

ARQUIPÉLAGO
DE SÃO PEDRO
E SÃO PAULO

20
anos de pesquisa



PROJETO EDITORIAL

Editores

Jorge Eduardo Lins Oliveira

Doutor em Biologia Marinha pela Université Marie et Pierre Currie - Paris 6 - França
Professor Titular da Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Coordenador Técnico operacional do Programa PROARQUIPELAGO
e-mail: jorgelins@ufrnet.br

Danielle de Lima Viana

Doutora em Oceanografia Biológica pela Universidade Federal de Pernambuco
Pesquisadora do Departamento de Pesca da Universidade Federal Rural de Pernambuco
e-mail: vianadl@yahoo.com

Marco Antonio Carvalho de Souza

Capitão de Fragata da Marinha do Brasil
Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar
Coordenador do Programa PROARQUIPELAGO
e-mail: marco.carvalho@secirm.mar.mil.br

Revisão Técnica

Dr. Carlos Alexandre Domingos Lentini
Universidade Federal da Bahia

Dra. Danielle de Lima Viana
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dr. Fábio Raposo do Amaral
Universidade Federal de São Paulo

Dr. Fernando Manuel Raposo Morgado
Universidade de Aveiro - Portugal

Dr. Francisco Pinheiro
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Dra. Gabriela Paula Fernandes
Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires

Dra. Helenice Vital
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Dr. Jorge Eduardo Lins Oliveira
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Dra. Manuela Basso
Universidade Federal do Rio Grande

Dra. Maria de Lourdes Souza Santos
Universidade Federal Rural da Amazônia

Dr. Teodoro Vaske Junior
Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho

Dr. Ramón Bonfil
Oceanos Vivientes - México

Projeto Gráfico e Diagramação

Via Design Publicações

Variação Temporal das Comunidades Recifais no Arquipélago de São Pedro e São Paulo: ações do Projeto de Monitoramento de Longa Duração (PELD)

Juan P. Quimbayo^{1,2}

Thiago C. Mendes^{2,3}

Cesar A. M. M. Cordeiro²

Guilherme O. Longo⁴

Vinicius J. Giglio^{2,3}

Diana C. Vergara⁵

Sergio R. Floeter¹

Roberto Villaça²

Andrea S. Freire¹

Ronaldo B. Francini-Filho⁵

Carlos E. L. Ferreira²

08

Abstract

The Long-Term Monitoring Program of Brazilian Oceanic Islands (PELD - ILOC), whose main goal is monitoring various components of the reef environments in the Brazilian oceanic island, started its activities in 2013. During the last five years, researchers have been gathering data on reef fish assemblages, benthic communities, coral health and its associated zooxanthellae. In this chapter, we present an overview of the activities developed by the PELD - ILOC in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago (SPSPA), with special attention to the composition of fish assemblages, structure of benthic community, and demography of the intertidal crab *Grapsus grapsus*. The density of fishes varied little throughout the sampled period with a slight decrease by 2015 and an apparent stability until 2017. Fish biomass was more constant throughout the years, with high contribution of the omnivore *Melichthys niger* and different species of moray eels. Turf and encrusting calcareous algae, and the zoanthid *Palythoa caribaeorum* presented the higher benthic cover, with varying contribution depending on year and depth strata. For instance, shallow reefs (3 – 10 m deep) were mainly covered by turf algae and *P. caribaeorum*, while encrusting calcareous algae and other invertebrates were more important on deep reefs (12 – 18 m deep). The density of *G. grapsus* showed a decrease throughout the time. Although neither the sizes of males nor females has varied through time, the average size of ovigerous female has been decreasing. This fact has important consequences for fecundity rates and larvae production. Mutilation was relatively common in crabs, being observed in up to 49% of the sampled individuals, and is driven by the harsh local environment. Reefs in the SPSPA

are spatially limited and characterized by a depauperate biota in comparison to coastal areas. Nevertheless, a high proportion of endemic species and a high fish biomass can be observed in the region, reinforcing the importance of this unique system. The low species richness observed in SPSPA is reflected in a low functional redundancy and consequently high vulnerability to different anthropogenic and natural impacts. Long-term monitoring is an essential tool to understand the temporal dynamics of these fragile isolated reef communities, and an important strategy to manage and conserve this archipelago.

Introdução

O Programa Ecológico de Longa Duração (PELD)

O programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração (PELD) foi criado pelo Governo Federal no ano de 1999 como forma de promover a pesquisa e o monitoramento de ecossistemas importantes através da coleta e interpretação de longas séries temporais de dados. Esta iniciativa foi inspirada pelo programa norte americano conhecido como LTER (*Long-Term Ecological Research*) fundado em 1980 e financiado pelo *National Science Foundation*, um órgão equivalente ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) no Brasil. Atualmente o PELD conta com 30 sítios de monitoramento distribuídos ao longo de todo o território brasileiro, incluindo diversos biomas importantes como o pampa,

-
- 1 Universidade Federal de Santa Catarina;
 - 2 Universidade Federal Fluminense (carlosferreira@id.uff.br);
 - 3 Universidade Federal do Rio de Janeiro;
 - 4 Universidade Federal do Rio Grande do Norte;
 - 5 Universidade Federal da Paraíba.

florestas, cerrado, ambientes costeiros e, mais recentemente, oceânicos. Abordagens de longo prazo são fundamentais para o entendimento do funcionamento dos ecossistemas, suas respostas aos constantes e crescentes impactos humanos, e de que forma essas mudanças podem afetar os serviços ecossistêmicos que utilizamos. Além da perspectiva do entendimento ecológico, o programa PELD estimula a produção e utilização dessas informações de longo prazo para a tomada de decisões que favoreçam bons modelos de manejo e uso dos recursos e serviços ecossistêmicos. O programa PELD tem ainda um papel fundamental na formação de recursos humanos especializados através da participação ativa de alunos de graduação e pós-graduação, bem como na estruturação e consolidação de grupos de pesquisa (TABARELLI *et al.*, 2013).

PELD/ Ilhas Oceânicas

Embora o PELD tenha sido criado no final da década de 90 e incluído ecossistemas marinho-costeiros entre os seus sítios pioneiros, apenas em 2013 os ambientes oceânicos passaram a ser monitorados consistentemente através do PELD-Ilhas Oceânicas (PELD-ILOC - <http://www.sisbiota.ufsc.br/peld.html>). Alinhado às principais visões do programa, o PELD-ILOC tem atuado desde 2013 nas quatro ilhas oceânicas brasileiras: Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPPSP), Fernando de Noronha, Atol das Rocas e Arquipélago de Trindade e Martin Vaz, gerando dados temporais sobre os ecossistemas recifais, contribuindo para o entendimento de processos que influenciam sua resiliência, aprimorando as estratégias de conservação e uso dos recursos nas ilhas, mas também capacitando recursos humanos. O PELD-ILOC representa a continuidade de esforços do grupo que compõe a Rede SISBIOTA-Mar (<http://www.sisbiota.ufsc.br>) que buscou estabelecer uma linha de referência sobre as comunidades de organismos recifais ao longo da costa brasileira e atualmente é composto por pesquisadores e alunos de 10 universidades

e instituições de pesquisa de norte a sul do Brasil. Os resultados da Rede indicaram que as ilhas oceânicas se destacam por apresentarem melhores indicadores de saúde ecossistêmica quando comparados a recifes costeiros, como por exemplo, maior biomassa total de peixes recifais (em especial de peixes predadores de topo; MORAIS *et al.*, 2017) e corais em melhor estado de saúde. Este cenário está particularmente associado ao grau de isolamento das ilhas oceânicas brasileiras e o menor impacto humano em comparação aos recifes costeiros. Além disso, algumas das ilhas fazem parte de unidades de conservação federais de proteção integral, como parte do Arquipélago de Fernando de Noronha (Parque Nacional) e o Atol das Rocas em sua totalidade (Reserva Biológica). No caso do Arquipélago de São Pedro e São Paulo e do Arquipélago de Trindade e Martin Vaz, ambos contam com programas de pesquisa continuada com o apoio logístico da Marinha do Brasil e financiamento do CNPq, além de serem ocupadas por poucas pessoas, características que facilitaríamos a implementação de ações de manejo e conservação com menos conflitos em comparação às áreas costeiras. Propostas adicionais para o manejo e conservação dessas áreas estão em tramitação na esfera governamental.

Atividades realizadas pelo PELD-ILOC

O objetivo principal do PELD-ILOC é monitorar em longo prazo as comunidades recifais das ilhas oceânicas brasileiras. Os componentes biológicos monitorados pelo PELD-ILOC incluem as comunidades bentônicas (*e.g.* algas, corais e outros invertebrados) e peixes recifais, variáveis oceanográficas (*e.g.* oscilações na temperatura da água), além de indicadores de microrganismos associados aos corais, bem como a diversidade genética e funcional desses componentes nas ilhas oceânicas brasileiras. A associação das informações obtidas em cada um desses componentes produz bons indicadores da saúde e funcionamento do ecossistema frente aos impactos antropogênicos, incluindo mudanças globais (Figura 1).

