

JEFERSON KEITI NAGATA

**BIOLOGIA REPRODUTIVA E ALIMENTAR DA ESPÉCIE EXÓTICA *Opsanus
beta* (TELEOSTEI: BATRACHOIDIDAE) NO COMPLEXO ESTUARINO DE
PARANAGUÁ, PARANÁ, BRASIL**

**CURITIBA
2013**

JEFERSON KEITI NAGATA

BIOLOGIA REPRODUTIVA E ALIMENTAR DA ESPÉCIE EXÓTICA *Opsanus beta* (TELEOSTEI: BATRACHOIDIDAE) NO COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ, PARANÁ, BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Dr. Luis Fernando Fávaro

**CURITIBA
2013**



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Setor de Ciências Biológicas
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO



PARECER

Os abaixo-assinados, membros da banca examinadora da defesa da dissertação de mestrado, a que se submeteu **Jeferson Keiti Nagata** para fins de adquirir o título de Mestre em Ecologia e Conservação, são de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do trabalho de conclusão do candidato.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação.

Curitiba, 15 de fevereiro de 2013.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Luís Fernando Fávaro
Orientador e Presidente

Prof. Dr. Elton Celton de Oliveira
Membro

Prof. Dr. Paulo de Tarsoda Cunha Chaves
Membro

Visto:

Prof.^a Dra. Maria Regina Torres Boeger
Coordenadora do PPG-ECO

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Luis Fernando Fávoro, que desde o início acreditou e incentivou a minha entrada ao mestrado e por ter sido o meu orientador no presente trabalho.

Ao programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da UFPR pelo apoio intelectual e estrutural, que muito contribuiu para a edificação, teórico-prático, dos conhecimentos em ecologia e a secretária do PPGECO, Valéria Romeiro.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/MEC, pela concessão da Bolsa Reuni.

A professora Dra. Theresinha Monteiro Absher e ao Ms. Murilo Z. Marochi pelo auxílio na identificação dos gastrópodos e dos crustáceos, respectivamente.

Ao pescador Sr. Ivan que foi o grande responsável por achar e capturar o tão falado e “comum” peixe sapo, sem ele as coletas nunca saíam do papel.

Aos companheiros de laboratório, Diego Zanlorenzi, Mariana Veríssima Vieira, Thiago Burda Mayer e Wanessa Priscila David do Carmo, pela ajuda com os peixes, nas conversas de trabalho e pelos momentos descontraídos do laboratório.

Ao trio de eternos amigos: Diogo, Felipe, Rodrigo, pela amizade sincera e pelos inesquecíveis momentos festivos desde os tempos remotos da graduação.

Aos velhos e grandes amigos do biológicas: Balen, Fábio, Cíntia, Dilza, Fernanda, Fernando, Luís Felipe, Gabriele, Gisele, Gustavo, Laercio, Taynah.

A minha mãe Elsa Boaventura Nagata e ao meu pai Pedro Shizuo Nagata, pela grande generosidade, compreensão e carinho, pessoas que sempre me apoiaram e estiveram ao meu lado durante todos esses anos.

A minha irmã Miriam Katsumi Nagata e ao meu irmão Everson Hideo Nagata pelas conversas e bate papos descontraídos, e que apesar da distância em muitos momentos, contribuiu para o presente trabalho na forma de doação dos seus “bônus”!

Em especial, a minha noiva Wanessa Algarte Ramsdorf por todo o carinho, compreensão, cumplicidade, incentivo e principalmente a amizade, não só agora, mas durante todos esses anos em que nos conhecemos. Tenho certeza que sem ela ao meu lado não estaria aqui.

Enfim, a todos que de alguma forma fizeram parte de todo o processo o meu muito obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO GERAL.....	ix
GENERAL ABSTRACT.....	x
PREFÁCIO.....	xi
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	xiii
CAPÍTULO I – BIOLOGIA REPRODUTIVA DA ESPÉCIE EXÓTICA <i>Opsanus beta</i> (TELEOSTEI: BATRACHOIDIDAE) NO COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ, PARANÁ, BRASIL.....	xv
RESUMO.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUÇÃO.....	1
MATERIAL E MÉTODOS.....	3
Área de estudo.....	3
Coleta de dados.....	3
Análise dos dados.....	5
RESULTADOS.....	6
DISCUSSÃO.....	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16
CAPÍTULO II - BIOLOGIA ALIMENTAR DA ESPÉCIE EXÓTICA <i>Opsanus beta</i> (TELEOSTEI: BATRACHOIDIDAE) NO COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ, PARANÁ, BRASIL	xxii
RESUMO.....	xxiii
ABSTRACT.....	xxiv
INTRODUÇÃO.....	25
MATERIAL E MÉTODOS.....	26
Área de estudo.....	26
Coleta de dados.....	27
Análise dos dados.....	28
RESULTADOS.....	29
DISCUSSÃO.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1.** Mapa do complexo estuarino de Paranaguá com local das coletas delimitado pelo círculo vermelho..... 4
- Figura 2.** Cortes histológicos de ovários de *O. beta* em diferentes estádios de desenvolvimento. A – Ovário em Maturação, B – Ovário Maduro, C e D – Ovários Semidesovados e E – Ovário Desovado. Folículos ovarianos em diferentes fases de desenvolvimento: Fase II (FII), Fase III (FIII), Fase V (FV), Fase VI (FVI) e Folículos Vazios (★). Coloração HE..... 7
- Figura 3.** Cortes histológicos de testículos de *O. beta*. A- Testículo imaturo com túbulos seminíferos com luz reduzida e um único tipo celular da linhagem espermática; B - Testículo em maturação demonstrando diferentes tipos celulares da linhagem germinativa (setas coloridas) ocupando os túbulos seminíferos; C - Testículo maduro com túbulos seminíferos preenchidos quase que exclusivamente por espermatozóides (seta branca); D - Testículo semiesgotado, túbulos seminíferos com quantidade diminuída de espermatozóides e presença de espaços vazios (setas verdes) e E - Testículo esgotado. Coloração HE..... 8
- Figura 4.** Distribuição mensal dos valores individuais de IGS de fêmeas (A) e machos (B) de *O. beta*, durante o período estudado..... 9
- Figura 5.** Curva de maturação para fêmeas e machos de *O. beta*, realizada a partir dos IGS médio mensal. As barras de erro indicam o desvio padrão..... 10
- Figura 6.** Frequência percentual mensal dos estádios de desenvolvimento ovariano (A) e testicular (B) de *O. beta*. A = Imaturo, B = Maturação, C = Maduro, SD = Semidesovado, SE = Semiesgotado, D = Desovado e E = Esgotado. Sobre as barras encontra-se a frequência absoluta..... 10
- Figura 7.** Distribuição da frequência percentual sazonal dos estádios de desenvolvimento ovariano (A) e testicular (B) de *O. beta*. A = Imaturo, B = Maturação, C = Maduro, SD = Semidesovado, SE = Semiesgotado, D = Desovado e E = Esgotado. Sobre as barras encontra-se a frequência absoluta..... 11
- Figura 8.** Curva de comprimento de primeira maturação para machos de *O. beta* no complexo estuarino de Paranaguá. $L_{50}=13,29$ e $L_{100}=22,70$ 12

CAPÍTULO II

- Figura 1.** Mapa do complexo estuarino de Paranaguá com local das coletas delimitado pelo círculo vermelho..... 27
- Figura 2.** Distribuição sazonal da frequência percentual das classes de comprimento total de *O. beta* no complexo estuarino de Paranaguá. Sobre as barras encontra-se a frequência absoluta..... 32
- Figura 3.** Dendrograma e NMDS, realizados a partir da similaridade de Bray-Curtis, utilizando os valores de IIR% de 34 itens alimentares por classes de comprimento de *O. beta* coletados no complexo estuarino de Paranaguá..... 32
- Figura 4.** Dendrograma da análise sazonal da Similaridade de Bray-Curtis, realizada para os 34 itens alimentares utilizados por *O. beta* coletados no complexo estuarino de Paranaguá..... 36

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

- Tabela 1.** Caracterização microscópica dos estádios de desenvolvimento ovariano e testicular de *O. beta*, através da caracterização microscópica..... 6
- Tabela 2.** Proporção sexual mensal e sazonal dos exemplares de *O. beta* no complexo estuarino de Paranaguá..... 12

CAPÍTULO II

- Tabela 1.** Enquadramento taxonômico dos itens alimentares utilizados por *O. beta* no complexo estuarino de Paranaguá. Frequência percentual de ocorrência (%FO), frequência percentual de peso (%P), frequência percentual numérica (%N) e frequência do Índice de Importância Relativa (%IIR) dos itens alimentares. Negrito representa os principais itens alimentares. 31
- Tabela 2.** Contribuição percentual dos principais itens alimentares, ao nível de 56%, para formação dos grupos A, B e C (SIMPER). Negrito representa os principais itens alimentares..... 33
- Tabela 3.** Contribuição percentual dos principais itens alimentares, na separação dos grupos A, B e C (SIMPER). Negrito representa os principais itens alimentares..... 34
- Tabela 4.** Frequência percentual do IIR sazonal dos itens alimentares de *O. beta* no complexo estuarino de Paranaguá. Out = outono, Inv = inverno, Pri = primavera e Ver = verão. Negrito representa os principais itens alimentares. 35
- Tabela 5.** Frequência percentual de IIR dos itens alimentares para fêmeas e machos de *O. beta*. Negrito representa os principais itens alimentares..... 36

RESUMO GERAL

O presente trabalho foi realizado no complexo estuarino de Paranaguá, com o objetivo de caracterizar a biologia reprodutiva e alimentar da espécie de peixe exótica *Opsanus beta*. As coletas foram realizadas mensalmente no período de out/2011 a set/2012, em fundo rochoso, utilizando espinhéis para a captura. Foram coletados 447 exemplares, sendo 147 fêmeas e 300 machos. De cada exemplar foram mensurados o comprimento e peso totais, sendo as gônadas retiradas, pesadas e algumas destinadas ao processamento histológico. O trato digestório foi retirado para posterior análise do conteúdo. Através da análise histológica das gônadas foram caracterizados quatro estádios de desenvolvimento ovarianos e cinco estádios de desenvolvimento testicular. Através das análises da distribuição dos valores individuais do IGS, da curva de maturação, da distribuição da frequência percentual dos estádios de desenvolvimento gonadal, foi observada a ocorrência do processo reprodutivo durante todo o ano, com uma maior atividade na primavera, para ambos os sexos. A eliminação parcial dos gametas foi caracterizada histologicamente pela presença de gônadas semidesovadas e semiesgotadas. A proporção sexual apresentou predomínio de machos em todos os meses, com diferença significativa nos meses de novembro e janeiro, e entre abril e julho. O comprimento total das fêmeas variou de 6,5cm a 28,5cm e dos machos 6,6cm a 32,0cm. O comprimento de 1ª maturação para os machos foi de 13,29cm, não sendo determinado para fêmeas, por não terem sido obtidas fêmeas imaturas. Através das análises do conteúdo alimentar, a dieta de *O. beta* mostrou-se diversificada, sendo representada por 34 itens alimentares, distribuídos por sete grupos principais de organismos. De acordo com o percentual do Índice de Importância Relativa (%IIR), os cinco principais itens alimentares foram: *Thais mariae*, *Acantholobulus schmitti*, Anomura não identificados, restos de Bivalves e Panopeidae não identificados. Para a análise ontogenética, o comprimento total dos indivíduos analisados variou de 5,8cm a 31,2cm, sendo distribuídos em dez classes de comprimento, de acordo com o Postulado de Sturges. Através da análise de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) evidenciou a formação de três grupos, A, B e C, (ao nível de similaridade de 56%) além das classes V e X de comprimento que se mantiveram isoladas. O grupo A reuniu as classes I e II e Anomura não identificado foi o principal item alimentar, o grupo B reuniu as classes III e IV e Panopeidae não identificado foi o principal item alimentar e o grupo C reuniu as classes VI VII VIII e IX e *Thais Marie* foi o principal item alimentar. Nossos resultados indicam que a espécie tem grandes possibilidades de se tornar invasora, pelas táticas reprodutivas utilizadas: reprodução ocorrendo ao longo de todo o ano e o comprimento de 1ª maturação reduzido (41% do comprimento total máximo capturado). Ainda, a caracterização de uma dieta diversificada favorece a espécie a se estabelecer no ambiente.

Palavras-chave: histologia, táticas reprodutivas, recursos alimentares, variação ontogênica.

GENERAL ABSTRACT

This present study was conducted in the estuarine complex of Paranaguá, in order to characterize the reproductive biology and feeding of the exotic fish species *Opsanus beta*. The samples were monthly collected from October 2011 to September 2012, on rocky bottom, using longline. 447 specimens were collected, 147 females and 300 males. Morphometric data (total length and weight) were obtained for each specimen, the gonads being removed, weighed and some intended for the histological processing. The digestive tract was removed for further analysis of the content. Four stages of ovarian development and five stages of testicular development were characterized by the histological analysis of gonads. Through the analysis of the distribution of individual values of the GSI, the maturation curve, the percentage frequency distribution of gonad development stages, we observed the occurrence of the reproductive process throughout the year, with greater activity in the spring, for both sexes. The partially spawned was histologically characterized by the presence of partially spawned and partially spermiated gonads. The sex-ratio showed a predominance of males in all months, with a significant difference in the months of November and January, and between April and July. The total length of females ranged from 6.5cm to 28.5cm and of males, from 6.6cm to 32.0cm. The length at first maturity for males was 13.29cm, which was not determined for females because immature females were not obtained. Through the analysis of the feed content, the diet of *O. beta* showed to be diversified, being represented by 34 food items, distributed by seven major groups of organisms. According to the percentage of the Index of Relative Importance (%IRI), the five food main items were: *Thais mariae*, *Acantholobulus schmitti*, unidentified Anomura, remains of Bivalves and unidentified Panopeidae. For analysis ontogenetic, the total length of the analyzed individuals ranged from 5.8 cm to 31.2 cm, were distributed into ten classes in length, according to Postulate Surges. Through analysis of multidimensional non-metric scaling (NMDS) allowed to evidence the formation of three groups, A, B and C, (at level of similarity of 56%), besides classes V and X length which remained isolated. The group A was formed by classes I and II, and unidentified Anomura was the main food item; the group B was formed by classes III and IV, and unidentified Panopeidae was the main food item, and the group C was formed by classes VI, VII, VIII and IX, and *Thais marie* was found to be the main food item. Our results indicate that the species has great potential to become invasive, because of the reproductive tactics used: reproduction throughout the year and reduced length of the first maturity (41% of the total length of the specimen collected). Also, the characterization of a diversified diet favors the species to become established in the environment.

Keywords: histology, reproductive tactics, food resources, ontogenetic variation.

PREFÁCIO

A introdução de espécies exóticas tem sido reconhecida como um grande problema desde o século passado, e tem produzido uma grande mudança global nas relações intra e interespecíficas, bem como na interação trófica dos organismos, prejudicando comunidades e diversas espécies nativas, tornando-se umas das ameaças mais significativas à biota nativa em todo o mundo, além de causar sérios danos econômicos (Hall & Mills, 2000; Mack *et al.* 2000; Simberloff, 2000; Bax *et al.* 2001; Vitule *et al.* 2012).

A introdução de espécies pode levar a homogeneização biótica, aumentando a similaridade entre as biotas, resultado da diminuição da diversidade das comunidades, das diferenças taxonômicas, genéticas e/ou funcionais, assim como pela substituição de espécies nativas por espécies não nativas (Mack *et al.* 2000; Rahel, 2000; Olden, 2006).

As espécies exóticas podem alterar propriedades ecológicas fundamentais em um ecossistema, como a espécie dominante em uma comunidade e as características físicas desse ecossistema, através da competição com a predação de espécies nativas, e através dos habitats, alterando os ciclos de nutrientes e a produtividade (Mack *et al.* 2000).

As espécies exóticas foram identificadas pelos cientistas e pelas autoridades ambientais como uma grande ameaça aos ecossistemas marinhos, tendo em vista seus efeitos danosos sobre a diversidade biológica, estrutura do habitat e produtividade da pesca (Carlton, 1999), e algumas dessas introduções têm causado a extinção de espécies nativas em sistemas aquáticos (Dudgeon *et al.* 2006; Villanueva *et al.* 2008; Schlaepfer *et al.* 2012).

O transporte da água de lastro feito pelos navios oceânicos gera um grave problema, pois representa uma séria ameaça aos sistemas hídricos, principalmente às baías, estuários e águas interiores, podendo tornar esses ecossistemas os mais ameaçados do mundo as invasões (Carlton & Geller, 1993). Segundo Ruiz *et al.* (1997) as espécies não nativas são cada vez mais recorrentes em habitats marinhos e estuarinos no mundo, e o movimento global da água de lastro em navios parece ser o maior vetor para a transferência destas espécies e muitas das invasões recentes são resultados desta transferência.

Nos últimos anos foi relatada na região de dois grandes portos do Brasil a ocorrência de peixes do gênero *Opsanus*, pertencentes à família Batrachoididae. O

primeiro relato ocorreu nas proximidades do Porto de Santos, onde Rotundo *et al.* (2005) coletaram os primeiros exemplares do gênero *Opsanus* em águas brasileiras, que foram, posteriormente e erroneamente, denominados *Opsanus brasiliensis*. No complexo estuarino de Paranaguá, Caires *et al.* (2007) coletaram espécimes do mesmo gênero e compararam com os exemplares de Santos, revelando que esses espécimes pertenciam à espécie *Opsanus beta* (Goode & Bean, 1880).

Nos dois casos acima referidos, os registros de ocorrência de *O. beta* foram realizados próximos de zonas portuárias e em locais muito distantes da sua área de distribuição original, que se dá do Golfo do México até a Flórida (Collette, 2001, 2002). Assim, é possível que essa espécie tenha alcançado estas regiões através da água de lastro, o que passa a ser um indicativo que ela seja exótica no Atlântico Sul Ocidental (Caires *et al.* 2007).

Considerando que a invasão biológica consiste na chegada, sobrevivência, sucesso na reprodução e dispersão de uma espécie em um ecossistema onde a mesma não existia anteriormente (Carlton, 1989), os recentes registros de *O. beta* no Brasil tornam urgentes estudos que abordem a biologia reprodutiva e alimentar a fim de fornecer informações biológicas básicas da espécie, tendo em vista seu potencial invasor.

Assim, o presente estudo foi realizado com o propósito de investigar a biologia reprodutiva e alimentar de *Opsanus beta* no complexo estuarino de Paranaguá, visando compreender a utilização deste ambiente por esta espécie e, fornecer subsídios para a implementação de planos de manejo da espécie, caso seja necessário.

O presente trabalho está dividido em dois capítulos:

O capítulo I, “Biologia reprodutiva da espécie exótica *Opsanus beta* (Teleostei: Batrachoididae) no complexo estuarino de Paranaguá, Paraná, Brasil”, buscou identificar as táticas reprodutivas utilizadas pela espécie, sendo o ciclo reprodutivo de *O. beta* determinado por diferentes análises e auxiliado pela utilização do processamento histológico.

O capítulo II, “Biologia alimentar da espécie exótica *Opsanus beta* (Teleostei: Batrachoididae) no complexo estuarino de Paranaguá, Paraná, Brasil”, descreveu a dieta de *O. beta* com o objetivo de fornecer informações sobre a variação ontogênica e sazonal na alimentação da espécie, possibilitando conhecer quais as espécies nativas estão sendo utilizadas em sua alimentação.

