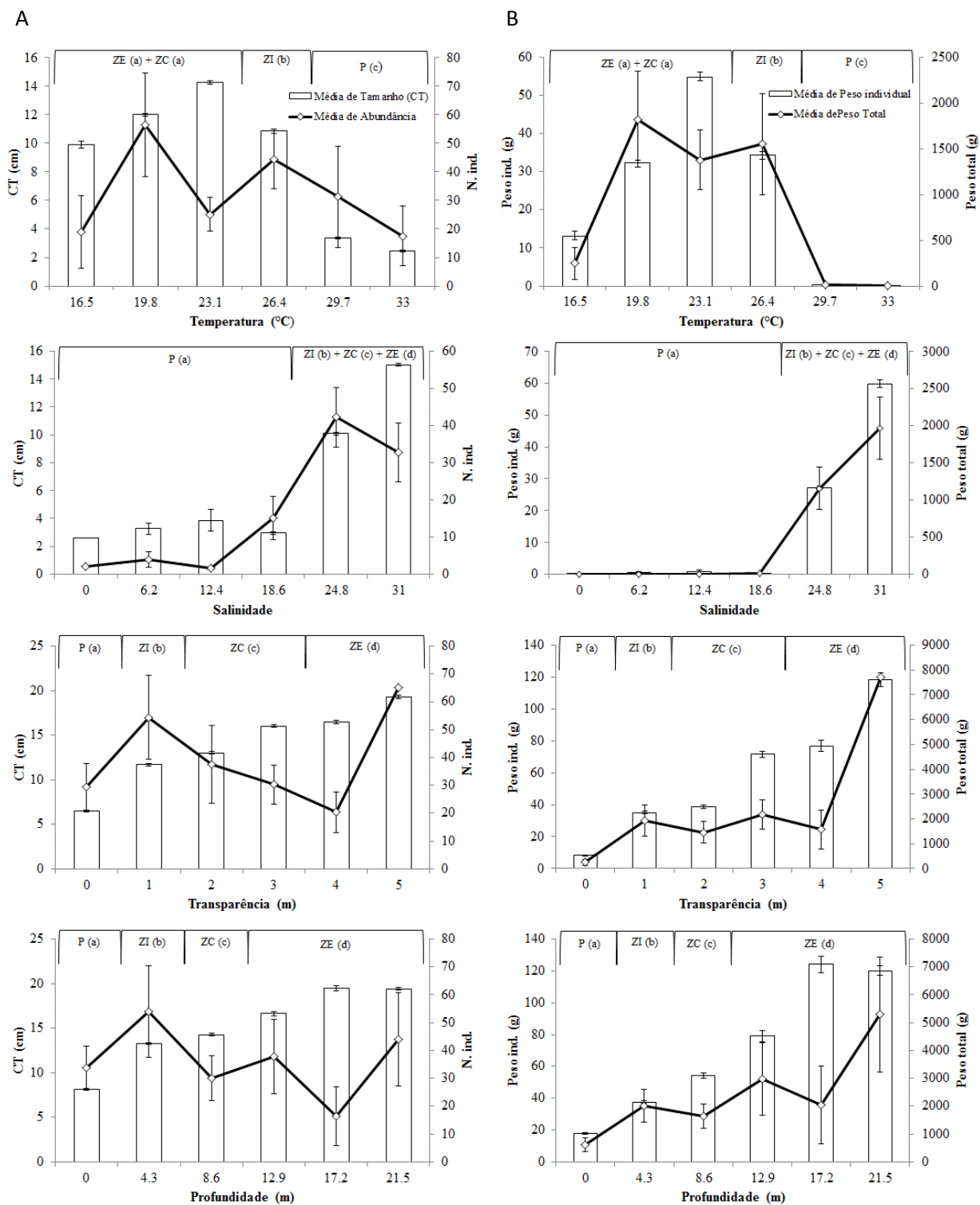


Figura 7. Variação de tamanho, abundância, peso individual e peso total por classes de variáveis ambientais. Barras = média \pm erro de CT (A) e peso individual (B); linhas = média \pm erro de abundância (A) e peso total (B). Parte superior indicando a relação entre as classes da variável e suas respectivas localidades (P=Praias, ZI=Zona Interna, ZC=Zona Central, ZE=Zona Externa). Letras entre parênteses distintas indicam diferenças significativas ao nível de 95%.

DISCUSSÃO

Diapterus rhombeus apresentou padrões recorrentes de abundância e distribuição no espaço (zonas) e no tempo (estações do ano) na Baía de Sepetiba, indicando que a espécie apresenta um bom desempenho no uso do habitat ao longo da sua ontogenia. Adicionalmente, as variáveis ambientais locais também mostraram padrões recorrentes, cuja periodicidade coincide com um dos fenômenos mais importantes do ciclo de vida da espécie: o recrutamento. Todos estes atributos registrados na baía corroboram com a definição de uma espécie dependente do estuário, com comportamento determinístico, caracterizado por realizar pequenos movimentos desde as áreas mais protegidas (praias rasas e zonas abrigadas) até as áreas limítrofes da área de distribuição *i.e.*, a plataforma continental adjacente.

Informações sobre a história de vida de uma espécie a partir de dados de estrutura em tamanho são fundamentais tanto para avaliações estratégicas de gestões pesqueiras quanto para desenvolvimento de abordagens ecológicas (WILLIAMS *et al.*, 2012). O desenvolvimento de um indivíduo é um processo contínuo que pode apresentar taxas diferenciadas como respostas a variações ambientais ou a demandas fisiológicas para otimizar determinados processos, *i.e.*, alimentação e/ou reprodução (FONTELES-FILHO, 2011). Deste modo, a determinação dos parâmetros de crescimento é fundamental para compreensão da dinâmica populacional de uma espécie, uma vez que permite avaliar as modificações dinâmicas por que passa a população, através de estimativas de produção, tamanho populacional, recrutamento, mortalidade e longevidade.

Neste estudo, a partir da observação de distintas coortes ao longo do tempo foram atribuídas idades relacionadas a tamanhos médios que não apresentaram diferenças significativas entre os anos de amostragem, demonstrando uma constância nos parâmetros de crescimento da espécie. Tais evidências fortalecem a hipótese de elevada performance da espécie neste ambiente, uma vez que o tamanho é determinado geneticamente e em parte pelas condições prevalecentes. Logo, esta constância nas taxas de crescimento está fortemente associada à estabilidade ambiental da baía (ARAÚJO *et al.*, 2017), a elevada disponibilidade de alimento (PESSANHA & ARAÚJO, 2012; GUEDES *et al.*, 2015), bem como o uso diferenciado do habitat pela espécie (COSTA *et al.*, 2012).

Os valores de k estimados neste estudo apresentaram uma pequena amplitude de variação ($0,38 - 0,42 \text{ ano}^{-1}$) com valores de L_{∞} variando de 26,88 a 30,42 cm. AUSTIN (1971) observou valores de $k= 0,66$ e $L_{\infty}= 12,5$ em Porto Rico, ETCHEVERS (1978) estimou $k= 0,66$ e $L_{\infty}= 20,4$ na Venezuela, AYALA-PÉREZ *et al.* (2001) estimaram $k= 0,74$ e $L_{\infty}=24$ no México e ELLIFF *et al.* (2013) registraram $k= 0,24$ e $L_{\infty}= 26,25$ no sudeste do Brasil. COSTA *et al.* (2012) avaliando o crescimento da espécie no interior da Baía de Sepetiba estimaram $k=0,57$ e $L_{\infty}= 26$. As diferenças observadas entre nosso resultado e os demais estudos se deve, pelo menos em parte, a maior amplitude de tamanho registrada neste estudo (L_{max}), suportada pela boa performance dos indivíduos em relação às condicionantes ambientais locais e outras peculiaridades que são específicas dos habitats e que têm muitos fatores de interferência diferindo entre localidades. Isto torna difícil a interpretação de variações neste parâmetros entre diferentes áreas. Outros descritores que corroboram tais diferenças e a boa performance dos indivíduos foi o fator de condição que demonstra juntamente com a biomassa uma tendência crescente em relação ao desenvolvimento corporal (Figura 3), e o coeficiente

alométrico b que indica que *D. rhombeus*, tende a apresentar um incremento em peso maior que em comprimento, uma característica genética da espécie.

Ao longo do desenvolvimento, os indivíduos de uma determinada coorte se expõem a condicionantes predatórios diversos, em que as taxas de mortalidade natural atingem valores máximos nas duas extremidades do ciclo vital, *i.e.*, sobre jovens e adultos senis (BEVERTON, 1992; VETTER, 1988). Nossos resultados mostraram que a taxa de crescimento e a mortalidade variaram inversamente com a longevidade. ELLIFF *et al.* (2013) encontraram valores de longevidade maior e de k menor em relação ao presente estudo, em uma baía localizada ao sul da área de estudo. Assim, o padrão observado em ambos os estudos, sugere que a longevidade é inversamente proporcional às taxas de atividades corporais promovidas pelo metabolismo, onde fatores tais como temperatura elevada e um rico suprimento alimentar aceleram o crescimento e o envelhecimento, reduzindo a expectativa de vida dos indivíduos (PAULY, 1980; FONTELES-FILHO, 2011).

O recrutamento é um importante evento na história de vida dos peixes por garantir a sobrevivência dos indivíduos até a idade adulta, assegurando o sucesso reprodutivo da espécie (LOWERRE-BARBIERI *et al.*, 2017). ELLIFF *et al.* (2013) na Baía de Santos e ETCHEVERS (1978) e AYALA-PÉREZ *et al.* (2001) no Mar do Caribe observaram picos de recrutamento no outono/inverno. Na Baía de Sepetiba, ARAÚJO & SANTOS (1999) e COSTA *et al.* (2012) observaram a presença de recrutas no verão/outono, padrão sazonal também observado durante todo o período deste estudo. *D. rhombeus* ocorre na Baía de Sepetiba desde larva até a fase adulta apresentando elementos espaciais chave para o desenvolvimento da espécie, como área de retenção de larvas (praias das zonas interna e central), o habitat de berçário dos jovens (todas as praias) e a área de forrageamento dos adultos (interior da baía). Outra característica marcante da espécie é o padrão de movimentação em direção as águas mais profundas à medida que atingem os maiores tamanhos. Estas diferentes coortes ocupando distintas áreas da baía (COSTA *et al.*, 2012) sugerem que a espécie aperfeiçoe sua coexistência, compartilhando os recursos disponíveis e evitando competição intraespecífica (PESSANHA & ARAÚJO, 2012). A Figura 8 é uma representação esquemática da história de vida da espécie, no qual o uso do habitat ao longo do desenvolvimento ontogenético está diretamente relacionado aos processos físicos e biológicos típicos de cada ambiente. Tais processos demonstram padrões espaço-temporais bem definidos que influenciam os mecanismos fisiológicos e ecológicos dos peixes, refletindo em um alto desempenho individual e populacional.

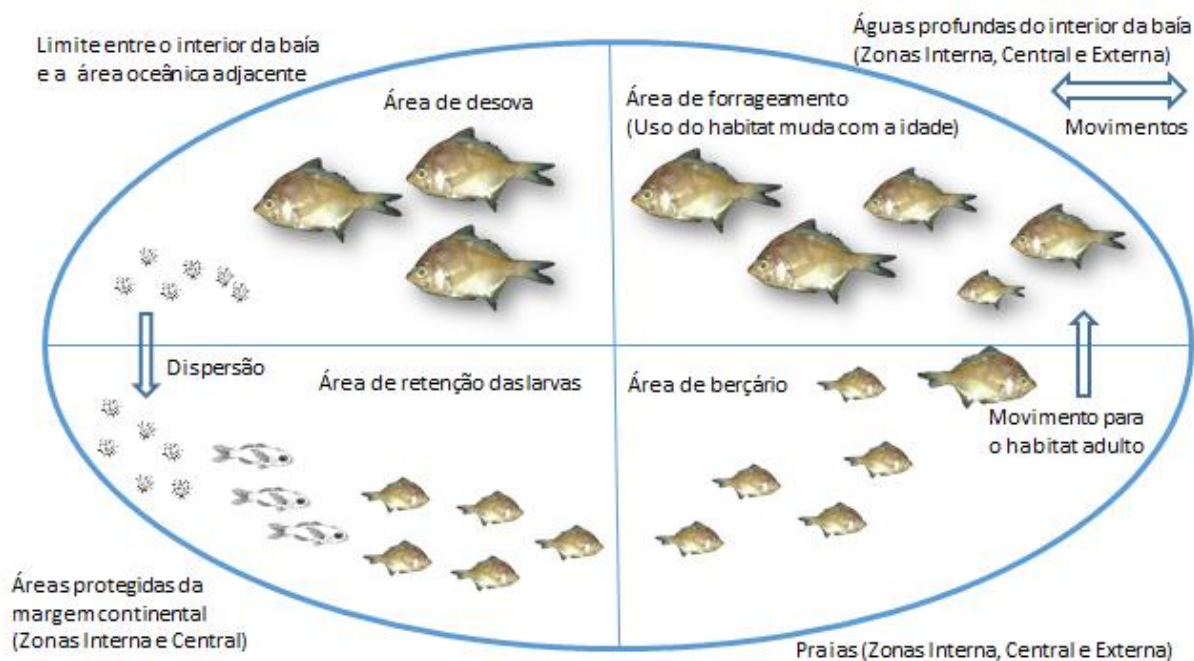


Figura 8. Modelo conceitual do uso do habitat por *Diapterus rhombeus* na Baía de Sepetiba e seus componentes espaciais vitais. Adaptado de Lowerre-Barbieri *et al.*, 2016.

Os menores indivíduos foram registrados nas praias localizadas próximas a manguezais e canais de drenagem continental, durante o período mais quente e chuvoso do ano. O aumento da vazão dos rios acarreta em uma maior disponibilidade de nutrientes e redução da salinidade (MATTOS *et al.*, 2013), que aliado às elevadas temperaturas proporcionam condições que favorecem o rápido crescimento dos jovens por acelerar o metabolismo e reduzir os custos energéticos relacionados à osmorregulação (BOEUF & PAYAN, 2001; BERNATZEDER *et al.*, 2010; FRISK *et al.*, 2015; ONG *et al.*, 2015), padrão este que foi corroborado no presente estudo. A carapeba demonstrou ampla tolerância e plasticidade ao gradiente ambiental da baía, uma vez que os resultados sugerem que os padrões de distribuição espaço-temporal dos grupos de tamanho coincidem com as variações ambientais locais. Neste sentido, variações temporais cíclicas de temperatura e salinidade, influenciaram os padrões de recrutamento da espécie na baía, enquanto a mudança no uso do habitat ao longo da ontogenia foi influenciada pelas quatro variáveis ambientais preditoras. Os maiores indivíduos apresentaram uma relação direta com a profundidade, transparência e salinidade, e relação inversa com a temperatura, indicando que ao longo do seu desenvolvimento, aumenta a sua afinidade por áreas com características mais oceânicas, típicas da zona externa da Baía de Sepetiba. Este padrão espacial de uso do habitat também foi observado por COSTA *et al.*, (2012) neste mesmo ambiente, bem como RAMOS *et al.* (2016) e CORREIA & VIANNA (2016) observaram o mesmo comportamento no uso do habitat em diferentes ambientes estuarinos para outros gerreídeos.