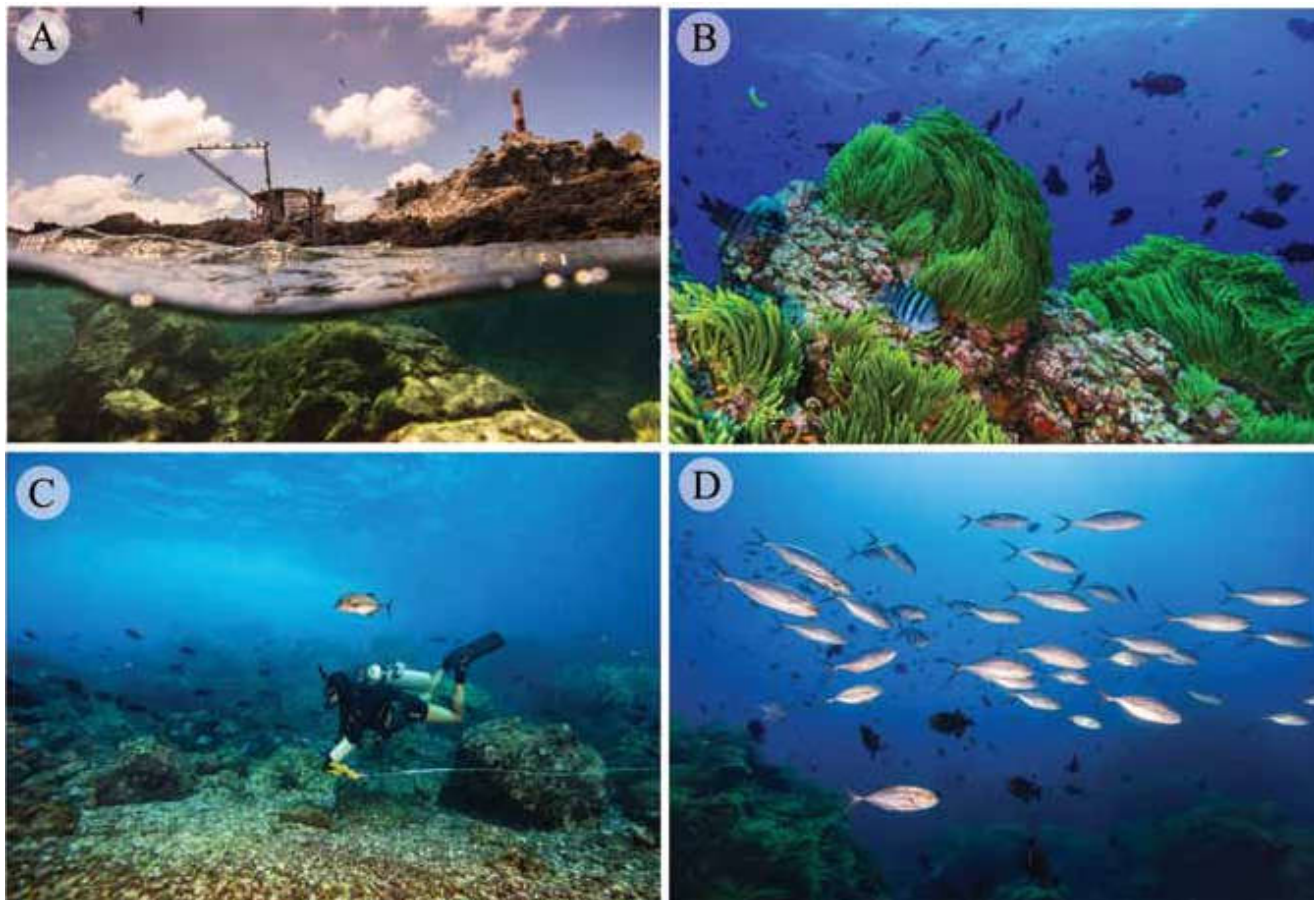


Figura 1. Estrutura para pesquisa e diversidade de organismos marinhos no ASPSP. (A) Vista da estação científica desde a enseada; (B) Fundo marinho dominado pela alga *Caulerpa racemosa* var *peltata*; (C) Pesquisador estendendo trena para o monitoramento da assembleia de peixes recifais no arquipélago; (D) Cardumes de espécies pelágicas (*Caranx crysos*) que usam o Arquipélago como área de refúgio e forrageamento. Fotos: Edson Faria-Jr.

Figure 1. Structure for research and diversity of marine organisms in the SPSPA. (A) View of the scientific station from the Enseada; (B) Marine bottom dominated by the algae *Caulerpa racemosa* var *peltata*; (C) Researcher performing underwater visual census to assess the fish assemblage in the Archipelago; (D) Group of pelagic species (*Caranx crysos*) that use the archipelago as an area of refuge and foraging. Photos: Edson Faria-Jr.

Resultados do Monitoramento de Longa Duração

Peixes recifais

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) é um dos menores e mais isolados arquipélagos tropicais do mundo. Apesar de ser reconhecido como um dos locais com o menor número de espécies de peixes recifais já registrado (FEITOZA *et al.*, 2003; KULBICKI *et al.*, 2013), apresenta uma elevada taxa de endemismo (9,5%) dentro do

Atlântico (ROBERTSON 2001; FLOETER *et al.*, 2008). Em comparação a outras ilhas oceânicas brasileiras, a ictiofauna do ASPSP é bem conhecida dentre os recifes considerados rasos de até 50 m de profundidade (LUBBOCK e EDWARDS, 1981; VASKE *et al.*, 2005; LUIZ *et al.*, 2015). Por outro lado, seus recifes profundos ou mesofóticos ainda são pouco

estudados, mas explorações recentes descreveram a estrutura das comunidades de peixes até 90 m de profundidade (ANDERSON *et al.*, 2017; ROSA *et al.*, 2015), sendo que novas espécies foram amostradas em recifes mais profundos (VASKE *et al.*, 2008a). Até o momento, foram citadas um total de 60 espécies pertencentes a 24 famílias de peixes recifais para o ASPSP, sendo Muraenidae e Labridae (7 espécies cada), Carangidae e Pomacentridae (5 espécies cada), as mais importantes em termos de riqueza, abundância e biomassa (FEITOZA *et al.*, 2003; LUIZ *et al.*, 2015). Dentre as espécies endêmicas pode-se citar *Prognathodes obliquus* (Chaetodontidae;

Figura 2A), *Enneanectes smithi* (Tripterygiidae), *Choranthias salmopunctatus* (Serranidae; Figura 2B), *Emblemariopsis* sp. (Chaenopsidae) e *Stegastes sanctipauli* (Pomacentridae; Figura 2C) - a espécie endêmica mais abundante (LUIZ *et al.*, 2015), além de morfotipos diferenciados de *Holacanthus ciliaris*, os quais por causa do isolamento geográfico, apresentam padrões de cor e forma diferenciados dos espécimes comumente observados na costa (morfo-tipo azul; Figura 2D) (LUIZ-JUNIOR, 2003). A maior parte das espécies presentes no Arquipélago (40%) possui ampla distribuição no Oceano Atlântico e são espécies consideradas generalistas.



Figura 2. Espécies endêmicas de peixes recifais encontradas no ASPSP. (A) *Prognathodes obliquus*; (B) *Choranthias salmopunctatus*; (C) *Stegastes sanctipauli*; e (D) morfotipo azul de *Holacanthus ciliaris*. Fotos: Luiz A. Rocha.

Figure 2. Endemic species of reef fish found in SPSPA. (A) *Prognathodes obliquus*; (B) *Choranthias salmopunctatus*; (C) *Stegastes sanctipauli*; and (D) blue morphotype of *Holacanthus ciliaris*. Photos: Luiz A. Rocha.

O monitoramento das assembleias de peixes no ASPSP tem sido realizado anualmente, sempre durante a mesma estação sazonal ao longo dos últimos cinco anos. A amostragem é realizada através de censos visuais utilizando transectos de 40m² (20x2) replicados (n=30 dividido por 3 profundidades) dentro da enseada, entre 5 e 20 metros de profundidade e, até o momento totaliza 344 censos. Nesse método o mergulhador nada pelo transecto desenrolando uma trena com sua extremidade presa ao substrato, enquanto anota em uma placa de PVC as espécies de peixes presentes na coluna d'água, o número de indivíduos e tamanho estimado de cada um com base no seu comprimento total (CT). Ao final de cada transecto, o mergulhador retorna recolhendo a trena e anotando os mesmos dados referentes às espécies associadas ao fundo e de hábitos crípticos. A biomassa dos indivíduos é estimada usando a conversão alométrica de comprimento-peso: $W = a \cdot TL^b$, onde os parâmetros a e b são constantes específicas da espécie obtidas da literatura (FROESE e PAULY, 2016), TL é o comprimento total estimado em centímetros de cada indivíduo durante os censos visuais e W é o peso em gramas. As espécies de peixes recifais observadas durante os censos visuais foram classificadas em quatro grupos tróficos (planctívoro, bentívoro, onívoro, carnívoro) baseadas em informações sobre suas dietas e modos de alimentação (FERREIRA *et al.*, 2004).