REFERÊNCIAS

- Bax, N., Carlton, J. T., Mathews-Amos, A., Haedrich, R. L., Howarth, F. G., Purcell, J. E., Rieser, A. & Gray, A. 2001. The control of biological invasions in the World's Oceans. **Conservation Biology**. 15(5): 1234-1246.
- Caires, R. A., Pichler, H. A., Spach, H. L. & Ignácio, J. M. 2007. *Opsanus brasiliensis* Rotundo, Spinelli & Zavalla-Camin, 2005 (Teleostei: Batrachoidiformes: Batrachoididae), sinônimo-júnior de *Opsanus beta* (Goode & Bean, 1880), com notas sobre a ocorrência da espécie na costa brasileira. **Biota Neotropica**. 7(2): 135-139.
- Carlton, J. T. 1989. Man's role in changing the face of the ocean: biological invasions and implications for conservation of near-shore environments. **Conservation Biology**. 3: p.265-273.
- Carlton, J. T. 1999. The scale and ecological consequences of biological invasions in the world's oceans, in: O. T. Sandlund, P. J. Schei, and Å. Viken, editors, **Invasive Species and Biodiversity Management**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. p.195-212.
- Carlton, J. T. & Geller, J. B. 1993. Ecological Roulette: The Global Transport of Nonindigenous Marine Organisms. **Science**. 261: 78-82.
- Collette, B. B. 2001. *Opsanus dichrostomus*, a New Toadfish (Teleostei: Batrachoididae) from the Western Caribbean Sea and Southern Gulf of Mexico. **Occasional Papers of the Museum of Zoology the University of Michigan**. 731: 1-16.
- Collette, B. B. 2002. **Batrachoididae**. In **The Living Marine Resources of the Western Central Atlantic. Vol 2: Bony Fishes part 1 (Acipenseridae to Grammatidae)** (K.E. Carpenter, ed.). FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication. (5): p.1026-1042.
- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z-I., Knowler, D. J., Lévêque, C., Naiman, R. J., Prieur-Richard, A-H., Soto, D., Stiassny, M. L. J. & Sullivan, C. A. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. **Biological Reviews**. 81(2): 163-182.
- Hall, S. R. & Mills, E. L. 2000. Exotic species in large lakes of the world. **Aquatic Ecosystem Health and Management**. 3: 105-135.

- Mack, R. N., Simberloff, D., Lonsdale, W. M., Evans, H., Clout, M. & Bazzaz, F. A. 2000. Biotic Invasions: Causes, Epidemiology, Global Consequences and Control. **Ecological Applications**. 10(3): 689-710.
- Olden, J. D. 2006. Biotic homogenization: a new research agenda for conservation biogeography. **Journal of Biogeography**. 33: 2027-2039.
- Rahel, F. J. 2000. Homogenization of fish faunas across the United States. **Science**. 288: 854-856.
- Rotundo, M. M., Spinelli, M. & Zavala-Camin, L. A. 2005. Descrição de uma nova espécie de *Opsanus* (Teleostei - Batrachoididae) no litoral do Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Ceciliana**. 16(23): 93-99.
- Ruiz, G. M., Carlton, J. T., Grosholz, E. D. & Hines, A. H. 1997. Global Invasions of Marine and Estuarine Habitats by Non-Indigenous Species: Mechanisms, Extent and Consequences. **American Zoologist**. 37(6): 621-632.
- Schlaepfer, M. A., Sax, D. F. & Olden, J. D. 2012. Toward a More Balanced View of Non-Native Species. **Conservation Biology**. 26(6): 1156-1158.
- Simberloff, D. 2000. Nonindigenous Species: a Global Threat to Biodiversity and Stability. In: Raven P and Williams T (eds) **Nature and Human Society: the Quest for a Sustainable World**. National Academy Press, Washington, DC. p. 325-334.
- Villanueva, M. C. S., Isumbisho, M., Kaningini, B., Moreau, J. & Micha, J-C. 2008. Modeling trophic interactions in Lake Kivu: What roles do exotics play? **Ecological Modelling**. 212: 422-438.
- Vitule, J. R. S., Freire, C. A., Vazquez, D. P., Nuñez, M. A. & Simberloff, D. 2012. Revisiting the Potential Conservation Value of Non-Native Species. **Conservation Biology**. 26(6): 1153-1155.

**CAPÍTULO I – BIOLOGIA REPRODUTIVA DA ESPÉCIE
EXÓTICA *Opsanus beta* (TELEOSTEI: BATRACHOIDIDAE)
NO COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ, PARANÁ,
BRASIL**

BIOLOGIA REPRODUTIVA DA ESPÉCIE EXÓTICA *Opsanus beta* (TELEOSTEI: BATRACHOIDIDAE) NO COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ, PARANÁ, BRASIL

RESUMO

Opsanus beta é uma espécie de peixe marinho/estuarina de hábito demersal, tem sua distribuição natural no Atlântico Central Oeste, do Golfo do México até Palm Beach, na Flórida. Os registros da espécie na costa sudeste e sul do Brasil, próximos de zonas portuárias, indicam que é possível que tenha alcançado estas regiões através da água de lastro, sendo exótica no Atlântico Sul Ocidental, podendo representar uma ameaça a fauna local, desestruturando a teia trófica. O presente estudo objetivou caracterizar a biologia reprodutiva no complexo estuarino de Paranaguá. Os espécimes foram coletados mensalmente no período de out/2011 a set/2012, em fundo rochoso, utilizando espinhéis. Foram coletados 147 fêmeas e 293 machos totalizando 440 exemplares. De cada exemplar foram tomados os dados morfométricos quanto ao comprimento e peso totais, as gônadas retiradas e pesadas, sendo algumas destinadas ao processamento histológico. Através das análises do índice gônado-somático (IGS) individual, da frequência de estádios e da curva de maturação sexual, para machos e fêmeas, constatou-se que o desenvolvimento gonadal para ambos os sexos inicia em junho, atingindo os maiores valores de agosto a novembro, quando predominaram indivíduos com gônadas maduras. A diminuição do IGS entre os meses de dezembro a fevereiro coincide com o período de alta frequência de gônadas semidesovadas/semiesgotadas, sendo o desenvolvimento gonadal sincronizado entre machos e fêmeas. Indivíduos em reprodução foram encontrados durante todo o ano. A desova do tipo parcelada foi caracterizada histologicamente pela presença de gônadas semidesovadas e semiesgotadas. A proporção sexual apresentou predomínio de machos em todos os meses, com diferença significativa nos meses de novembro e janeiro, e entre abril e julho. O comprimento total das fêmeas variou de 6,5cm a 28,5cm e dos machos 6,6cm a 32,0cm. O comprimento de 1ª maturação para os machos foi de 13,29cm, não sendo determinado para fêmeas por não terem sido obtidas fêmeas imaturas. Os resultados obtidos indicam que a espécie tem grandes possibilidades de se tornar invasora, pelas táticas reprodutivas utilizadas: reprodução ocorrendo ao longo de todo o ano e o comprimento de 1ª maturação reduzido (41% do comprimento total máximo capturado).

Palavras-chave: primeira maturação, desenvolvimento gonadal, histologia.

ABSTRACT

Opsanus beta is a marine/estuarine species of demersal habit, with natural distribution in the central-west Atlantic, from the Gulf of Mexico until Palm Beach, in Florida. The records of the species in the southeast and southern Brazilian coast, near port areas, indicate that it may have reached these regions through ballast water. The species is exotic in the western south Atlantic, and may pose a threat to local wildlife, by disrupting the trophic structure of the food web. The present study aimed to characterize the reproductive biology in the estuarine complex Paranaguá. The samples were monthly collected from October 2011 to September 2012, on rocky bottom, using longline. 440 specimens were collected, 147 females and 293 males. Morphometric data (total length and weight) were obtained for each specimen, the gonads being removed, weighed and some intended for the histological processing. Through the analysis of individual gonadosomatic index (GSI), the frequency of stages and sexual maturation curve, for males and females, it has been found that gonadal development in both sexes begins in June, reaching the highest values from August to November, predominated when individuals with mature gonads. The decrease in the IGS between the months of December to February coincides with the period of high frequency of partially spawned and partially spermiated gonads, being the development synchronized gonadal between females and males. Individuals on reproduction were found throughout the year. The type spawning parceled was characterized histologically by the presence of gonads partially spawned and partially spermiated. The sex-ratio showed a predominance of males in all months, with a significant difference in the months of November and January, and between April and July. The total length of females ranged from 6.5cm to 28.5cm and of males, from 6.6cm to 32.0cm. The length at first maturity for males was 13.29cm, which was not determined for females because immature females were not obtained. Our results indicate that the species has great potential to become invasive, because of the reproductive tactics used: reproduction throughout the year and reduced length of the first maturity (41% of the total length of the specimen captured).

Keywords: first maturity, gonad development, histology.

INTRODUÇÃO

As diferentes estratégias reprodutivas desenvolvidas pelos peixes refletem o sucesso alcançado pelo grupo nos mais variados ambientes, seja esse ambiente antropizado ou natural. A distribuição destes organismos está estabelecida devido a um conjunto de condições ecológicas, adaptações anatômicas, fisiológicas e comportamentais específicas (Vazzoler, 1996; Araújo & Chellappa, 2002; Godinho *et al.* 2010; Silva *et al.* 2010).

A reprodução das espécies exóticas é um dos processos avaliados para determinar o estabelecimento e o potencial invasor. Considerando que a invasão biológica consiste na segunda maior causa de perda de biodiversidade no mundo, sendo superado apenas para a degradação de habitats (Simberloff, 2003), o estudo da autoecologia de organismos introduzidos é de fundamental importância.

A introdução de espécies marinhas alóctones tem ocorrido com maior frequência nas últimas décadas, aumentando a preocupação sobre os seus impactos, como: extinção dos estoques nativos, alterações do habitat, pressões de competição e predação, nanismo e degradação genética do estoque hospedeiro, introdução de patógenos e parasitas, modificação do índice biótico, também sendo provável a ocorrência de impactos socioeconômicos negativos (Coblentz, 1990; Cohen & Carlton, 1998; Agostinho *et al.* 2000; Ruiz *et al.* 2000; Rocha *et al.* 2005; Vitule, 2009).

Outro grave problema que a introdução de espécies pode causar é o da homogeneização biótica, processo pelo qual a introdução de espécies invasoras pode aumentar a similaridade taxonômica, genética ou funcional de duas ou mais biotas num intervalo de tempo específico, podendo levar a extinções de espécies nativas (Olden, 2006).

Alguns estudos têm documentado os caminhos que levam a introdução e destacado os fatores e mecanismos que conduzem a uma invasão com sucesso. Para Carlton & Geller (1993), o problema da água de lastro transportado pelos navios oceânicos representa uma séria ameaça às baías, estuários e águas interiores, podendo tornar esses ecossistemas os mais ameaçados do mundo as invasões. Segundo Ruiz *et al.* (1997), as espécies não nativas são cada vez mais visíveis em habitats marinhos e estuarinos no mundo, e o movimento global da água de lastro dos navios parece ser o maior vetor para a transferência destas espécies e muitas invasões recentes são resultados desta transferência.

Pavlov *et al.* (2006) observaram os aspectos comportamentais das invasões biológicas usando como modelo os peixes, e destacaram que a complexidade do sistema

das relações biológicas envolvendo espécies introduzidas em novos habitats é um fator importante que deve ser analisado, e não somente a essência das várias etapas dos processos de invasão. Segundo os autores, os principais aspectos do comportamento determinam “o potencial invasivo” das espécies e esses aspectos devem ser investigados.

As espécies de peixes da família Batrachoididae, conhecidos popularmente como peixes sapos, são encontrados em águas rasas, sobre fundos arenosos ou rochosos, perto da costa, em recifes naturais, manguezais, marismas e estuários (Cervigón, 1980; Smith, 1997; Palazón-Fernández *et al.* 2001). No Brasil esta família está representada por seis gêneros e treze espécies, das quais *Porichthys porosissimus*, *Thalassophryne montevidensis*, *T. nattereri* e *Triathalassotia lambaloti* são encontradas no sudeste-sul do Brasil (Menezes & Figueiredo 1998; Carvalho-Filho, 1999; Menezes *et al.* 2003; Caires *et al.* 2007).

Os recentes registros da espécie *Opsanus beta* (Goode & Bean, 1880) na costa sudeste e sul do Brasil, em locais tão distantes da sua área de distribuição, indicam que ela é exótica no Atlântico Sul Ocidental (Caires *et al.* 2007, Tomás *et al.* 2012). Uma vez que os registros desta espécie estão próximos de zonas portuárias, é possível que tenha alcançado estas regiões através da água de lastro.

A espécie *Opsanus beta* tem sua distribuição natural no Atlântico Central Oeste, do Golfo do México até Palm Beach, na Flórida (Collette, 2001, 2002). Os espécimes são caracterizados por serem resistentes, territorialistas e agressivos, e é possível que esta espécie se torne um problema ecológico nas regiões em que foi introduzida (Tavolga, 1958; Gray & Winn, 1961).

Poucos estudos sobre a reprodução das espécies do gênero *Opsanus* foram realizados, destacando os trabalhos realizados com *Opsanus beta* (Breder, 1941; Barimo *et al.* 2007; Malca *et al.* 2009), *Opsanus phobetron* (Newman *et al.* 2004; Canto-Maza & Vega-Cendejas, 2007) e *Opsanus tau* (Gray & Winn, 1961; Hoffman, 1963; Wilson *et al.* 1982), todos realizados em áreas de distribuição natural das espécies.

Os recentes registros de *O. beta* no Brasil tornam urgentes estudos que abordem o ciclo reprodutivo desta espécie e a necessidade de se obter informações biológicas, tendo em vista seu potencial invasor. Assim, o presente estudo tem como objetivos descrever as táticas reprodutivas utilizadas pela espécie, tais como: a dinâmica do desenvolvimento gonadal, período reprodutivo, tipo de desova, comprimento de primeira maturação e proporção sexual, além de fornecer subsídios para a implementação de planos de manejo da espécie, caso seja necessário.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O complexo estuarino de Paranaguá, localizado pelas coordenadas 25° 15'S / 48° 45'W e 25° 35'S / 48° 10'W na costa norte do estado do Paraná, sul do Brasil, constitui um dos maiores sistemas estuarinos do sudoeste do Atlântico (Ipardes, 2001). Esse sistema é composto pelas baías de Paranaguá e de Antonina no eixo leste-oeste, e pelas baías de Guaraqueçaba, dos Pinheiros e das Laranjeiras, no eixo norte-sul. A conexão do estuário com o oceano se dá através de três canais: o Canal da Galheta, delimitado pela face sul da Ilha do Mel e o continente, o Canal Barra Norte, situado entre a Ilha do Mel e a Ilha das Peças e, mais ao norte, o Canal do Superagui, entre a Ilha das Peças e a Ilha do Superagui (Lana *et al.* 2001) (Figura 1).

O clima da região é do tipo subtropical úmido mesotérmico (tipo Cfa), segundo a classificação de Köppen, com verão quente e sem uma estação seca bem definida. A temperatura média no verão está acima dos 22°C enquanto no inverno a média fica abaixo dos 18°C (Maack, 1981). O período chuvoso geralmente abrange os meses de outubro a março, correspondendo à primavera e ao verão, já o período seco engloba os demais meses, nas estações outono e inverno (Lana *et al.* 2001), com uma média anual de 2500 mm de chuva e 84,5% de umidade do ar (Bigarella, 1978).

Coleta de dados

As coletas foram realizadas mensalmente, no período de outubro de 2011 a setembro de 2012, em fundo rochoso com a utilização de espinhéis no complexo estuarino de Paranaguá. A obtenção dos espécimes ocorreu em sete pontos amostrais: 25° 29' 42''S / 48° 29' 57''W; 25° 29' 50''S / 48° 30' 60''W; 25° 29' 44''S / 48° 30' 08''W; 25° 29' 32''S / 48° 30' 40''W; 25° 29' 16''S / 48° 30' 26''W; 25° 28' 56''S / 48° 30' 31''W e 25° 28' 52''S / 48° 30' 34''W.

Os espinhéis foram confeccionados utilizando um total de 100 anzóis de número 10, atingindo um comprimento total de 100 m para cada espinhel. No período da manhã, os espinhéis foram colocados nos pontos amostrais e retirados ao meio-dia, sendo utilizadas sardinhas como iscas. Os exemplares coletados ao longo de cada mês foram armazenados e congelados em freezer. Assim que o número total, pré-estabelecido, de indivíduos fosse capturado (n=30), estes foram trabalhados no laboratório para a realização das análises.

Coleta adicional foi realizada em setembro de 2012 para obtenção de espécimes de tamanhos reduzidos. Durante a maré vazante, poças foram expostas e os indivíduos localizados sobre as rochas foram coletados através de coleta ativa. Os espécimes obtidos na coleta adicional foram utilizados somente para a determinação do comprimento de primeira maturação gonadal.

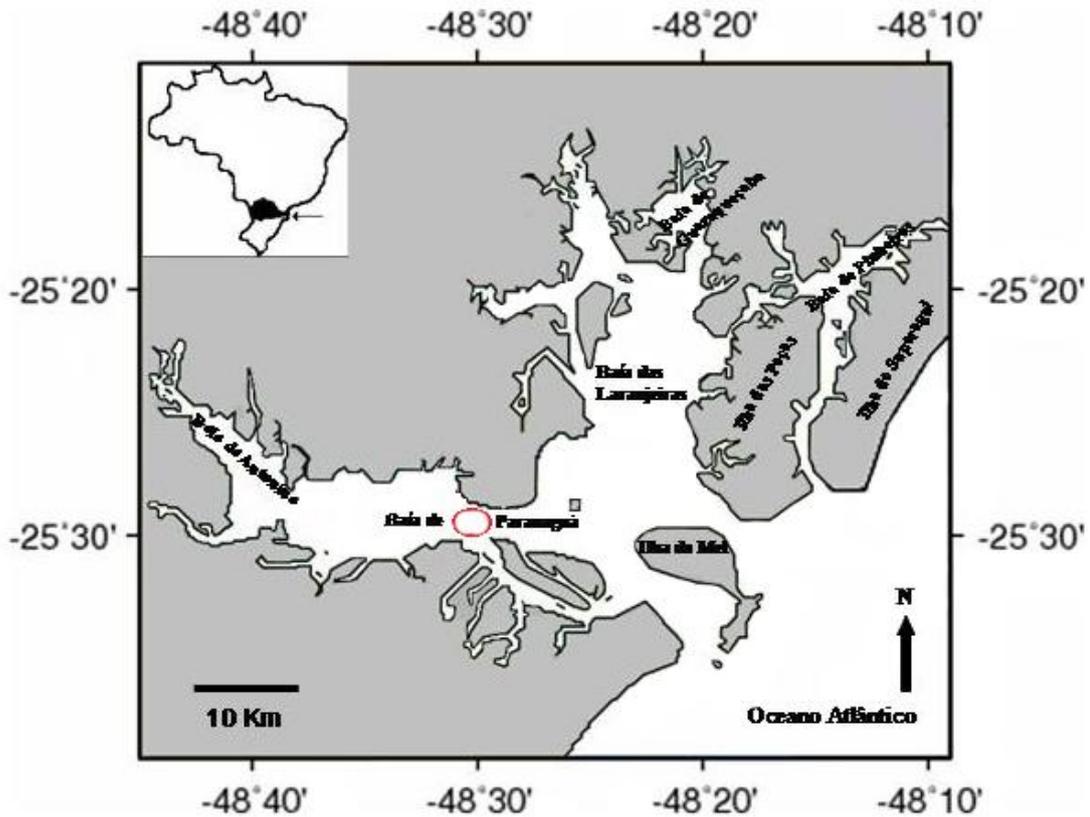


Figura 1 – Mapa do complexo estuarino de Paranaguá com local das coletas delimitado pelo círculo vermelho.

