



ILHAS OCEÂNICAS BRASILEIRAS: DA PESQUISA AO MANEJO

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

ILHAS OCEÂNICAS BRASILEIRAS:

DA PESQUISA AO MANEJO

VOLUME II

Organizadores
Leonardo Vianna Mohr
João Wagner Alencar Castro
Paulo Márcio Santos Costa
Ruy José Válka Alves



Ministério do
Meio Ambiente



VENDA PROIBIDA

**ILHAS OCEÂNICAS
BRASILEIRAS:**
DA PESQUISA AO MANEJO
VOLUME II

República Federativa do Brasil

Presidente

LUIZ INÁCIO LULA DA SILVA

Vice Presidente

JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA

Ministério do Meio Ambiente

Ministro

CARLOS MINC

Secretaria Executiva

Secretária

IZABELLA MÔNICA VIEIRA TEIXEIRA

Secretaria de Biodiversidade e Florestas

Secretária

MARIA CECÍLIA WEY DE BRITO

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

Presidente

RÔMULO JOSÉ FERNANDES BARRETO MELLO

Departamento de Conservação da Biodiversidade

Diretor

BRAULIO FERREIRA DE SOUZA DIAS

Diretoria de Unidades de Conservação de Proteção Integral

Diretor

RICARDO SOAVINSKI

Gerência de Conservação da Biodiversidade

Gerente

DANIELA AMÉRICA SUÁREZ DE OLIVEIRA

Diretoria de Conservação da Biodiversidade

Diretor

MARCELO MARCELINO DE OLIVEIRA

Ministério do Meio Ambiente – MMA

Centro de Informação e Documentação Luís Eduardo Magalhães – CID Ambiental

Esplanada dos Ministérios – Bloco B – térreo

70068-900

Tel.: 5561 3317 1235 Fax: 5561 3224 5222

e-mail: Cid@mma.gov.br

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

ILHAS OCEÂNICAS BRASILEIRAS:

DA PESQUISA AO MANEJO

VOLUME II

Editores

Leonardo Vianna Mohr / Área de Zoologia, Ecologia e Manejo de Vertebrados
João Wagner Alencar Castro / Área de Geologia e Meio Ambiente
Paulo Márcio Santos Costa / Área de Zoologia e Ecologia de Invertebrados
Ruy José Válka Alves / Área de Botânica e Manejo
Ministério do Meio Ambiente

Organizadores e editores:

Leonardo Vianna Mohr, João Wagner Alencar Castro, Paulo Márcio Santos Costa e Ruy José Válka Alves

Supervisão editorial

Márcia Maria Noura Paes (MMA)

Revisão Final

Anna Cristina de Araújo Rodrigues

Capa, projeto gráfico e diagramação

Eduardo Meneses

Normalização Bibliográfica

Helionídia C. de Oliveira (IBAMA)

Fotos gentilmente cedidas por: Alessandra Prates Botelho, Alfredo Carvalho Filho, Augusto M. dos Reis, Bertran M. Feitoza, Carlos E.L. Ferreira, Claudio Bellini, Cláudio L.S. Sampaio, Dione José Krise, Fabio B. Pereira, F.P. Fonseca-Neto, Fernando Moraes, Geruso Vieira de Miranda Jr., Guilherme Muricy, Hudson Pinheiro, João Luiz Gasparini, João Paulo Krajewski, J.W.A. Castro, José Martins da Silva-Jr., Jules Soto, Leandro Bugoni, Lisandro de Almeida, Luciano Saraceni, Luiz Rocha, Marta Granville, Maurício Tavares, Munir Mehzen, Osmar Luiz Jr., Otto B.F. Gadig, Paulo Ott, Pedro Welff Neto, Samuca, SECIRM, Suene Ramalho, Zaira Matheus, Parnamar de Fernando de Noronha e Projeto Golfinho Rotador.

Apoio: Ministério do Meio Ambiente, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Laboratório de Geologia Costeira, Sedimentologia e Meio Ambiente/Museu Nacional/UFRJ, Marinha do Brasil, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD – Projeto BRA/00/021.

Catálogo na Fonte

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

M853i Mohr, Leonardo Vianna
Ilhas Oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo – volume II / Leonardo Vianna Mohr... [et al].
– Brasília: MMA/Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2009.
v. 2 : 502 p. : il. color. ; 29 cm.

Bibliografia
ISBN 978-85-7738-076-3

1. Ilhas Oceânicas – Brasil. 2. Pesquisa. 3. Manejo. I. Mohr, Leonardo Vianna. II. Castro, João Wagner Alencar. III. Costa, Paulo Márcio Santos. IV. Alves, Ruy José Válka. V. Ministério do Meio Ambiente – Secretaria de Biodiversidade e Florestas. VI. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. VII. Título.