Nossos primeiros resultados das comunidades de peixes, mostram que 90% do total de espécies reportadas no ASPSP têm sido observadas ao longo dos anos de monitoramento. Adicionalmente, observamos pequenas variações na densidade e na biomassa de peixes (Figura 3). Por exemplo, foi verificada uma diminuição na densidade média geral de peixes recifais entre os anos de 2011 e 2015, seguida de um período de estabilização com uma pequena tendência ao aumento no ano de 2017 (Figura 3A). Entretanto, este padrão não foi seguido por uma variação correspondente na biomassa total da assembleia de peixes, a qual se

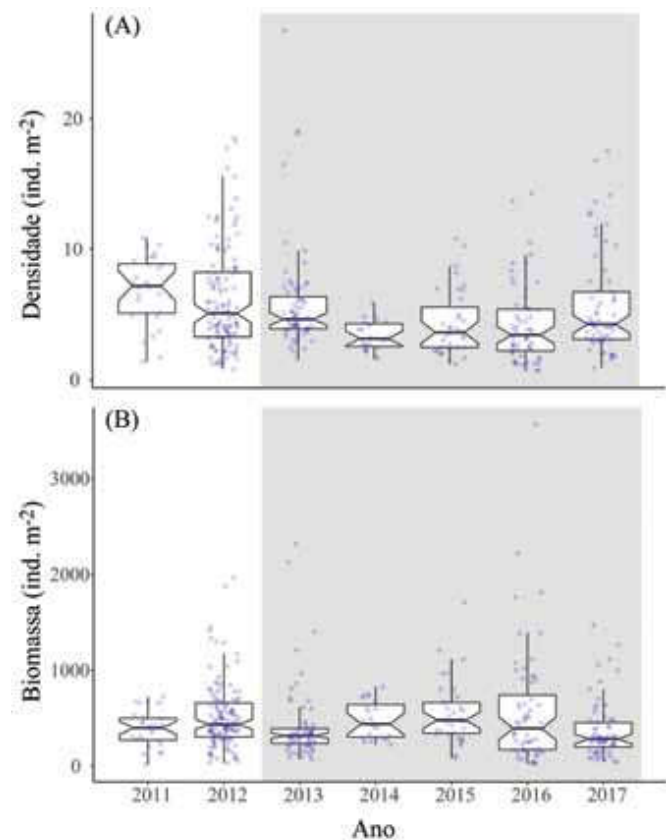


Figura 3. Variação temporal da assembleia de peixes recifais no ASPSP em relação à densidade (A) e biomassa (B). O período sombreado é relativo ao período de atuação do projeto PELD-ILOC. As caixas representam a mediana (linha preta), os quartis superiores-inferiores e os intervalos de confiança 95%.

Figure 3. Temporal variation of the reef fish assemblage in SPSPA in relation to density (A) and biomass (B). The shaded period is related to the period of operation of the PELD-ILOC project. The boxes represent the median (black line), the upper-lower quartiles and the 95% confidence intervals.

mostrou estável ao longo dos anos com pequenas variações sendo detectadas (Figura 3B).

Por outro lado, tanto a densidade quanto a biomassa de grupos tróficos ao longo do tempo variaram provavelmente devido à presença de numerosas espécies formadoras de cardumes, como os abundantes *Chromis multilineata* (espécie

planctívora) e *Melichthys niger* (espécie onívora), ou ainda devido a eventos de recrutamento de populações locais, como no caso de *Stegastes sanctipauli*, cujos pequenos recrutas são comumente observados até profundidades de 25 metros. Desde o início do PELD em 2013 foram realizadas cinco expedições nas quais nenhuma espécie de tubarão recifal foi registrada. De fato, LUIZ e EDWARDS (2011) sugerem que *Carcharhinus galapagensis* esteja funcionalmente extinto no ASPSP devido à grande diminuição de sua população que era abundante na Enseada em tempos históricos. Dados de telemetria, entretanto, tem indicado que essa espécie e outras de tubarões tem sido detectadas em locais mais afastados das ilhas (HAZIN *et al.*, Capítulo 10). O uso de BRUVs (*Baited Remote Underwater Videos*) poderá gerar informações complementares sobre o estado das populações de grandes predadores ao

redor do ASPSP. Esses métodos utilizam câmeras remotas, são menos invasivos e mais eficientes para detecção de espécies de predadores de topo de cadeia, como tubarões. A série temporal de dados sobre peixes recifais no ASPSP ainda é curta para a determinação de padrões de médio e longo prazo, ressaltando a importância da manutenção e incremento de programas de monitoramento para entender a dinâmica local das populações de peixes recifais e outros organismos.

Seguindo as tendências temporais observadas para os valores de densidade e biomassa, o tamanho médio das espécies em grupos tróficos observados nos recifes do ASPSP apresentou pouca variação, com exceção dos peixes carnívoros que tiveram uma tendência de aumento de tamanho entre os anos 2013 e 2015, retornando a valores médios nos dois últimos anos de monitoramento (Figuras 4 e 5).

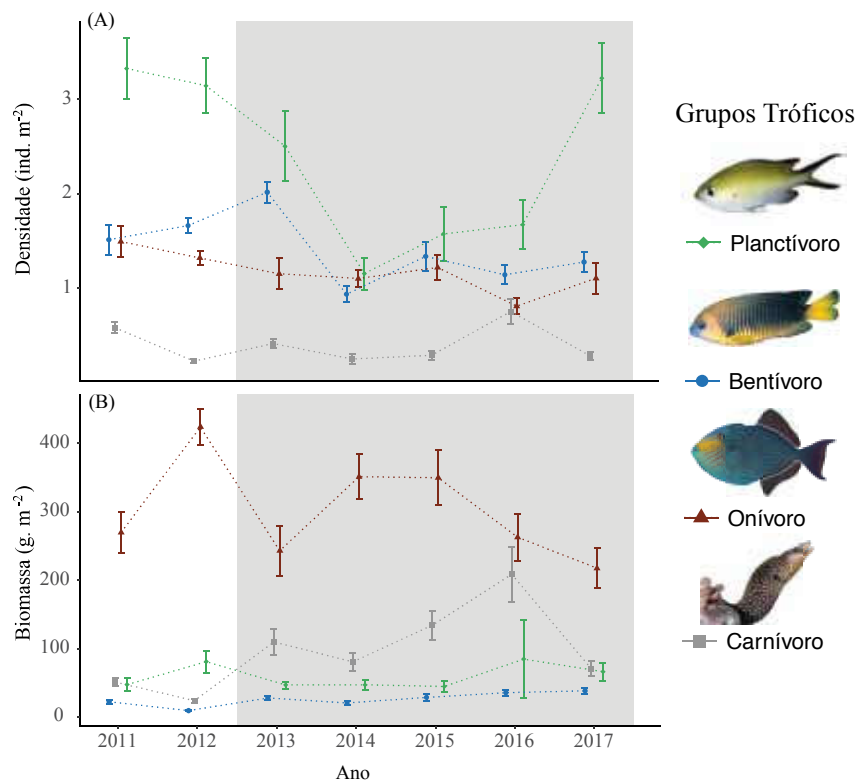


Figura 4. Variação temporal de (A) densidade e (B) biomassa (média + DP) dos grupos tróficos mais abundantes dentre os peixes recifais no ASPSP. O período sombreado é relativo ao período de atuação do projeto PELD-ILOC.

Figure 4. Temporal variation of (A) density and (B) biomass (mean + SD) of the most abundant trophic groups of reef fish in SPSPA. The shaded period is related to the period of operation of the PELD-ILOC project.