Em laboratório, para cada exemplar, foram tomados os dados de comprimento total (cm) e peso total (g). Posteriormente, os animais foram seccionados ventralmente para a exposição das gônadas, permitindo a determinação macroscópica do sexo e do desenvolvimento gonadal. As gônadas foram retiradas e pesadas e algumas foram destinadas ao processo histológico de rotina, sendo fixadas em ALFAC por 20 horas, incluídas em parafinas e coradas com Hematoxilina-Eosina (HE). As lâminas histológicas foram analisadas em microscópio de luz, permitindo a caracterização microscópica dos estádios de maturação ovariana e testicular, bem como a correção da análise macroscópica, quando necessário. As análises do desenvolvimento gonadal foram efetuadas de acordo com o estudo de Oliveira & Fávaro (2010), os quais utilizaram como critério a quantidade

dos tipos celulares da linhagem germinativa presente nas gônadas, baseando-se nas escalas de maturidade modificada de Vazzoler (1996), para a análise ovariana e de Gomes & Araújo (2004) para a análise testicular.

Análise dos dados

O período reprodutivo foi caracterizado através das análises gráficas do Índice Gônado Somático (IGS) individual, da curva de maturação e da distribuição mensal da frequência dos estádios gonadais. O IGS individual foi determinado através da equação $IGS = (PG/PT) \times 100$, onde, PG é o peso da gônada, e PT é o peso total do peixe, e a partir deste foi obtido o IGS médio mensal para a confecção da curva de maturação, separadamente para machos e fêmeas. A distribuição mensal da frequência percentual dos estádios de desenvolvimento gonadal, obtida através da análise microscópica das gônadas, foi determinada para fêmeas e machos. Através das análises histológicas das gônadas foi caracterizado o tipo de desova.

O comprimento de primeira maturação sexual, que compreende o menor tamanho onde 50% da população apresentam-se adulta, foi determinado através da curva que relaciona a frequência relativa de indivíduos adultos com o ponto médio das classes de comprimento, ajustada pela equação: $Fr = 1 - e^{-aL^b}$, onde: Fr é a frequência relativa de indivíduos adultos; “e” é a base do logaritmo neperiano; “a” e “b” são os coeficientes linear e angular estimados pelo método dos mínimos quadrados aplicado na relação linear obtida pela transformação das variáveis envolvidas, e (Lt) é o ponto médio das classes de comprimento total, conforme utilizado por Fávaro *et al.* (2003). Fêmeas imaturas não foram obtidas no presente estudo, inviabilizando determinar o comprimento de primeira maturação sexual, sendo a referida análise realizada somente para machos.

A proporção sexual foi analisada mensal e sazonalmente a fim de relacionar os resultados ao processo reprodutivo. A diferença foi analisada pela aplicação do teste do χ^2 (Qui-quadrado), com grau de liberdade 1 e 0,05 de significância, significativo quando $\geq 3,84$ (Vazzoler, 1996).

No presente estudo as estações do ano foram consideradas com sendo: Primavera (outubro a dezembro); Verão (janeiro a março); Outono (abril a junho) e Inverno (julho a setembro).

RESULTADOS

No presente trabalho foram avaliados 440 exemplares, sendo 147 fêmeas e 293 machos. A análise microscópica das gônadas permitiu evidenciar quatro estádios de desenvolvimento ovariano (Fig. 2) e cinco de desenvolvimento testicular (Fig. 3), de acordo com os tipos e quantidades das células da linhagem germinativa (Tab. 1). Fêmeas imaturas (A) não foram obtidas.

Tabela 1 – Caracterização microscópica dos estádios de desenvolvimento ovariano e testicular de *O. beta*, através da caracterização microscópica.

Características microscópicas		
Estádios	Fêmeas	Machos
Imaturo (A)		Túbulos seminíferos pouco desenvolvidos com presença de espermatogônias. Ausências das demais células da linhagem germinativa masculina (Fig. 3A).
Maturação (B)	Folículos ovarianos nas fases II e III (Fig. 2A).	Túbulos seminíferos parcialmente desenvolvidos, com vários tipos de células da linhagem espermática. Geralmente, com espermatozóides ausentes ou pouco abundantes (Fig. 3B).
Maduro (C)	Folículos ovarianos nas fases II, III, IV e V (Fig. 2B).	Túbulos seminíferos desenvolvidos com predomínio de espermatozóides (Fig. 3C).
Semidesovado (SD)/ Semiesgotado (SE)	Folículos vazios e folículos ovarianos nas fases II, III, IV, V e VI (Fig. 2C e 2D).	Túbulos seminíferos com a quantidade de espermatozóides diminuída, em relação ao estágio anterior. Observam-se espaços vazios nas bordas dos túbulos e pequena quantidade de outras células da linhagem germinativa (Fig. 3D).
Desovado (D)/ Esgotado (E)	Folículos vazios e folículos ovarianos nas fases II (Fig. 2E).	Os túbulos seminíferos apresentam-se esvaziados, com poucos espermatozóides dispersos na luz e presença de células germinativas em desenvolvimento inicial (Fig. 3E).

Através das análises histológicas foi possível observar ovários semidesovados (SD), o que permitiu a caracterização da desova como sendo do tipo parcelada.

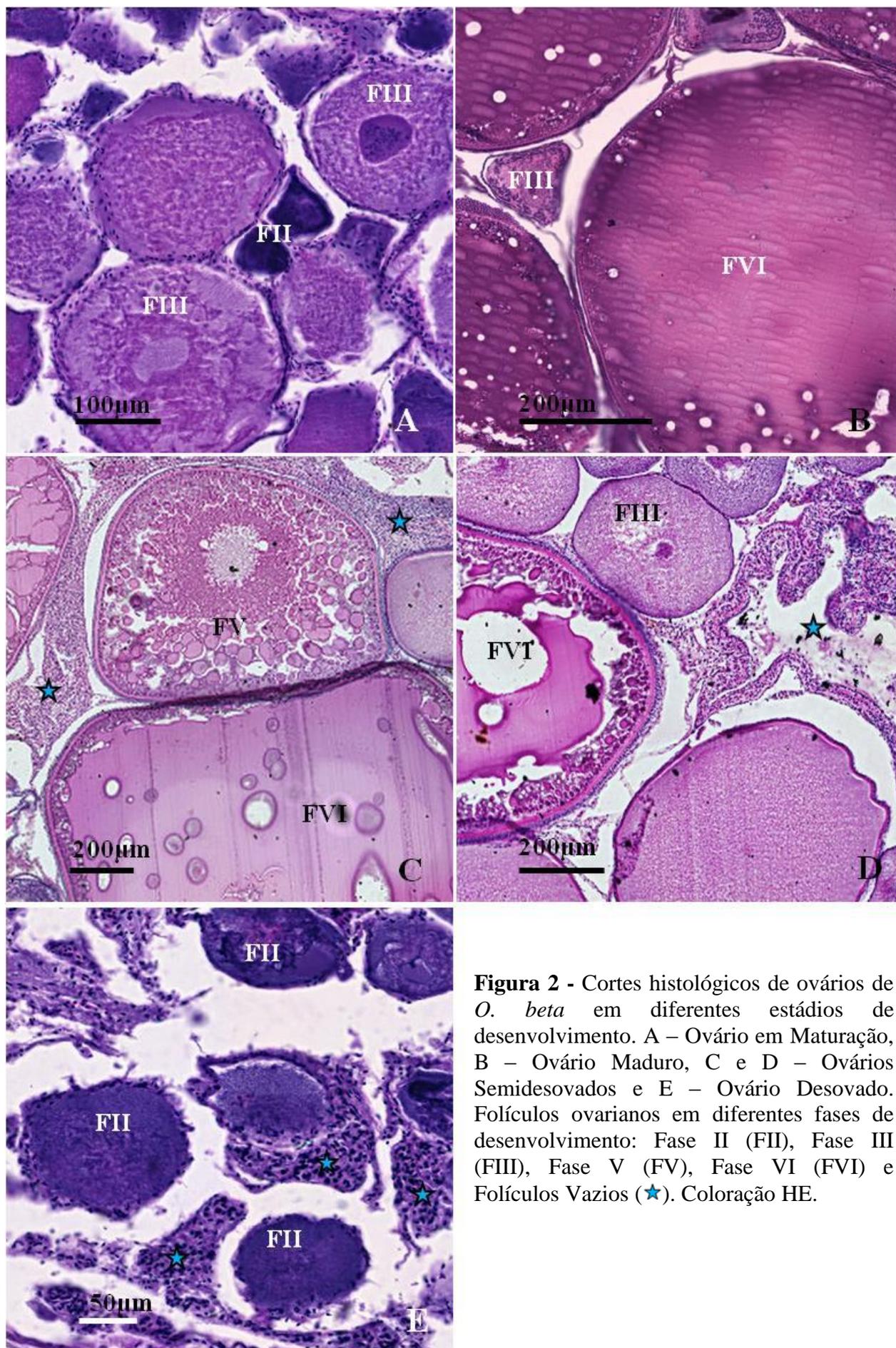


Figura 2 - Cortes histológicas de ovários de *O. beta* em diferentes estádios de desenvolvimento. A – Ovário em Maturação, B – Ovário Maduro, C e D – Ovários Semidesovados e E – Ovário Desovado. Folículos ovarianos em diferentes fases de desenvolvimento: Fase II (FII), Fase III (FIII), Fase V (FV), Fase VI (FVI) e Folículos Vazios (★). Coloração HE.

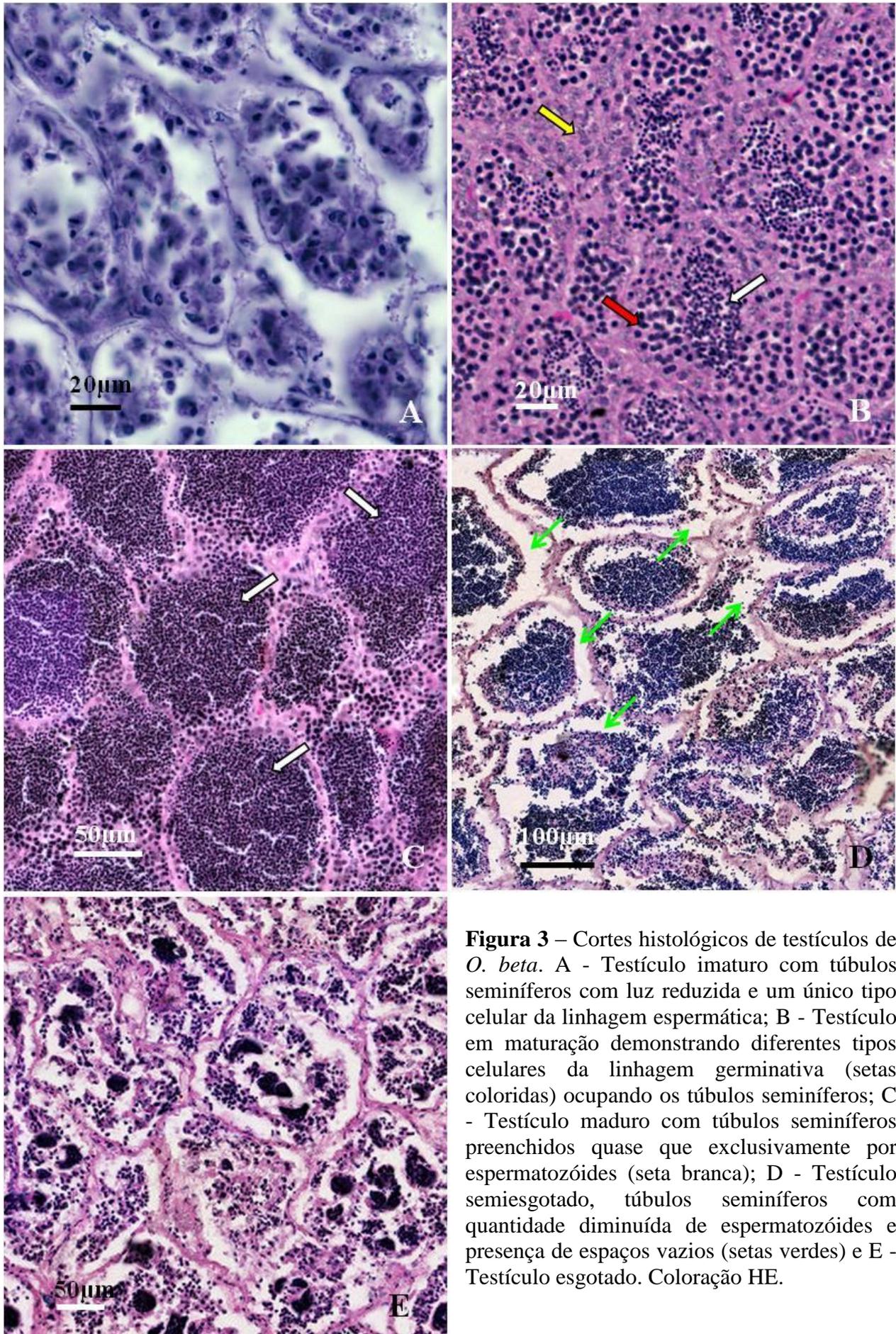


Figura 3 – Cortes histológicos de testículos de *O. beta*. A - Testículo imaturo com túbulos seminíferos com luz reduzida e um único tipo celular da linhagem espermática; B - Testículo em maturação demonstrando diferentes tipos celulares da linhagem germinativa (setas coloridas) ocupando os túbulos seminíferos; C - Testículo maduro com túbulos seminíferos preenchidos quase que exclusivamente por espermatozoides (seta branca); D - Testículo semiesgotado, túbulos seminíferos com quantidade diminuída de espermatozoides e presença de espaços vazios (setas verdes) e E - Testículo esgotado. Coloração HE.

Através das análises do IGS individual e da curva de maturação sexual, para machos e fêmeas, constatou-se que o desenvolvimento gonadal para ambos os sexos é sincronizado e inicia-se no mês de junho, atingindo os maiores valores no período de agosto a novembro e diminuição nos valores entre os meses de janeiro a maio (Figs. 4 e 5). Os meses com altos valores de IGS correspondem ao período de alta frequência de gônadas maduras, enquanto que os meses de valores reduzidos de IGS correspondem ao período de maior frequência de gônadas semidesovadas/semiesgotadas. Indivíduos com gônadas maduras e/ou semidesovadas/semiesgotadas foram evidenciados durante todo o período de análise (Fig. 6).

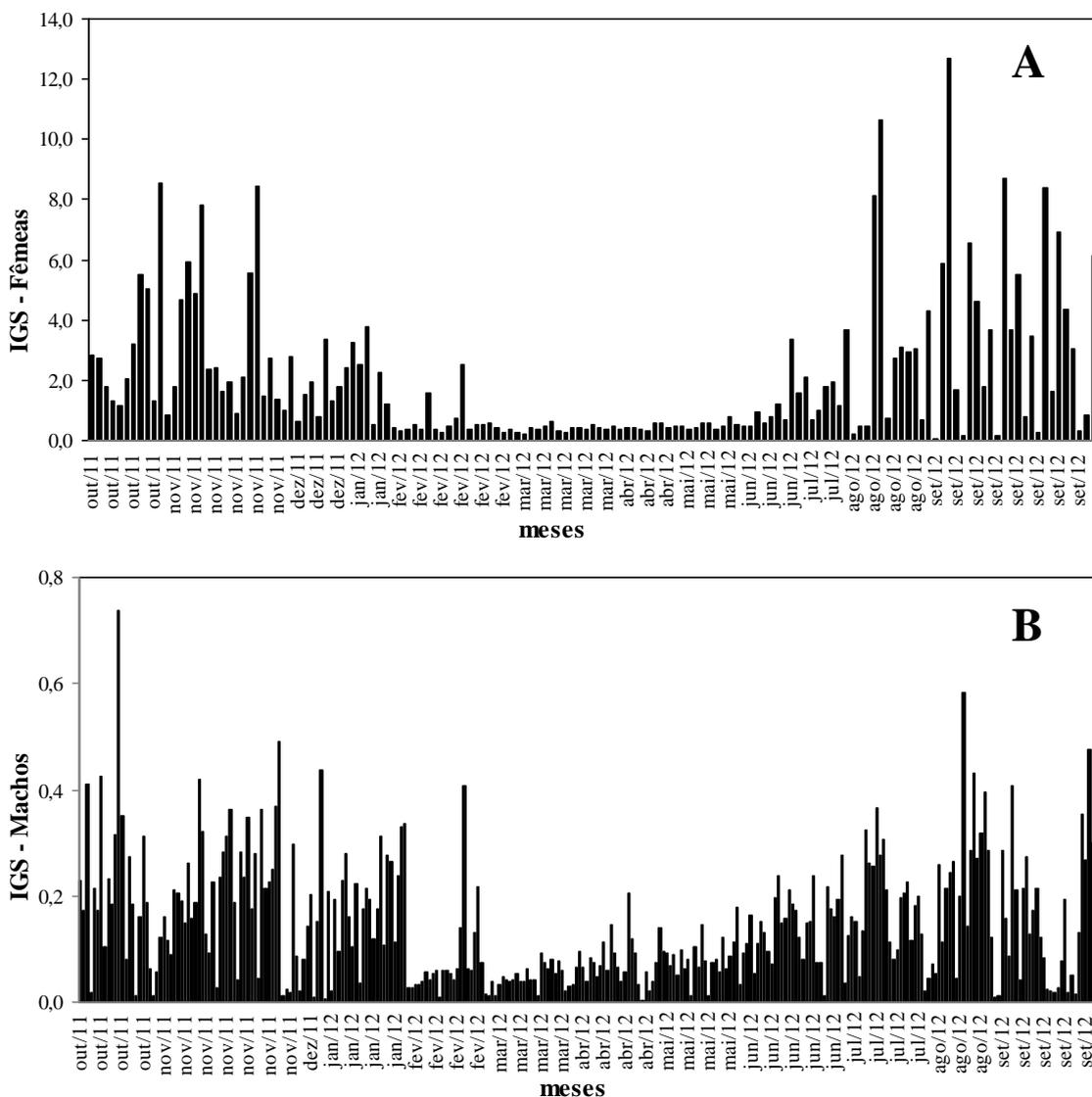


Figura 4 – Distribuição mensal dos valores individuais de IGS de fêmeas (A) e machos (B) de *O. beta*, durante o período estudado.

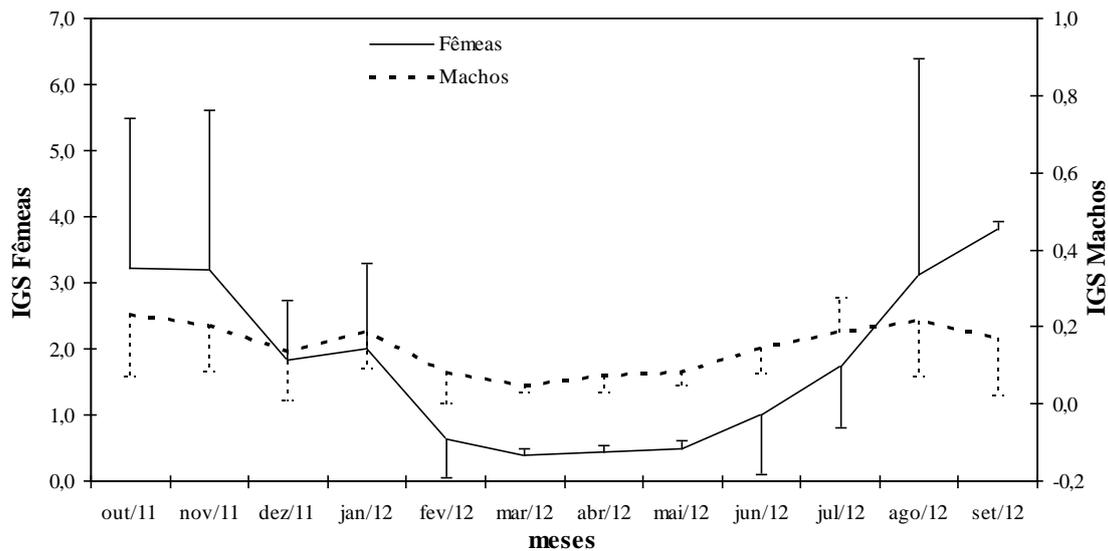


Figura 5 – Curva de maturação para fêmeas e machos de *O. beta*, realizada a partir dos IGS médio mensal. As barras de erro indicam o desvio padrão.