Portanto, a análise de dados históricos de frequência de comprimento e abundância de qualquer espécie é uma ferramenta importante para determinação de padrões de parâmetros populacionais e de uso do habitat. Adicionalmente variações cíclicas nas forçantes ambientais locais também são boas preditoras do comportamento da espécie. Assim, *D. rhombeus* mostrou-se uma espécie bem adaptada às condicionantes

ambientais da baía, por apresentar atributos populacionais estáveis, elucidando como a população é controlada pelas variações ambientais locais cujos efeitos são observados na densidade, recrutamento e desenvolvimento. Além disso, os padrões de uso do habitat pela espécie forneceram uma boa visão de como um gradiente ambiental pode afetar significativamente o comportamento da espécie e, em maior escala, a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas estuarinos e marinhos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, A.L.F.; DANTAS, R.P.; PESSANHA, A.L.M. Feeding ecology of three juvenile mojarra (Gerreidae) in a tropical estuary of Northeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 14, n. 1, e150039. 2016.
- ARAÚJO, F.G.; SANTOS, A.C.A. Distribution and recruitment of mojarra (Perciformes, Gerreidae) in the continental margin of Sepetiba Bay, Brazil. **Bulletin of Marine Science**, v. 65, n. 2, p. 431–439. 1999.
- ARAÚJO, F.G.; CRUZ-FILHO, A.G.; AZEVEDO, M.C.C.; SANTOS, A.C.A. Estrutura da comunidade de peixes demersais da Baía de Sepetiba, RJ. **Revista Brasileira de Biologia**, 58(3), 417–430. 1998.
- ARAÚJO, F.G.; AZEVEDO, M.C.C.; SILVA, M.A.; PESSANHA, A.L.M.; GOMES, I.D.; CRUZ-FILHO, A.G. Environmental influences on the demersal fish assemblages in the Sepetiba Bay, Brazil. **Estuaries**, v. 25, p. 441–450. 2002.
- ARAÚJO, F.G.; GUIMARÃES, F.J.C.; COSTA, M.R. Environmental influences on distribution of four Sciaenidae species (Actinopterygii, Perciformes) in a tropical bay at Southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 2, p. 487–508. 2006.
- ARAÚJO, F.G.; AZEVEDO, M.C.C.; GUEDES, A.P.P. Inter-decadal changes in fish communities of a tropical bay in southeastern Brazil. **Regional Studies in Marine Science**, v. 3, p. 107–118. 2016.
- ARAÚJO, F.G.; PINTO, S.M.; NEVES, L.M.; AZEVEDO, M.C.C. Inter-annual changes in fish communities of a tropical bay in southeastern Brazil: What can be inferred from anthropogenic activities? **Marine Pollution Bulletin**, v. 114, p. 102–113. 2017.
- AUSTIN, H.M. Some aspects of the biology of the rhomboid mojarra *Diapterus rhombeus* in Puerto Rico. **Bulletin of Marine Science**, v. 21, p. 886–903. 1971.
- AZEVEDO, M.C.C.; ARAÚJO, F.G.; CRUZ-FILHO, A.G.; PESSANHA, A.L.M.; SILVA, M.A.; GUEDES, A.P.P. Demersal fishes in a tropical bay in Southeastern Brazil: Partitioning the spatial, temporal and environmental components of ecological variation. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 75, p. 468–480. 2007.
- AYALA-PÉREZ, L.A.; GÓMEZ-MONTES, B.A.; MIRANDA, J.R. Distribución, abundancia y parâmetros poblacionales de la mojarra *Diapterus thombeus* (Pisces: Gerreidae) em la Laguna de Términos, Campeche, México. **Revista de Biología Tropical**, v. 49, n. 2, p. 635–642. 2001.
- BARBIÉRI, E.B.; KRONEMBERGER D.M.P. Climatologia do litoral Sul-Sudeste do estado do Rio de Janeiro. **Caderno de Geociências**, v. 12, p. 57–73. 1994.
- BERNATZEDER, A.K.; COWLEY, P.D.; HECHT, T. Do juveniles of the estuarine-dependent dusky kob, *Argyrosomus japonicus*, exhibit optimum growth indices at reduced salinities? **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 90, p. 111–115. 2010.
- BEVERTON, R.J.H. Patterns of reproductive strategy parameters in some marine teleost fishes. **Journal of Fish Biology**, v. 41(Supplement B), p. 137–160. 1992.
- BEVERTON, R.J.H.; HOLT, S.J. On the dynamics of exploited fish populations. **Fishery Investigations**, v 2, n. 19, 1–553. 1957.
- BHATTACHARYA, C.G. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. **Biometrics**, v. 23, p. 11–135. 1967.

- BOEUF, G.; PAYAN, P. How should salinity influence fish growth? **Comparative Biochemistry and Physiology Part C**, v. 130, p. 411–423. 2001.
- CARVALHO, B.M.; SPACH, H.L. Habitat use by *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1825) in intertidal zones of a subtropical estuary, Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Science**, v. 37, n. 2, p. 177–184. 2015.
- CHAVES, P.T.C.; OTTO, G. Aspectos biológicos de *Diapterus rhombeus* (Cuvier) (Teleostei, Gerreidae) na Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 15, n. 2, p. 289–295. 1998.
- CORRÊA, B.; VIANNA, M. Spatial and temporal distribution patterns of the silver mojarra *Eucinostomus argenteus* (Perciformes: Gerreidae) in a tropical semi-enclosed bay. **Journal of Fish Biology**, v. 89, p. 641–660. 2016.
- COSTA, M.R.; ALBIERI, R.J.; NEVES, L.M.; SANTOS, A.B.L.; ARAÚJO, F.G. Distribution and size of the mojarra *Diapterus rhombeus* (Cuvier) (Actinopterygii, Gerreidae) in a Southeastern Brazilian bay. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 60, n. 2, p. 199–207. 2012.
- COSTA, M.R.; MATTOS, T.M.; BORGES, J.L.; ARAÚJO, F.G. Habitat preferences of common native fishes in a tropical river in Southeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 11, n. 4, p. 871–880. 2013.
- COSTA M.R.; PEREIRA, H.H.; NEVES, L.M.; ARAÚJO, F.G. Length-weight relationships of 23 fish species from Southeastern Brazil. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 30, p. 230–232. 2014.
- DENADAI, M.R.; SANTOS, F.B.; BESSA, E.; FERNANDEZ, W.S.; PASCHOAL, C.C.; TURRA, A. Diets of *Eucinostomus argenteus* (Baird & Girard, 1855) and *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829) (Perciformes: Gerreidae) in Caraguatatuba Bay, Southeastern Brazil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 7, n. 3, p. 143–155. 2012.
- DIAS, J.F.; GONÇALVES, A.M.; FERNANDEZ, W.S.; SILBIGER, H.L.N.; FIADI, C.B.; SCHMIDT, T.C.S. Ichthyofauna in an estuary of the Mataripe area, Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 59, n. 1, p. 75–95. 2011.
- ELLIFF, C.I., TUTUI, S.L.S., SOUZA, M.R.; TOMÁS, A.R.G. Population structure of caitipa mojarra (*Diapterus rhombeus*) in an estuarine system of Southeastern Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 39, n. 4, p. 411–421. 2013.
- ESPINO-BARR, E., GALLARDO-CABELLO M., CABRAL-SOLÍS E.G., PUENTE-GÓMEZ M. AND GARCIA-BOA A. Growth of the yellowfin mojarra *Gerres cinereus* of the Pacific Coast of Mexico. **Journal of Fisheries and Aquatic Science**, v. 9, n. 1, p. 14–23. 2014.
- EVESON, J.P.; LASLETT, G.M.; POLACHECK, T. An integrated model for growth incorporating tag–recapture, length–frequency, and direct aging data. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 61, p. 292–306. 2004.
- ETCHEVERS, S.L. Contribution to the biology of *Diapterus rhombeus* (Cuvier) (Pisces-Gerreidae), South of Margarita Island, Venezuela. **Bulletin of Marine Science**, v. 28, n. 2, p. 385–389. 1978.
- FIPERJ. **Relatório final da Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro**. Secretaria de Desenvolvimento Regional, Abastecimento e Pesca. 141p. 2014.
- FONTELES-FILHO, A.A. **Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros**. Fortaleza: Expressão Gráfica Editora. 464p. 2011.
- FRANCO, T.P.; NEVES, L.M.; TEIXEIRA, T.P.; ARAÚJO F.G. Patterns of spatial distribution of five species of mojarra (Actinopterygii: Gerreidae) in a small tropical estuary in south-eastern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 92, n. 5, p. 1217–1225. 2012.

FRISK, C.; ANDERSEN, K.H.; TEMMING, A.; HERRMANN, J.P.; MADSEN, K.S. AND KRAUS, G. Environmental effects on sprat (*Sprattus sprattus*) physiology and growth at the distribution frontier: A bioenergetic modeling approach. **Ecological Modelling**, v. 299, p. 130–139. 2015.

GALLARDO-CABELLO, M.; ESPINO-BARR, E.; GARCÍA-BOA, A.; PUENTE-GÓMEZ, M.; CABRAL-SOLÍS, E.G. Fishery analysis of *Diapterus brevirostris* in the central Mexican Pacific. **Avances en Investigación Agropecuaria**, v. 19, n. 1, p. 77–93. 2015.

GAYANILO JR., F.C.; SPARRE, P.; PAULY, D. The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT) User's guide. **FAO Computerized Information Series (Fisheries)**, v. 6, p. 1–186. 1996.

GAYANILO JR., F.C.; PAULY, D. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT) Reference manual. **FAO Computerized Information Series (Fisheries)**, v. 8, n. 1–262p. 1997.

GONÇALVES, P.L.; FONTOURA, N.F. Dinâmica populacional de *Palaemonetes argentinus* na lagoa Fortaleza, Rio Grande do Sul, Brasil (Decapoda, Palaemonidae). **Iheringia, Série Zoologia**, v. 86, p. 171–186. 1999.

GREENBERG, L.A.; BERGMAN, E.; EKLÖV, A.G. Effects of predation and intraspecific interactions on habitat use and foraging by brown trout in artificial streams. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 6, p. 16–26. 1997.

GUEDES, A.P.P.; ARAÚJO, F.G.; PESSANHA, A.L.M.; MILAGRE, R.R. Partitioning of the feeding niche along spatial, seasonal and size dimensions by the fish community in a tropical bay in Southeastern Brazil. **Marine Ecology**, v. 36, p. 38–56. 2015

HUIJBERS, C.M.; NAGELKERKEN, I.; DEBROT, A.O.; JONGEJANS, E. Geographic coupling of juvenile and adult habitat shapes spatial population dynamics of a coral reef fish. **Ecology**, v. 94, n. 8, p. 1859–1870. 2013.

LOWERRE-BARBIERI, S.; DECELLES, G.; PEPIN, P.; CATALÁN, I.A.; MUHLING, B.; ERISMAN, B.; CADRIN, S.X.; ALÓS, J.; OSPINA-ALVAREZ, A.; STACHURA, M.M.; TRINGALI, M.D.; BURNSED, S.W.; PARIS, C.B. Reproductive resilience: a paradigm shift in understanding spawner-recruit systems in exploited marine fish. **Fish and Fisheries**, v. 18, p. 285–312. 2017.

MATTOS, T.M.; COSTA, M.R.; PINTO, B.C.T.; BORGES, J.L.C.; ARAÚJO, F.G. To what extent are the fish compositions of a regulated river related to physico-chemical variables and habitat structure? **Environmental Biology of Fishes**, v. 97, p. 717–730. 2013.

McEACHRAN, J.D.; FECHHELM, J.D. **Fishes of the Gulf of Mexico**. Austin: University of Texas Press. 2116p. 2005.

MORAES, L.E.; ROMERO, R.M.; ROCHA, G.R.A.; MOURA, R.L. Ictiofauna demersal da plataforma continental interna ao largo de Ilhéus, Bahia, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 4, p. 163–168. 2009.

OHLBERGER, J.; OTERO, J.; EDELINE, E.; WINFIELD, I.J.; STENSETH, N.C.; VØLLESTAD, L.A. Biotic and abiotic effects on cohort size distributions in fish. **Oikos**, v. 122, p. 835–844. 2013.

ONG, J.J.L.; ROUNTREY, A.N.; MEEUWIG, J.J.; NEWMAN, S.J.; ZINKE, J.; MEEKAN, M.G. Contrasting environmental drivers of adult and juvenile growth in a marine fish: implications for the effects of climate change. **Scientific Reports**, 5, 10859. 2015.

- PANHWAR, S.K.; LIU, Q. Population statistics of the migratory hilsa shad, *Tenualosa ilisha*, in Sindh, Pakistan. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 29, p. 1091–1096. 2013.
- PAULY, D. Theory and management of tropical multispecies stocks - A review, with emphasis on the Southeast Asian demersal fisheries. **ICLARM Studies and Review**, v. 1, p. 1–35. 1979.
- PAULY, D. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stock. **Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer**, v. 39, n.2, p. 175–192. 1980.
- PAULY, D.; MUNRO, J.L. Once more on the comparison of growth in fishes and Invertebrates. **ICLARM Fishbyte**, v. 2, n. 1, p. 1–21. 1984.
- PERALTA-MEIXUEIRO, M.A.; VEGA-CENDEJAS, M.E. Spatial and temporal structure of fish assemblages in a hyperhaline coastal system: Ría Lagartos, Mexico. **Neotropical Ichthyology**, v. 9, n. 3, p. 673–682. 2011.
- PEREIRA, H.H; NEVES, L.M.; COSTA, M.R.; ARAÚJO, F.G. Fish assemblage structure on sandy beaches with different anthropogenic influences and proximity of spawning grounds. **Marine Ecology**, v. 36, p. 16–27. 2015.
- PESSANHA, A.L.M.; ARAÚJO, F.G. Spatial and size feeding niche partitioning of the rhomboid mojarra *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829) in a tropical Brazilian Bay. **Marine Biology Research**, v. 8, p. 273–283. 2012.
- RAMOS, J.A.A.; BARLETTA, M.; DANTAS, D.V.; LIMA, A.R.A.; COSTA, M.F. Trophic niche and habitat shifts of sympatric Gerreidae. **Journal of Fish Biology**, v. 85, p. 1446–1469. 2014.
- RAMOS, J.A.A.; BARLETTA, M.; DANTAS, D.V.; COSTA, M.F. Seasonal and spatial ontogenetic movements of Gerreidae in a Brazilian tropical estuarine ecocline and its application for nursery habitat conservation. **Journal of Fish Biology**, v. 89, p. 696–712. 2016.
- RICKER, W.E. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. **Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada**, v. 191, p. 1–382. 1975.
- SA-OLIVEIRA, J.C.; ANGELINI, R.; ISAAC-NAHUM, V.J. Population parameters of the fish fauna in a long-established Amazonian reservoir (Amapá, Brazil). **Journal of Applied Ichthyology**, v. 31, p. 290–295. 2015.
- SIGNORINI, S.R. A study of the circulation in Bay of Ilha Grande and Bay of Sepetiba, Part I, a survey of the circulation based on experimental field data. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 29, n. 1, p. 41–55. 1980_a.
- SIGNORINI, S.R. A study of the circulation in Bay of Ilha Grande and Bay of Sepetiba, Part II, an assessment to the tidally and wind-driven circulation using a finite element numerical model. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 29, n. 1, p. 57–68. 1980_b.
- SILVA J.P.C., SANTOS R.S., COSTA M.R., AND ARAÚJO F.G. Parâmetros de crescimento e mortalidade de *Eucinostomus argenteus* (Baird & Girard, 1854) capturados no manguezal de Guaratiba, Baía de Sepetiba, RJ. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, n.4, p. 657 – 667. 2014.
- SISKEY, M.R.; WILBERG, M.J.; ALLMAN. R.J.; BARNETT, B.K.; SECOR, D.H. Forty years of fishing: changes in age structure and stock mixing in Northwestern Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) associated with size-selective and long-term exploitation. **ICES Journal of Marine Science**, v. 73, n. 10, p. 2518–2528. 2016.
- SPARRE, P.; VENEMA, S.C. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. **FAO Fisheries Technical Paper**, 306, 1–376. 1992.
- TAYLOR, C.C. Cod growth and temperature. **Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer**, v. 23, p. 366–70. 1958.