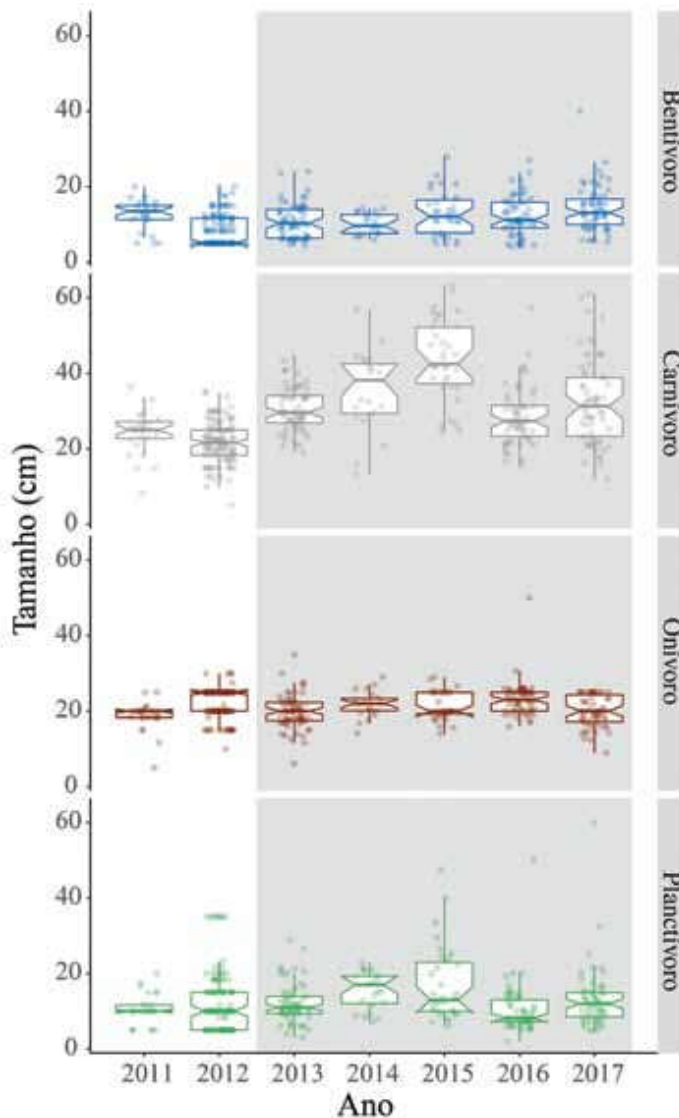


Figura 5. Variação temporal do tamanho corporal médio dos peixes recifais de acordo com os grupos tróficos observados no ASPSP. O período sombreado é relativo ao período de atuação do projeto PELD-ILOC. As caixas representam a mediana (linha preta), os quartis superiores-inferiores e os intervalos de confiança 95%. **Figure 5. Temporal variation of mean body size of reef fish according to the trophic groups observed in SPSPA. The shaded period is related to the period of operation of the PELD-ILOC project. The boxes represent the median (black line), the upper-lower quartiles and the 95% confidence intervals.**

Comunidades bentônicas

No ASPSP as comunidades bentônicas cobrem substratos rochosos em quatro ambientes distintos: 1) piscinas de maré na zona emersa do arquipélago; 2) dentro da enseada, com fundo com inclinações entre 10° e 45° e profundidades entre 0-35 m; 3) nos paredões expostos no entorno do arquipélago com inclinação acentuada (70-90°), estendendo-se até a zona afótica (> 150 m); e 4) em pequenos platôs, como na face NE da ilha Belmonte e em recifes fundos em frente a enseada (70-150 m). O impacto das ondas e o hidrodinamismo são relativamente elevados ao longo de todo o ano, mas particularmente altos no verão e em períodos de maré grande (luas cheia e nova), com condições mais amenas na face NO, incluindo a enseada. A primeira amostragem das comunidades bentônicas do ASPSP foi realizada em 1979, na expedição de Cambridge (EDWARDS e LUBBOCK, 1983). Estes autores dividiram as comunidades bentônicas do ASPSP em seis fisionomias diferentes:

- 1) piscinas-de-maré, dominadas pelos zoantídeos *Palythoa caribaeorum* e *Zoanthus sociatus*, algas calcárias incrustantes e tufos filamentosos;
- 2) zona exposta (face NE-E) do ASPSP, dominado por macroalgas frondosas e algas calcárias em profundidades de até 4 m;
- 3) zona do infralitoral na face protegida do ASPSP (NO; dentro da enseada) entre 1-8 m de profundidade; dominância de *P. caribaeorum* com áreas dominadas por *Caulerpa racemosa* var. *peltata* e algas calcárias incrustantes em microhabitats com maior hidrodinamismo;
- 4) "zona da *Caulerpa*", com substrato dominado por densas florestas de *C. racemosa* em profundidades de até 36 m, com áreas alternadas recobertas por esponjas e o briozoário *Margaretta buski* na porção mais funda;
- 5) zona de sub-*Caulerpa* (36-60 m), onde há o desaparecimento dessa alga e a comunidade

passa a ser substituída pelas macroalgas *Dictyota* sp., *Bryopsis pennata* e *Gelidiosis* sp., algas calcárias incrustantes e o briozoário *M. busquei*;

- 6) zona composta por substratos não consolidados, constituído por seixos e sedimento grosseiro na entrada da enseada e que se acumula em pequenos platôs em zonas mais fundas em frente a enseada. Os únicos dois corais escleractíneos zooxantelados registrados no ASPSP (*Madracis decactis* e *Scolymia wellsii*) ocorrem predominantemente em profundidades abaixo dos 30m, na zona de sub-*Caulerpa*, e por isso ainda não são monitorados devidamente como nas outras ilhas.

Mais recentemente, levantamentos de fauna e flora de organismos bentônicos foram realizados com listas de espécies que incluem algas, cnidários, crustáceos e moluscos (PEREIRA *et al.*, 2010; AMARAL *et al.*, 2010). No presente estudo, as comunidades bentônicas do ASPSP foram amostradas quantitativamente utilizando-se imagens padronizadas (foto-quadrados) do fundo (MAGALHÃES *et al.*, 2015). Estes resultados quantitativos, apesar de mais detalhados, descrevem um padrão geral que concorda com as descrições feitas por Edwards e Lubbock (1983). Algumas diferenças incluem: a zona dominada por *P. caribaeorum* dentro da enseada que se estende mais fundo do que previamente registrado (0-20 m) e a alta prevalência de algas filamentosas (tufos), os quais não foram registrados por Edwards e Lubbock (1983) (MAGALHÃES *et al.*, 2015). As comunidades bentônicas da zona mesofótica entre 30-90 m do ASPSP incluem extensas florestas de corais negros ramificados do gênero *Tanacetipathes*, as quais são utilizadas como refúgio por espécies endêmicas de peixes como *Bodianus insularis* e *Prognathodes obliquus* (ROSA *et al.*, 2016).

Os resultados aqui mostrados correspondem aos anos de 2013 a 2017 onde as amostragens foram realizadas por fotografia subaquática, utilizando quadrados de 50x50 cm, e posteriormente

analisadas no computador com o software CPCe (*Coral Point Count with Excel extensions*). Os dados foram divididos em duas profundidades: raso (3-10 m) e fundo (12-18 m), sempre dentro da enseada.

Os organismos avaliados foram agrupados em oito categorias diferentes pelas características comuns entre eles:

- 1) Algas calcárias articuladas (ACA), ocorrendo sozinhas ou acompanhadas de outras algas formando tufos, pertencentes predominantemente ao Filo Rhodophyta (algas vermelhas). Exemplos de algumas espécies (Figura 6E) de ACA no ASPSP: *Jania adhaerens*, *J. capillacea*, *J. rubens*, *J. cubensis* e *J. pumila* (MAGALHÃES *et al.*, 2015);
- 2) algas calcárias incrustantes (ACI) fazem parte das algas calcárias vermelhas num sentido mais amplo, mas diferem das outras porque seu crescimento vai formando uma camada sobre o fundo;
- 3) alga cenocítica estolonífera (ACE), onde unicamente se posiciona a Chlorophyta (algas verdes) *Caulerpa racemosa* var. *peltata* (Figura 6C), a maior espécie deste gênero no mundo com ramos podendo chegar a 57 cm de altura (PRECIOSO, 2010);
- 4) alga foliácea (AFO) referente à espécie *Dictyota menstrualis* (Figura 6D), que faz parte das Phaeophyceae (algas pardas) e é conhecida por ser muito rica em substâncias bioativas;
- 5) ascídias (ASC), invertebrados solitários ou predominantemente coloniais heterotróficos que no ASPSP se encontram tanto no fundo como no raso (Figura 6D), sendo as principais espécies no local: *Didemnum* sp., *Lissoclinum fragile*, *Trididemnum* sp. (MAGALHÃES *et al.*, 2015);
- 6) porífera (POR); as esponjas possuem diversas formas de crescimento como indivíduos solitários, coloniais, ramificados e incrustantes,