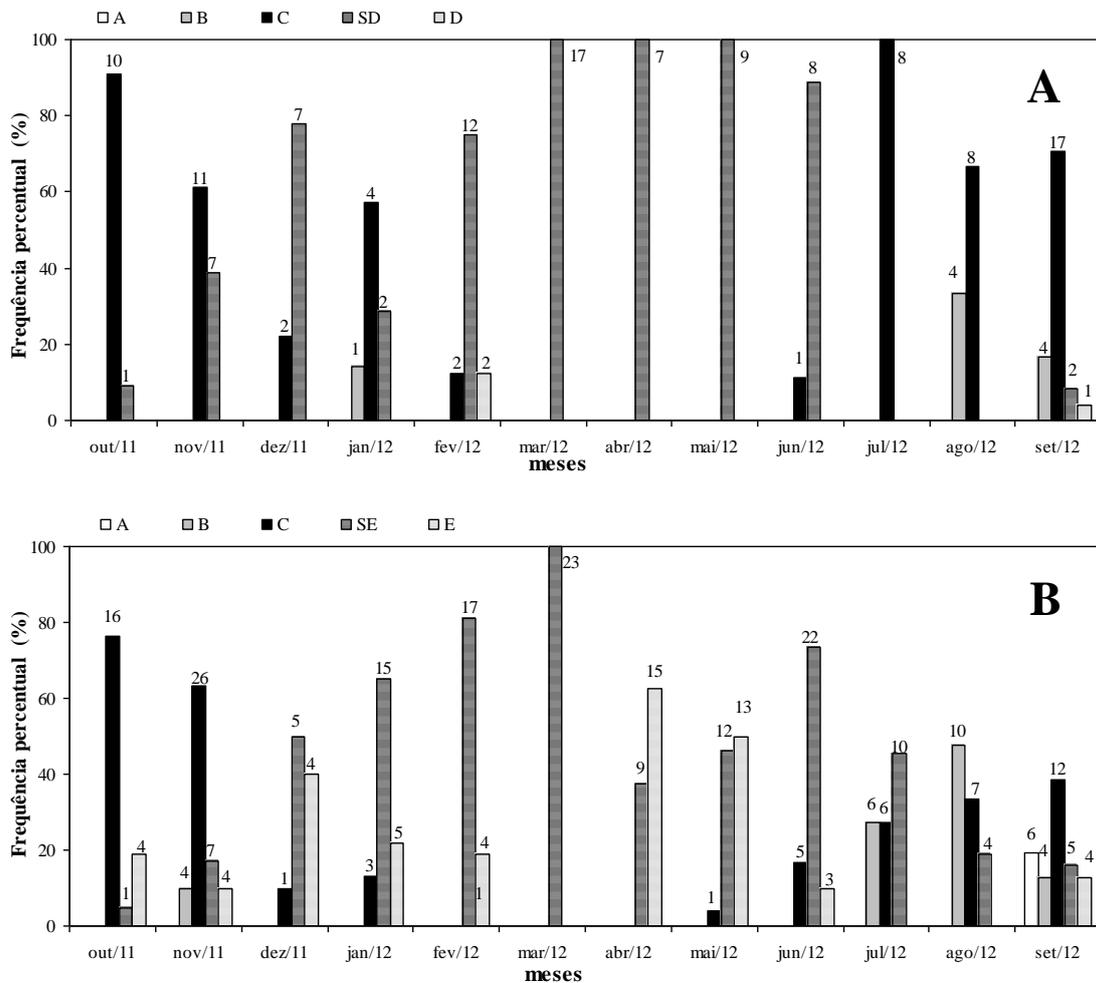


Figura 6 – Frequência percentual mensal dos estádios de desenvolvimento ovariano (A) e testicular (B) de *O. beta*. A = Imaturo, B = Maturação, C = Maduro, SD = Semidesovado, SE = Semiesgotado, D = Desovado e E = Esgotado. Sobre as barras encontra-se a frequência absoluta.

Através da análise sazonal dos estádios de desenvolvimento gonadal, verificou-se a ocorrência de fêmeas e machos maduros em todas as estações, com predomínio no inverno e primavera. Indivíduos com gônadas semidesovadas/semiesgotadas ocorreram com maior frequência no verão e no outono. Fêmeas desovadas ocorreram no verão e inverno e machos esgotados em todas as estações, predominando no outono (Fig. 7).

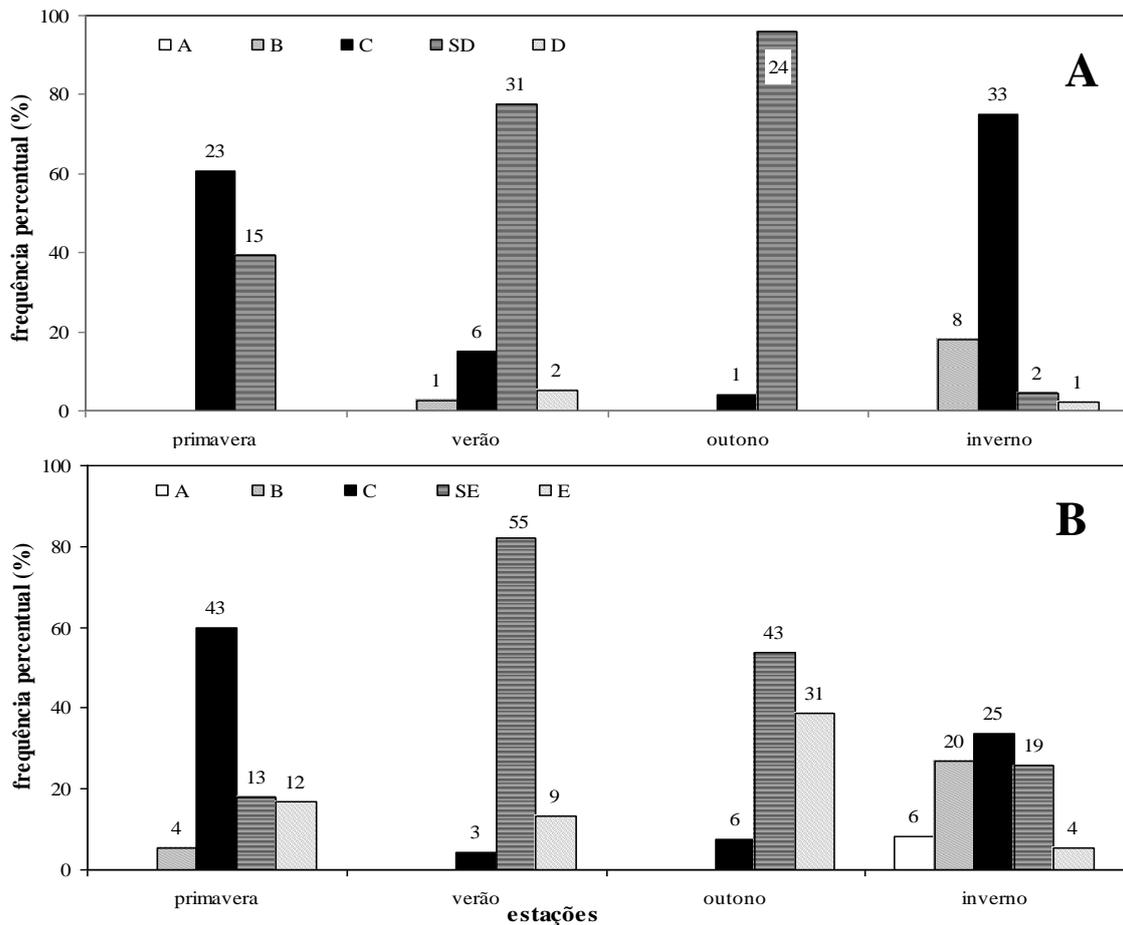


Figura 7 – Distribuição da frequência percentual sazonal dos estádios de desenvolvimento ovariano (A) e testicular (B) de *O. beta*. A = Imaturo, B = Maturação, C = Maduro, SD = Semidesovado, SE = Semiesgotado, D = Desovado e E = Esgotado. Sobre as barras encontra-se a frequência absoluta.

A análise mensal da proporção sexual confirmou um predomínio de machos em todos os meses, com diferença significativa nos meses de novembro e janeiro, e entre abril e julho. A análise sazonal demonstrou diferença significativa do predomínio de machos sobre as fêmeas em todas as estações (Tab. 2).

Tabela 2 - Proporção sexual mensal e sazonal dos exemplares de *O. beta* no complexo estuarino de Paranaguá.

Meses	Total	Fêmeas	Machos	χ^2	Estações	χ^2
out/11	32	11	21	3,13		
nov/11	59	18	41	8,96*	Primavera	10,51*
dez/11	19	9	10	0,05		
jan/12	30	7	23	8,53*		
fev/12	37	16	21	0,68	Verão	6,81*
mar/12	40	17	23	0,90		
abr/12	31	7	24	9,32*		
mai/12	35	9	26	8,26*	Outono	28,81*
jun/12	39	9	30	11,31*		
jul/12	30	8	22	6,53*		
ago/12	33	12	21	2,45	Inverno	7,63*
set/12	55	24	31	0,89		

O comprimento total das fêmeas variou de 6,5cm a 28,5cm, com poucos exemplares de porte reduzido e nenhum com ovário imaturo, impossibilitando a determinação do comprimento de primeira maturação e permitindo inferir que fêmeas de pequeno comprimento se encontram em atividade reprodutiva. Para os machos, o comprimento total variou de 6,6cm a 32,0cm. A obtenção de machos de pequeno porte, com gônadas imaturas, possibilitou a determinação do comprimento de 1ª maturação que se deu no valor de 13,29cm (Fig. 8).

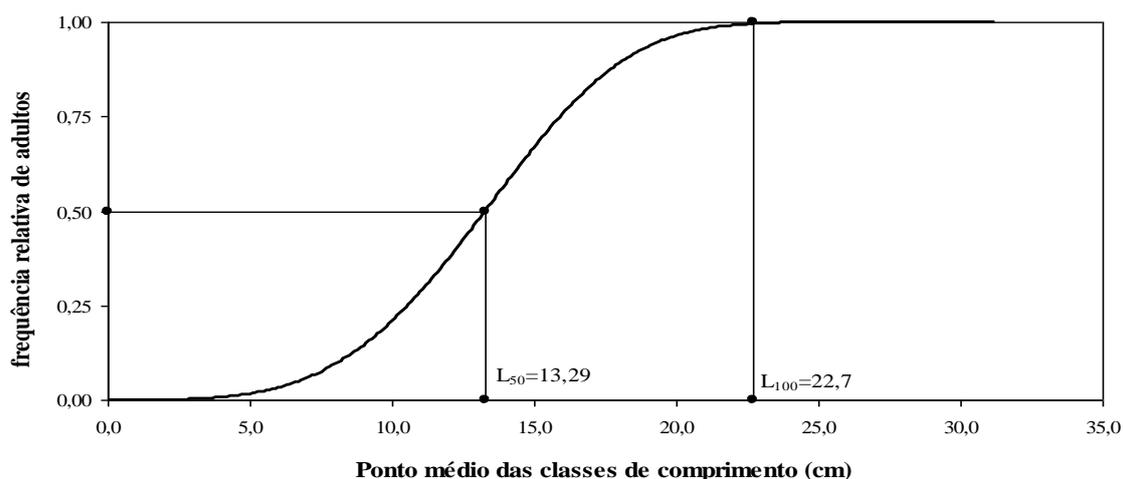


Figura 8 – Curva de comprimento de primeira maturação para machos de *O. beta* no complexo estuarino de Paranaguá. L₅₀=13,29 e L₁₀₀=22,70.

DISCUSSÃO

Os sistemas estuarinos são importantes regiões reconhecidas por atuarem como ambientes de berçário para a criação de larvas e juvenis de peixes, sendo selecionadas muitas vezes por algumas espécies para o crescimento ou para a migração sazonal (Emmett *et al.* 2000; Manderson *et al.* 2004). O complexo estuarino de Paranaguá não é diferente, pois é um ambiente importante que serve de refúgio para diversas espécies de peixes, tanto residentes como migradoras, principalmente formas juvenis, que dependem do estuário para crescer e se alimentar (Vendel *et al.* 2002; Spach *et al.* 2003).

As regiões estuarinas com a presença de portos estão particularmente mais propensas à invasão de espécies exóticas, devido à alta exposição aos vetores de transporte, como os navios oceânicos (Niimi, 2004; Wasson *et al.* 2001). Dessa forma, o complexo estuarino de Paranaguá está sujeito aos perigos da invasão biológica, devido à presença do porto que recebe um grande fluxo de navios, carregados com água de lastro. Para Ruiz *et al.* (1997), a água de lastro parece ser o maior vetor para a transferência de espécies exóticas e muitas das invasões recentes são resultados desta transferência.

Os recentes registros de *O. beta* no Brasil, demonstraram a urgência na realização de estudos de autoecologia que permitissem entender os processos básicos para a manutenção da espécie no ambiente estuarino, principalmente a reprodução, uma vez que, o aumento das espécies exóticas, próximo de regiões portuárias, está se tornando um dos maiores problemas relacionados com os ambientes costeiros e uma das principais razões para a perda de biodiversidade (Lopes *et al.* 2009; Britton *et al.* 2011), podendo causar as regiões estuarinas, uma homogeneização biótica, resultado da extinção de espécies nativas (Olden, 2006).

No presente estudo, a análise histológica empregada teve o objetivo de alcançar resultados seguros e confiáveis, corroborando com Dias *et al.* (1998), os quais retratam que somente a análise macroscópica das gônadas remete a erros na determinação dos estádios de desenvolvimento e, conseqüentemente, no entendimento correto do processo reprodutivo.

A análise ovariana e testicular realizada neste estudo permitiu, de maneira criteriosa, o melhor entendimento da dinâmica reprodutiva da população de *O. beta*. No entanto, a maioria dos estudos reprodutivos com peixes utiliza análises histológicas das gônadas, preferencialmente, para as fêmeas, sendo justificadas por ser uma maneira fácil de caracterizar os estádios de desenvolvimento gonadal, respondendo mais precisamente a

época e o tipo de desova (West 1990), além de ser um processo gametogênico mais complexo, em relação aos machos, pelo fato, de além da produção do gameta ainda ocorrer a incorporação de nutrientes para ser utilizado nas fases de desenvolvimento embrionário e de alevinos (Fávaro *et al.* 2003).

Neste estudo, a presença de gônadas maduras, semidesovadas/semiesgotadas, contemplando folículos hialinizados e vazios, durante todo o período amostrado, indica o uso da área de estudo para a reprodução de *O. beta*, corroborando com o descrito por Tomás *et al.* (2012), que relatam para a região estuarina de Santos, a presença de indivíduos imaturos, e adultos maduros de *O. beta*, indicando a reprodução da espécie na região de Santos. Segundo Vazzoler (1996) e Dias *et al.* (1998), a presença de gônadas semidesovadas/semiesgotadas em um determinado ambiente, é um indicativo do uso da área para a reprodução de peixes.

O tipo de desova relatado para o gênero *Opsanus* demonstra uma variação entre o número de lotes desovados, entre o período do ano e entre as localidades analisadas. A desova parcelada, determinada neste estudo, é corroborada para a espécie *O. beta* pelos trabalhos de Breder (1941) e Barimo *et al.* (2007), realizados na área de ocorrência natural da referida espécie. Entretanto, Breder (1941) e Barimo *et al.* (2007) detectaram desovas no período do inverno e da primavera, enquanto que no nosso estudo, na área estuarina subtropical do Atlântico Sul Ocidental, as análises histológicas permitiram evidenciar desovas durante todo o ano. Resultado distinto foi descrito por Malca *et al.* (2009), que registraram uma única desova para *O. beta* na Flórida. Através da análise reprodutiva, realizada a partir da emissão de sons, produzidos pelos machos de *Opsanus tau*, foi observado que, em Maryland, a reprodução ocorre no período da primavera e início do verão (Gray & Winn, 1961). Em Chesapeake, foi detectada uma desova na primavera, no entanto, evidências de uma segunda desova foram relatadas, caso a primeira fosse perdida (Schwartz, 1974). Na Carolina do Sul, para a mesma espécie, foram sugeridas duas desovas por ano, entretanto a reprodução contínua foi também considerada (Wilson *et al.* 1982).

A espécie *O. beta*, no estuário analisado, teve a curva de maturação corroborada pelas análises do IGS individual e pela distribuição mensal dos estádios gonadais, permitindo inferir que mesmo tendo na primavera um período de maior atividade reprodutiva, apresentou desova contínua, porém diminuída nos demais períodos do ano. A pouca variação nos valores do IGS médio mensal dos machos corroboram esta hipótese.

Pelo fato de *O. beta* ser uma espécie nova no ambiente estudado, das técnicas de captura testadas, o espinhel foi a que se mostrou mais eficiente. O predomínio de machos em todos os meses de coleta, possivelmente, esteja relacionado à arte de pesca utilizada. De acordo com o comportamento descrito para a espécie, onde os machos desenvolvem cuidado parental, sendo agressivos e territorialistas (Thorson & Fine, 2002), o predomínio de machos foi inesperado. O esperado seria uma captura maior de fêmeas, uma vez que os machos estariam cuidando dos ninhos. Entretanto, pelo fato dos espinhéis terem sido colocados próximo ao fundo rochosos do estuário, sendo estes os locais onde os machos produzem os ninhos (Smith, 1997), a captura pode ter sido facilitada ou, simplesmente as fêmeas não utilizam os mesmos ambientes dos machos. Na região estuarina de Santos, Tomás *et al.* (2012), utilizaram três métodos de captura (armadilhas, rede de emalhar e rede de arrasto), e não registraram diferenças significativas entre os sexos de *O. beta*.

A amostra da população de *O. beta* coletada neste estudo apresentou uma maior variação no comprimento total em relação aos registrados na literatura, sendo a amplitude de comprimento total de 25,5cm, com o menor e o maior exemplar medindo 6,5 e 32,0 cm, respectivamente. A amplitude de 16,1cm foi determinada por Hopkins *et al.* (1997), com os comprimentos variando de 11,3 a 27,4cm e amplitude de 16,2cm com comprimentos variando de 6,9 a 23,1cm foram evidenciados por Barimo *et al.* (2007), todos na Flórida. Tomás *et al.* (2012), registraram para a região estuarina de Santos, um comprimento médio de $21,69 \pm 0,728$ cm para *O. beta*, com o maior indivíduo medindo 32,3cm e o menor 1,8cm.

O comprimento de primeira maturação determinado para os machos (13,29cm) corresponde a aproximadamente 41% do comprimento total máximo coletado, sendo que o menor macho adulto apresentou o comprimento total de 11,6cm. Nenhuma fêmea imatura foi obtida neste estudo, tendo a menor fêmea adulta o comprimento total de 6,5cm, sendo este menor do que o comprimento total de 9,5cm, registrado por Breder (1941), na Flórida. Uma característica biológica importante em populações de peixes introduzidos é a diminuição no comprimento da 1ª maturação gonadal, quando comparados aos valores da área de distribuição original (Luiz *et al.* 2011).