- VARGAS-MALDONADO, I.; YÁÑEZ-ARANCIBIA, A.; AMEZCUA-LINARES, F. Ecología y estructura de las comunidades de peces em áreas de *Rhizophora mangle* y *Thalassia testudinum* de la Isla del Carmen sur del Golfo de Mexico. **Anales del Instituto Ciencias del Mar y Limnología**, v. 8, p. 241-266. 1981.
- VAZZOLER, A.E.A.M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. EDUEM: Maringá. 169p. 1996.
- VELASCO, G.; REIS, E.G.; VIEIRA, J.P. Calculating growth parameters of *Genidens barbatus* (Siluriformes , Ariidae) using length composition and age data. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 23, p. 64–69. 2007.
- VETTER, E.F. Estimation of natural mortality in fish stocks: a review. **Fishery Bulletin**, v. 86, p. 25–43. 1988.
- WILLIAMS J.P., CLAISSE J.T., PONDELLA II D.J., MEDEIROS L., VALLE C.F. AND SHANE M.A. Patterns of life history and habitat use of an important recreational fishery species, spotfin croaker, and their potential fishery implications. **Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science**, v. 4, n. 1, p. 71-84. 2012.
- ZAR, J.H. **Biostatistical Analysis**. 4th ed. New Jersey: Prentice-Hall. 663p. 1999.

CAPITULO 3

Estratégias de *Atherinella brasiliensis* em relação à variabilidade ambiental em uma baía tropical do sudeste do Brasil.

RESUMO

A densidade dos peixes em áreas costeiras está diretamente associada às variáveis ambientais locais e de larga escala que determinam os padrões de distribuição das espécies em áreas estuarinas. A população do peixe-rei *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1825) da Baía de Sepetiba foi amostrada mensalmente de 1996 a 2001 considerando o gradiente espacial ao longo do ambiente estuarino (zonas interna, central e externa). O objetivo foi investigar a dinâmica de produção das coortes (sobrevivência, crescimento e biomassa) de *Atherinella brasiliensis* ao longo do tempo e descrever eventuais respostas da população às variáveis ambientais locais e de larga escala. Os descritores populacionais considerados foram densidade de jovens e adultos, parâmetros de crescimento, longevidade, mortalidade natural, produção e biomassa. As maiores densidades de jovens e adultos ocorreram no verão, estando associadas a elevados valores de Temperatura de Superfície do Mar (TSM), temperatura local e precipitação pluviométrica. As maiores capturas de jovens ocorreram na zona central da baía, especialmente em uma praia abrigada com ambientes vegetados/estruturados nas adjacências. As maiores densidades dos adultos foram registradas na zona externa estando associadas às elevadas transparências e maiores influências marinhas. Os parâmetros de crescimento não variaram significativamente entre os anos, apresentando as seguintes amplitudes de variação: constante de crescimento (k) de 0,70 a 0,91 ano⁻¹; comprimento máximo assintótico (L_{∞}) de 16,25 a 17,00 cm; t_0 de -0,25 a -0,16 ano; longevidade ($A_{0,95}$) de 3,13 a 4,03 anos; mortalidade natural (M) de 0,83 a 0,88 ano⁻¹; índice de performance (ϕ) de 2,27 a 2,42. Durante o período de estudo ocorreu um forte evento de El Niño em 1997/98, quando foi registrada a maior amplitude de oscilação de TSM entre o inverno de 1997 e o verão de 1998. Localmente no verão de 1998 foram observados valores extremos de temperaturas e precipitações pluviométricas comparado com as demais estações do período de estudo. Uma clara diminuição da densidade dos jovens e dos valores de produção e biomassa foi registrada durante este evento de larga escala. Recrutamentos não expressivos e rápido desaparecimento da coorte parental persistiram por até três coortes após o início do evento. Elevados valores de produção e biomassa foram retomados após um evento de La Niña, a partir do ano 2000. Assim, podemos inferir que a espécie apresentou um padrão recorrente de uso do habitat e distribuição, mostrando-se adaptada a dinâmica estuarina da Baía de Sepetiba, *i.e.*, com marcado padrão de variação espacial e sazonal. Este estudo destaca ainda que eventos de larga escala e suas teleconexões exercem efeito sobre a dinâmica de produção de *A. brasiliensis* em sistemas costeiros estuarinos no sudeste do Brasil.

Palavras-chaves: Produção; crescimento, recrutamento, estrutura em tamanho, variáveis ambientais.

Strategies of *Atherinella brasiliensis* to cope with environmental variability in a tropical bay in Southeastern Brazil.

ABSTRACT

Fish density in coastal areas are directly associated with environmental variables at local and large scales, that determine species distribution patterns in estuarine areas. Population

of the silverside *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1825) from Sepetiba Bay was sampled monthly from 1996 to 2001 considering the spatial distribution along the estuarine gradient (inner, central and outer zones). The aim was to investigate the dynamics of cohort production (survival, growth and biomass) of *Atherinella brasiliensis* over time and describe the population responses to environmental variables at both local and large scales. Population descriptors were density of juveniles and adults, growth parameters, longevity, natural mortality, production and biomass. The highest densities of juveniles and adults occurred in the summer, associated with highest sea surface temperature (SST), local temperature and rainfall. The largest abundances of juveniles occurred in the middle bay zones, especially in sheltered beaches with vegetated/structured surroundings. The highest densities of adults were recorded in the outer zone, associated to the highest transparencies and greater marine influence. Growth parameters did not vary between years, with the following ranges of variation: growth constant (k) from 0.70 to 0.91 year⁻¹; Maximum asymptotic length (L_{∞}) from 16.25 to 17.00 cm; t_0 from -0.25 to -0.16 year; Longevity ($A_{0.95}$) from 3.13 to 4.03 years; Natural mortality (M) from 0.83 to 0.88 year⁻¹; Performance index (ϕ) from 2.27 to 2.42. During the study period, there was a strong El Niño event in 1997/98, when a greater amplitude of SST oscillation was recorded between the winter of 1997 and the summer of 1998. Locally, extreme temperatures and rainfall were observed in the summer of 1998 compared with the remaining studied periods. A clear decrease in the juvenile densities, production and biomass was recorded during this large-scale event. Non-expressive recruitment and rapid disappearance of the parental cohort persisted for up to three cohorts after the onset of the event. High production and biomass were resumed after a La Niña event, from the year 2000. Thus, we can infer that the species had a recurrent pattern of habitat use and distribution and a well adapted condition to the environmental estuarine dynamics of the Sepetiba Bay, that have a marked pattern of spatial and seasonal variation. This study also emphasizes that large-scale events and their teleconnections have an effect on the production dynamics of *A. brasiliensis* in the estuarine coastal systems in Southeastern Brazil.

Key words: production; growth, recruitment, size structure, environmental variables.

INTRODUÇÃO

Ambientes estuarinos, como baías, estuários e manguezais possuem relevante importância ecológica para manutenção da ictiofauna sendo utilizados como área de berçário, refúgio, alimentação e rota de migração/movimentação por diversas espécies (ELLIOTT *et al.*, 2007; BARLETTA & BLABER, 2007; MARTINHO *et al.*, 2007). Nestes ambientes frequentemente destaca-se em abundância a guilda dos peixes residentes, que estão presentes durante todas as fases do ciclo de vida, (DOLBETH *et al.*,

2007; CLOSE *et al.*, 2010; NYITRAI *et al.*, 2013) como *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard 1825) (Atheriniformes: Atherinopsidae) que utiliza diferentes tipos de habitat em águas rasas (NEVES *et al.*, 2006; CARVALHO & SPACH, 2015). Os estágios iniciais da maioria das espécies de peixes exibem elevadas taxas de crescimento e mortalidade e são muito sensíveis às mudanças nas condicionantes ambientais. O entendimento da influência ambiental sobre a sobrevivência dos jovens é crítico porque, fatores bióticos e abióticos influenciam os processos de recrutamento dos peixes com fortes coortes produzidas somente quando as condições são favoráveis (NICOLAS *et al.*, 2007; DOLBETH *et al.*, 2007; NUNN *et al.*, 2010). Outro atributo importante é a taxa de produção considerada uma excelente medida de desempenho da população. Como enfatizado por BENKE (1993), produção é a mais compreensiva representação de sucesso populacional por ser composta pelas mais relevantes variáveis que descrevem uma população: densidade, biomassa, crescimento individual, reprodução, sobrevivência e fases de desenvolvimento (LOBÓN-CERVIÁ *et al.*, 2011; DOLBETH *et al.*, 2012).

Padrões sazonais de variação ambiental local são fortemente relacionados com a diversificação de uso do habitat por parte de uma espécie ao longo de sua ontogenia, estando diretamente associados a mudanças metabólicas impostas pelo crescimento, *i.e.*, larvas, jovens e adultos não ocupam o mesmo habitat para a maioria das espécies de peixes (CARVALHO & SPACH, 2015; ONG *et al.*, 2015). Também eventos com variabilidade interanual, tais como o El Niño que tem um período de recorrência em torno de 2-8 anos, refletem em todo sistema climático global através de teleconexões com fenômenos atmosféricos e oceanográficos (SANTOS, 2006). Estes operam na escala do Oceano Atlântico Sul com influência em anomalias meteorológicas e processos correlatos (*e.g.*, ressurgências) que podem impulsionar a produção dos ambientes costeiros (GRIMM *et al.*, 1998; PAES & MORAES, 2007) entre outros eventos de escala local. O aumento da temperatura atmosférica acarreta um aquecimento acelerado do ambiente estuarino em virtude de seu pequeno tamanho e baixa profundidade (TEAL *et al.*, 2008; RIJNSDORP *et al.*, 2009). Adicionalmente, mudanças nos padrões de precipitação pluviométrica alteram o escoamento de rios com efeitos na produtividade (disponibilidade de nutrientes), salinidade e transparência da água (VINAGRE *et al.*, 2009; ONG *et al.*, 2015).

A análise de séries temporais em ecologia possibilita o entendimento de como as variáveis ambientais locais e de larga escala impulsionam a dinâmica do ecossistema e a estruturação (densidade e número de coortes) e distribuição de uma população local, através de variações inter-anuais e padrões sazonais (PASCUAL & ELLNER, 2000; CAZELLES, 2004; MORAES *et al.*, 2012). No entanto, as respostas das variáveis-alvo, *e.g.*, a densidade e produção de coortes em relação às variáveis preditoras frequentemente não são imediatas, mas sim postergadas (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998; OLDEN & NEFF, 2001). A escala desse atraso (*time lag*) é variável e relacionada à frequência de ocorrência do evento (*e.g.*, diariamente, mensalmente ou inter-anualmente) em relação ao ciclo de vida das espécies (PARRAGA *et al.*, 2010; QIU *et al.*, 2010; von BIELA *et al.*, 2011).

Assim o objetivo do presente estudo foi investigar a dinâmica de produção das coortes (sobrevivência, crescimento e biomassa) ao longo do tempo e a influência de variáveis ambientais locais e de larga escala sobre os parâmetros populacionais de *Atherinella brasiliensis* na Baía de Sepetiba entre os anos de 1996 e 2001. Durante este período registrou-se um forte evento de El Niño sucedido por eventos de La Niña de intensidade fraca a moderada. A análise da distribuição de frequência de comprimento da

espécie foi escolhida para caracterizar os padrões espaciais e sazonais de uso do habitat, bem como estimar os parâmetros de crescimento, produção e biomassa anual. Portanto este estudo visou elucidar as seguintes questões: i) Como as variáveis ambientais locais afetam a distribuição da espécie durante diferentes cenários climáticos? ii) Eventos de variabilidade interanual exercem influência na dinâmica de produção das coortes da espécie? iii) Parâmetros populacionais se mantêm estáveis entre os anos e em diferentes cenários climáticos? iv) Como a espécie utiliza o habitat ao longo do seu desenvolvimento ontogenético, no espaço e no tempo?

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A Baía de Sepetiba (22°54'-23°04'S, 43°34'-44°10'W) é delimitada por um cordão arenoso de 40 km de extensão ao sul que a separa do Oceano Atlântico, e apresenta uma grande abertura de comunicação com o mar a oeste. Possui uma área de aproximadamente 450 km², profundidade média de 8,6 m, profundidade máxima de 30 m e área de drenagem de 2700 km² (ARAÚJO *et al.*, 2002; ARAÚJO *et al.*, 2016). A precipitação pluviométrica anual varia entre 1000 e 2100 mm, a amplitude de marés varia entre 0,5 e 1,5 m e os ventos do quadrante sudoeste e nordeste ativam correntes térmicas entre a baía e o oceano (SIGNORINI, 1980_{a, b}; BARBIÉRI & KRONEMBERG, 1994). A margem continental da baía constitui um mosaico de habitats formado por áreas de praias arenosas e lamosas, costões rochosos, além de marismas, manguezais e pequenos estuários que representam importantes fontes alóctones de nutrientes contribuindo para a produtividade da área (NEVES *et al.*, 2006, TUBBS FILHO *et al.*, 2012). A Baía de Sepetiba apresenta um gradiente natural que permite dividi-la em três zonas de acordo com valores de salinidade, transparência e granulometria (Figura 1): 1) a Zona Externa apresenta os maiores valores de salinidade/transparência e sedimento arenoso, caracterizada pela influência marinha e menor aporte de água doce devido à ausência de grandes rios nas proximidades. 2) a Zona Central apresenta sedimento predominantemente lamoso, valores intermediários de salinidade/transparência e é caracterizada pela presença de áreas de manguezal e dos principais contribuintes da drenagem continental, com destaque para o Canal de São Francisco (foz do Rio Guandu). 3) a Zona Interna apresenta os menores valores de salinidade/transparência e sedimento lamoso, situa-se numa região densamente povoada, caracterizada por ser a região mais abrigada da baía, para onde são carregados os detritos da drenagem continental, sendo a zona que apresenta os maiores impactos da degradação ambiental (AZEVEDO *et al.*, 2007; ARAÚJO *et al.*, 2017).