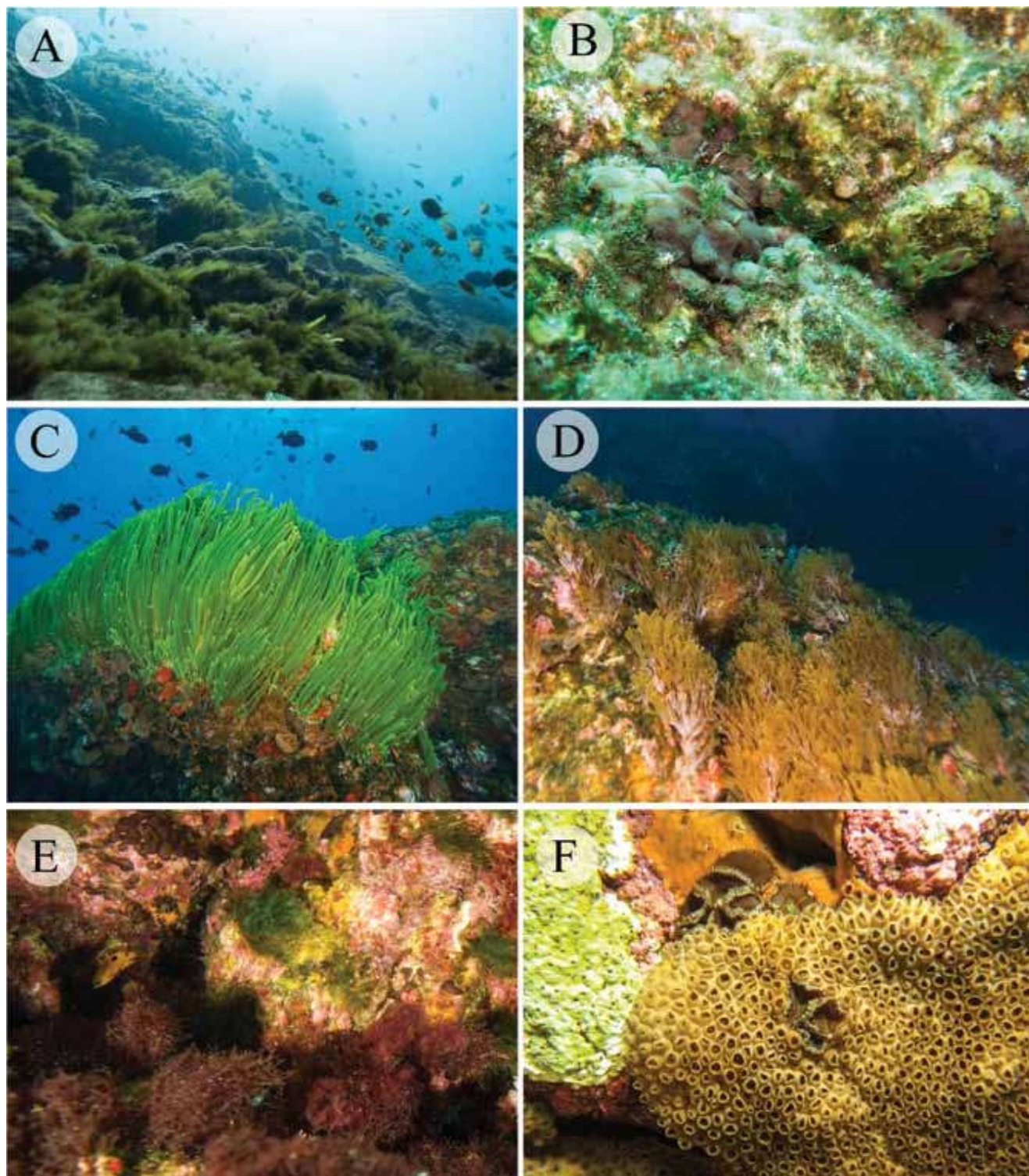


Figura 6. Comunidade bentônica observada no ASPSPA. (A) Tufos filamentosos (TUR), (B) ascídias (ASC), (C) *Caulerpa racemosa* var. *peltata*, (D) *Dictyota menstrualis*, (E) algas calcárias articuladas (ACA), e (F) zoantídeos (ZOA), representados por *Palythoa caribaeorum* e *Zoanthus* sp. Fotos: Edson Faria-Jr.

Figure 6. Benthic community observed in SPSPA. (A) Filamentous turf (TUR), (B) Ascidians (ASC), (C) *Caulerpa racemosa* var. *peltata*, (D) *Dictyota menstrualis*, (E) articulated calcareous algae (ACA) and (F) zoanthids (ZOA), represented by *Palythoa caribaeorum* and *Zoanthus* sp. Photos: Edson Faria-Jr.

sendo reconhecidas por suportarem fortes distúrbios e terem alta capacidade de regeneração (WULFF, 2006). Algumas esponjas ocorrem predominantemente associadas à zona dominada por *C. racemosa* já que esta alga parece funcionar como refúgio (micro-habitat) ideal para elas (MORAES *et al.*, 2009). Para o Arquipélago existem os registros de *Discodermia dissoluta*, *Crella brasiliensis*, *Asteropus niger*, entre outras (MAGALHÃES *et al.*, 2015);

7) tufos filamentosos (TUR), são algas filamentosas formando tapetes, com ciclos de vida curtos e em geral oportunistas (liberam muitos esporos várias vezes ao longo do ano), o que naturalmente reflete variações de dominância em intervalos de tempos longos ou curtos (STENECK e DETHIER, 1994). Algumas espécies que compõem os tufos no ASPSP são: clorofíceas - *Caulerpella ambigua*, *Cladophora vagabunda*, *Bryopsis pennata* – e rodofíceas - *Gelidiopsis planicaulis*, *Ceramium spp.*, *Falkenbergia sp.* entre outras (Figura 6A);

8) zoantídeos (ZOA) são invertebrados coloniais de crescimento massivo, como *P. caribaeorum* e *Zoanthus sp.* (Figura 6F), os quais têm maior cobertura no raso.

Ao longo do tempo de monitoramento do PELD-ILOC, observou-se que as categorias com maior cobertura foram TUR, ACI e ZOA (Figura 7), com alguma variação dependendo da profundidade. TUR e ZOA apresentaram maior cobertura no raso. Essas informações são coincidentes com Edwards e Lubbock (1983) e Magalhães *et al.* (2015) exceto pela pouca participação da alga *Caulerpa racemosa* var. *peltata* (ACE) a qual ocorre predominantemente nas paredes verticais nas margens da enseada e no entorno da ilha. Por outro lado, as ACI, que são um conglomerado de espécies na verdade, tem uma maior cobertura no fundo. Em geral, ambientes em que essas algas predominam sofrem estresses bióticos ou abióticos de forma intensa já que elas possuem poucas estratégias para evitar o

sobrecrescimento de seus talos. No caso do ASPSP, a ação hidrodinâmica é relativamente elevada e uma variável ambiental importante, já que a pressão de herbivoria por exemplo, não é evidente pela quase ausência de ouriços-do-mar, moluscos raspadores e poucas espécies de peixes herbívoros (LUIZ *et al.*, 2015).

As categorias com menor cobertura no ASPSP foram AFO e POR (Figura 7). No caso da primeira (AFO), que se refere a *D. menstrualis*, sua presença é verificada apenas na faixa de profundidade entre 12 e 18 m, porém com baixa cobertura em alguns

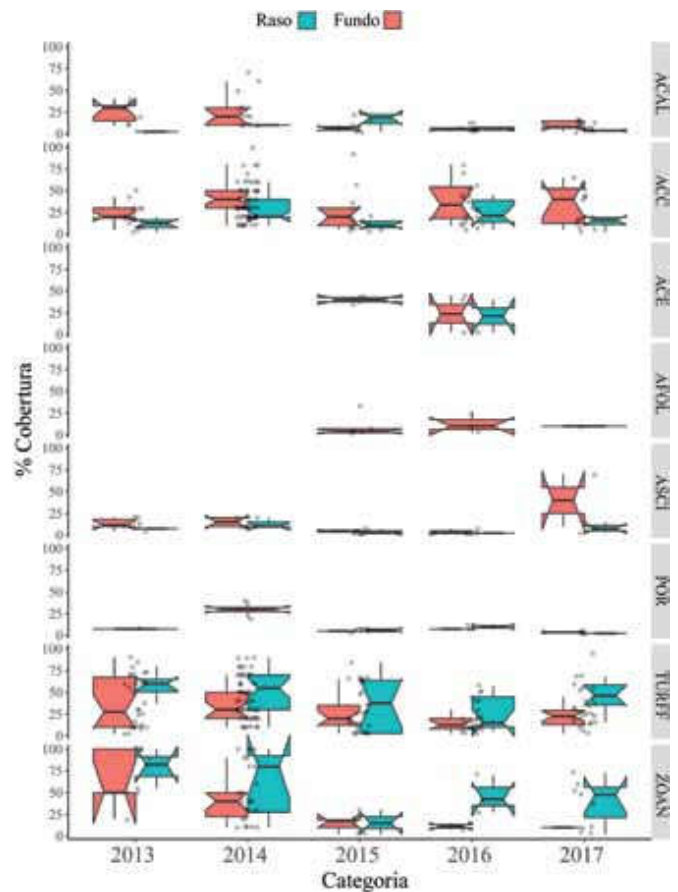


Figura 7. Variação temporal das categorias de organismos bentônicos, encontrados no ASPSP. As caixas representam a mediana (linha preta), os quartis superiores-inferiores e os intervalos de confiança 95%.