A introdução de *O. beta* no Brasil pode ser caracterizada como uma introdução acidental, muito provavelmente por ter ocorrido pela água de lastro dos navios despejada nas regiões portuárias. Quando uma introdução acidental ocorre, o risco da invasão pode aumentar devido à presença de espécies exóticas passarem despercebidas, até que o seu estabelecimento e dispersão seja identificado (Gozlan *et al.* 2010). Assim, ao detectar que

um peixe introduzido está desenvolvendo populações invasoras estabelecidas, é esperado das autoridades ambientais reguladoras gerenciar essa invasão (Britton *et al.* 2011).

Independentemente de uma introdução intencional ou acidental, quando o resultado é o estabelecimento de um peixe exótico, com posterior dispersão no meio ambiente, as consequências negativas incluem a diminuição de populações nativas de peixes e interrupções dos habitats e funções do ecossistema (Britton *et al.* 2010; Gozlan *et al.* 2010), levando a uma homogeneização da biota (Mack *et al.* 2000).

Segundo Tomás *et al.* (2012), *O. beta* é uma espécie invasora e possui uma maior probabilidade de se tornar uma espécie de peixe estabelecida em águas estuarinas na região de Santos, e um risco potencial para outros estuários submetidos ao tráfego de navios, devido à água de lastro. A mesma situação foi verificada no estuário de Paranaguá, sendo corroborada pelo presente estudo, uma vez que foi verificada a presença de indivíduos imaturos e maduros, estando a população de *O. beta* se reproduzindo com sucesso neste ambiente. Nossos resultados indicam que *O. beta* pode estar se estabelecendo no complexo estuarino de Paranaguá.

Muitos dos resultados alcançados ficam difíceis de serem discutidos ou comparados por ser a literatura escassa de informações sobre a reprodução de *O. beta*. Os resultados obtidos confirmam a utilização da área analisada no processo reprodutivo da referida espécie. As táticas reprodutivas empregadas, tais como, a desova parcelada e provavelmente contínua, e o comprimento reduzido de indivíduos adultos, favorece a espécie a se estabelecer no ambiente, com possibilidades de se tornar uma espécie invasora.

REFERÊNCIAS

- Agostinho, A. A., Julio Jr., H. F. & Torloni, C. E. 2000. **Impactos causado pela introdução e transferência de espécies aquáticas: uma síntese.** In Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, Vii. Piracicaba. Anais. Piracicaba, SP, FEALQ. p.56-75.
- Araújo, A. S. & Chellappa, S. 2002. Estratégia reprodutiva do peixe-voador, *Hirundichthys affinis* Günther (Osteichthyes, Exocoetidae). **Revista Brasileira de Zoologia.** 19(3): 691-703.
- Barimo, J. F., Serafy, J. E., Frezza, P. E. & Walsh, P. J. 2007. Habitat use, urea production and spawning in the gulf toadfish *Opsanus beta*. **Marine Biology.** 150: 497-508.

- Bigarella, J. J. 1978. **A serra do mar e a porção oriental do Estado do Paraná – Contribuição à geografia, geologia e ecologia regional**. Curitiba: Secretaria do Estado do Planejamento – Associação de Defesa e Educação Ambiental. 248p.
- Breder, C. M. 1941. On the Reproduction of *Opsanus beta* Goode and Bean. **Zoologica**. 26: 229-232.
- Britton, J. R., Davies, G. D. & Harrod, C. 2010. Trophic interactions and consequent impacts of the invasive fish *Pseudorasbora parva* in a native aquatic foodweb: a field investigation in the UK. **Biological Invasions**. 12: 1533-1542.
- Britton, J. R., Gozlan, R. E. & Copp, G. H. 2011. Managing non-native fish in the environment. **Fish and Fisheries**. 12(3): 256-274.
- Caires, R. A., Pichler, H. A., Spach, H. L. & Ignácio, J. M. 2007. *Opsanus brasiliensis* Rotundo, Spinelli & Zavalla-Camin, 2005 (Teleostei: Batrachoidiformes: Batrachoididae), sinônimo-júnior de *Opsanus beta* (Goode & Bean, 1880), com notas sobre a ocorrência da espécie na costa brasileira. **Biota Neotropica**. 7(2): 135-139.
- Canto-Maza, W. G. & Vega-Cendejas, M. E. 2007. Distribución, abundancia y preferencias alimenticias del pez sapo *Opsanus phobetron* (Batrachoididae) en la laguna costera de Chelem, Yucatán, México. **Revista de Biología Tropical**. 55: 979-988.
- Carlton, J. T. & Geller, J. B. 1993. Ecological Roulette: The Global Transport of Nonindigenous Marine Organisms. **Science**. 261: 78-82.
- Carvalho-Filho, A. 1999. **Peixes: costa brasileira**. São Paulo. Editora Melro. 3ª Ed. 320p.
- Cervigón, F. 1980. **Ictiología marina**. Ediciones Arte, Caracas. Vol. I. p.1-358.
- Coblentz, B. E. 1990. Exotic Organisms: A Dilemma for Conservation Biology. **Conservation Biology**. 4(3): 261-265.
- Cohen, A. N. & Carlton, J. T. 1998. Accelerating Invasion Rate in a Highly Invaded Estuary. **Science**. 279: 555-557.
- Collette, B. B. 2001. *Opsanus dichrostomus*, a New Toadfish (Teleostei: Batrachoididae) from the Western Caribbean Sea and Southern Gulf of Mexico. **Occasional Papers of the Museum of Zoology the University of Michigan**. 731: 1-16.
- Collette, B. B. 2002. **Batrachoididae**. In **The Living Marine Resources of the Western Central Atlantic. Vol 2: Bony Fishes part 1 (Acipenseridae to Grammatidae)** (K.E. Carpenter, ed.). FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication. (5): p.1026-1042.

- Dias, J. F., Peres-Rio, E., Chaves, P. T. C. & Rossi-Wongtschowski, C. L. D. B. 1998. Análise macroscópica dos ovários de teleósteos: problemas de classificação e recomendações de procedimentos. **Revista Brasileira de Biologia**. 58(1): 55-69.
- Emmett, R., Llansó, R., Newton, J., Thom, R., Hornberger, M., Morgan, C., Levings, C., Copping, A. & Fishman, P. 2000. Geographic signatures of North American West Coast estuaries. **Estuaries**. 23:765-792.
- Fávaro, L. F., Lopes, S. C. G. & Spach, H. L. 2003. Reprodução do peixe-rei, *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard) (Atheriniformes, Atherinidae), em uma planície de maré adjacente à gamboa do Baguaçu, Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. 20(3): 501-506.
- Godinho, A. L., Lamas, I. R. & Godinho, H. P. 2010. Reproductive ecology of Brazilian freshwater fishes. **Environmental Biology of Fishes**. 87: 143-162.
- Gomes, I. D. & Araújo, F. G. 2004. Reproductive biology of two marine catfishes (Siluriformes, Ariidae) in the Sepetiba Bay, Brazil. **Revista de Biología Tropical**. 52(1): 143-156.
- Gozlan, R. E., Britton, J. R., Cowx, I. G. & Copp, G. H. 2010. Current knowledge on non-native freshwater fish introductions. **Journal of Fish Biology**. 76: 751-786.
- Gray, G-A. & Winn, H. E. 1961. Reproductive Ecology and Sound Production of Scarecrow Toadfish, *Opsanus tau*. **Ecology**. 42(2): 274-282.
- Hoffman, R. A. 1963. Gonads, Spermatic Ducts, and Spermatogenesis in the Reproductive System of Male Toadfish *Opsanus tau*. **Chesapeake Science**. 4: 21-29.
- Hopkins, T. E., Serafy, J. E. & Walsh, P. J. 1997. Field studies on the ureogenic gulf toadfish, in a subtropical bay. II. Nitrogen excretion physiology. **Journal of Fish Biology**. 50: 1271-1284.
- Ipardes. 2001. **Zoneamento da Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba**. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Curitiba: Ipardes, 150p.
- Lana, P. C., Marone, E., Lopes, R. M. & Machado, E. C. 2001. The Subtropical Estuarine Complex of Paranaguá Bay, Brazil. In: Seeliger, U.; Kjerfve, B. (Eds). **Coastal Marine Ecosystems of Latin American**. Berlin: Springer. p.131-145.
- Lopes, R., Villac, M. C., Schaeffer-Novelli, Y. 2009. Introdução. In: LOPES, R. **Informe sobre as espécies exóticas invasoras marinhas no Brasil**. Cap. I Biodiversidade 33. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. p.11-15.

- Luiz, T. F., Velludo, M. R., Peret, A. C., Filho, J. L. R. & Peret, A. M. 2011. Diet, reproduction and population structure of the introduced Amazonian fish *Cichla piquiti* (Perciformes: Cichlidae) in the Cachoeira Dourada reservoir (Paranaíba River, central Brazil). **Revista de Biología Tropical**. 59(2): 727-741.
- Maack, R. 1981. **Geografia física do Estado do Paraná**. BDT/UFPR/IBPT, Curitiba, 350p.
- Mack, R. N., Simberloff, D., Lonsdale, W. M., Evans, H., Clout, M. & Bazzaz, F. A. 2000. Biotic Invasions: Causes, Epidemiology, Global Consequences and Control. **Ecological Applications**. 10(3): 689-710.
- Malca, E., Barimo, J. F., Serafy, J. E. & Walsh, P. J. 2009. Age and growth of the gulf toadfish *Opsanus beta* based on otolith increment analysis. **Journal of Fish Biology**. 75: 1750-1761.
- Manderson, J. P., Pessutti, J., Hilbert, J. G. & Juanes, F. 2004. Shallow water predation risk for a juvenile flatfish (winter flounder; *Pseudopleuronectes americanus*, Walbaum) in northwest Atlantic estuary. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 304: 137-157.
- Menezes, N. A. & Figueiredo, J. L. 1998. Revisão das espécies da Família Batrachoididae no litoral brasileiro com a descrição de uma espécie nova (Osteichthyes, Teleostei, Batrachoidiformes). **Papéis Avulsos de Zoologia, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo**. 40(22): 337-357.
- Menezes, N. A., Buckup, P. A., Figueiredo, J. L. & Moura, R. L. 2003. **Catálogo dos peixes marinhos do Brasil**. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. 159p.
- Newman, S. P., Gruber, S. H. & Handy, R. D. 2004. The scarecrow toadfish: habitat, abundance and size at maturity at Bimini, Bahamas. **Journal of Fish Biology**. 64: 248-252.
- Niimi, A. 2004. Environmental and economic factors can increase the risk of exotic species introductions to the arctic region through increased ballast water discharge. **Environmental Management**. 33: 712-718.
- Olden, J. D. 2006. Biotic homogenization: a new research agenda for conservation biogeography. **Journal of Biogeography**. 33: 2027-2039.
- Oliveira, E. C. & Fávaro L. F. 2010. Reproduction of the flatfish *Achirus lineatus* (Pleuronectiformes: Achiridae) in Paranaguá Bay, state of Paraná, a subtropical region of Brazil. **Zoologia**. 27(4): 523-532.

- Palazón-Fernández, J. L., Arias, A. M. & Sarasquete, C. 2001. Aspects of the reproductive biology of the toadfish, *Halobatrachus didactylus* (Schneider, 1801) (Pisces: Batrachoididae). **Scientia Marina**. 65(2): 131-138.
- Pavlov, D. S., Mikheev, V. N. & Dgebuadze, Yu. Yu. 2006. Behavioral Aspects of Biological Invasions of Alien Fish Species. **Journal of Ichthyology**. 46(2): 117-124.
- Rocha, O., Espíndola, E. L. G., Fenerich-Verani, N., Verani, Jr. & Rietzler, A. C. 2005. O problema das invasões biológicas em águas doces. In Rocha, O., Espíndola, ELG., Fenerich-Verani, N., Verani, Jr., and Rietzler, AC., (Orgs). **Espécies Invasoras em Águas Doces: estudos de caso e propostas de manejo**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos. p.9-12.
- Ruiz, G. M., Carlton, J. T., Grosholz, E. D. & Hines, A. H. 1997. Global Invasions of Marine and Estuarine Habitats by Non-Indigenous Species: Mechanisms, Extent and Consequences. **American Zoologist**. 37(6): 621-632.
- Ruiz, G. M., Fofonoff, P. W., Carlton, J. T., Wonham, M. J. & Hines, A. H. 2000. Invasion of Coastal Marine Communities in North America: Apparent Patterns, Processes, and Biases. **Annual Review of Ecology and Systematics**. 31: 481-531.
- Schwartz, F. J. 1974. Movements of the Oyster Toadfish (Pisces: Batrachoididae) about Solomons, Maryland. **Chesapeake Science**. 43: 155-159.
- Silva, J. P. A., Muelbert, A. E., Oliveira, E. C. & Fávares, L. F. 2010. Reproductive tactics used by the Lambari *Astyanax aff. fasciatus* in three water supply reservoirs in the same geographic region of the upper Iguazu River. **Neotropical Ichthyology**. 8(4): 885-892.
- Simberloff, D. 2003. Confronting introduced species: a form of xenophobia? **Biological Invasions**. 5: 179-192.
- Smith, C. L. 1997. **National Audubon Society field guide to tropical marine fishes of Caribbean, the Gulf of Mexico, Florida, the Bahamas, and Bermuda**. Alfred A. Knopf, Inc., New York, 720p.
- Spach, H. L., Santos, C. & Godefroid, R. S. 2003. Padrões temporais na assembléia de peixes na gamboa do Sucuriú, Baía de Paranaguá, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. 20 (4): 591-600.
- Tavolga, W. N. 1958. Underwater Sounds Produced by Two Species of Toadfish, *Opsanus tau* and *Opsanus beta*. **Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean**. 8(3): 278-284.

- Thorson, R. F. & Fine, M. L. 2002. Crepuscular changes in emission rate and parameters of the boatwhistle advertisement call of the gulf toadfish, *Opsanus beta*. **Environmental Biology of Fishes**. 63: 321-331.
- Tomás, A. R. G., Tutui, S. L. S., Fagundes, L. & Souza, M. R. 2012. *Opsanus beta*: an invasive fish species in the Santos Estuary, Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**. São Paulo, 38(4): 349-355.
- Vazzoler, A. E. A. M. 1996. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá: Eduem/Nupélia, 169p.
- Vendel, A. L., Spach, H. L., Lopes, S. G. & Santos, C. 2002. Structure and dynamics of fish assemblages in a tidal creek environment. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. 45(3): 365-373.
- Vitule, J. R. S. 2009. Introdução de peixes em ecossistemas continentais brasileiros: revisão, comentários e sugestões de ações contra o inimigo quase invisível. **Neotropical Biology and Conservation**. 4(2): 111-122.
- Wasson, K., Zabin, C. J., Bedinger, L., Diaz, M. C. & Pearse, J. S. 2001. Biological invasions of estuaries without international shipping: the importance of intraregional transport. **Biological Conservation**. 102:143-153.
- West, G. 1990. Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. **Australian Journal of Marine and Freshwater Research**. 41(2): 199-222.
- Wilson, C. A., Dean, J. M. & Radtke, R. 1982. Age, growth rate and feeding habits of the oyster toadfish, *Opsanus tau* (Linnaeus) in South Carolina. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 62(3): 251-259.

**CAPÍTULO 2 – BIOLOGIA ALIMENTAR DA ESPÉCIE
EXÓTICA *Opsanus beta* (TELEOSTEI: BATRACHOIDIDAE) NO
COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ, PARANÁ,
BRASIL**

BIOLOGIA ALIMENTAR DA ESPÉCIE EXÓTICA *Opsanus beta* (TELEOSTEI: BATRACHOIDIDAE) NO COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ, PARANÁ, BRASIL

RESUMO

Os estudos da alimentação em peixes fornecem dados que permitem uma melhor compreensão dos mecanismos biológicos envolvidos na interação entre as espécies, na composição, na estrutura e na dinâmica das populações. A introdução de espécies exóticas impõe um impacto sobre as populações de uma dada comunidade, atuando diretamente nas cadeias alimentares, perturbando o equilíbrio e as relações funcionais dos ecossistemas invadidos. *Opsanus beta* é uma espécie marinho/estuarina de hábito demersal, tem sua distribuição natural no Atlântico Central Oeste, do Golfo do México até Palm Beach, na Flórida, mas seus registros na costa sudeste e sul do Brasil, próximos de zonas portuárias, indicam que é possível que tenha alcançado estas regiões através da água de lastro, sendo exótica no Atlântico Sul Ocidental, podendo representar uma ameaça a fauna local, desestruturando a teia trófica. O presente estudo objetivou caracterizar a biologia alimentar da espécie no complexo estuarino de Paranaguá. As coletas foram mensais no período de out/2011 a set/2012, utilizando espinhéis colocados em fundo rochoso consolidado. Foram utilizados 163 tratos digestório distribuídos em 70 fêmeas, 87 machos e seis indivíduos que não tiveram o sexo identificado. De cada exemplar foram tomados os dados morfométricos (comprimento e peso totais) e os itens alimentares identificados até o menor nível taxonômico. Através das análises do conteúdo alimentar, a dieta de *O. beta* mostrou-se diversificada, sendo representada por 34 itens alimentares, distribuídos em sete grupos principais de organismos. De acordo com o %IIR, os cinco principais itens alimentares foram: *Thais mariae*, *Acantholobulus schmitti*, Anomura não identificados, restos de Bivalves e Panopeidae não identificados. Para a análise ontogenética, o comprimento total dos indivíduos analisados variou de 5,8cm a 31,2cm, sendo distribuídos em dez classes de comprimento, de acordo com o Postulado de Surges. A análise do NMDS e de Cluster permitiu evidenciar a formação de três grupos, A, B e C, ao nível de similaridade de 56%, além das classes V e X de comprimento que se mantiveram isoladas. O grupo A reuniu as classes I e II e Anomura não identificado foi o principal item alimentar, o grupo B reuniu as classes III e IV e Panopeidae não identificado foi o principal item alimentar e o grupo C reuniu as classes VI VII VIII e IX e *Thais marie* foi o principal item alimentar. Foi observado que *O. beta* utiliza em sua alimentação presas que não ocorrem em sua área de distribuição natural, sendo algumas restritas à costa brasileira, interferindo assim na cadeia alimentar estuarina. Nossos resultados indicam que a espécie tem grandes possibilidades de se tornar invasora, uma vez que apresenta uma dieta diversificada e utiliza presas nativas do ambiente, demonstrando certa plasticidade alimentar.

Palavras-chave: itens alimentares, variação ontogenética, Atlântico Sul-Occidental

ABSTRACT

Studies regarding feeding in fish provide data that allow a better understanding of the biological mechanisms involved in the interaction between species, in the composition, structure and dynamics of populations. The introduction of exotic species imposes an impact on the populations of a given community, acting directly on food chains, disturbing the balance and functional relations of ecosystems invaded. *Opsanus beta* is a marine/estuarine species of demersal habit, with natural distribution in the central-west Atlantic, from the Gulf of Mexico until Palm Beach, in Florida. The records of the species in the southeast and southern Brazilian coast, near port areas, indicate that it may have reached these regions through ballast water. The species is exotic in the western south Atlantic, and may pose a threat to local wildlife, by disrupting the trophic structure of the food web. The present study aimed to characterize the feeding biology of the specie in the estuarine complex Paranaguá. The samples were monthly collected from October 2011 to September 2012, on rocky bottom, using longline. 163 digestive tracts were used, distributed in 70 females, 87 males and six individuals who were not identified sex. The morphometric data (total length and weight) were obtained for each specimen, and the food items were identified to the lowest possible taxonomic level. Through the analysis of the feed content, the diet of *O. beta* showed to be diversified, being represented by 34 food items, distributed by seven major groups of organisms. According to the percentage of the Index of Relative Importance (%IRI), the five food main items were: *Thais mariae*, *Acantholobulus schmitti*, unidentified Anomura, remains of Bivalves and unidentified Panopeidae. For analysis ontogenetic, the total length of the analyzed individuals ranged from 5.8 cm to 31.2 cm, were distributed into ten classes in length, according to Postulate Surges. The analysis of NMDS and of Cluster allowed evidencing the formation of three groups, A, B and C, at level of similarity of 56%, besides V and X length classes that remained isolated. The group A was formed by classes I and II, and unidentified Anomura was the main food item; the group B was formed by classes III and IV, and unidentified Panopeidae was the main food item, and the group C was formed by classes VI, VII, VIII and IX, and *Thais marie* was found to be the main food item. It was observed that *O. beta* feeds on prey that do not occur in its natural distribution area, some of them restricted to the Brazilian coast, which interferes in the estuarine food chain. Our results indicate that the species has great potential to become invasive, because of its diversified diet and because it feeds on native prey, showing plasticity in their feeding behavior.