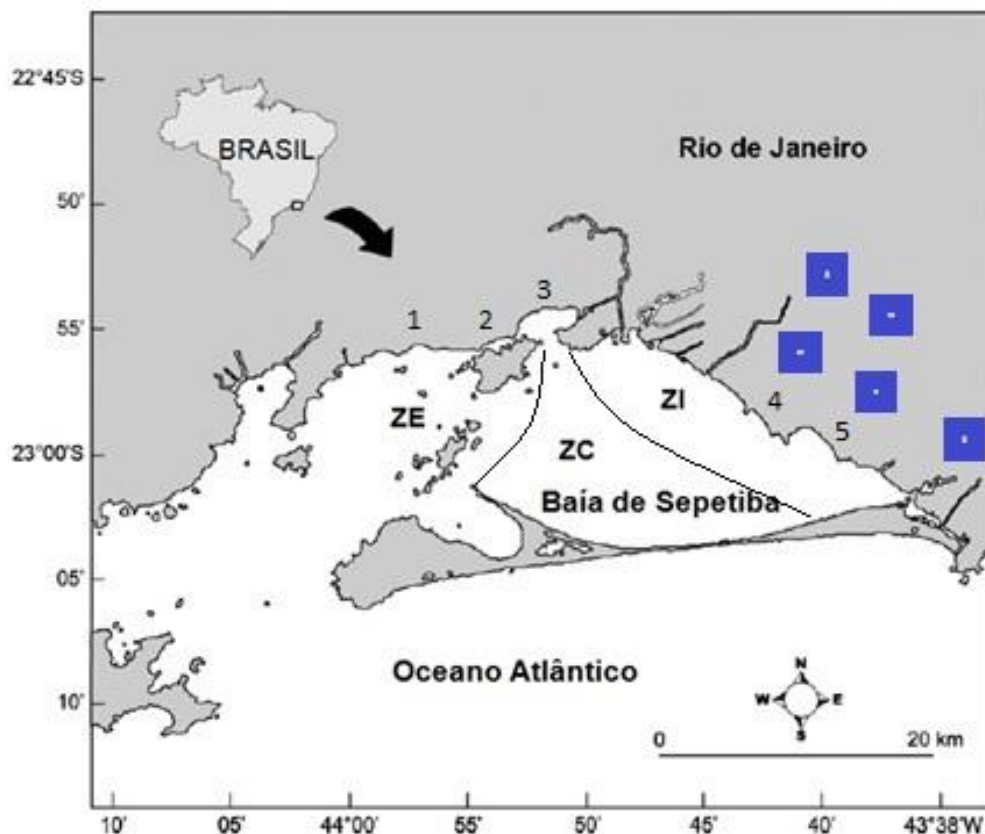


Figura 1. Área de Estudo, Baía de Sepetiba, com indicação dos locais de coleta. Zona Externa (ZE): 1–Muriqui, 2–Itacuruçá; Zona Central (ZC): 3–Coroa Grande; Zona Interna (ZI): 4–Sepetiba e 5–Pedra. Quadrados correspondem às estações pluviométricas do GEORIO.

Programa de amostragem

Amostragens mensais entre janeiro de 1996 e dezembro de 2001 foram realizadas em cinco praias da Baía de Sepetiba, sendo duas localizadas na zona externa (Muriqui e Itacuruçá), uma na zona central (Coroa Grande) e duas na zona interna (Sepetiba e Pedra). Um total de 350 amostras foi realizado com rede picaré, operada manualmente, medindo 12 metros de comprimento, 2,5 metros de altura e malha de 5 mm de distância entre-nós opostos (Tabela I). Os arrastos de praia ocorreram a uma profundidade máxima de 1,5 metros e percorreram uma distância de 30 metros, totalizando 300 m² de área amostrada. Imediatamente após a amostragem, os peixes foram fixados em formalina 10% e após 48h transferidos para etanol 70%. Todos os peixes foram medidos no comprimento total (CT) em milímetros e pesados a uma precisão de 0,01 gramas. Alguns exemplares foram tombados na coleção de referência do Laboratório de Ecologia de Peixes da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Tabela I. Programa de amostragem de arrasto de praia realizado nas três zonas da Baía de Sepetiba durante os anos de 1996, 1997, 1998, 1999, 2000 e 2001.

| Ciclo Anual | Zonas da Baía | Número de Amostras | Frequência de Amostragem | Período de Amostragem |
|-------------|---------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|
| 1996 | Interna | 22 | Mensal | 01/96-12/96 |
| | Central | 12 | | |
| | Externa | 24 | | |
| 1997 | Interna | 24 | Mensal | 01/97-12/97 |
| | Central | 12 | | |
| | Externa | 24 | | |
| 1998 | Interna | 22 | Mensal | 02/98-12/98 |
| | Central | 11 | | |
| | Externa | 22 | | |
| 1999 | Interna | 23 | Mensal | 01/99-12/99 |
| | Central | 12 | | |
| | Externa | 24 | | |
| 2000 | Interna | 22 | Mensal | 01/00-12/00 |
| | Central | 12 | | |
| | Externa | 24 | | |
| 2001 | Interna | 24 | Mensal | 01/01-12/01 |
| | Central | 12 | | |
| | Externa | 24 | | |

Variáveis ambientais locais foram mensuradas após cada amostragem biológica, sendo a transparência medida com um disco de Secchi e a temperatura e salinidade com uma sonda multiparamétrica Horiba W-21 (Horiba Trading Co. Ltd., Shanghai) a aproximadamente 0,5 m de profundidade. O total mensal das precipitações de 5 estações pluviométricas automáticas ao longo da margem continental da Baía de Sepetiba foi obtido no site do Sistema de Alerta de Deslizamentos da prefeitura do Rio de Janeiro GEO

RIO (<http://portalgeo.rio.rj.gov.br/indice/flanali.asp?codpal=577&pal=PRECIPITA%C7%D5ES%20PLUVIOM%C9TRICAS/CHUVAS>) para o período de 1997 a 2001. A exceção foi à pluviosidade do ano de 1996, estimada a partir da média móvel dos anos subsequentes (estimada a partir dos dados mensais entre 1997 e 2001, para indicar tendências sequenciais, a fim de complementar todo período amostral). As variáveis de larga escala foram a Temperatura de Superfície do Mar (TSM) do Atlântico Sul na área delimitada por (0°-20° S, 10° L-30° O) e o Índice Oceânico do El Niño (ONI) correspondente ao valor da média corrida de 3 meses da anomalia da área delimitada por (5° N-5° S, 170° W-120° W), sendo classificado como El Niño ou La Niña quando as anomalias excederem +0,5°C ou -0,5°C durante pelo menos cinco meses consecutivos. Os dados de TSM e ONI foram obtidos no site do National Weather Service - Climate Prediction Center (<http://cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/sstoi.atl.indices> e http://cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml, respectivamente).

Análise de dados

Previamente às análises dos dados ambientais (temperatura local, salinidade, transparência, precipitação pluviométrica, TSM e ONI) todas as variáveis foram normalizadas e uma matriz de similaridade baseada na distância euclidiana foi calculada. Em seguida, uma Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA) (tipo III) utilizando um desenho cruzado trifatorial foi empregada considerando todos os fatores fixos: anos (6 níveis), estações do ano (4 níveis) e as zonas (3 níveis) de forma a

testar as diferenças estatísticas significativas entre os fatores, comparando cada variável separadamente (abordagem univariada). A escolha da análise PERMANOVA está relacionada à sua capacidade de lidar com modelos estatísticos desequilibrados como no presente estudo (devido a um número desigual de amostras observadas em cada nível), além de calcular um F estatístico idêntico ao que seria produzido utilizando a ANOVA tradicional, apesar de não ser afetada pela distribuição não-normal dos dados (ANDERSON, 2001).

Para análise da densidade populacional de *Atherinella brasiliensis* (número de indivíduos.100m⁻²) foram definidas duas categorias com base no tamanho de primeira maturação sexual da espécie, onde os indivíduos com até 7 cm de comprimento total foram classificados como jovens e os maiores foram considerados adultos de acordo com FÁVARO *et al.* (2003). Antes da análise, as densidades populacionais foram logaritimizadas, e matrizes de similaridade com base na distância euclidiana foram calculadas para cada categoria isoladamente. A densidade dos jovens e adultos da espécie foi testada estatisticamente usando o mesmo modelo de PERMANOVA (tipo III) utilizado para análise dos dados ambientais, onde a significância estatística de variância dos componentes foi testada usando 9999 permutações dos resíduos sob um modelo reduzido. Subsequentemente, os fatores e interações significativas foram investigados usando comparações pareadas post hoc para determinar quais pares de anos, estações e zonas foram diferentes significativamente (ANDERSON, 2001).

A fim de avaliar a influência das variáveis abióticas sobre a densidade dos jovens e adultos, uma modelagem linear com base na distância (DistLM) foi realizada (ANDERSON *et al.*, 2008) utilizando uma matriz de Bray-curtis para ambas as categorias. O critério de seleção adotado foi o R² ajustado via procedimento de seleção passo a passo (*step-wise*), visando à seleção das principais variáveis explicativas na variação dos dados bióticos. A direção e magnitude da relação entre variáveis abióticas e as categorias (jovens e adultos) da espécie foram exibidos usando a análise de redundância baseada na distância (dbRDA) (LEGENDRE & ANDERSON, 1999). Os eixos descrevem a porcentagem de variação do modelo selecionado em termos de variação total da densidade da espécie. Os vetores representam as variáveis ambientais compostas pelo modelo selecionado. As análises PERMANOVA, DistLM e dbRDA foram realizadas utilizando o programa computacional PRIMER v 6.1.11® (CLARKE & GORLEY, 2006) com PERMANOVA + 1.0.1. add-on do pacote (ANDERSON *et al.*, 2008).

As curvas de crescimento em comprimento foram estimadas a partir do modelo de crescimento de von Bertalanffy (BERTALANFFY, 1938):

$k = \Sigma [-\log\{1-(L_t/L_\infty)\}/t]/n$; onde: **k** é a constante relacionada a velocidade de crescimento, L_t é o comprimento (cm) médio dos indivíduos com idade t (anos), L_∞ comprimento médio máximo teórico e n é o número de pares de dados de comprimento/idade. Os parâmetros da curva de von Bertalanffy (k e L_∞) foram ajustados através da rotina ELEFAN disponível no pacote computacional FISAT II (GAYANILO *et al.*, 2005). A idade teórica que os peixes teriam no comprimento zero (t_0) foi determinada através da fórmula empírica de PAULY (1979), onde:

$\log(-t_0) = -0,3922 - 0,2752 \log L_\infty - 1,038 \log k$. A partir destas três estimativas utilizou-se um teste de razão de verossimilhança ($\alpha=0.05$) para comparar as curvas de crescimento entre os anos de amostragem (CERRATO, 1990; AUBONE & WÖHLER, 2000).

A longevidade ($A_{0.95}$) foi determinada com base na equação de TAYLOR (1958) e corresponde ao tempo necessário que o indivíduo leva para atingir 95% do comprimento máximo teórico (L_∞), sendo que $A_{0.95} = t_0 + 2,996/k$.

O coeficiente de mortalidade natural (**M**) foi obtido empregando-se a fórmula empírica proposta por PAULY (1980), que requer os parâmetros de crescimento (L_{∞} e k) e a temperatura média do ambiente (T °C) em que a espécie está inserida:

$$\log M = -0,0066 - 0,279 \log L_{\infty} + 0,6543 \log K + 0,4634 \log 10T^{\circ}$$

O índice de desempenho de crescimento (ϕ) considera o efeito inverso da demanda de oxigênio sobre os parâmetros k e L_{∞} , segundo a equação de PAULY & MUNRO (1984): $\phi = \log k + 2 \log L_{\infty}$.

A progressão modal da estrutura populacional de *A. brasiliensis* foi acompanhada pelo monitoramento das coortes reconhecíveis a partir dos dados de tamanho agrupados das cinco praias por cada estação do ano para cada ano, utilizando a distribuição de frequência de tamanho. Tais coortes foram determinadas usando o método de Bhattacharya, inserido no pacote FISAT II, cujo objetivo básico consiste na separação destas distribuições, sendo que cada uma representa uma coorte de peixes da distribuição global (GAYANILO *et al.*, 2005). Esta análise fornece o comprimento médio, o desvio padrão, o tamanho das populações e os índices de separação para os grupos etários identificados.

Após a identificação das coortes, a produção anual foi calculada usando o método da soma do incremento da coorte (WINBERG, 1971), de acordo com:

$$P_{cn} = \sum_{t=0}^{T-1} \left(\frac{N_t + N_{t+1}}{2} \right) \times (\bar{w}_{t+1} - \bar{w}_t)$$

onde P_{cn} é a produção de crescimento (g WW 100m⁻² ano⁻¹) da coorte n ; N_t é a densidade (ind 100m⁻²), w é a média do peso individual (g WW), e t e $t+1$, amostragens consecutivas. As estimativas de produção da população correspondem à soma da produção de cada coorte (P_{cn}). Valores de produção negativos não foram incluídos nas estimativas globais e foram assumidos como uma produção de zero. A produção anual foi determinada para cada ano, utilizando os valores médios da estação do ano, a partir do início do período de recrutamento até o fim do ciclo anual.

A média de biomassa anual (**B**) foi estimada segundo:

$$\bar{B} = \left(\frac{1}{T} \right) \times \sum_{n=1}^{N_c} (\bar{B}_{cn} t_{cn})$$

onde T é o período de estudo, que equivale a um ciclo anual de 365 dias correspondendo a biomassa média anual neste caso; N_c é o número de coortes encontrados no período de estudo; B_{cn} é a biomassa média (g ww 1000 m⁻²) da coorte n ; t_{cn} é o período de tempo da coorte n (dias), desde a primeira aparição dos indivíduos até eles desaparecerem.

Para cada coorte, a taxa de crescimento absoluto (**AGR**, cm dia⁻¹) foi calculada de acordo com:

$$AGR = \frac{L_{t+1} - L_t}{t + 1 - t}$$

onde L_{t+1} e L_t são o comprimento total no instante $t+1$ e t respectivamente.

RESULTADOS

Caracterização ambiental

Os anos de 1998, 2001 e 1999 apresentaram em ordem decrescente as maiores médias de temperatura, enquanto as menores foram registradas nos anos de 1996 e 2000, sendo o ano de 1997 caracterizado por temperaturas intermediárias (Pseudo-F=7,34; $p=0,0001$). Diferenças significativas foram detectadas entre todas as estações do ano,

sendo o verão a estação mais quente, seguido por primavera, outono e inverno (Pseudo-F=127,51; $p=0,0001$). Ao longo dos seis anos de amostragem as temperaturas de todos os verões foram maiores que as registradas no outono e no inverno (Estação x Ano–Pseudo-F=4,86; $p=0,0001$). A temperatura da água também variou significativamente entre as três zonas da baía, com maiores valores registrados na zona interna, seguida por central e externa (Pseudo-F=44,09; $p=0,0001$). As águas da zona interna foram significativamente mais quentes que as da zona externa durante as quatro estações do ano (Zona x Estação– Pseudo-F=4,35; $p=0,0005$).