Figure 7. Temporal variation of the benthic categories found in SPSPA. The boxes represent the median (black line), the upper-lower quartiles and the 95% confidence intervals.

transectos. Essa profundidade corresponde de fato ao seu limite superior de distribuição (EDWARDS e LUBBOCK 1983; MAGALHÃES *et al.*, 2015). Por sua fragilidade de talo e de fixação, essa distribuição parece ser um refúgio espacial contra o forte hidrodinamismo das profundidades menores. No caso de esponjas (POR) é possível que a pouca cobertura observada tenha sido resultado de uma subestimação pelo método de amostragem já que a tendência das esponjas é se localizar sob as frondes de *C. racemosa* var. *peltata* ou em fendas, tocas e locais ao abrigo da luz direta, dificultando assim a sua visualização em fotoquadrados.

Dinâmica do caranguejo aratu (*Grapsus grapsus*)

Devido ao isolamento do ASPSP, a produtividade do ambiente recifal está associada a alterações locais do fluxo de correntes e à transferência de matéria e energia do Arquipélago, para as águas rasas adjacentes. O caranguejo aratu, *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758), é muito abundante no supra litoral dos costões rochosos nas ilhas (Figura 8), sendo uma espécie chave na ligação entre o ambiente emerso e recifal. *Grapsus grapsus* forrageia frequentemente nos costões rochosos alimentando-se de algas epilíticas e fauna

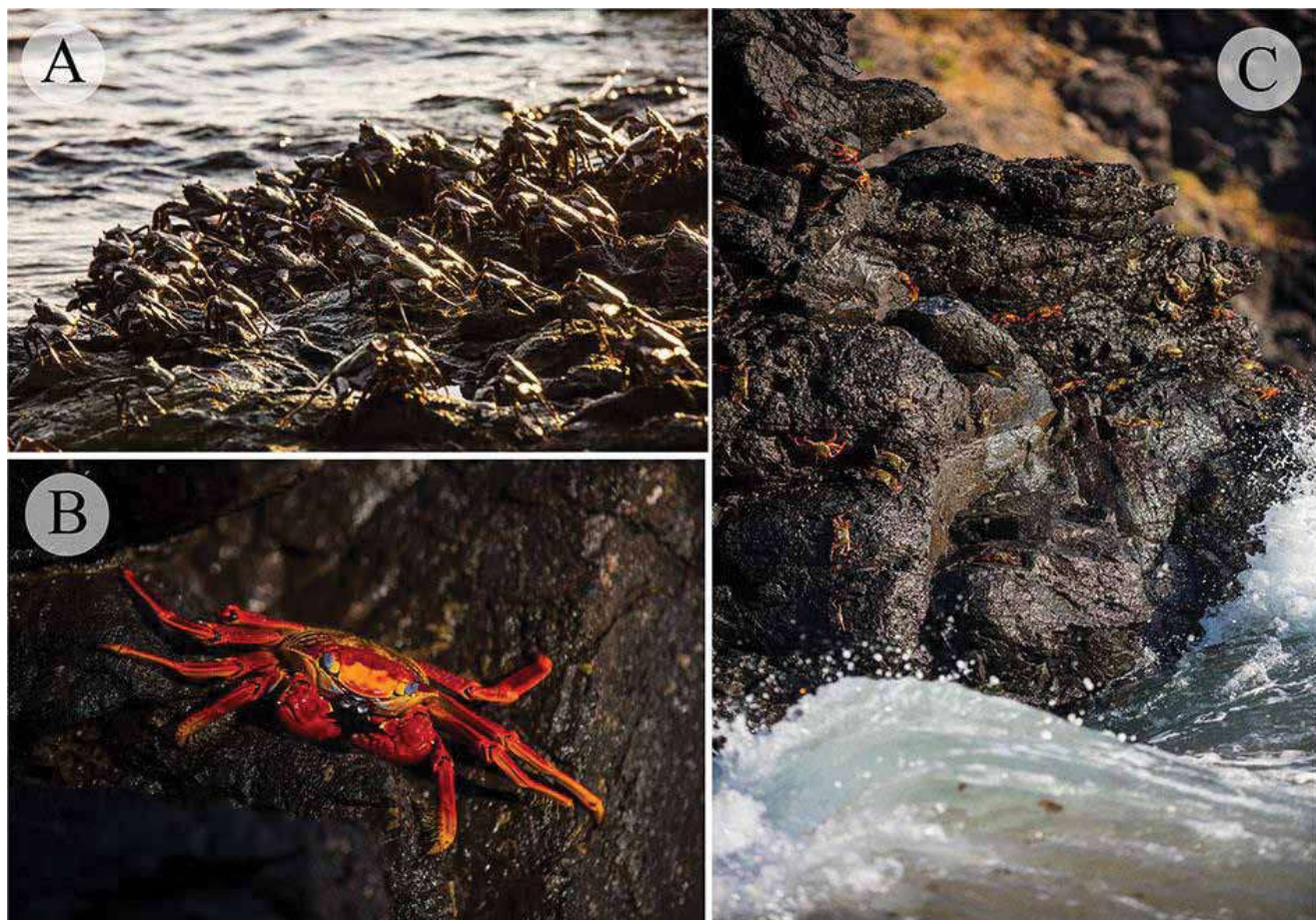


Figura 8. *Grapsus grapsus*. (A) agregações de *G. grapsus*, (B) posicionamento dos caranguejos na região entre marés, (C) Macho adulto de caranguejo *G. grapsus*. Fotos João Paulo Krajewski.

Figure 8. *Grapsus grapsus*. (A) Aggregations of *G. grapsus*, (B) positioning of the crabs in the intertidal region, (C) adult male *G. grapsus*. Photos: João Paulo Krajewski.

associada, enriquecendo continuamente as águas rasas com suas pelotas fecais. Esses caranguejos predam ovos e filhotes recém eclodidos de aves marinhas e tartarugas, tendo polvos e moreias como seus principais predadores (FREIRE *et al.*, 2010). No Atlântico Sul Ocidental, *G. grapsus* ocorre somente nas ilhas oceânicas brasileiras, tornando a espécie vulnerável a mudanças ambientais nos oceanos. Uma vez que os pequenos caranguejos recrutam na parte superior dos costões rochosos, a espécie utiliza apenas correntes marinhas superficiais para dispersão, não utilizando os montes submersos como trampolins ecológicos. Existe conectividade genética com as populações do Atol das Rocas e Fernando de Noronha (TESCHIMA *et al.*, 2016), mas uma vez que as larvas iniciais estão restritas a 500 metros de distância do ASPSP (BRANDÃO *et al.*, 2012), a população local deve ser mantida por auto-recrutamento. A reprodução contínua de *G. grapsus* ao longo do ano introduz uma grande quantidade de matéria – na forma de larvas – no habitat recifal submerso (BRANDÃO *et al.*, 2012; KOETTKER *et al.*, 2009). Assim como em outros ambientes marinhos, a maioria das larvas de caranguejos são imediatamente predadas por larvas de peixes logo que entram na coluna d'água. O monitoramento em longo prazo das populações do caranguejo-aratu justifica-se pela sua influência direta no sistema pelágico recifal e por sinalizar as condições ambientais dos costões rochosos adjacentes.

Indivíduos de *G. grapsus* foram contados ao longo de dez transecções de 20x2 m na parte central da Ilha Belmonte para a estimativa de sua abundância. Os parâmetros populacionais foram obtidos com a captura e posterior liberação de 100 caranguejos. Os caranguejos foram medidos com paquímetro (largura da carapaça, LC), identificados o sexo, a presença de massa ovígera e formato do abdômen nas fêmeas, e o padrão de coloração. A mutilação foi avaliada pela ausência de pereiópodos (patas) e quelípodos (garras), e presença de bolsa de regeneração de apêndices. Em relação à abundância de caranguejos a grande

variabilidade dos dados entre 2003 e 2005 deve-se aos diferentes locais amostrados, enquanto que durante o PELD-ILOC a estimativa foi realizada preferencialmente na região central da Ilha Belmonte. De forma geral, existe uma tendência à diminuição da abundância de caranguejos ao longo do tempo, atingindo um valor mais baixo em 2017 (Figura 9).