Keywords: food items, ontogenetic variation, western south Atlantic.

INTRODUÇÃO

Os estudos da alimentação em peixes fornecem dados que permitem uma melhor compreensão dos mecanismos biológicos envolvidos na interação entre as espécies, como a predação e a competição, sendo a alimentação um dos processos que interfere diretamente na composição, na estrutura e na dinâmica das populações (Esteves & Aranha, 1999; Abelha *et al.* 2001). Ainda, a determinação dos itens alimentares pode mostrar a sobreposição de diferentes espécies que os utilizam, tornando-se uma medida valiosa para compreender a estrutura das assembléias de peixes (Russo *et al.* 2004).

A verificação dos hábitos alimentares, com base na análise do conteúdo estomacal, tornou-se uma prática rotineira e fornece informações importantes sobre os padrões de alimentação em peixes (Zacharia & Abdurahiman, 2004). Considerando que a ocorrência de espécies de peixes é influenciada pela disponibilidade dos recursos alimentares, a dieta utilizada está diretamente relacionada às variáveis intrínsecas de cada espécie, tais como a anatomia bucal, tamanho, posição e forma dos dentes, rastros branquiais, exigências nutricionais, capacidade de detecção e apreensão das presas (Wootton, 1999), sendo estas características associadas com as condições e variações ambientais, as quais determinam a variação na disponibilidade dos recursos (Lima & Behr, 2010).

A introdução de espécies exóticas impõe um impacto sobre as populações de uma dada comunidade, atuando diretamente nas cadeias alimentares, perturbando o equilíbrio e as relações funcionais dos ecossistemas invadidos (Noonburg & Byers, 2005; Rocha *et al.* 2005; Beardsley, 2006). Para prever e avaliar o impacto potencial da introdução de um predador sobre as espécies nativas é preciso conhecer as ligações tróficas pré-existentes na cadeia alimentar, bem como aquelas em que o invasor estabelece posteriormente (Holliland *et al.* 2012).

Segundo Mack *et al.* 2000, as invasões biológicas estão alterando as comunidades naturais a uma taxa sem precedentes, correndo o risco de empobrecer e homogeneizar os ecossistemas, sobre os quais, contamos para sustentar a nossa agricultura, silvicultura, aquicultura e outros recursos.

A espécie *Opsanus beta* (Goode & Bean, 1880), objeto do presente estudo, tem sua distribuição natural no Atlântico Central Oeste, do Golfo do México até Palm Beach, na Flórida (Collette, 2002). Os recentes registros da espécie *O. beta* na costa sudeste e sul do Brasil, em locais tão distantes da sua área de distribuição, indicam que

ela é exótica no Atlântico Sul-Occidental (Caires *et al.* 2007) e uma vez que os registros desta espécie estão próximos de zonas portuárias, é possível que a mesma tenha alcançado estas regiões através da água de lastro. Os recentes registros de *O. beta* no Brasil tornam urgentes estudos que abordem a análise quali e quantitativa dos recursos alimentares utilizados por esta espécie no litoral do Paraná, tendo em vista seu potencial invasor.

Opsanus beta é um predador de espreita, fica imóvel a espera da presa, sendo considerado polifágico, pois se alimenta compulsivamente, principalmente de peixes, crustáceos e moluscos, com maior atividade alimentar no período da noite (Hobson, 1965; Emery, 1973). Em análises realizadas no seu ambiente natural de ocorrência, seus principais predadores são peixes como a *Sphyraena barracuda* (Edwards, 1771) e *Negaprion brevirostris* (Poey, 1868) (Greenfield *et al.* 2008).

Este trabalho buscou determinar os itens alimentares utilizados na dieta de *O. beta* no complexo estuarino de Paranaguá e fornecer informações sobre a variação ontogênica e sazonal na alimentação, possibilitando conhecer quais espécies nativas e restritas a este ambiente estão sendo utilizadas em sua alimentação.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O complexo estuarino de Paranaguá está localizado na costa norte do estado do Paraná, ao sul do Brasil, entre as coordenadas 25° 15'S / 48° 45'W e 25° 35'S / 48° 10' W, constitui um dos maiores sistemas estuarinos do sudoeste do Atlântico (Ipardes, 2001). Esse sistema é composto pelas baías de Paranaguá e de Antonina no eixo leste-oeste, e pelas baías de Guaraqueçaba, dos Pinheiros e das Laranjeiras, no eixo norte-sul. A conexão do estuário com o oceano se dá através de três canais: o Canal da Galheta, delimitado pela face sul da Ilha do Mel e o continente, o Canal Barra Norte, situado entre a Ilha do Mel e a Ilha das Peças e, mais ao norte, o Canal do Superagui, entre a Ilha das Peças e a Ilha do Superagui (Lana *et al.* 2001) (Figura 1).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo subtropical úmido mesotérmico (tipo Cfa), com verão quente e sem uma estação seca bem definida. A temperatura média no verão está acima dos 22°C enquanto no inverno a média fica abaixo dos 18°C (Maack, 1981). O período chuvoso abrange os meses de outubro a março, correspondendo à primavera e ao verão, já o período seco engloba os demais

meses, nas estações outono e inverno (Lana *et al.* 2001), com uma média anual de 2500 mm de chuva e 84,5% de umidade do ar (Bigarella, 1978).

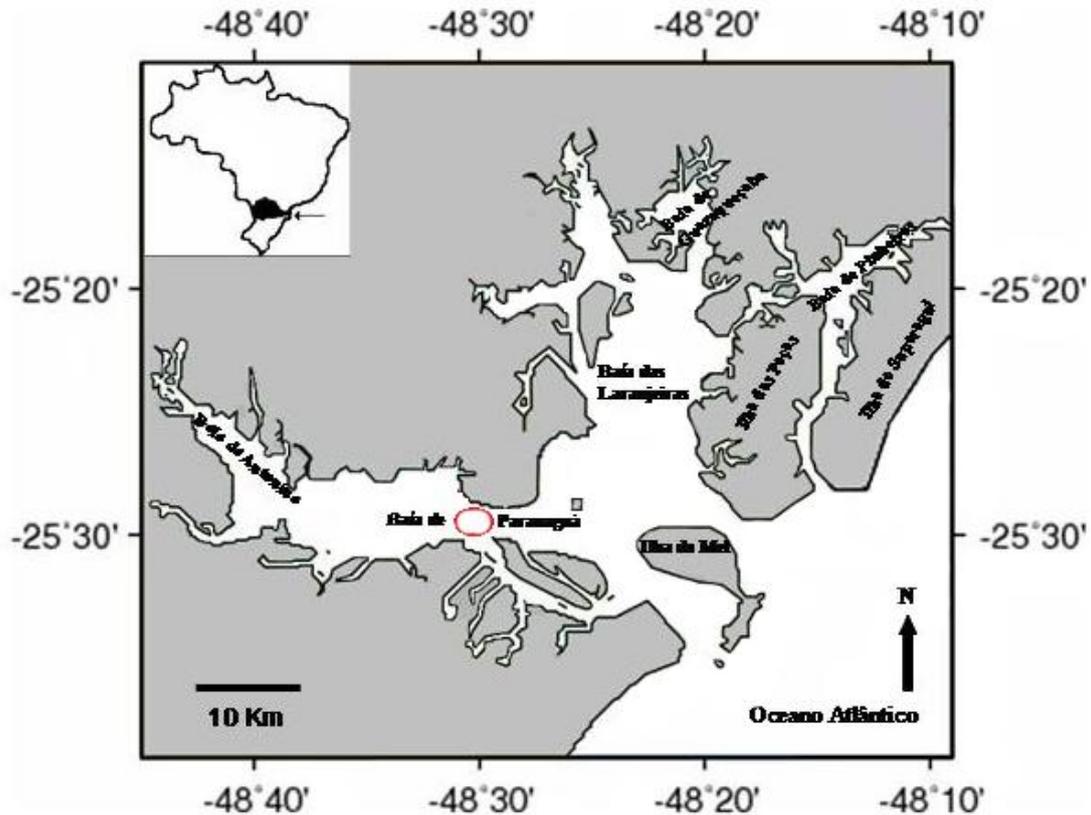


Figura 1 – Mapa do complexo estuarino de Paranaguá com local das coletas delimitado pelo círculo vermelho.

Coleta de dados

As coletas foram realizadas mensalmente, no período de outubro de 2011 a setembro de 2012, em fundo rochoso com a utilização de espinhéis no complexo estuarino de Paranaguá. A obtenção dos espécimes ocorreu em sete pontos amostrais: 25° 29' 42''S / 48° 29' 57''W; 25° 29' 50''S / 48° 30' 60''W; 25° 29' 44''S / 48° 30' 08''W; 25° 29' 32''S / 48° 30' 40''W; 25° 29' 16''S / 48° 30' 26''W; 25° 28' 56''S / 48° 30' 31''W e 25° 28' 52''S / 48° 30' 34''W.

Os espinhéis foram confeccionados utilizando um total de 100 anzóis de número 10, atingindo um comprimento total de 100 m para cada espinhel. No período da manhã, os espinhéis foram colocados nos pontos amostrais e retirados ao meio-dia, sendo utilizadas sardinhas como iscas. Os exemplares coletados ao longo de cada mês foram armazenados e congelados em freezer. Assim que o número total, pré-estabelecido, de

indivíduos fosse capturado (n=30), estes foram trabalhados no laboratório para a realização das análises.

Para cada exemplar, foram tomados os dados de comprimento total (cm) e peso total (g). Posteriormente, os animais foram seccionados ventralmente e os tratos digestórios retirados para análise do conteúdo alimentar, sendo os itens alimentares fixados em formol a 10%. Após sete dias o material fixado foi transferido para solução de álcool 70%, onde ficaram armazenados.

O conteúdo alimentar foi examinado sob microscópio estereoscópico e os itens foram identificados até o menor nível taxonômico possível, com base em literatura especializada. Depois de identificados os itens alimentares foram contados e pesados em balança digital com precisão de 0,0001g.

Análise dos dados

Foram utilizados para verificação da dieta de *O. beta*, 163 tratos digestórios dos exemplares coletados. As análises dos tratos digestórios foram realizadas através dos métodos descritos por Hyslop (1980), de frequência percentual de ocorrência (%FO) e da frequência percentual numérica (%N). A frequência percentual de ocorrência (%FO) é representada pela fórmula: $\%FO = (ei / E) \times 100$, onde %FO = frequência percentual de ocorrência do item amostrado, ei = quantidade de tratos digestórios com o item i , E = número total de tratos digestórios, enquanto que o método da frequência percentual numérica (%N) é uma medida de abundância numérica de cada item alimentar, sendo representada pela fórmula: $\%N = (ni / Nt) \times 100$, onde %N = frequência percentual numérica do item amostrado, ni = número do item i amostrado, Nt = número total de itens amostrados. A frequência percentual de peso (%P), descrito por Hacunda (1981), também foi utilizada, sendo representado pela fórmula $\%P = (Pi / Pt) \times 100$, onde %P = frequência percentual de peso do item amostrado, Pi = peso do item i amostrado, Pt = peso total de itens amostrados.

O Índice de Importância Relativa (IIR) foi determinado para cada item alimentar, correspondendo à combinação dos três índices descritos anteriormente, calculado através da fórmula: $IIR = (\%N + \%P) \times \%FO$ (Hyslop, 1980). O IIR foi proposto por Pinkas *et al.* (1971) e modificado por Hacunda (1981), o qual substituiu a percentagem em volume por percentagem em peso.

A análise ontogenética foi realizada para verificar diferenças no processo alimentar durante o desenvolvimento dos espécimes de *O. beta*. Os exemplares foram

divididos em dez classes de comprimento total, através da utilização do Postulado de Sturges. A partir do menor indivíduo (5,8cm) utilizou-se o intervalo de 2,5cm para a determinação das classes de comprimento. Foram utilizadas as análises de cluster e de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS), para avaliar os padrões de utilização dos itens alimentares por classe de comprimento no período de estudo. Estas análises foram realizadas a partir da similaridade de Bray-Curtis, gerada a partir dos valores percentuais do índice de importância relativa (%IIR) de cada item alimentar. Para a análise de cluster os grupos foram unidos pela média dos seus valores de similaridade (UPGMA) (Clarke, 1993).

A análise da similaridade das percentagens (SIMPER) (Clarke, 1993) evidenciou 90% a contribuição dos itens alimentares na formação dos grupos e entre os grupos, formados a partir das análises de cluster e do NMDS.

A diferença na dieta entre os sexos foi testada a partir da similaridade de Bray-Curtis, realizada com os dados de frequência percentual de ocorrência (%FO). A similaridade de Bray-Curtis foi estimada sazonalmente para posterior utilização da análise de Cluster.

Para a análise sazonal, os itens alimentares tiveram os %IIR determinados e testados através da similaridade de Bray-Curtis. No presente estudo as estações do ano foram consideradas com sendo: Primavera (outubro a dezembro); Verão (janeiro a março); Outono (abril a junho) e Inverno (julho a setembro).

RESULTADOS

Através das análises do conteúdo alimentar, a dieta de *Opsanus beta* mostrou-se diversificada, sendo representada por 34 itens alimentares e agrupados em sete grupos de organismos. Para o período de estudo, de acordo com o percentual do Índice de Importância Relativa (%IIR), os cinco principais itens alimentares foram, respectivamente, *Thais mariae*, *Acantholobulus schmitti*, Anomura não identificados, restos de Bivalves e Panopeidae não identificados. Com relação à Frequência Percentual de Ocorrência (%FO), Anomura não identificados, restos de Bivalves, *A. schmitti*, Panopeidae não identificados e *T. mariae* foram os itens que possuíram os maiores valores, respectivamente (Tab.1).

Os itens alimentares denominados de Anomura não identificado referem-se, em sua grande maioria, a organismos da família Porcellanidae, que por se apresentarem em

grande quantidade de fragmentos de carapaça e de quelas impossibilitaram uma identificação mais detalhada. Os itens alimentares identificados como restos de Bivalves, Gastropodas e de Teleostei referem-se aos fragmentos encontrados de conchas e de peixes ósseos, tais como, espinhas dorsais, escamas e nadadeiras, que impossibilitaram a identificação até os menores níveis taxonômicos.

Foi coletado um total de 440 exemplares de *O. beta*, destes, 163 exemplares foram utilizados nas análises, sendo distribuídos em 70 fêmeas, 87 machos e 6 indivíduos que não tiveram o sexo identificado. A partir do comprimento total dos espécimes, que variou entre 5,8cm e 31,2cm, e que foram distribuídos em dez classes de comprimento, observou-se que a maior frequência de captura compreendeu a classe VII, com comprimentos totais variando de 21,3cm a 24,3cm. Observou-se que as menores classes de comprimento foram capturas no inverno, e as maiores no verão, enquanto que as classes intermediárias foram bem representadas em todas as estações (Fig. 2).

A determinação de agrupamentos de classes de comprimento é evidenciada a partir do dendrograma da similaridade de Bray-Curtis e corroborada pelo NMDS. A análise do NMDS para os 34 itens alimentares por classes de comprimento, realizada a partir da similaridade de Bray-Curtis, evidenciou a formação de três grupos, A, B e C, além das classes de comprimento V e X, que se mantiveram isoladas. O grupo A reuniu os exemplares distribuídos nas menores classes de comprimento, sendo constituído pelas classes I e II, com o comprimento total variando de 5,8 a 10,9cm. O grupo B foi constituído pelas classes III e IV, comprimentos totais entre 11,0 e 16,1cm. O grupo C foi constituído pelas maiores classes de comprimento, classes VI, VII, VIII e IX, com o comprimento total entre 18,8 e 29,1cm (Fig. 3).

As classes de comprimento V (16,2 a 18,7cm) e X (29,2 a 31,7cm), que não se agruparam com nenhum dos três grupos, apresentaram itens alimentares que diferiram das demais classes de comprimento nos valores de %IIR. Para a classe V, os itens alimentares *Ctenogobius boleosoma*, *Anachis lyrata* e restos de Gastropodas apresentaram valores de %IIR muito superior, quando comparado as demais classes de comprimento. Para a classe de comprimento X, os itens alimentares *Panopeus austrobesus*, *Thais haemastoma*, *Charybdis hellerii* e *Pisidia brasiliensis* também apresentaram os valores de %IIR superior, quando comparado as outras classes de comprimento.

Tabela 1 – Enquadramento taxonômico dos itens alimentares utilizados por *O. beta* no complexo estuarino de Paranaguá. Frequência percentual de ocorrência (%FO), frequência percentual de peso (%P), frequência percentual numérica (%N) e frequência do Índice de Importância Relativa (%IIR) dos itens alimentares. Negrito representa os principais itens alimentares.