CDU(2.ed.)551.42(81)

Impresso no Brasil
Printed in Brazil

Lista de figuras

Figura 1.1. Mapa de declividade da Ilha da Trindade (fonte: J.C.S. Seoane).	38
Figura 1.2. Visão geral da geomorfologia da Ilha da Trindade. Foto: J.W.A. Castro.	39
Figura 1.3. Derrame de analcita-ankaratrito posicionado na zona de arrebentação das ondas, Praia do Andrada, Ilha da Trindade. Foto: J.W.A. Castro.	40
Figura 1.4. Acúmulo de minerais pesados na parte superior da face da Praia do Túnel, Ilha da Trindade. Foto: J.W.A. Castro.	41
Figura 1.5. Afloramento de matacões acima do nível do mar atual, possivelmente relacionado à última transgressão marinha, na Ilha da Trindade. Foto: J.W.A. Castro.	43
Figura 1.6. Incisões erosivas (voçorocas) registradas na face voltada para a Praia do Andrada, Ilha da Trindade. Foto: J.W.A. Castro.	43
Figura 1.7. Programa de reflorestamento da Ilha da Trindade, implementado pelo Museu Nacional/UFRJ, Marinha do Brasil e Ibama. Foto: J.W.A. Castro.	44
Figura 1.8. Movimento de massa registrado nas encostas da Praia do Túnel, Ilha da Trindade. Foto: J.W.A. Castro.	45
Figura 1.9. Blocos rochosos em superfícies inclinadas depositados sobre o terraço marinho, na Ilha da Trindade. Foto: J.W.A. Castro.	45
Figura 1.10. Planície costeira da Praia do Andrada, nordeste da Ilha da Trindade. Foto: J.W.A. Castro.	46
Figura 1.11. Movimentação de dunas escalonares sobre a vegetação nativa da Praia das Tartarugas, Ilha da Trindade. Foto: J.W.A. Castro.	47
Figura 1.12. Declives e descontinuidades topográficas da Ilha de Fernando de Noronha.	50
Figura 1.13. Assoreamento à retaguarda da bacia de evolução portuária de Santo Antônio e processo de erosão costeira lateral, na Ilha de Fernando de Noronha.	50
Figura 2.1. Demarcação das 200 milhas náuticas que definem o mar territorial brasileiro.	58
Figura 2.2. a) localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) no Atlântico equatorial; b) vista geral do ASPSP a partir do satélite QuicBird® (Acervo do laboratório de Geomática do Departamento de Geologia da UFRN); c) vista área a partir de helicóptero. Foto: Thomas Campos.	61
Figura 2.3. Esboço topográfico do sistema de cristas-vales transversais que forma a zona da Fratura Transformante de São Paulo, Atlântico equatorial (GORINI, 1981; HEKINIAN <i>et al.</i> , 2000).	62
Figura 2.4. Mapa esquemático das correntes marinhas do Atlântico equatorial (BC=Corrente do Brasil; SEC=Corrente Sul Equatorial; ECC=Corrente Equatorial; NEC=Corrente Norte Equatorial. As setas indicam a direção do fluxo de água).	62
Figura 2.5. Perfil geológico interpretativo dos flancos norte e sul da cadeia transversal do ASPSP, que estão separados por uma falha transformante ativa de direção EW (HEKINIAN <i>et al.</i> , 2000).	63
Figura 2.6. Mapa geológico da área emersa do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atlântico equatorial (CAMPOS <i>et al.</i> , 2002, 2003a,b,c, 2004a,b,c,d, 2005a,b,c).	63
Figura 2.7. Amostras de mão representativas das rochas emersas do ASPSP. a) milonito peridotítico; b) milonito kaersutítico; c) milonito peridotítico serpentinizado, c1-superfície da amostra, c2-onde o diaclasamento se encontra realçado pela lixiviação do material serpentinítico, c3-milonito peridotítico serpentinizado, c4-milonito peridotítico com alto grau de serpentinização; d1) superfície da amostra do milonito bandado kaersutita-peridotítico; d2) milonito bandado kaersutita-peridotítico (bandas negras: níveis de kaersutita, bandas amarelas e acinzentadas: níveis de milonito peridotítico). Escalas em cm.	67
Figura 2.8. Fotomicrografia das rochas do ASPSP. a) milonito peridotítico com porfiroclastos de olivina envolvidos pela matriz milonítica. Salienta-se a existência de pequenos clastos de olivina derivados e a volta do porfiroclasto. Os grãos opacos são de espinélio (nicóis X); b) milonito peridotítico com porfiroclastos de enstatita. Os grãos opacos são de espinélios. Salienta-se a existência de serpentina nas microdiaclases (nicóis X); c) milonito kaersutítico com porfiroblastos de kaersutita de diferentes tamanhos, envolvido pela matriz kaersutítica. Os grãos opacos são de magnetita (nicóis X); d) milonito peridotítico, cuja matriz é formada pela alternância de níveis com diferentes graus de cominuição. Salienta-se a existência de porfiroclasto de olivina e de serpentina dentro das microdiaclases. Os grãos opacos são de espinélios e magnetita (nicóis X); e) milonito bandado kaersutita-peridotítico, NK: níveis kaersutíticos, NP: níveis peridotíticos. Salienta-se a existência de serpentina só nas microdiaclases dos níveis peridotíticos. Os grãos opacos são de espinélios (nicóis X); f) milonito peridotítico serpentinizado, com estrutura do tipo kernel, faixas castanha-amareladas: serpentina, faixas brancas: calcita (nicóis //).	68