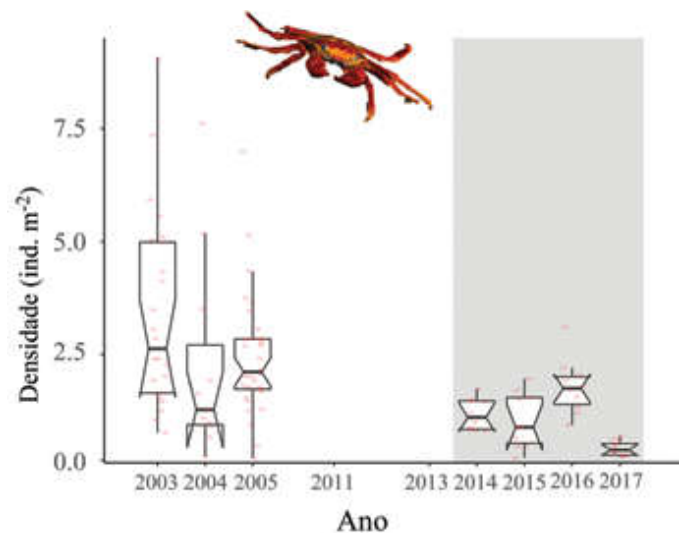


Figura 9. Variação na densidade de *Grapsus grapsus* ao longo do tempo no ASPSP. As caixas representam a mediana (linha preta), os quartis superiores-inferiores e os intervalos de confiança 95%.

Figura 9. Density variation of *Grapsus grapsus* in time in SPSPA. The boxes represent the median (black line), the upper-lower quartiles and the 95% confidence intervals.

A distribuição de tamanhos de caranguejos machos e fêmeas manteve-se estável ou com pequenas variações a partir de 2011 (Figura 10). A amostragem do PELD-ILOC concentrou-se em indivíduos maiores do que em amostragens anteriores. Houve uma tendência de diminuição do tamanho das fêmeas ovígeras a partir de 2011 (Figura 10), um resultado interessante para o monitoramento dessa população. Caso essa tendência seja confirmada nos próximos anos, haverá consequentemente uma diminuição da taxa de fecundidade e fornecimento de larvas para o ambiente recifal.

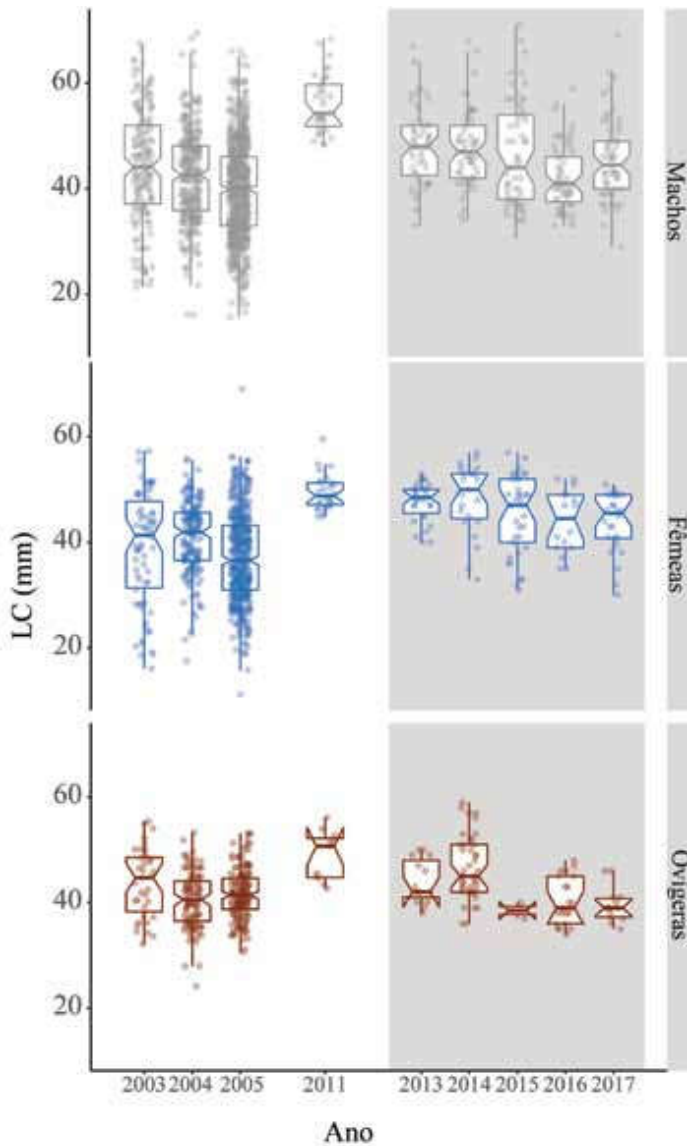


Figura 10. Variação no tamanho da carapaça (LC) ao longo do tempo em machos, fêmeas e fêmeas ovígeras no ASPSP. As caixas representam a mediana (linha preta), os quartis superiores-inferiores e os intervalos de confiança 95%.

Figure 10. Variation in carapace size (LC) over time of males, females and ovigerous females in SPSPA. The boxes represent the median (black line), the upper-lower quartiles and the 95% confidence intervals.

A proporção de caranguejos registrados com ausência de patas, patas em regeneração, ou perfurações na carapaça foi muito alta, chegando a aproximadamente metade da população em alguns anos (Tabela I). Nas amostragens entre 2003 e 2005, em média apenas 24% dos caranguejos apresentava mutilações (FREIRE *et al.*, 2011). A elevada mutilação tem efeitos no crescimento e maturidade sexual, alterando a estrutura populacional, e está relacionada a diferentes condições ambientais que favorecem o canibalismo. No momento, não é possível saber quais fatores ambientais contribuíram para essa alta taxa de mutilação. Houve grande variabilidade na proporção de fêmeas ovígeras, com destaque para o baixíssimo valor em 2015.

Tabela I. Parâmetros populacionais: porcentagem de fêmeas ovígeras (FO) e taxa de mutilação de *Grapsus grapsus*.

Table I. Population parameters: percentage of ovigerous females (FO) and mutilation rate of *Grapsus grapsus*.

Ano	FO (%)	Mutilação (%)
2013	33.3	48
2014	65.7	30
2015	5.1	49
2016	56.8	21
2017	36.4	46

A estrutura da população do caranguejo-aratu, *G. grapsus*, parece estar estável ao longo do tempo. Uma vez que dados pretéritos sugerem que a população se mantém por auto-recrutamento, com a continuidade do monitoramento, parâmetros de risco para abundância de caranguejos como a taxa de mutilação e tamanho médio de fêmeas ovígeras poderão ser acompanhados. É necessária uma série temporal mais longa para verificação das tendências observadas na estrutura da população e abundância de caranguejos.

Perspectivas futuras sobre o monitoramento das comunidades recifais no ASPSP

Os ambientes insulares como o do ASPSP, únicos em termos de diversidade e endemismo comparados à costa do Brasil, ainda sem os impactos comuns ocasionados pela alta taxa populacional costeira, necessitam do monitoramento de longo prazo como medida essencial ao entendimento de diversos aspectos sobre a dinâmica temporal e espacial das comunidades recifais. Isso tem importância vital no que diz respeito à possível fragilidade das cadeias tróficas do ASPSP frente a quaisquer impactos. Em consequência da baixa riqueza de espécies comparado à costa, devido ao isolamento, o ASPSP também possui uma baixa redundância funcional. Efeitos da pesca desordenada podem, por exemplo, diminuir ou até extinguir espécies que tenham um papel funcional importante e que não tenham substitutos. Ainda nos dias atuais, ocorre na região a pesca de espécies de peixes pelágicos de passagem como o atum e dourado e outros residentes como o xaréu e o peixe-rei, esses últimos com interações tróficas importantes nos recifes (VASKE *et al.*, 2006; 2008b). Tanto a pesca dos pelágicos de passagem, bem como o efeito da pesca intensa de espinhel no passado na região, tiveram efeitos nas cadeias tróficas que ainda não foram descritos. Porém, predadores de topo como tubarões foram certamente afetados em décadas passadas (LUIZ e EDWARDS, 2011). Além dos impactos da pesca no entorno do arquipélago, ocorre também o descarte localizado de resíduos orgânicos, que também tem efeitos ainda desconsiderados e devem ser monitorados em longo prazo.

Além do avanço científico, as informações geradas pelo projeto PELD-ILOC podem subsidiar tomadas de decisão para mitigar esses impactos como, por exemplo, no ordenamento da pesca e na gestão de unidades de conservação. Quanto ao monitoramento de peixes e comunidades bentônicas, pretende-se estender as atividades para os recifes mesofóticos, com profundidades entre 30 e 90 metros utilizando

veículos subaquáticos operados remotamente, complementando levantamentos iniciados recentemente com uso de armadilhas lançadas entre 170 e 700 metros nas adjacências do ASPSP, com importantes registros de novas ocorrências e prováveis novas espécies (NUNES *et al.*, 2016; 2017). Informações sobre os recifes profundos brasileiros são escassas, mas evidências apontam que mesmo esses ambientes já estão impactados pela pesca e poluição.