Grupo taxonômico	Itens alimentares	%FO	%P	%N	%IIR
Bivalvia	Restos de Bivalves	28,83	4,69	7,18	10,23
Gastropoda	<i>Anachis lvrata</i>	22,09	1,88	7,91	6,46
	<i>Anachis sertularium</i>	12,88	0,81	4,26	1,95
	Gastropoda sp.	1,84	0,19	0,36	0,03
	<i>Nassarius vibex</i>	7,98	3,16	2,43	1,33
	Restos de Gastropodas	9,20	0,51	2,31	0,78
	<i>Thais mariae</i>	21,47	18,72	7,42	16,77
	<i>Thais haemastoma</i>	8,59	6,65	2,07	2,24
Decapoda	<i>Alpheus</i> sp.	9,82	0,23	1,95	0,64
	Dendrobranchiata	7,98	0,38	1,58	0,47
Anomura	Anomura não ident.	36,81	0,92	9,25	11,18
	Paguroidea	0,61	0,27	0,12	0,01
	<i>Petrolisthes armatus</i>	8,59	1,12	1,82	0,76
	<i>Pisidia brasiliensis</i>	14,11	0,74	6,57	3,08
Brachyura	<i>Acantholobulus schmitti</i>	28,83	2,39	14,36	14,43
	Brachyuran não ident.	22,09	3,39	4,50	5,21
	<i>Callinectes danae</i>	0,61	2,59	0,12	0,05
	<i>Callinectes</i> sp.	3,07	2,37	0,61	0,27
	<i>Charybdis hellerii</i>	8,59	5,31	1,70	1,80
	<i>Eucratopsis crassimana</i>	1,23	0,17	0,24	0,02
	<i>Hepatus pudibundus</i>	1,84	0,82	0,49	0,07
	Majidae	7,98	0,42	1,95	0,56
	<i>Menippe nodifrons</i>	1,84	3,94	0,49	0,24
	Panopeidae não ident.	26,38	4,69	8,27	10,22
	<i>Panopeus austrobesus</i>	15,95	10,67	6,33	8,10
	<i>Pilumnus reticulatus</i>	3,07	1,13	0,85	0,18
	<i>Pyromaia tuberculata</i>	2,45	0,25	0,61	0,06
	Ophiuroidea	Ophiuroidea não ident.	4,91	0,63	1,58
Teleostei	Ariidae	0,61	2,71	0,12	0,05
	<i>Cathorops spixii</i>	1,23	9,25	0,24	0,35
	Clupeiformes	0,61	1,35	0,12	0,03
	<i>Ctenogobius boleosoma</i>	1,84	1,59	0,36	0,11
	Restos de Teleostei	8,59	6,07	1,70	2,00
	Teleostei não ident.	0,61	0,003	0,12	0,002

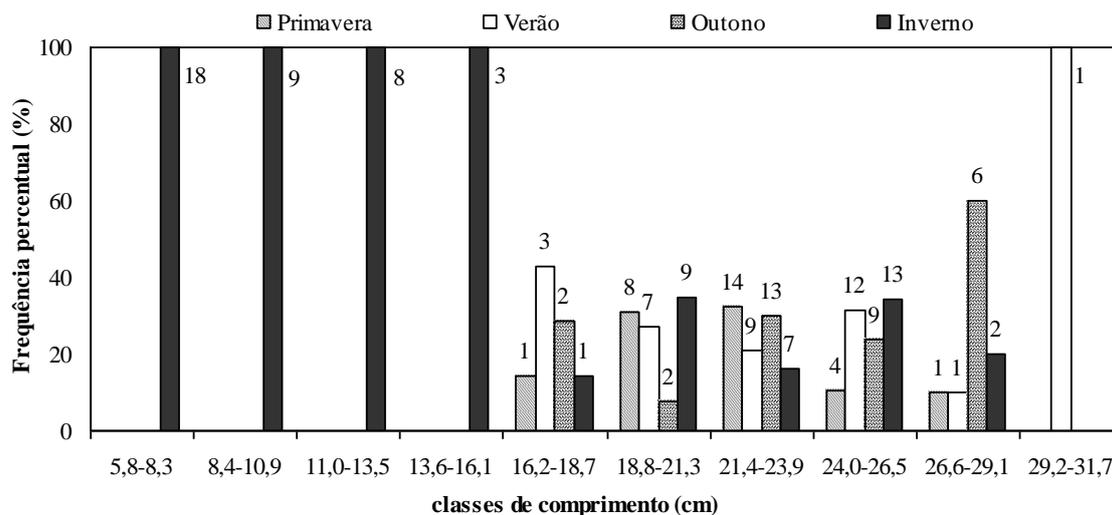


Figura 2 - Distribuição sazonal da frequência percentual das classes de comprimento total de *O. beta* no complexo estuarino de Paranaguá. Sobre as barras encontra-se a frequência absoluta.

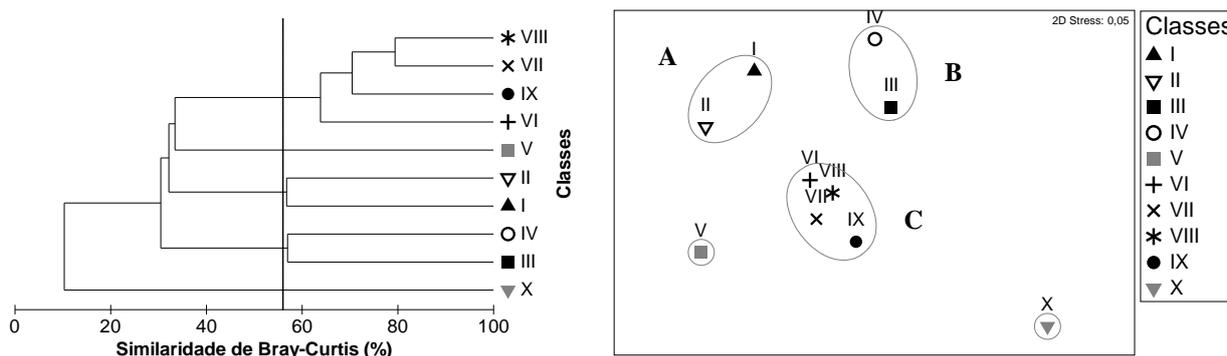


Figura 3 - Dendrograma e NMDS, realizados a partir da similaridade de Bray-Curtis, utilizando os valores de %IIR de 34 itens alimentares por classes de comprimento de *O. beta* coletados no complexo estuarino de Paranaguá.

A contribuição dos itens alimentares para a formação dos grupos A, B e C, evidenciados pela análise SIMPER, revelou que, *Anomura* não identificado foi o principal item alimentar para formação do Grupo A, *Panopeidae* não identificado foi o principal item alimentar para formação do Grupo B e *Thais mariae* foi o principal item alimentar para a formação do Grupo C (Tab. 2).

Tabela 2 - Contribuição percentual dos principais itens alimentares, ao nível de 56%, para formação dos grupos A, B e C (SIMPER). Negrito representa os principais itens alimentares.

Classes	I e II	III e IV	VI, VII, VIII e IX
Similaridade	56,78	56,98	68,66
	Grupo A	Grupo B	Grupo C
Espécies	Contribuição (%)	Contribuição (%)	Contribuição (%)
Restos de Bivalves		9,33	11,95
<i>Anachis lyrata</i>	8,35		7,97
<i>Anachis sertularium</i>			2,36
<i>Thais mariae</i>			24,34
Anomura não ident.	55,74		9,05
<i>Petrolisthes armatus</i>	14,98		
<i>Pisidia brasiliensis</i>			3,17
<i>Acantholobulus schmitti</i>	5,90	25,15	11,48
Brachyura não ident.			4,78
Panopeidae não ident.	8,19	62,28	7,48
<i>Panopeus austrobesus</i>			8,97

A contribuição dos itens alimentares para a separação dos grupos A, B e C, evidenciados pela análise SIMPER, revelou que, Panopeidae não identificados e Anomura não identificados foram os principais itens alimentares na separação dos Grupos A e B. Anomura não identificado também contribuiu para separar os Grupos A e C. Panopeidae não identificado foi o principal item alimentar na separação dos Grupos B e C (Tab. 3).

Através da análise sazonal de ocorrência dos itens alimentares verificou-se que os cinco principais itens alimentares utilizados por *O. beta*, (*Thais mariae*, *Acantholobulus schmitti*, Anomura não identificados, Panopeidae não identificados, e restos de Bivalves) ocorreram nas quatro estações do ano. De maneira geral, observou-se que os valores do %IIR para Panopeidae não identificado e restos de Bivalves, foram maiores no inverno. Para Anomura não identificado, os valores do %IIR foram maiores na primavera e para *Thais mariae* e *Acantholobulus schmitti* os maiores valores foram registrados no verão, sendo *T. mariae* o principal item do outono. Vale ressaltar que *Panopeus austrobesus* foi o segundo principal item no outono e o principal item na primavera (Tab. 4).

A análise utilizada para verificar diferença na alimentação de fêmeas e machos de *O. beta* revelou que as semelhanças são maiores que as diferenças entre os sexos, sendo registrado uma similaridade de 78%. A pequena diferença na dieta alimentar entre os sexos pode ser explicada pelos itens Anomura não identificados, Brachyura não identificados, Panopeidae não identificados e restos de Teleostei, que apresentaram maiores valores de %IIR para as fêmeas. Os itens alimentares Restos de Bivalves e *Thais mariae* apresentaram os maiores valores de %IIR para os machos (Tab. 5).

A análise sazonal de similaridade quantitativa (Bray-Curtis), com os 34 itens alimentares, evidenciou uma maior similaridade entre inverno e primavera (Fig. 4).

Tabela 3 - Contribuição percentual dos principais itens alimentares, na separação dos grupos A, B e C (SIMPER). Negrito representa os principais itens alimentares.

	Grupos A x B	Grupos A x C	Grupos B x C
Dissimilaridade	68,65	67,01	67,48
Espécies	Contribuição (%)	Contribuição (%)	Contribuição (%)
Restos de Bivalves	4,55	8,50	4,43
<i>Anachis lyrata</i>	4,84		4,24
<i>Anachis sertularium</i>			1,83
<i>Nassarius vibex</i>			1,98
<i>Thais mariae</i>		14,74	14,64
<i>Alpheus</i> sp.	4,70	4,84	
Dendrobranchiata		1,77	
Anomura não ident.	23,32	19,34	4,52
Paguroidea	4,16		4,23
<i>Petrolisthes armatus</i>	5,85	6,70	
<i>Pisidia brasiliensis</i>		2,37	2,36
<i>Acantholobulus schimitti</i>	9,45	9,68	4,11
Brachyura não ident.	3,22	2,01	3,93
<i>Charybdis hellerii</i>		1,79	1,77
Panopeidae não ident.	25,21	10,00	33,80
<i>Panopeus austrobesus</i>	6,41	8,35	7,14
<i>Pilumnus reticulatus</i>			2,69

Tabela 4 - Frequência percentual sazonal do IIR dos itens alimentares utilizados por *O. beta* no complexo estuarino de Paranaguá. Out = outono, Inv = inverno, Pri = primavera e Ver = verão. Negrito representa os principais itens alimentares.

Grupo taxonômico	Itens alimentares	Out.	Inv.	Pri.	Ver.
Bivalvia	Restos de Bivalves	11,48	18,58	8,22	5,30
	<i>Anachis lyrata</i>	2,34	13,68	2,21	7,92
	<i>Anachis sertularium</i>	0,48	0,60	10,31	1,47
	Gastropoda sp.	0,27	0,04		
Gastropoda	<i>Nassarius vibex</i>	5,18		0,57	1,24
	Restos de Gastropodas	0,41	0,80	0,81	0,74
	<i>Thais mariae</i>	20,90	2,89	6,38	41,55
	<i>Thais haemastoma</i>	1,21	2,67	4,26	1,35
	<i>Alpheus</i> sp.	0,18	0,46		0,93
Decapoda	Dendrobranchiata	0,18	0,25	0,28	0,19
	Anomura não ident.	6,66	9,89	11,06	3,82
Anomura	Paguroidea		0,11		
	<i>Petrolisthes armatus</i>	0,69	1,38	1,14	
	<i>Pisidia brasiliensis</i>	0,73	1,75	8,95	2,38
	<i>Acantholobulus schmitti</i>	2,36	16,34	10,14	21,19
	Brachyuran não ident.	4,10	11,53	4,22	2,19
	<i>Callinectes danae</i>				0,43
	<i>Callinectes</i> sp.		0,08	0,30	0,35
	<i>Charybdis hellerii</i>	13,78	0,10	1,40	0,28
	<i>Eucratopsis crassimana</i>		0,05	0,11	
Brachyura	<i>Hepatus pudibundus</i>			0,39	0,18
	Majidae	2,41	0,49	0,56	0,02
	<i>Menippe nodifrons</i>		1,06	0,31	0,17
	Panopeidae não ident.	4,65	10,11	6,09	2,11
	<i>Panopeus austrobesus</i>	17,78	5,75	15,38	2,00
	<i>Pilumnus reticulatus</i>	0,38	0,16	0,27	
	<i>Pyromaia tuberculata</i>			1,68	
Ophiuroidea	Ophiuroidea não ident	2,88	0,18	0,14	
	Ariidae				0,45
	<i>Cathorops spixii</i>			2,58	0,67
Teleostei	Clupeiformes				0,23
	<i>Ctenogobius boleosoma</i>	0,06	0,53		0,02
	Restos de Teleostei	0,83	0,51	0,81	2,80
	Teleostei não ident.	0,05			

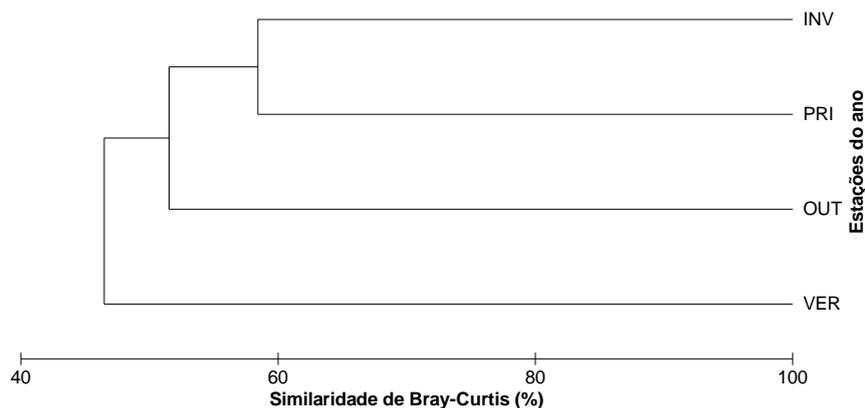


Figura 4 - Dendrograma da análise sazonal da Similaridade de Bray-Curtis, realizada para os 34 itens alimentares utilizados por *O. beta*, coletados no complexo estuarino de Paranaguá.

Tabela 5 - Frequência percentual de IIR dos itens alimentares para fêmeas e machos de *O. beta*. Negrito representa os principais itens alimentares.

Grupo taxonômico	Itens alimentares	%IIR Fêmeas	%IIR Machos
Bivalvia	Restos de Bivalves	6,55	13,05
	<i>Anachis lyrata</i>	6,18	5,63
	<i>Anachis sertularium</i>	1,30	2,80
	Gastropoda sp.		0,10
Gastropoda	<i>Nassarius vibex</i>	1,63	1,17
	Restos de Gastropodas	0,31	1,29
	<i>Thais mariae</i>	12,49	20,43
	<i>Thais haemastoma</i>	1,21	3,15
	<i>Alpheus</i> sp.	0,36	0,94
Decapoda	Dendrobranchiata	0,64	0,36
	Anomura não ident.	13,02	9,64
Anomura	Paguroidea	0,04	
	<i>Petrolisthes armatus</i>	0,42	1,10
	<i>Pisidia brasiliensis</i>	3,96	1,74
	<i>Acantholobulus schmitti</i>	12,97	13,43
	Brachyuran não ident.	6,77	3,26
	<i>Callinectes danae</i>		0,15
	<i>Callinectes</i> sp.	0,69	0,09
	<i>Charybdis hellerii</i>	1,39	2,17
	<i>Eucratopsis crassimana</i>	0,08	
Brachyura	<i>Hepatus pudibundus</i>		0,22
	Majidae	0,81	0,41
	<i>Menippe nodifrons</i>	0,05	0,43
	Panopeidae não ident.	17,27	6,30

Grupo taxonômico	Itens alimentares	%IIR Fêmeas	%IIR Machos
Brachyura	<i>Panopeus austrobesus</i>	5,98	9,63
	<i>Pilumnus reticulatus</i>	0,03	0,38
	<i>Pyromaia tuberculata</i>	0,09	0,05
Ophiuroidea	Ophiuroidea não ident.	0,17	0,48
Teleostei	Ariidae	0,30	
	<i>Cathorops spixii</i>		1,02
	Clupeiformes	0,16	
	<i>Ctenogobius boleosoma</i>	0,01	0,20
	Restos de Teleostei	5,09	0,39
	Teleostei não ident.		0,01

DISCUSSÃO

Os ecossistemas estuarinos são considerados regiões estratégicas, pois são utilizados pelos peixes para a alimentação, crescimento e migração sazonal, além de atuarem como ambientes de berçário, na criação de larvas e juvenis de peixes (Emmett *et al.* 2000; Barletta *et al.* 2003). Estes ambientes estão particularmente mais propensos à invasão de espécies exóticas, devido à presença de portos em suas regiões, resultado da alta exposição aos vetores de transporte, como os navios oceânicos (Niimi, 2004; Wasson *et al.* 2001), que transportam em seu interior grandes quantidades de água de lastro, muitas vezes repletas de organismos não nativos (Briski *et al.* 2012).

O complexo estuarino de Paranaguá está sujeito aos perigos da invasão biológica, devido à presença do porto de Paranaguá, que recebe um grande fluxo de navios oceânicos, transportando água de lastro de diferentes ecossistemas estuarinos. Segundo Ruiz *et al.* (1997), a água de lastro parece ser o maior vetor para a transferência de espécies exóticas e muitas das invasões recentes são resultados desta transferência.

Os recentes registros de *O. beta* no Brasil demonstram a urgência na realização de estudos de autoecologia que permitam entender a utilização de novos ambientes por esta espécie exótica, sendo a biologia alimentar um destes processos. A urgência na realização dos estudos decorre, segundo Leunda *et al.* (2008), em função das espécies de peixes exóticos poderem causar efeitos nocivos sobre as populações de espécies nativas. Entre os inúmeros efeitos nocivos destacam-se a predação, que resulta em

deslocamento ou redução da densidade das populações de espécies nativas (Moyle *et al.* 2003) e a competição por alimento e habitat muitas vezes através de um comportamento agressivo (Rincón *et al.* 2002; Caiola & de Sostoa, 2005). Um aspecto importante da ecologia de uma espécie invasora é a dieta que essa espécie assume durante e após seu estabelecimento, e como isso pode afetar a competição com as espécies nativas pelos recursos alimentares (Kalogirou *et al.* 2007).

A dieta de *O. beta* mostrou-se variada, sendo representada por 34 itens alimentares, sendo os mais consumidos, *Thais mariae*, *Acantholobulus schmitti*, restos de Bivalves, Anomura não identificados e Panopeidae não identificados, em uma área estuarina subtropical do Atlântico Sul Ocidental. A variedade dos itens alimentares corrobora os trabalhos de Hobson (1965) e Emery (1973), que consideram *O. beta* polifágico, pois se alimenta, principalmente de crustáceos e moluscos. Ainda, nossos resultados são semelhantes aos obtidos por Canto-Maza & Vega-Cendejas (2007), que encontraram uma alta generalização na dieta de *Opsanus phobetron*, em Yucatán no México, consumindo preferencialmente, crustáceos e moluscos. Segundo Kalogirou *et al.* (2007), descrições da dieta são os primeiros passos para avaliar o potencial impacto de uma espécie de peixe invasora.

Para Canto-Maza & Vega-Cendejas (2007), a preferência de *O. phobetron* por crustáceos e moluscos deve-se ao seu grande aparelho bucal e forte mandíbula, permitindo que a espécie se alimente de presas grandes e rígidas. Essa inferência sobre a morfologia dos peixes da ordem Batrachoididae relacionada à dieta, também pode ser aplicada a *O. beta*, uma vez que essa espécie mostrou preferência alimentar por crustáceos e moluscos, os quais apresentam carapaças rígidas.

A predominância de poucos itens alimentares principais na dieta de *O. beta* foi também evidenciada por Wilson *et al.* (1982), que trabalhando com *Opsanus tau* na Carolina do Sul, destacaram dois itens alimentares principais, *Panopeus herbstii* e *Eurypanopeus depressus*, ambos pertencentes à família Panopeidae. A mesma família foi um dos principais *taxa* representados neste estudo, entretanto a representação deu-se pelas espécies *Acantholobulus schmitti*, *Eucratopsis crassimana* e *Panopeus austrobesus*, diferentes daquelas constatadas por Wilson *et al.* (1982). Isso indica uma semelhança nas dietas de *O. beta* do presente estudo, com aos estudos da dieta de *O. tau* na Carolina do Sul.

A família Panopeidae possui uma ampla distribuição, ocorrendo desde o Oceano Atlântico até o leste do Oceano Pacífico (Schubart *et al.* 2000). Segundo Wilson *et al.*

(1982), *P. herbstii* e *E. depressus*, são habitantes comuns nas áreas de recifes de ocorrência natural de *O. tau*. As espécies da família Panopeidae, detectadas no presente estudo, habitam áreas de baías, fundos arenosos, de lama ou sobre pedras e costões rochosos (Marochi & Masunari, 2011), os mesmos habitats de ocorrência de *O. beta*.