O ano de 2000 apresentou os maiores valores de salinidade, seguido por 2001 e 1998 e finalmente por 1999, 1996 e 1997 que apresentaram as menores salinidades (Pseudo-F=15,66; $p=0,0001$). Entre as zonas da baía, as maiores salinidades foram registradas na zona externa em relação às zonas central e interna (Pseudo-F=21,95; $p=0,0001$). Apesar de variações sazonais não terem sido estatisticamente significativas, a interação ano x estação aponta para eventos isolados ao longo do período de estudo (Pseudo-F=4,83; $p=0,0001$).

Os valores de transparência apresentaram uma redução ao longo dos anos de amostragem (Pseudo-F=21,94; $p=0,0001$). Variações sazonais foram registradas em todos os anos, exceto em 1997 e 1998 quando não foram registradas diferenças significativas (Pseudo-F=4,58; $p=0,0034$. Ano x Estação–Pseudo-F=3,03; $p=0,0001$). O verão por sua vez, apresentou maiores valores em relação às demais estações, decorrente principalmente de variações na zona externa (Estação x Zona–Pseudo-F=2,63; $p=0,0189$). Variações espaciais de transparência apontaram diferenças entre as três zonas da baía, sendo que os valores da zona externa foram superiores aos da zona interna em 18 das 24 estações do ano amostradas (Ano x Estação x Zona–Pseudo-F=1,57; $p=0,0336$).

Os valores de precipitação pluviométrica se alternaram ao longo do período de estudo com maiores valores em anos pares e menores em ímpares, *i.e.*, período chuvoso e seco (Pseudo-F=13,94; $p=0,0001$). Variações sazonais indicam maior ocorrência de chuvas durante a primavera e verão em relação ao outono e inverno (Pseudo-F=43,70; $p=0,0001$). Porém durante os anos de 1999/2000, os valores registrados no verão também superaram as precipitações da primavera, ao passo que no ano de 2001 as maiores precipitações foram registradas durante a primavera (Ano x Estação–Pseudo-F=2,92; $p=0,0005$).

A Temperatura de Superfície do Mar (TSM) apresentou maiores valores para os anos de 1996 e 1998, enquanto em 1997 foi registrado o menor valor. Os demais anos apresentaram valores intermediários (Pseudo-F=6,44; $p=0,0001$). Diferenças significativas foram detectadas entre todas as estações do período de estudo, sendo o verão a estação mais quente, seguido por outono, primavera e inverno (Pseudo-F=383,75; $p=0,0001$). Durante os seis anos de amostragem as temperaturas do verão foram maiores que as registradas na primavera e no inverno (Ano x Estação–Pseudo-F=4,38; $p=0,0001$). Os valores do Índice Oceânico do El Niño (ONI) variaram entre todos os anos, com maiores valores em 1997/1998, associado ao forte evento de El Niño, enquanto nos demais anos ocorreram períodos de normalidade e eventos de La Niña fracos e/ou moderados, com destaque para o período entre 1998 e 2000 (Pseudo-F=891,49; $p=0,0001$). Entre as estações, primavera/verão apresentaram valores extremos em relação a outono/inverno (Pseudo-F=30,54; $p=0,0001$; Ano x Estação= Pseudo-F=227,77; $p=0,0001$). As variações sazonais das variáveis ambientais locais e de larga escala estão representadas na figura 2.

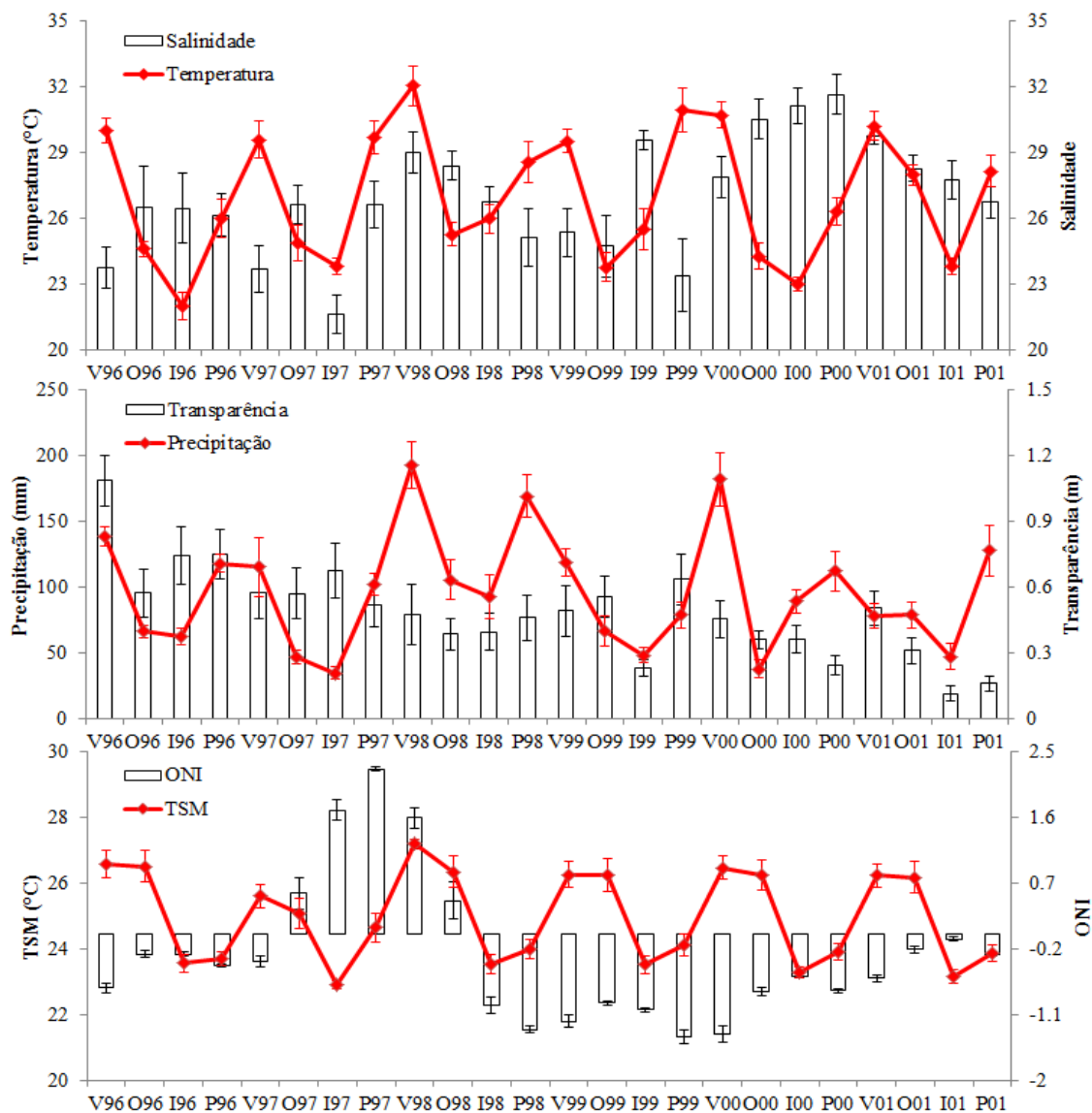


Figura 2. Média (\pm erro) das variáveis ambientais locais e de larga escala ao longo do período de estudo na Baía de Sepetiba. V: Verão; O: Outono; I: Inverno; P: Primavera. TSM: Temperatura de Superfície do Mar; ONI: Índice Oceânico do El Niño.

Uso do habitat

Foram capturados 5228 indivíduos de *Atherinella brasiliensis* cujos tamanhos variaram de 1,0 a 15,5cm, sendo 5,1cm o valor da mediana do comprimento total. A maioria da população foi constituída por indivíduos jovens (81,96%) e a densidade média ao longo dos seis anos de amostragem foi $4,98 \pm 0,73$ ind. $100m^{-2}$ (média \pm erro). Não foram detectadas diferenças significativas na densidade populacional entre os anos de amostragem, porém o teste pareado da PERMANOVA apontou uma redução na densidade dos jovens no ano de 1998 em relação aos anos anteriores (Figura 3A). Variações sazonais e espaciais significativas foram detectadas considerando tanto a densidade dos jovens quanto dos adultos, sem interação entre os fatores. Os jovens de *Atherinella brasiliensis* apresentaram as maiores densidades durante o verão seguido por primavera, outono, sendo o inverno a estação com menores capturas (Pseudo-F=15,53; $p=0,0001$). Considerando a densidade dos adultos da espécie, o verão apresentou valores

significativamente maiores aos registrados no inverno e na primavera (Pseudo-F=3,65; $p=0,0141$) (Figura 3B). As variações espaciais indicam maiores densidades de jovens na zona central em relação às demais zonas da baía (Pseudo-F=12,56; $p=0,0001$), enquanto os adultos apresentaram maiores capturas na zona externa, seguida pela central e finalmente com a zona interna registrando os menores valores (Pseudo-F=22,48; $p=0,001$) (Figura 3C).

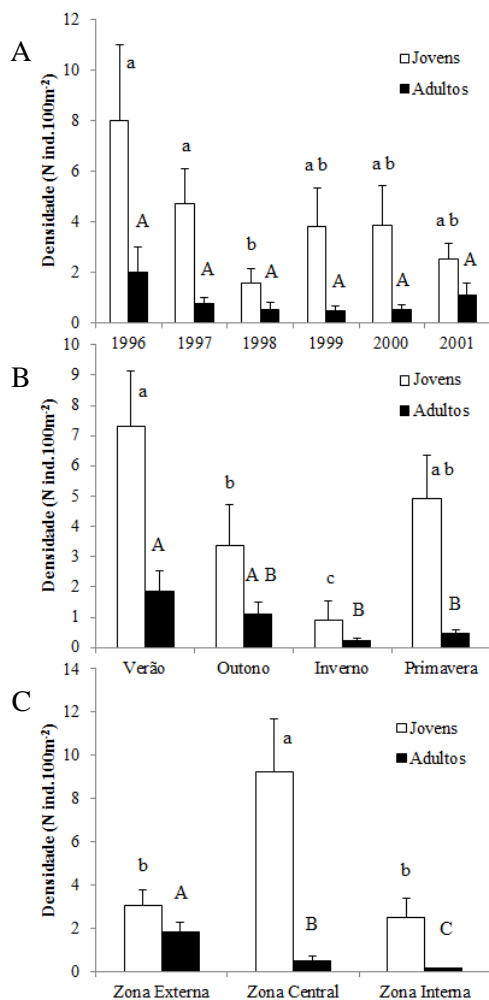


Figura 3. Média (\pm erro) da densidade de jovens e adultos de *Atherinella brasiliensis* por ano (3A), estação (3B) e local de coleta (3C) na Baía de Sepetiba. Letras minúsculas e maiúsculas diferentes indicam valores que apresentaram diferenças estatísticas significativas para os jovens e adultos, respectivamente.

A análise DistLM mostrou relações significativas entre a densidade de jovens e adultos de *Atherinella brasiliensis* e as variáveis ambientais locais e de larga escala. Quando as variáveis ambientais foram consideradas individualmente no teste marginal, as maiores porcentagens de variação da distribuição dos indivíduos foram explicadas pela TSM (10,99%), temperatura (9,58%), transparência (8,36%) e precipitação pluviométrica (6,83%). A análise do teste sequencial explicou 24,28% da distribuição de jovens e

adultos, considerando apenas as variáveis ambientais acima citadas, com exceção da precipitação cuja contribuição foi irrelevante (Tabela II).

Tabela II. Resultados da rotina do modelo linear baseado na distância (DistLM), considerando a relação entre cada variável ambiental isolada e a densidade de *Atherinella brasiliensis* (Teste Marginal) e a relação entre as variáveis ambientais de um modo geral e a densidade da espécie em um modelo de regressão múltipla (Teste Sequencial).

| Variável | Pseudo- <i>F</i> | <i>P</i> | Prop | Cummul |
|-------------------------|------------------|----------|--------------|--------|
| Teste Marginal | | | | |
| Temperatura | 6,994 | 0,0007 | 9,58 | |
| Salinidade | 0,609 | 0,6153 | 0,91 | |
| Transparência | 6,024 | 0,0012 | 8,36 | |
| Precipitação | 4,839 | 0,0039 | 6,83 | |
| TSM | 8,154 | 0,0002 | 10,99 | |
| ONI | 0,002 | 0,9878 | <0,01 | |
| Teste Sequencial | | | | |
| TSM | 8,154 | 0,0002 | 10,99 | 10,99 |
| Transparência | 5,682 | 0,0017 | 7,15 | 18,15 |
| Temperatura | 3,915 | 0,0104 | 4,71 | 22,87 |
| Precipitação | 1,174 | 0,3195 | 1,41 | 24,28 |
| Melhor Solução | | | | |
| R ² Ajustado | R ² | RSS | Nº de Grupos | |
| 0,19473 | 0,24281 | 90527 | 4 | |

A análise de dbRDA mostrou que TSM, temperatura e precipitação foram positivamente correlacionadas com o primeiro eixo (67,5%), enquanto a transparência foi correlacionada negativamente com o segundo eixo (29,0%). As trajetórias sobrepostas de variação da densidade de jovens e adultos mostraram que a população como um todo foi correlacionada com valores positivos do primeiro eixo (16,4%), associada a altos valores de TSM, temperatura e precipitação. Os adultos também foram correlacionados com valores negativos do segundo eixo (7,0%) estando associados a elevadas transparências. A distribuição da nuvem de amostras no gráfico de ordenação demonstrou um padrão de variação sazonal e espacial da Baía de Sepetiba, uma vez que as amostras do verão e do inverno se encontram separadas ao longo do eixo 1 (Figura 4A) e as amostras das zonas interna e externa parcialmente separadas ao longo do eixo 2, onde a zona central apresenta as maiores distâncias (Figura 4B).