Tanto nos recifes rasos, quanto nos profundos, dados de temperatura medidos *in situ* serão também trabalhados associados a dados de correntes de modo a construir um modelo de previsão de mudanças climáticas. Um aspecto relevante é que os dados gerados pelo projeto PELD-ILOC devem servir de base e apoio para outras pesquisas na região. Visto tratar-se de um projeto em rede (www.sisbiotamar.ufsc.br), todos os dados estão disponíveis. Da mesma maneira, o monitoramento a longo prazo no ASPSP tem um papel importante na formação de recursos humanos. Durante os cinco anos de monitoramento, dezenas de estudantes de graduação e pós-graduação tiveram a oportunidade de vivenciar expedições de pesquisa científicas em um dos locais mais remotos do oceano Atlântico, sendo capacitados com as técnicas mais atuais sobre monitoramento da biota recifal.

O atual cenário de corte de recursos para a pesquisa no Brasil é desafiador. O monitoramento atualmente conta com recursos do CNPq por meio do Programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração (<http://cnpq.br/sitios-peld>). Porém o aporte de recursos atual fomenta apenas as atividades basais de coleta de dados. Um dos desafios futuros para o programa de monitoramento é a captação de recursos para a continuidade e ampliação das atividades. Em um cenário ideal, e sendo as pesquisas de monitoramento vitais no entendimento da dinâmica dos ecossistemas e sua gestão, futuras verbas de compensação e outras de cunho governamentais do uso do mar, devem dar prioridade ao monitoramento contínuo do ASPSP.

Referências Bibliográficas

- AMARAL F.M.D. *et al.* **Biodiversidade de cnidários bentônicos.** Em: Vaske Jr. T. *et al.* 2010. Arquipélago de São Pedro e São Paulo: Histórico e Recursos Naturais. ISBN: 978-85-7563-515-5. Nave/Labomar. Fortaleza. 242 p. 2010
- ANDERSON W.D. *et al.* **Redescription of the Jeweled Gemfish, *Anthias asperilinguis* (Serranidae: Anthiadae), with comments on its ontogeny, phylogeny, and ecology.** *aqua, International Journal of Ichthyology.* 18(1): 25–30. 2017.
- BRANDÃO M.C. KOETTKER A.G. SANTAROSA-FREIRE A. **Distribution of decapod larvae in the surface layer of an isolated equatorial oceanic archipelago: the cases of benthic *Grapsus grapsus* (Brachyura: Grapsidae) and pelagic *Sergestes edwardsi* (Dendrobranchiata: Sergestidae).** *Helgoland Marine Research.* 67(1): 155–65. 2012.
- EDWARDS A. LUBBOCK R. **The Ecology of Saint Paul's Rocks (Equatorial Atlantic).** *Journal of Zoology.* 200(1): 51–69. 1983.
- FEITOZA B.M. *et al.* **Reef fishes of St. Paul's Rocks: new records and notes on biology and zoogeography.** *Journal of Ichthyology and Aquatic Biology.* 7(2): 61–82. 2003.
- FERREIRA C.E.L. *et al.* **Trophic structure patterns of Brazilian reef fishes: a latitudinal comparison.** *Journal of Biogeography.* 31: 1093–1106. 2004.
- FLOETER S.R. *et al.* **Atlantic reef fish biogeography and evolution.** *Journal of Biogeography.* 35: 22–47. 2008.
- FREIRE A.S. PINHEIRO M.A.A. KARAM-SILVA H. TESCHIMA. M.M. **Biology of *Grapsus grapsus* (Linnaeus 1758) (Brachyura, Grapsidae) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Equatorial Atlantic Ocean.** *Helgoland Marine Research.* 65(3): 263–273. 2010.
- FROESE R. PAULY D. **FishBase. World wide web electronic publication.** Available: www.fishbase.org. Accessed 13 Jul 2016
- KOETTKER A.G. FREIRE A.S. SUMIDA P.Y.G. **Temporal diel and spatial variability of decapod larvae from St Pauls Rocks, an equatorial oceanic island of Brazil.** *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom.* 90(6): 1227–1239. 2009.
- KULBICKI *et al.* **Global Biogeography of Reef Fishes: A Hierarchical Quantitative Delineation of Regions.** *PlosOne.* 8(2): e81847. 2013.
- LUBBOCK R. EDWARDS A.J. **The fishes of Saint Paul's rocks.** *Journal of Fish Biology.* 18: 135–157. 1981.
- LUIZ O.J. EDWARDS A.J. **Extinction of a shark population in the Archipelago of Saint Paul's Rocks (equatorial Atlantic) inferred from the historical record.** *Biological conservation.* 144: 2873–2881. 2011.
- LUIZ O.J. *et al.* **Community structure of reef fishes on a remote oceanic island (St Peter and St Paul's Archipelago equatorial Atlantic): the relative influence of abiotic and biotic variables.** *Marine and Freshwater Research.* 66(8): 739–749. 2015.
- LUIZ-JUNIOR, O.J. **Colour morphs in a queen angelfish *Holacanthus ciliaris* (Perciformes: Pomacanthidae) population of St. Paul's Rocks, NE Brazil.** *Tropical Fish Hobbyist.* 51(5): 82–90. 2003.
- MAGALHÃES, G.M. *et al.* **Changes in benthic communities along a 0-60 m depth gradient in the remote St. Peter and St. Paul Archipelago (Mid-Atlantic Ridge Brazil).** *Bulletin of Marine Science.* 91(3): 377–96. 2015.
- MORAES F. *et al.* **As esponjas: passado, presente e futuro.** Em: Danielle de Lima Viana *et al.*, 2009. O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de Estação Científica. SECIRM. Brasília. 158–165. 2009.
- MORAIS R.A. FERREIRA C.E.L. FLOETER S.R. **Spatial patterns of fish standing biomass across Brazilian reefs, Southwestern Atlantic.** *Journal of Fish Biology.* 91: 1642–1667. 2017.
- NUNES D.M. FERREIRA R.C.P. HAZIN, F.H.V., FIDELIS, J. **Deep sea decapod crustaceans of São Pedro and São Paulo Arquipélago, Equatorial Atlantic, Brazil.** *Zootaxa.* 4324(2): 331–347. 2017.
- NUNES D.M. TRAVASSOS P. FERREIRA R. HAZIN F. **Distribution, relative abundance and diversity of deep-sea species at São Pedro and São Paulo Archipelago, Brazil.** *Latin American Journal of Aquatic Research.* 44(2): 228–237. 2016.
- PEREIRA S.M.B. BURGOS D.C.R. BANDEIRA-PEDROZA M.E. **Representantes da Flora.** Em: Vaske Jr.T. *et al.* 2010. Arquipélago de São Pedro e São Paulo: Histórico e Recursos Naturais. ISBN: 978-85-7563-515-5. Nave/Labomar. Fortaleza. 242 p. 2010.
- PRECIOSO N.L. **Aspectos ecológicos de *Caulerpa racemosa* var. *peltata* (Lamouroux) Eubank do**

Arquipélago de São Pedro São Paulo. Monografia, Universidade Federal Fluminense. 2010

ROBERTSON D.R. **Population maintenance among tropical reef fishes: Inferences from small-island endemics.** *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 98(10): 5667–70. 2001.

ROSA M.R. *et al.* **Mesophotic reef fish assemblages of the remote St. Peter and St. Paul's Archipelago Mid-Atlantic ridge, Brazil.** *Coral Reefs.* 35(1): 113–23. 2015.

STENECK R.S. DETHIER M.N. **A functional group approach to the structure of algal-dominated communities.** *Oikos.* 69: 476–498. 1994.

TABARELLI M. DUARTE DA ROCHA C.F. ROMANOWSKI H.P. DRUDE DE LACERDA L. PELD-CNPq **Dez anos do programa de pesquisas ecológicas de longa duração no Brasil: Achados, Lições e Perspectivas.** Ed. Universitária UFPE, Recife, Brasil. 2013.

TESCHIMA M.M. *et al.* **Large-scale connectivity of *Grapsus grapsus* (Decapoda) in the southwestern Atlantic oceanic islands: Integrating genetic and morphometric data.** *Marine Ecology.* 37(6): 1360–72. 2016.

VASKE Jr T. *et al.* **A checklist of fishes from Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil.** *Journal of Applied Ichthyology.* 21(1): 75–79. 2005.

VASKE Jr T. *et al.* **A pesca comercial de peixes pelágicos no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil.** *Tropical Oceanography.* Recife, 36 (2): 47–54. 2008b.

VASKE Jr T. HAZIN F.H.V. LESSA E.R.P. **Pesca e hábitos alimentares do peixe-rei, *Elagatis bipinnulata* (Quoy & Gaimard, 1825) (Pisces: Carangidae) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.** *Arquivo de Ciências do Mar.* 39: 61–65. 2006.

VASKE Jr T. LIMA K.L. RIBEIRO A. LESSA R.P. **Record of the St. Helena scorpionfish, *Pontinus nigropunctatus* (Günther) (Scorpaeniformes: Scorpaenidae), in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil.** *Pan-American Journal of Aquatic Sciences.* 3(1): 46–48. 2008a.

WULFF J.L. **Resistance vs recovery: morphological strategies of coral reef sponges.** *Functional Ecology.* 20: 699–670. 2006.