Os estudos ontogenéticos são importantes para determinar a existência de uma predação diferenciada ao longo do desenvolvimento, evidenciando ainda a disponibilidade de recursos alimentares disponíveis no ambiente ao longo do tempo. Nossas análises evidenciaram diferenças ontogenéticas distintas das relatadas por Canto-Maza & Vega-Cendejas, (2007), os quais registraram para *O. phobetron* a utilização preferencial de peixes e gastropodas para os indivíduos maiores de 11,5cm e de microcrustáceos para os indivíduos menores.

A análise ontogenética identificou, no presente estudo, preferências alimentares distintas durante o desenvolvimento dos espécimes de *O. beta*, sendo observada para os representantes do grupo A (classes I e II) uma preferência por Anomura não identificados, sendo este recurso importante na formação do grupo A e na separação do grupo A dos demais grupos. Os Anomura não identificados foram caracterizados por indivíduos de tamanhos reduzidos, em sua grande maioria, representados pela família Porcellanidae. Os caranguejos da família Porcellanidae ocorrem em todo o mundo, principalmente em zonas entre marés e infralitoral de regiões tropicais e subtropicais (Rodríguez *et al.* 2005), tornando assim um recurso disponível para *O. beta* no ambiente analisado. Os representantes do grupo B (classes III e IV) demonstraram preferência por Panopeidae não identificados. Os espécimes pertencentes aos grupos A e B foram obtidos somente no inverno, período em que Anomura não identificados e Panopeidae não identificados apresentaram altos valores do %IIR.

Os itens alimentares, consumidos pelos espécimes de *O. beta* agrupados no grupo C, apresentaram comprimentos maiores do que as presas evidenciadas nos grupos A e B, permitindo inferir que o aumento no porte das presas está diretamente relacionado ao desenvolvimento corporal dos espécimes de *O. beta*.

Os espécimes do grupo C (classes VI, VII, VIII e IX), foram amostrados em todas as estações e por agruparem indivíduos com uma grande amplitude de comprimento total, tiveram registrados itens com altos valores de %IIR, tais como, restos de Bivalves, *Acantholobulus schimitti* e *Panopeus austrobesus*, entretanto, foi verificado a preferência alimentar principalmente, por *Thais mariae*, sendo este o principal item responsável pela formação do grupo C.

Outra espécie do gênero, *Thais haemastoma*, também foi consumida por *O. beta*, principalmente pelo indivíduo da classe X e, segundo Vermeij (2001), o gênero *Thais* possui distribuição do Atlântico tropical ao leste do Pacífico, sendo seus representantes um recurso disponível para a dieta de *O. beta*. A distribuição geográfica de *Acantholobulus schmitti* ocorre no Atlântico Ocidental, do Ceará a Santa Catarina, e no Uruguai, enquanto *Panopeus austrobesus*, espécie nativa do Brasil, tem sua distribuição restrita do Rio de Janeiro ao Rio Grande do Sul (Marochi & Masunari, 2011).

Os cinco principais itens alimentares de *O. beta* (*Thais mariae*, *Acantholobulus schmitti*, Anomura não identificados e Panopeidae não identificados, e restos de Bivalves), determinados em relação ao valor do %IIR, ocorreram nas quatro estações do ano, sendo, portanto, recursos disponíveis em qualquer fase do desenvolvimento de *O. beta*. Entretanto, os maiores valores do %IIR dos referidos itens alimentares ocorrem em períodos distintos, tais como, Anomura não identificados e Panopeidae não identificados na primavera, *A. schmitti* no verão, *T. mariae* no verão e no outono e, restos de Bivalves no inverno. Assim, apesar do baixo valor de similaridade entre as estações do ano, a variação dos valores do %IIR justifica o resultado.

A pequena diferença detectada na dieta entre fêmeas e machos pode estar relacionada ao processo reprodutivo. De acordo com Fávoro *et al.* (2003) a gametogênese feminina é mais complexa, em relação à gametogênese masculina, pelo fato de, além da produção do gameta ainda ocorrer a incorporação de nutrientes para ser utilizado nas fases de desenvolvimento embrionário e de alevinos. Assim, as taxas metabólicas e as necessidades energéticas podem ser distintas entre os sexos. Outra evidência que corrobora a hipótese da dieta diferenciada estar associada à reprodução é que os itens alimentares que apresentaram valores de %IIR aumentados para fêmeas, em relação aos machos, tais como, Anomura não identificados, Brachyura não identificados e Panopeidae não identificados, apresentaram os maiores valores de %IIR nas estações de Inverno e Primavera, período este identificado como o de maior atividade reprodutiva e de maior frequência de fêmeas maduras e semidesovadas (resultados do capítulo 1).

Na região estuarina de Santos, *O. beta* é considerada uma espécie invasora, com alta probabilidade de se tornar uma espécie estabelecida na região (Tomás *et al.* 2012). Os autores destacam o risco potencial dessa espécie em invadir outros estuários, que estão submetidos ao tráfego de navios. Essa afirmação é corroborada para o presente estudo, uma vez que é verificada tanto a presença da espécie exótica *O. beta* no estuário

de Paranaguá, quanto ao grande fluxo de navios oceânicos no porto de Paranaguá, que transportam enormes quantidades de água de lastro.

Nossos resultados indicam que *O. beta* pode estar se estabelecendo no complexo estuarino de Paranaguá, tornando-se um potencial invasor e podendo gerar consequências negativas que são causadas pelo estabelecimento de uma espécie exótica. Invasões biológicas têm o potencial de mudar um ecossistema drasticamente, afetando seus processos, composição e interações na cadeia alimentar (Grozholz *et al.* 2000). Uma vez estabelecida em ambientes aquáticos, às espécies invasoras praticamente tornam-se impossíveis de erradicar desse ambiente (Lockwood *et al.* 2007). As causas possíveis para um quadro favorável ao estabelecimento de espécies invasoras incluem o número de vetores de transporte, a biota nativa empobrecida e a extensa perturbação antrópica (Cohen & Carlton, 1998).

Segundo Mack *et al.* (2000), as invasões biológicas estão alterando as comunidades naturais a uma taxa sem precedentes, correndo o risco de empobrecer e homogeneizar os ecossistemas sobre os quais contamos para sustentar a nossa agricultura, silvicultura e aquicultura. Williams & Grosholz (2008), defendem que as espécies introduzidas nos estuários e na costa devem ser geridas com a mesma determinação dedicada à superexploração, poluição e as mudanças climáticas.

Muitos dos resultados alcançados no presente estudo ficam difíceis de serem discutidos ou comparados por ser a literatura escassa de informações sobre a alimentação de *O. beta*. Ainda, os trabalhos realizados com a alimentação de peixes, em sua maioria, listam os itens alimentares em grandes grupos taxonômicos, não permitindo assim, saber qual o real recurso utilizado. Para a verificação de sobreposição de nicho trófico seria necessária uma listagem de itens alimentares com a taxonomia refinada e sem agrupamento em grandes grupos taxonômicos, possibilitando assim identificar as presas utilizadas por populações distintas de peixes em um mesmo ambiente e no caso do presente estudo, verificar se a espécie exótica e espécies nativas competem pelos mesmos recursos.

Nossos resultados revelam que a espécie exótica *O. beta* utiliza, no complexo estuarino de Paranaguá, itens alimentares que não são encontrados em sua área de distribuição natural. Os referidos itens alimentares, alguns de distribuição restrita a costa brasileira, apresentaram altos valores de %IIR, nos permitindo inferir que a espécie exótica interfere na cadeia trófica estuarina. Ainda, a caracterização de uma

dieta diversificada favorece a espécie a se estabelecer no ambiente, com possibilidades de se tornar uma espécie invasora.

REFERÊNCIAS

- Abelha, M. C. F., Agostinho, A. A. & Goulart, E. 2001. Plasticidade trófica em peixes de água doce. **Acta Scientiarum**. Maringá. 23(2): 425-434.
- Barletta, M., Barletta-Bergan, A., Saint-Paul, U. & Hubold, G. 2003. Seasonal changes in density, biomass, and diversity of estuarine fishes in tidal mangrove creeks of the lower Caeté Estuary (northern Brazilian coast, east Amazon). **Marine Ecology Progress Series**. 256: 217-228.
- Beardsley, T. M. 2006. Predicting aquatic threats. **BioScience**. 56: 459-461.
- Bigarella, J. J. 1978. **A serra do mar e a porção oriental do Estado do Paraná – Contribuição à geografia, geologia e ecologia regional**. Curitiba: Secretaria do Estado do Planejamento – Associação de Defesa e Educação Ambiental, 248p.
- Briski, E., Ghabooli, S., Bailey, S. A. & MacIsaac, H. J. 2012. Invasion risk posed by macroinvertebrates transported in ships' ballast tanks. **Biological Invasions**. 14: 1843-1850.
- Caiola, N. & de Sostoa, A. 2005. Possible reasons for the decline of two native toothcarps in the Iberian Peninsula: evidence of competition with the introduced Eastern mosquitofish. **Journal of Applied Ichthyology**. 21: 358-363.
- Caires, R. A., Pichler, H. A., Spach, H. L. & Ignácio, J. M. 2007. *Opsanus brasiliensis* Rotundo, Spinelli & Zavalla-Camin, 2005 (Teleostei: Batrachoidiformes: Batrachoididae), sinônimo-júnior de *Opsanus beta* (Goode & Bean, 1880), com notas sobre a ocorrência da espécie na costa brasileira. **Biota Neotropica**. 7(2): 135-139.
- Canto-Maza, W. G. & Vega-Cendejas, M. E. 2007. Distribución, abundancia y preferencias alimenticias del pez sapo *Opsanus phobetron* (Batrachoididae) en la laguna costera de Chelem, Yucatán, México. **Revista de Biología Tropical**. 55: 979-988.
- Clark, K. R. 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. **Australian Journal of Ecology**. 18: 117-143.
- Cohen, A. N. & Carlton, J. T. 1998. Accelerating Invasion Rate in a Highly Invaded Estuary. **Science**. 279: 555-557.

- Collette, B. B. 2002. **Batrachoididae**. In **The Living Marine Resources of the Western Central Atlantic. Vol 2: Bony Fishes part 1 (Acipenseridae to Grammatidae)** (K.E. Carpenter, ed.). FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication. (5): p.1026-1042.
- Emery, A. R. 1973. Preliminary comparisons of day and night habits of freshwater fish in Ontario lakes. **Journal of Fisheries Research Board Canadá**. 30: 761-774.
- Emmett, R., Llansó, R., Newton, J., Thom, R., Hornberger, M., Morgan, C., Levings, C., Copping, A. & Fishman, P. 2000. Geographic signatures of North American West Coast estuaries. **Estuaries**. 23:765-792.
- Esteves, K. E. & Aranha, J. M. R. 1999. **Ecologia Trófica de peixes de riachos**, p. 157-182. In: Caramaschi, E. P., Mazzoni, R. & Peresneto, P. R. (Eds). **Ecologia de Peixes de Riachos**. Rio de Janeiro, Série Oecologia Brasiliensis, PPGE-UFRJ, VI, 260p.
- Fávaro, L. F., Lopes, S. C. G. & Spach, H. L. 2003. Reprodução do peixe-rei, *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard) (Atheriniformes, Atherinidae), em uma planície de maré adjacente à gamboa do Baguaçu, Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. 20(3): 501-506.
- Greenfiel, D. W., Winterbotton, R. & Collette, B. B. 2008. Review of the Toadfish Genera (Teleostei: Batrachoididae). **Proceedings of the California Academy of Sciences**. 59: 665-710.
- Grozholz, E. D., Gregory, M. R., Dean, C. A., Shirley, K. A., Maron, J. L. & Connors, P. G. 2000. The impacts of a nonindigenous marine predator in a California bay. **Ecology**. 81: 1206-1224.
- Hacunda, J. S. 1981. Trophic relationships among demersal fishes in a coastal area of the Gulf of Maine. **Fishery Bulletin**. 79(4): 775-788.
- Hobson, E. S. 1965. Diurnal-Nocturnal Activity of Some Inshore Fishes in the Gulf of California. **Copeia**. (3): 291-302.
- Holliland, P. B., Holmborn, T. & Gorokhova, E. 2012. Assessing diet of the non-indigenous predatory cladoceran *Cercopagis pengoi* using stable isotopes. **Journal of Plankton Research**. 34(5): 376-387.
- Hyslop, E. J. 1980. Stomach contents analysis - a review of methods and their application. **Journal of Fish Biology**. 17: 411-429.

- Ipardes. 2001. **Zoneamento da Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba**. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Curitiba: Ipardes, 150p.
- Kalogirou, S., Corsini, M., Kondilatos G. & Wennhage, H. 2007. Diet of the invasive piscivorous fish *Fistularia commersonii* in a recently colonized area of the eastern Mediterranean. **Biological Invasions**. 9: 887-896
- Lana, P. C., Marone, E., Lopes, R. M. & Machado, E. C. 2001. The Subtropical Estuarine Complex of Paranaguá Bay, Brazil. In: Seeliger, U., Kjerfve, B. (Eds). **Coastal Marine Ecosystems of Latin American**. Berlin: Springer. p.131-145.
- Leunda, P., M. Oscoz, J., Elvira, B., Agorreta, A., Perea, S. & Miranda, R. 2008. Feeding habits of the exotic black bullhead *Ameiurus melas* (Rafinesque) in the Iberian Peninsula: first evidence of direct predation on native fish species. **Journal of Fish Biology**. 73: 96-114.
- Lima, D. O. & Behr, E. R. 2010. Feeding ecology of *Pachyurus bonariensis* Steindachner, 1879 (Sciaenidae: Perciformes) in the Ibicuí River, Southern Brazil: ontogenetic, seasonal and spatial variations. **Brazilian Journal of Biology**. 70(3): 503-509.
- Lockwood, J. L., Hoopes, M. F. & Marchetti, M. P. 2007. **Invasion ecology**. Blackwell Publishing, Oxford, vii + 312 pp.
- Maack, R. 1981. **Geografia física do Estado do Paraná**. BDT/UFPR/IBPT, Curitiba, 350p.
- Mack, R. N., Simberloff, D., Lonsdale, W. M., Evans, H., Clout, M. & Bazzaz, F. A. 2000. Biotic Invasions: Causes, Epidemiology, Global Consequences and Control. **Ecological Applications**. 10(3): 689-710.
- Marochi, M. Z. & Masunari, S. 2011. Os caranguejos Eriphiidae, Menippidae, Panopeidae e Pilumnidae (Crustacea Brachyura) de águas rasas do litoral do Paraná, com chave pictórica de identificação para as espécies. **Biota Neotropica**. 11(3): 21-33.
- Moyle, P. B., Crain, P. K., Whitener, K. & Mount, J. F. 2003. Alien fishes in natural streams: fish distribution, assemblage structure, and conservation in the Cosumnes River, California, U.S.A. **Environmental Biology of Fishes**. 68: 143-162.
- Niimi, A. 2004. Environmental and economic factors can increase the risk of exotic species introductions to the arctic region through increased ballast water discharge. **Environmental Management**. 33: 712-718.

- Noonburg, E. G. & Byers, J. E. 2005. More harm than good: when invader vulnerability to predators enhances impact on native species. **Ecology**. 86: 2555-2560.
- Pinkas, L., Oliphant, M. S. & Iversor, I. L. K. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in Californian waters. **Fisheries Bulletin**. 152: 1-105.
- Rincón, P. A., Correas, A. M., Morcillo, F., Risueño, P. & Lobón-Cerviá, J. 2002. Interaction between the introduced eastern mosquitofish and two autochthonous Spanish toothcarps. **Journal of Fish Biology**. 61: 1560-1585.
- Rocha, O., Espíndola, E. L. G., Fenerich-Verani, N., Verani, Jr. & Rietzler, A. C. 2005. O problema das invasões biológicas em águas doces. In Rocha, O., Espíndola, ELG., Fenerich-Verani, N., Verani, Jr., and Rietzler, AC., (Orgs). **Espécies Invasoras em Águas Doces: estudos de caso e propostas de manejo**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos. p.9-12.
- Rodríguez, I. T., Gonzalo, H. & Felder, D. L. 2005. Review of the Western Atlantic Porcellanidae (Crustacea: Decapoda: Anomura) with New Records, Systematic Observations, and Comments on Biogeography. **Caribbean Journal of Science**. 41(3): 544-582.
- Ruiz, G. M., Carlton, J. T., Grosholz, E. D. & Hines, A. H. 1997. Global Invasions of Marine and Estuarine Habitats by Non-Indigenous Species: Mechanisms, Extent and Consequences. **American Zoologist**. 37(6): 621-632.
- Russo, M. R., Hahn, N. S. & Pavanelli, C. S. 2004. Resource partitioning between two species of *Bryconamericus eigenmanni*, 1907 from the Iguazu river basin, Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**. Maringá. 26(4): 431-436.
- Schubart, C. D., Neigel, J. E. & Felder, D. L. 2000. Molecular phylogeny of mud crabs (Brachyura: Panopeidae) from the northwestern Atlantic and the role of morphological stasis and convergence. **Marine Biology**. 137(1): 11-18.
- Tomás, A. R. G., Tutui, S. L. S., Fagundes, L. & Souza, M. R. 2012. *Opsanus beta*: an invasive fish species in the Santos Estuary, Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**. São Paulo, 38(4): 349-355.
- Vermeij, G. J. 2001. Distribution, history, and taxonomy of the *Thais* clade (Gastropoda: Muricidae) in the Neogene of tropical America. **Journal of Paleontology**. 75: 697-705.
- Wasson, K., Zabin, C. J., Bedinger, L., Diaz, M. C. & Pearse, J. S. 2001. Biological invasions of estuaries without international shipping: the importance of intraregional transport. **Biological Conservation**. 102:143-153.

- Williams, S. L. & Grosholz, E. D. 2008. The Invasive Species Challenge in Estuarine and Coastal Environments: Marrying Management and Science. **Estuaries and Coasts**. 31: 3-20.
- Wilson, C. A., Dean, J. M. & Radtke, R. 1982. Age, growth rate and feeding habits of the oyster toadfish, *Opsanus tau* (Linnaeus) in South Carolina. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 62(3): 251-259.
- Wootton, R. J. 1999. **Ecology of teleost fishes**. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1999. 386p.
- Zacharia, P. U. & Abdurahiman, K. P. 2004. **Methods of stomach content analysis of fishes - Winter School on Towards Ecosystem Based Management of Marine Fisheries - Building Mass Balance Trophic and Simulation Models**. [Teaching Resource] CMFRI - Winter School on Ecosystem Based Management of Marine Fisheries p.148-158.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo registrou, através das análises reprodutivas e alimentares, a presença de exemplares de *Opsanus beta*, no complexo estuarino de Paranaguá, durante todo o ano, em diferentes estádios reprodutivos e em todas as classes de tamanho, demonstrando que a espécie utiliza a área em todo o seu ciclo de vida.

Os resultados da biologia reprodutiva de *O. beta* revelaram que as táticas reprodutivas empregadas pela referida espécie, tais como, a desova parcelada e provavelmente contínua, e o comprimento reduzido de indivíduos adultos, favorece a espécie a se estabelecer no ambiente, com potencial de se tornar uma espécie invasora.

Os resultados da biologia alimentar revelaram que *O. beta* pode interferir na cadeia trófica estuarina, uma vez que esta espécie utiliza itens alimentares que não são encontrados em sua área de distribuição natural. Alguns desses itens possuem uma distribuição restrita a costa brasileira e apresentaram altos valores de %IIR. Assim, a caracterização de uma dieta diversificada pode favorecer a espécie a se estabelecer no ambiente, com possibilidades de se tornar uma espécie invasora.

Este primeiro registro de estudo da reprodução e alimentação da espécie exótica *O. beta*, em uma área estuarina subtropical do Atlântico Sul Ocidental, contribui com a geração de resultados, visando compreender a utilização deste ambiente pela referida espécie. Os dados gerados poderão subsidiar a implementação de planos de manejo da espécie, caso seja necessário.