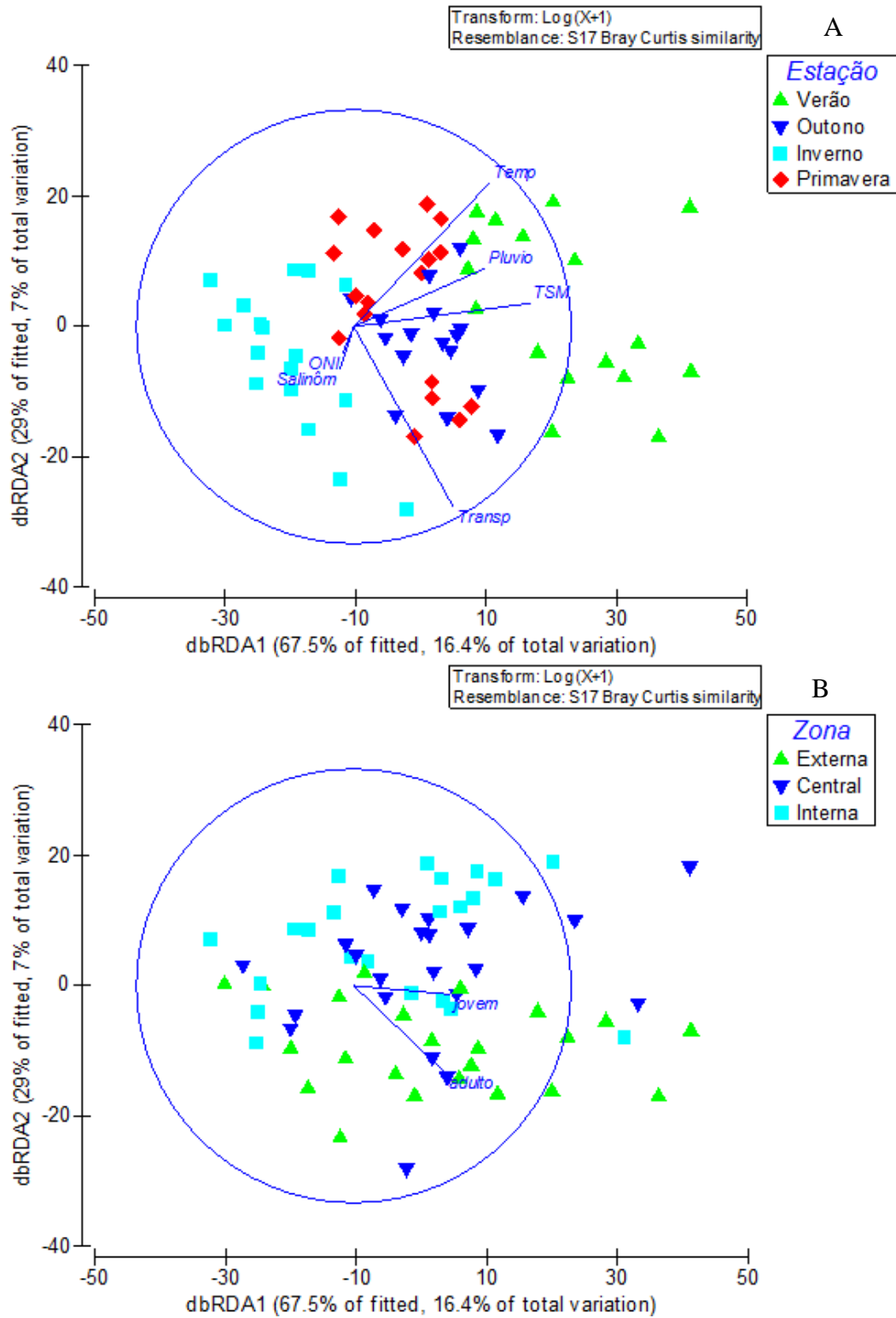


Figura 4. Diagrama de ordenação dos dois primeiros eixos da dbRDA, mostrando as amostras (variáveis bióticas e abióticas) codificadas por estação do ano (4A) e zonas da Baía de Sepetiba (4B).

Parâmetros de crescimento e produção

A distribuição de frequência de comprimento de *Atherinella brasiliensis* agrupada mensalmente para cada ano do período de estudo, permitiu estimar a constante de crescimento (k) que variou de 0,70 (ano 2001) a 0,91 ano⁻¹ (ano 1996), o comprimento máximo assintótico (L_{∞}) que variou de 16,25 (anos 1997 e 1999) a 17,00 cm (ano 1996) e a idade teórica no comprimento zero (t_0) que variou de -0,25 (ano 2001) a -0,16 (ano 1996). Contudo as diferenças registradas para os parâmetros de crescimento do modelo de von Bertalanffy não foram estatisticamente significativas entre os anos de acordo com o Teste de Verossimilhança. As estimativas de longevidade ($A_{0,95}$), mortalidade natural (M) e índice de performance (Φ) foram calculadas com base nos parâmetros de crescimento. O ano de 2001 registrou a maior longevidade (4,03 anos), menor mortalidade (0,83 ano⁻¹) juntamente com o ano 2000, bem como menor índice de performance (2,27). A menor longevidade (3,13 anos) e o maior índice de performance (2,42) foram registrados no ano de 1996, enquanto as maiores estimativas de mortalidade (0,88 ano⁻¹) ocorreram em 1998 (Tabela III).

Tabela III. Parâmetros de crescimento (k e L_{∞}), idade teórica no comprimento (t_0), longevidade ($A_{0,95}$), taxa de mortalidade (M), temperatura média do ambiente (T °C), índice de performance (ϕ), Produção (P), Biomassa (B), razão P/B e taxa de crescimento absoluto (AGR) de *Atherinella brasiliensis* ao longo dos 6 anos de amostragens na Baía de Sepetiba.

| Ano | K | L_{∞} | t_0 | $A_{0,95}$ | M | T(°C) | Φ | P | B | P/B | AGR |
|------|------|--------------|-------|------------|------|-------|--------|-------|-------|------|-------|
| 1996 | 0,91 | 17,00 | -0,16 | 3,13 | 0,87 | 25,8 | 2,42 | 22,59 | 10,41 | 2,17 | 0,020 |
| 1997 | 0,81 | 16,25 | -0,20 | 3,50 | 0,86 | 27,0 | 2,33 | 15,85 | 5,29 | 2,99 | 0,017 |
| 1998 | 0,85 | 16,85 | -0,18 | 3,34 | 0,88 | 27,6 | 2,38 | 12,92 | 3,76 | 3,44 | 0,018 |
| 1999 | 0,75 | 16,25 | -0,22 | 3,77 | 0,85 | 27,4 | 2,30 | 9,11 | 5,86 | 1,55 | 0,023 |
| 2000 | 0,78 | 16,70 | -0,21 | 3,63 | 0,83 | 26,2 | 2,34 | 19,42 | 8,51 | 2,28 | 0,019 |
| 2001 | 0,70 | 16,30 | -0,25 | 4,03 | 0,83 | 27,6 | 2,27 | 17,98 | 11,02 | 1,63 | 0,020 |

A estrutura populacional foi definida pelo acompanhamento de coortes reconhecíveis ao longo das sucessivas estações do ano. Os seis anos de amostragem registraram 12 coortes de peixe-rei, o intervalo entre início de duas coortes consecutivas durou um período equivalente de três a nove meses, e em cada estação do ano até três classes etárias se fizeram presentes. Durante o início do estudo, as coortes C1, C2, C3 e C4 apresentaram altos valores de produção e biomassa. A única coorte produzida no ano de 1997 foi C4, iniciada no outono. As três coortes subsequentes (C5, C6, e C7) iniciadas entre o verão de 1998 e o verão de 1999 apresentaram um reduzido incremento em tamanho dos indivíduos refletindo a elevada mortalidade sobre os jovens. A recuperação da espécie ocorre a partir da coorte C8, iniciada no outono de 1999 e concretiza-se durante o ano 2000 quando são produzidas três coortes em sucessivas estações do ano (C9, C10 e C11, do verão ao inverno). No ano 2001 apenas uma coorte foi produzida (C12, iniciada no outono) não sendo possível acompanhá-la em sua totalidade em função do fim do período de amostragem (Figura 5). O ano de 1996 foi caracterizado pelos altos valores de produção e biomassa, estimativas que apresentaram uma queda ao longo dos anos seguintes, sendo que a biomassa atingiu seu valor mínimo no ano de 1998 e a produção no ano de 1999. No ano 2000, os valores de produção e biomassa voltaram a alcançar patamares elevados, sendo que a biomassa registrada em 2001 superou a do ano anterior,

enquanto a produção apresentou uma ligeira queda (Tabela II). De uma forma geral, a razão entre produção e biomassa (P/B) e a taxa de crescimento diário (AGR) apresentaram uma relação inversa ao longo dos anos, ou seja, altos valores da razão P/B ocorreram nos anos em que foram registrados baixos valores de AGR e vice-versa. A menor biomassa do período de estudo foi registrada em 1998, ano em que ocorreu o maior valor de razão P/B e um baixo valor de AGR. A menor produção do período de estudo foi registrada em 1999, ano em que ocorreu o menor valor de razão P/B e um alto valor de AGR (Tabela II).

A relação empírica entre a produção das coortes e um evento de larga escala demonstrou que as menores biomassas estiveram associadas a um forte evento de El Niño (Figura 5).

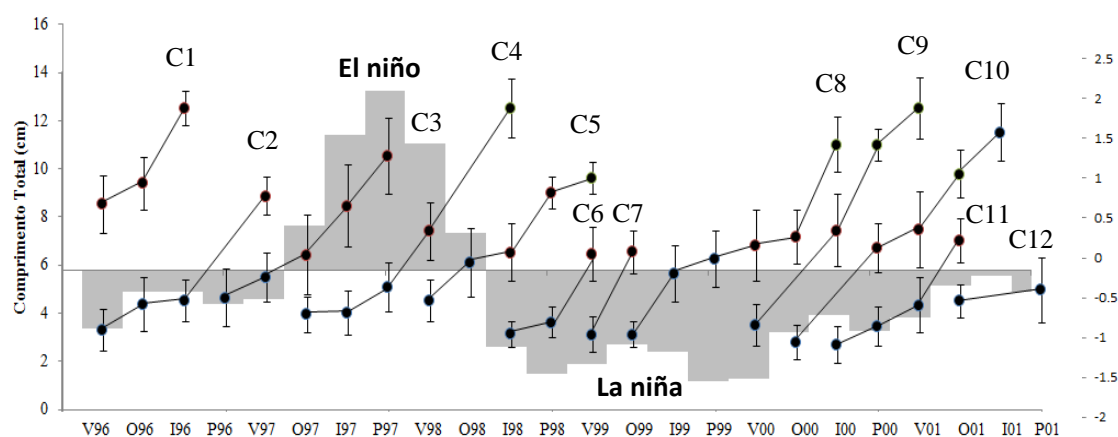


Figura 5. Comprimento total médio (\pm desvio padrão) das coortes de *Atherinella brasiliensis* ao longo das estações do ano na Baía de Sepetiba, com eixo secundário referente ao valor do ONI (Índice Oceânico do El Niño). V: Verão; O: Outono; I: Inverno; P: Primavera.

DISCUSSÃO

O peixe-rei é uma espécie estuarino-residente que apresenta um longo período reprodutivo, com presença de larvas durante todo o ano (FÁVARO *et al.*, 2003), com ciclo de vida curto e acelerada taxa de renovação (*turnover*), representando um bom modelo ecológico para a compreensão das relações com as condicionantes ambientais. Esta espécie completa o ciclo de vida em águas rasas (BEMVENUTI, 1987; BERVIAN & FONTOURA, 1997; NEVES *et al.*, 2006; FÁVARO *et al.*, 2007) com grande susceptibilidade às influências humanas *i.e.*, poluição e destruição de habitats, e por estarem susceptíveis as maiores variações ambientais relacionadas à temperatura e pluviosidade, em virtude da baixa profundidade e distintas descargas de drenagem continental (HACKRADT *et al.*, 2011; PEREIRA *et al.*, 2015; FRANCO *et al.*, 2016). Portanto, as características biológicas da espécie, aliadas ao ambiente altamente dinâmico e complexo em que ela ocorre, permitem avaliar o paradigma de que o recrutamento e produção das coortes respondem às variabilidades climáticas, principalmente no que diz respeito às taxas de crescimento e sobrevivência dos jovens.

O ciclo de vida de *Atherinella brasiliensis* nas praias da Baía de Sepetiba apresentou marcado padrão sazonal e espacial relacionado a atributos de uso do habitat

ao longo do desenvolvimento ontogenético. Padrões espaciais e sazonais das variações ambientais comprovadamente estão associados a importantes eventos do ciclo de vida de espécies estuarino-residentes (BENVENUTI, 1987; CARVALHO & SPACH, 2015), enquanto variações ambientais de larga escala são responsáveis por variações extremas de alguns parâmetros vitais destas espécies (DOLBETH *et al.*, 2007; NYITRAI *et al.*, 2013).

Os resultados deste estudo demonstraram que as maiores densidades de jovens e adultos foram registradas durante o verão, sugerindo a formação de agregados reprodutivos com consequente aumento do recrutamento no período mais quente e chuvoso. Este padrão de variação sazonal local também foi observado em outros estudos no sul e sudeste do Brasil (BEMVENUTI, 1987; HOSTIM-SILVA *et al.*, 1995; PESSANHA & ARAÚJO, 2001; FÉLIX *et al.*, 2006; NEVES *et al.*, 2006; FÁVARO *et al.*, 2007; PEREIRA *et al.*, 2015). CARVALHO & SPACH (2015) registraram uma forte associação da espécie com a temperatura e a pluviosidade em um estuário no sul do Brasil, assim como PICHLER *et al.* (2015) reiteraram esta relação espécie-variável ambiental local, durante a estação quente e chuvosa. A consistência do padrão anual observado no presente estudo e a literatura já descrita para *A. brasiliensis*, reforça a ideia de que existe influência de variáveis locais sobre o ciclo de vida de peixes estuarino-residentes.

O conjunto de variáveis preditoras, tanto locais quanto de larga escala, influenciou diferentes aspectos da história de vida da espécie, *i.e.*, a densidade de jovens e adultos esteve fortemente associada às variações ambientais locais, enquanto o recrutamento, produção, biomassa, crescimento absoluto e razão P/B variaram interanualmente associados a fenômenos de larga escala. Isto porque, apesar de os parâmetros de crescimento não variarem interanualmente, a decomposição das coortes por estações do ano revelou falhas de recrutamento/produção e consequentemente de biomassa da população em decorrência do El Niño. A influência dos eventos de larga escala sobre a dinâmica de produção das coortes pode estar associada direta e/ou indiretamente aos seus efeitos sobre o clima local, uma vez que temperatura atmosférica e pluviosidade apresentaram elevados valores durante o período de pico do evento. Efeitos ecológicos atribuídos a eventos de larga escala já foram observados e descritos em uma variedade de ecossistemas e níveis de organização biológica (CIOTTI *et al.*, 1995; GONZALES *et al.*, 2000; GRANT *et al.*, 2000; SPENCER *et al.*, 2000; VIEIRA *et al.*, 2008).

Na Baía de Sepetiba, a variabilidade interanual dos eventos de larga escala demonstrou exercer influência em mecanismos da dinâmica de recrutamento, produção e biomassa do peixe-rei. Uma hipótese aqui levantada, é que o recrutamento de *A. brasiliensis* foi prejudicado em virtude da falta de estruturação nas zonas interna e externa, associadas a variações ambientais locais extremas, dificultando o estabelecimento da espécie durante eventos de larga escala. Uma evidente falha de recrutamento se iniciou durante o El Niño de 1997/1998 cujos reflexos são vistos nas coortes do final do evento, persistindo por um ano. Por outro lado, eventos de La Niña aparentam favorecer a produção e biomassa de coortes que apresentaram maiores taxas de crescimento absoluto e sobrevivência. GARCIA *et al.* (2004) observaram em um estuário do sul do Brasil, flutuações na abundância da espécie apresentando um padrão similar de variação em relação aos eventos climáticos de larga escala aqui registrados. No Sul, *A. brasiliensis* está associada a áreas de maior estruturação física no interior do estuário, apresentando redução na abundância durante o El Niño, ocasionada pelas elevadas precipitações pluviométricas e aumento da drenagem continental (GARCIA *et al.*, 2003) que provocaram o carreamento dos jovens para a região marinha adjacente (com menor estruturação), prejudicando assim o estabelecimento da espécie (GARCIA *et al.*, 2001). Desta forma, os efeitos dos eventos de larga escala podem atuar direta ou

indiretamente sobre o ciclo de vida das espécies. Os efeitos diretos atuam sobre a fisiologia e comportamento alterando o crescimento, desenvolvimento, capacidade reprodutiva, mortalidade e distribuição. Os efeitos indiretos alteram a produtividade, estrutura e composição dos ecossistemas/habitats em que os peixes utilizam para alimentação e abrigo (BRANDER, 2007). Como esperado, *A. brasiliensis* na Baía de Sepetiba, não foge à regra, isto é, sua dinâmica de produção esteve associada a eventos de larga escala, onde uma falha e o fortalecimento de coortes garantiram diferentes graus de sucesso no recrutamento durante o El Niño e La Niña, respectivamente.

O peixe rei é um típico elemento da fauna íctica de ambientes marinhos costeiros rasos, como praias arenosas, canais de maré, marismas, lagunas costeiras e zonas estuarinas, por apresentar uma estratégia de vida tipo “r” caracterizada pelas elevadas taxas de crescimento e mortalidade, bem como pequeno porte e curta longevidade. A relação entre estas variáveis é dada por sua importância ecológica como componente trófico que utiliza uma grande variedade de presas e são predados por níveis tróficos superiores (ALVES *et al.*, 2016). Assim, avaliações de parâmetros de crescimento e produção de biomassa podem ser bons preditores do desempenho e uso do habitat por parte desta espécie na Baía de Sepetiba. Os parâmetros de crescimento deste estudo (L_{∞} & k) quando comparados com os demais valores da literatura [BERVIAN & FONTOURA, 2007 ($\Phi_{\text{f}}=2.35$ - $\Phi_{\text{m}}= 2.37$); CARVALHO, 2014 ($\Phi=2.30$); NEVES *et al.*, 2006 ($\Phi=2.40$)], apresentaram valores do índice de performance semelhantes (entre 2,3-2,4) fortalecendo as evidências de que a espécie apresenta um mesmo padrão de uso do habitat no espaço e no tempo em diferentes ecossistemas, maximizando sua sobrevivência e performance de crescimento (PAULY, 1991). Peixes tropicais tendem a apresentar altos valores de mortalidade natural, independentemente do tamanho assintótico ou da taxa de crescimento (PAULY, 1998). Tais suposições podem estar relacionadas a predação e doenças, que apresentam intensidade de ação com tendências divergentes em função do tamanho, isto é, indivíduos maiores e mais velhos sofrem menor mortalidade por predação, mas são suscetíveis a doenças devido à degeneração dos tecidos e menor aproveitamento dos recursos nutritivos (FONTELES-FILHO, 2011), indicando que estas taxas podem variar durante o ciclo de vida, sazonalmente e em todos os habitat ocupado pela espécie (LOWE-McCONNELL, 1999). Já a produção de biomassa desta espécie, está diretamente relacionada ao sucesso de algumas coortes nas fases iniciais do ciclo de vida, permitindo o rápido crescimento através da conversão dos recursos alimentares em massa corporal após o metabolismo basal ser satisfeito energeticamente (PECK *et al.*, 2003; SOGARD & SPENCER, 2004; RENKAWITZ *et al.*, 2011), utilizando-se da seleção ativa do habitat a fim de otimizar todos os parâmetros vitais.

Atherinella brasiliensis apresenta ampla tolerância e plasticidade em relação às condicionantes ambientais, se destacando em abundância ao longo de toda a costa brasileira (SCZEPANSKI *et al.*, 2007; CONTENTE *et al.*, 2010). A espécie possui ovos bentônicos filamentosos que se aderem entre si e ao substrato, apresentando desenvolvimento direto (DEL RÍO *et al.*, 2005) com maiores ocorrências de jovens em ambientes interiores e abrigados, onde encontram maior disponibilidade de alimentos por serem planctófagos. Já os adultos preferem ambientes com características mais oceânicas, cujo forrageamento é beneficiado pela elevada transparência da água, uma vez que a espécie nesta fase se alimenta de itens alimentares maiores e mais facilmente selecionados através da acuidade visual (CONTENTE *et al.*, 2010). As maiores densidades populacionais observadas na zona central durante o verão e primavera estão associadas ao tipo de habitat com maior estruturação, que favorece a colonização, associada a grande disponibilidade de nutrientes e proteção contra predação desta zona. Um estudo realizado

nos canais de maré do principal manguezal da Baía de Sepetiba ratificou que ambientes estruturados e dinâmicos oferecem condições ideais para o estabelecimento da espécie, que se destacou pela elevada abundância relativa, 57,92% do total de peixes coletados (NEVES, et al., 2006). A preferência do peixe-rei por ambientes estruturados também foi descrita por SPACH *et al.* (2004), SPACH *et al.* (2010), HACKRADT *et al.* (2011), FÁVARO *et al.* (2012) e NEVES *et al.* (2013) no sudeste/sul do Brasil. Assim sendo, nossos resultados confirmam as hipóteses sobre esta espécie considerada um bom modelo ecológico, cuja história de vida apresenta padrões consistentes determinados por diversas condicionantes ambientais, com recorrência de padrões de variação sazonal tanto de densidade populacional quanto de estrutura em tamanho. Além disso, a diferenciação no uso do habitat ao longo do desenvolvimento demonstra flutuações na produção de coortes e biomassa que também são associadas a variações interanuais em distintas localidades de sua ocorrência. Finalmente podemos concluir que estudos de longo prazo são importantes ferramentas para análise da variabilidade de produção, padrões de uso do habitat e resiliência das populações de peixes em diferentes escalas, particularmente relacionados a eventos climáticos, como o forte El Niño ocorrido nos anos de 1997/1998.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, V.E.N.; PATRÍCIO, J.; DOLBETH, M.; PESSANHA, A.L.M.; PALMA, A.R.T.; DANTAS, E.W.; VENDEL, A.L. Do different degrees of human activity affect the diet of Brazilian silverside *Atherinella brasiliensis*? **Journal of Fish Biology**, v. 89, p. 1239–1257. 2016.
- ANDERSON, M.J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology**, v. 26, n. 1, p. 32–46. 2001.
- ANDERSON, M.J.; GORLEY, R.N.; CLARKE, K.R. **PERMANOVA+for PRIMER: guide to software and statistical methods**. PRIMER-E, Plymouth. 2008.
- ARAÚJO, F.G.; AZEVEDO, M.C.C.; SILVA, M.A.; PESSANHA, A.L.M.; GOMES, I.D.; CRUZ-FILHO, A.G. Environmental influences on the demersal fish assemblages in the Sepetiba Bay, Brazil. **Estuaries**, v. 25, n. 3, p. 441–450. 2002.
- ARAÚJO, F.G.; AZEVEDO, M.C.C.; GUEDES, A.P.P. Inter-decadal changes in fish communities of a tropical bay in southeastern Brazil. **Regional Studies in Marine Science**, v. 3, p. 107–118. 2016.
- ARAÚJO, F.G., PINTO, S.M., NEVES, L.M., AZEVEDO, M.C.C. Inter-annual changes in fish communities of a tropical bay in southeastern Brazil: What can be inferred from anthropogenic activities? **Marine Pollution Bulletin**, v. 114, p. 102–113. 2017.
- AUBONE, A.; WÖHLER, O.C. Aplicacion del metodo de maxima verosimilitud a la estimacion de parametros y comparacion de curvas de crecimiento de von Bertalanffy. **INIDEP, Informe técnico**, v. 37, p. 1–21. 2000.
- AZEVEDO, M.C.C.; ARAÚJO, F.G.; CRUZ-FILHO, A.G.; PESSANHA, A.L.M.; SILVA, M.A.; GUEDES, A.P.P. Demersal fishes in a tropical bay in southeastern Brazil: Partitioning the spatial, temporal and environmental components of ecological variation. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 75, n. 4, p. 468–480. 2007.
- BARBIÉRI, E.B.; KRONEMBERGER, D.M.P. Climatologia do litoral Sul-Sudeste do estado do Rio de Janeiro. **Caderno de Geociências**, v. 12, p. 57–73. 1994.

- BARLETTA, M.; BLABER, S.J.M. Comparison of fish assemblages and guilds in tropical habitats of the Embley (Indo-West Pacific) and Caeté (Western Atlantic) estuaries. **Bulletin of Marine Science**, v. 80, n. 3, p. 647–680. 2007.
- BENKE, A.C. 1993. Concepts and patterns of invertebrate production in running waters. Verhandlungen der Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte. **Limnologie**, v. 25, p. 15–38. 1993.
- BEMVENUTI, M.A. Abundância, distribuição e reprodução de peixes-rei (Atherinidae) na região estuarina da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. **Atlântica**, Rio Grande, v. 9, p. 5–32. 1987.
- BERVIAN, G.; FONTOURA, N. F. Reprodução de *Atherinella brasiliensis* no estuário do rio Tramandaí, Imbé, Rio Grande do Sul, Brasil (Teleostei, Atherinopsidae). **Biociências**, v. 5, n. 2, p. 19–32. 1997.
- BERVIAN, G.; FONTOURA, N.F. Growth of the Silverside *Atherinella brasiliensis* in Tramandaí Estuary, Southern Brazil (Actinopterygii: Atherinopsidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 5, n. 4, p. 485–490. 2007.
- BERTALANFFY, L.Von. Aquantitative theory of organic growth. **Human Biology**, v. 10, p. 181–213. 1938.
- BRANDER, K.M. Global fish production and climate change. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, vol. 104, n. 50, p. 19709–19714. 2007
- CARVALHO, B.M. **Mudança ontogenética no uso de habitat e crescimento de *Atherinella brasiliensis* (Atherinopsidae) e *Anchoa tricolor* (Engraulidae) em um estuário subtropical**. Dissertação de Mestrado - Curso de Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos, Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná. 85 p. 2014.
- CARVALHO, B.M.; SPACH, H.L. Habitat use by *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1825) in intertidal zones of a subtropical estuary, Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 37, n. 2, p. 177–184. 2015.
- CAZELLES, B. Symbolic dynamics for identifying similarity between rhythms of ecological time series. **Ecology Letters**, v. 7, p. 755–763. 2004.
- CERRATO, R.M. 1990 Interpretable statistical tests for growth comparisons using parameters in the von Bertalanffy equation. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 47, n. 7, p. 1416–1426.
- CIOTTI, A.M.; ODEBRECHT, C.; FILLMANN, G.; MÖLLER JR., O.O. Freshwater outflow and subtropical convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf. **Continental Shelf Research**, v. 15, p. 1737–1756. 1995.
- CLARKE, K.R.; GORLEY, R.N. **PRIMER v6: User Manual/Tutorial**. PRIMER-E, Plymouth. 2006
- CLOSE, P.G.; DAVIES, P.M.; TRAYLER, K. Recruitment and growth of two small-bodied resident fish species (Gobiidae and Atherinidae) in oligohaline, seasonally open lagoons. **Journal of Fish Biology**, v. 76, p. 1431–1453. 2010.
- CONTENTE, R.F.; STEFANONI, M.F.; SPACH, H. 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**, v. 91, n. 6, p. 1–9. 2010.

DEL RÍO, V.; ROSAS, J.; VELÁSQUEZ, A.; CABRERA, T. Desarrollo embrionario larval y tiempo de metamorfosis del pez tropical *Xenomelaniris brasiliensis* (Pisces: Atherinidae). **Revista de Biología Tropical**, vol. 53, n 3-4, p. 1–10. 2005.

DOLBETH, M.; MARTINHO, F.; LEITÃO, R.; CABRAL, H.; PARDAL, M.A. Strategies of *Pomatoschistus minutus* and *Pomatoschistus microps* to cope with environmental instability. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 74, p. 263–273. 2007.

DOLBETH, M.; CUSSON, M.; SOUSA, R.; PARDAL, M.A. Secondary production as a tool for better understanding of aquatic ecosystems. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 69, p. 1230–1253. 2012.

ELLIOTT, M.; WHITFIELD, A.K.; POTTER, I.C.; BLABER, S.J.M.; CYRUS, D.P.; NORDLIE, F.G.; HARRISON, T.D. The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: a global review. **Fish and Fisheries**, v. 8, p. 241–268. 2007.

FÁVARO, L.F.; LOPES, S.C.G.; SPACH, H.L. Reprodução do peixe-rei, *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard) (Atheriniformes, Atherinidae), em uma planície de maré adjacente à gamboa do Bagaçu, Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20(3): 501–506. 2003.

FÁVARO, L.F.; OLIVEIRA, E.C.; VERANI, N.F. Estrutura da população e aspectos reprodutivos do peixe-rei *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard) (Atheriniformes, Atherinopsidae) em áreas rasas do complexo estuarino de Paranaguá, Paraná, Brasil **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 4, p. 1150–1156. 2007.

FÁVARO, L.F. Fishes of Paranaguá estuarine complex, south west Atlantic. **Biota Neotropica**, v. 12, n. 3, p. 227–241. 2012.

FÉLIX, F.C.; SPACH, H.L.; HACKRADT, C.W.; MORO, P.S.; ROCHA, D.C. Abundância sazonal e a composição da assembléia de peixes em duas praias estuarinas da Baía de Paranaguá, Paraná. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 8, n. 1, p. 35–47. 2006.

FRANCO, A.C.S.; RAMOS CHAVES, M.C.N.; CASTEL-BRANCO, M.P.B.; NEVES DOS SANTOS, L. Responses of fish assemblages of sandy beaches to diferente anthropogenic and hydrodynamic influences. **Journal of Fish Biology**, v. 89, p. 921–938. 2016

FONTELES-FILHO, A.A. 2011. **Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros**. Fortaleza: Expressão Gráfica Editora. 464p.

GARCIA, A.M.; VIEIRA, J.P.; WINEMILLER, K.O. Dynamics of the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon estuary (Brazil) during cold and warm ENSO episodes. **Journal of Fish Biology**, v. 59, p. 1218–1238. 2001.

GARCIA, A. M.; VIEIRA, J. P.; WINEMILLER, K. O. Effects of 1997-1998 El Niño on the dynamics of the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon estuary (Brazil). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 57, p. 489–500. 2003.

GARCIA, A.M.; VIEIRA, J.P.; WINEMILLER, K.O.; GRIMM, A.M. Comparison of the 1982-1983 and 1997-1998 El Niño effects on the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon estuary (Brazil). **Estuaries**, v. 27, p. 905–914. 2004.

GAYANILO Jr., F.C.; SPARRE, P.; PAULY, P. 2005 **FAO-ICLARM stock assessment tools** (FiSAT II). Revised version. User's manual. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 168p.

GONZALES, H. E.; SOBARZO, M.; FIGUEROA, D.; NOTHIG, E. Composition, biomass and potential grazing impact of the crustacean and pelagic tunicates in the northern Humboldt Current

area off Chile: differences between El Niño and non-El Niño years. **Marine Ecology Progress Series**, v. 195, n. 201–220. 2000.

GRANT, P.R.; GRANT, B.R.; KELLER, L.F.; PETREN, K. Effects of El Niño events on Darwin's finch productivity. **Ecology**, 81, p. 2442–2457. 2000.

GRIMM, A.M.; FERRAZ, S.E.T.; GOMES, J. Precipitation anomalies in southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v. 11, p. 2863–2880. 1998.

HACKRADT, C.W.; FÉLIX-HACKRADT, F.C.; PICHLER, H.A.; SPACH, H.L.; SANTOS, L.O. Factors influencing spatial patterns of the ichthyofauna of low energy estuarine beaches in southern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 91, n. 6, p. 1345–1357. 2011.

HOSTIM-SILVA, M.; CLEZAR, L.; RIBEIRO, G.C.; MACHADO, C. Estrutura populacional de *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard. 1824) (Osteichthyes - Atherinidae) na Lagoa de Conceição. SC. Brasil. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 38, p. 949–960. 1995.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology: Developments in Environmental Modelling 20**. Elsevier, Amsterdam, 852 p. 1998

LEGENDRE, P.; ANDERSON, M.J. Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. **Ecological Monographs**, v. 69, n. 1, p. 1–24. 1999.

LOBÓN-CERVIÁ, J.; GONZÁLEZ, G.; BUDY, P. Factors driving spatial and temporal variation in production and production / biomass ratio of stream-resident brown trout (*Salmo trutta*) in Cantabrian streams. **Freshwater Biology**, v. 56, p. 2272–2287. 2011.

LOWE-McCONNELL, R.H. 1999 **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. Tradução de VAZZOLER, A.E.A. de M.; AGOSTINHO, A.A.; CUNNIGHAN, P. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, (Coleção Base). Título original: Ecological studies in tropical fish communities. 536p.

MARTINHO, F.; LEITÃO, R.; VIEGAS, I.; DOLBETH, M.; NETO, J.M.; CABRAL, H.N.; PARDAL, M.A. The influence of an extreme drought event in the fish community of a southern Europe temperate estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 75, p. 537–546. 2007.

MORAES, L.E.; PAES, E.; GARCIA, A.; MÖLLER Jr., O.; VIEIRA, J. Delayed response of fish abundance to environmental changes: a novel multivariate time-lag approach. **Marine Ecology Progress Series**, v. 456, p. 159–168. 2012.

NEVES, L.M.; PEREIRA, H.H.; COSTA, M.R.; ARAÚJO, F.G. Uso do manguezal de Guaratiba, Baía de Sepetiba, RJ pelo peixe-rei *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard) (Atheriniformes, Atherinopsidae). **Revista brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 2, p. 421–428. 2006.

NEVES, L.M.; TEIXEIRA, T.P.; FRANCO, T.P.; PEREIRA, H.H.; ARAÚJO, F.G. Fish composition and assemblage structure in the estuarine mixing zone of a tropical estuary: comparisons between the main channel and an adjacent lagoon. **Marine Biology Research**, v. 9, n. 7, 661–675. 2013

NICOLAS, D.; Le LOC'H, F.; DÉSAUNAY, Y.; HAMON, D.; BLANCHET, A.; Le PAPE, O. Relationships between benthic macrofauna and habitat suitability for juvenile common sole (*Solea solea*, L.) in the Vilaine estuary (Bay of Biscay, France) nursery ground. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 73, p. 639–650. 2007.

NUNN, A.D.; FREAR, P.A.; LEE, M.; COWX, I.G. Is there evidence for a shift in fish growth and recruitment success linked to climate change? **Journal of Fish Biology**, v. 77, p. 1780–1792. 2010.

NYITRAI, D.; MARTINHO, F.; DOLBETH, M.; RITO, J.; PARDAL, M.A. Effects of local and large-scale climate patterns on estuarine resident fishes: The example of *Pomatoschistus microps* and *Pomatoschistus minutus*. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 135, p. 260–268. 2013.

OLDEN, J.D.; NEFF, B.D. Cross correlation bias in lag analysis of aquatic time series. **Marine Biology**, v. 138, p. 1063–1070. 2001.

ONG, J.J.L., ROUNTREY, A.N., MEEUWIG, J.J., NEWMAN, S.J., ZINKE, J. AND MEEKAN, M.G. Contrasting environmental drivers of adult and juvenile growth in a marine fish: implications for the effects of climate change. **Scientific Reports** 5, 10859. 2015.

PAES, E.T.; MORAES, L.E.S. A new hypothesis on the influence of the El Niño/La Niña upon the biological productivity, ecology and fisheries of the Southern Brazilian Bight. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 2, n. 2, p. 94–102. 2007.

PARRAGA, D.P.; CUBILLOS, L.A.; CORREA-RAMIREZ, M.A. Spatiotemporal variations of the catch per unit effort in the coastal small-scale fishery of snapper *Lutjanus synagris*, of the Colombian Caribbean and their relationship with environmental variables. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v. 45, p. 77–88. 2010.

PASCUAL, M.; ELLNER, S.P. Linking ecological patterns to environmental forcing via nonlinear time series models. **Ecology**, v. 81, p. 2767–2780. 2000.

PAULY, D. Theory and management of tropical multispecies stocks - A review, with emphasis on the Southeast Asia demersal fisheries. **ICLARM Studies & Review**, v. 1, p. 1–35. 1979.

PAULY, D. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stock. **Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer**, v. 39, n.2, p. 175–192. 1980.

PAULY, D. & MUNRO, J.L. Once more on the comparison of growth in fishes and invertebrates. **ICLARM Fishbyte**, v. 2, n. 1, p. 1–21. 1984.

PAULY, D. Growth performance in fishes: a rigorous description of patterns as a basis for understand causal mechanisms. **ICLARM Aquabyte**, v. 4, n. 3, p. 3–6. 1991.

PAULY, D. Tropical fishes: patterns and propensities. **Journal of Fish Biology**, v. 53, suppl. A, p. 1–17. 1998

PECK, M.A., BUCKLEY, L.J., CALDARONE, E.M., BENGTON, D.A. Effects of food consumption and temperature on growth rate and biochemical-based indicators of growth in early juvenile Atlantic cod *Gadus morhua* and haddock *Melanogrammus aeglefinus*. **Marine Ecology Progress Series**, 251, P. 233–243. 2003.

PEREIRA, H.H.; NEVES, L.M.; COSTA, M.R.; ARAÚJO, F.G. Fish assemblage structure on sandy beaches with different anthropogenic influences and proximity of spawning grounds. **Marine Ecology**, v. 36, p. 16–27. 2015.

PESSANHA, A.L.M.; ARAÚJO, F.G. Recruitment of the silverside *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard) (Atheriniformes, Atherinopsidae) in the continental margin of the Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 18, p. 1265–1274. 2001.

PICHLER, H.A.; SPACH, H.L.; GRAY, C.A.; BROADHURST, M.K.; SCHWARZ JR., R.; de OLIVEIRA NETO, J.F. Environmental influences on resident and transient fishes across shallow

estuarine beaches and tidal flats in a Brazilian World Heritage area. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, doi: 10.1016/j.ecss.2015.07.041. 2015

RENKAWITZ, M.D.; GREGORY, R.S.; SCHNEIDER, D.C. Habitat dependent growth of three species of bottom settling fish in a coastal fjord. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 409, p. 79–88. 2011.

QIU, Y.S.; LIN, Z.J.; WANG, Y.Z. Responses of fish production to fishing and climate variability in the northern South China Sea. **Progress in Oceanography**, n. 85, p. 197–212. 2010.

RIJNSDORP, A.D.; PECK, A.M.; ENGELHARD, G.H.; MÖLLMANN, C.; PINNEGAR, J.K. Resolving the effect of climate change on fish populations on fish populations. **ICES Journal of Marine Science**, n. 66, v. 7, p. 1570–1583. 2009.

SANTOS, J.L. The Impact of El Niño – Southern Oscillations Events on South America. **Advances in Geosciences**, v. 6, p. 221–225. 2006.

SCZEPANSKI, T.S.; NOLETO, R.B.; KANTEK, D.L.Z.; CORTINHAS, M.C.S.; CESTARI, M.M. Classical and molecular cytogenetics of *Atherinella brasiliensis* (Teleostei, Atheriniformes) from South coast of Brazil. **Journal of Fish Biology**, v. 71, p. 453–460. 2007.

SIGNORINI, S.R. A study of the circulation in Bay of Ilha Grande and Bay of Sepetiba, part I, a survey of the circulation based on experimental field data. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 29, n 1, p. 41–55. 1980_a.

SIGNORINI, S.R. A study of the circulation in Bay of Ilha Grande and Bay of Sepetiba, part II, an assessment to the tidally and wind-driven circulation using a finite element numerical model. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 29, n. 1, p. 57–68. 1980_b.

SOGARD, S.M.; SPENCER, M.L. Energy allocation in juvenile sablefish: effects of temperature, ration and body size. **Journal of Fish Biology**, v. 64, p. 726–738. 2004.

SPACH, H.L.; GODEFROID, R.S.; SANTOS, C.; SCHWARZ, R.J.; QUEIROZ, G.M.L. Temporal variation in fish assemblage composition on a tidal flat. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 52, n. 1, p. 47–58. 2004.

SPACH, H. L.; SILVA, A. L. C.; BERTOLLI, L. M.; CATTANI, A. P.; BUDEL, B. R.; SANTOS, L. O. Assembléias de peixes em diferentes ambientes da desembocadura do Rio Saí Guaçu, Sul do Brasil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 5, n. 1, p. 126–138. 2010.

SPENCER, T.; TELEKI, K.A.; BRADSHAW, C.; SPALDING, M.D. Coral bleaching in the southern Seychelles during the 1997–1998 Indian Ocean warm event. **Marine Pollution Bulletin**, v. 40, p. 569–586. 2000.

TAYLOR, C.C. Cod growth and temperature. **Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer**, v. 23, p. 366–370. 1958.

TEAL, L.R.; de LEEUW, J.J.; van der VEER, H.W.; RIJNSDORP, A.D. Effects of climate change on growth of 0-group sole and plaice. **Marine Ecology Progress Series**, v. 358, p. 219–230. 2008.

TUBBS FILHO, D.; Antunes, J.C.O.; Vettorazzi, J.S. **Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim. Experiências para a gestão dos recursos hídricos**. INEA, Rio de Janeiro, 340p. 2012.

VIEIRA, J.P.; GARCIA, A.M.; GRIMM, A.M. Evidences of El Niño Effects on the Mullet Fishery of the Patos Lagoon Estuary. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, vol. 51, n. 2, p.433–440. 2008.

VINAGRE, C.; SANTOS, F.D.; CABRAL, H.N.; COSTA, M.J. Impact of climate and hydrology on juvenile fish recruitment towards estuarine nursery grounds in the context of climate change. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 85, n. 3, p. 479–486. 2009.

von BIELA, V.R.; ZIMMERMAN, C.E.; MOULTON, L.L. Longterm increases in young-of-the-year growth of Arctic cisco *Coregonus autumnalis* and environmental influences. **Journal of Fish Biology**, v. 78, p. 39–56. 2011.

WINBERG, G.G. **Methods for the Estimation of Production of Aquatic Animals**. Academic Press, London, 175 p. 1971.

CONCLUSÕES GERAIS DOS CAPÍTULOS

- Os artefatos de pesca utilizados neste estudo apenas capturaram indivíduos na fase de pré-maturação de *Micropogonias furnieri*, evidenciando que a espécie é amplamente capturada nos arrasto de fundo, cujo alvo principal são os camarões. As maiores diferenças entre os parâmetros de crescimento estimados no presente estudo e os registrados na literatura, se devem ao fato de que nos demais estudo a amplitude de classes de CT quase sempre foi maior.

A estreita relação entre k e L_{∞} no modelo de von Bertalanffy está associada às diferenças dos parâmetros de crescimento entre os ciclos anuais, uma vez que no último ano foram capturados indivíduos maiores (mais velhos). Os parâmetros populacionais da espécie corroboram o papel da baía como área de criação nas fases iniciais do ciclo de vida, garantindo a sobrevivência nas idades/coortes iniciais, produzindo hipóteses probabilísticas consistentes da relação entre CT e suas respectivas idades, *i.e.*, CT máximo de aproximadamente 3 anos.

- *Diapterus rhombeus* ocorre na Baía de Sepetiba ao longo de todas as fases do ciclo de vida, apresentando um padrão consistente de uso do habitat com marcada variação temporal e espacial. O recrutamento ocorre nas praias entre o verão/outono com movimento dos indivíduos para águas mais profundas à medida que atingem maiores tamanhos. Os parâmetros de crescimento mantiveram-se estáveis durante o período de estudo sendo similares aos observados em outras áreas. Tais evidências sugerem que a espécie apresenta plasticidade frente às condicionantes ambientais locais, com reflexo na manutenção de elevadas abundâncias ao longo de intervalos temporais descontínuos (décadas de 1980-1990-2000-2010).

- *Atherinella brasiliensis* é uma espécie estuarino-residente com ampla ocorrência em toda área de estudo. Por se tratar de uma espécie iterópara de ciclo de vida curto, foi possível avaliar a relação entre a dinâmica de produção das coortes e a variabilidade ambiental local e de larga escala. Sazonalmente as maiores densidades populacionais foram associadas aos elevados valores de TSM, temperatura local e precipitações pluviométricas, com preferências específicas de habitat *i.e.*, com jovens associados a ambientes mais abrigados e estruturados, enquanto os adultos estiveram associados a ambientes mais hidrodinâmicos com maiores transparencias. Durante o forte evento de El Niño ocorrido em 1997/1998 foram registradas diminuições no recrutamento, seguido de recuperação da produção populacional associada a outro evento de larga escala - La Niña, cuja intensidade foi moderada/fraca.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo confirma a relevante importância ecológica da Baía de Sepetiba para a manutenção da ictiofauna, cujas características físico-químicas e estruturais favorecem o recrutamento de jovens de distintas espécies. As espécies mais abundantes (corvina, carapeba e peixe-rei) apresentam ampla plasticidade e tolerância às

variabilidades naturais intrínsecas deste tipo de ambiente, que tem sofrido degradação ambiental ao longo dos anos.

A análise de dados históricos de um expressivo programa experimental de amostragem de arrastos de praia e de fundo demonstrou que informações referentes à abundância/densidade aliada à análise da estrutura em tamanho constituem uma ferramenta robusta e acessível para determinação dos padrões de parâmetros populacionais e de uso do habitat de espécies. As espécies “modelos” apresentaram diferentes estratégias de história de vida, constatadas tanto em relação aos parâmetros populacionais estimados, quanto em relação ao uso da baía durante parte ou na totalidade dos respectivos ciclos de vida.

As estimativas dos parâmetros populacionais das três espécies analisadas indicaram a viabilidade e sustentabilidade das mesmas durante o período de estudo na Baía de Sepetiba, o que foi corroborado pela manutenção das abundâncias/densidades populacionais ao longo dos ciclos anuais analisados, sugerindo um uso adequado/equilibrado da área.

O conhecimento do uso do habitat ao longo do ciclo de vida da espécie é uma importante ferramenta que fornece bases para seleção e delineamento de áreas prioritárias para o gerenciamento dos recursos pesqueiros. Este trabalho enfatiza a importância ecológica das praias para o recrutamento dos peixes marinhos e da diversidade de habitats para o desenvolvimento dos indivíduos. Apresentamos relevantes contribuições que podem ser utilizadas como subsídios para os responsáveis de gestão ambiental destes recursos renováveis na formulação de políticas de conservação.