Figura 2.9. Diagramas em rede estereográfica de igual área do conjunto de diaclases das rochas emersas do ASPSP. a) diagrama de contornos (% percentagem relativa) do conjunto de pólos das diaclases; b) planos dominantes no conjunto de medidas, juntamente com as medidas do bandamento kaersutita-peridotito; c) Diagrama de Riedel, mostrando o comportamento de uma rocha sujeita a um cisalhamento dextral. R1 são falhas sintéticas e R2 antitéticas, algumas vezes podem se desenvolver cisalhamentos sintéticos (P) e antitéticos (X). Dobras e outras feições contrativas são desenvolvidas associadas à compressão σ_1 , ao passo que σ_3 desenvolvem-se feições de extensão; d) contorno das ilhas, onde se pode perceber a similaridade entre formas lineares e formas estruturais propostas por Riedel quando sujeito a esforços cisalhantes (mesmo contexto da ZFSP); e) fotomicrografia de um porfiroblasto de espinélio fraturado pelo microfratura, com micro-rejeito dextral no milonito peridotítico (nicois //).	69
Figura 2.10. a) mapa geológico da Formação São Pedro e São Paulo. A-Unidade Atobás; B-Unidade Viuvinhas (CAMPOS <i>et al.</i> , 2002, 2003a, 2004a,d, 2006); b) Perfis AA' e BB' da Formação São Pedro e São Paulo (CAMPOS <i>et al.</i> , 2002, 2003, 2004). Legenda como na Figura 2.10a.	70
Figura 2.11. a) Formação São Pedro e São Paulo (ilha Sudeste); b) ortoconglomerado polimítico calcífero, desorganizado; c) conglomerado polimítico, com seixos do embasamento e da cobertura sedimentar mais antiga (ilha Belmonte); d) arenito calcífero, fossilífero, com níveis conglomeráticos mostrando estratificação gradacional (ilha Sudeste); e) algas calcárias (Melobésias) com tubos de vermes incrustadas em arenito calcífero (ilha Sudeste); f) Fósseis de barnacles com esqueleto de gastrópodes (ilha Sudeste).	71
Figura 2.12. Diagramas das composições normativas (CIPW) das rochas do ASPSP.	73
Figura 2.13. Diagramas de dispersão dos elementos maiores e traços das rochas miloníticas do ASPSP.	75
Figura 2.14. Diagrama Cr_2O_3 versus NiO. Campos dos tipos de peridotitos segundo Malpas & Stevens (1977).	76
Figura 2.15. a) diagrama catiônico ($FeO_{total}+Ti$)-Mg-Al, discriminando os campos das séries komatiíticas, toleítica e cálcio-alcálica (JESSENS, 1976); b-c) diagramas Al_2O_3 -MgO-CaO e FeO-MgO-(Na_2O+K_2O) discriminando os campos dos peridotitos metamórficos, cumulados e máficos de Coleman (1977).	76
Figura 2.16. Composição média dos elementos terras raras, normalizados para condritos (CI-chondrite de McDonough & Sun, 1995). a) dos milonitos peridotíticos do ASPSP; b) das rochas não-serpentinizadas e serpentinizadas da ilha Belmonte do ASPSP (Campos <i>et al.</i> , 2004b, 2005a,b,c).	77
Figura 3.1. Mapa geológico simplificado, com base na Geologia de Almeida (1955).	86
Figura 3.2. Vista da Lagoa da Viração.	87
Figura 3.3. Lagoa da Viração coberta pela <i>Pistia stratiotes</i> . Ao fundo, paredão de cerca de 100 metros de altura.	88
Figura 3.4. Vista do Mangue do Sueste.	88
Figura 3.5. a) testemunhos de sedimento coletados na Lagoa da Viração; b) testemunho coletado na Lagoa da Viração após a abertura; c) testemunho coletado no Mangue do Sueste.	91
Figura 3.6. a) carbono orgânico total; b) valores isotópicos ($\delta^{13}C$) em relação à profundidade dos solos e respectivas idades ^{14}C de fragmento de carvão (*) e fração húmica.	93
Figura 3.7. Diagrama polínico do testemunho coletado na Lagoa da Viração.	94
Figura 3.8. Litologia, datação ^{14}C , carbono orgânico total (COT), razão C/N e dados isotópicos ($\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$) das amostras do testemunho coletado na Lagoa da Viração.	95
Figura 3.9. Litologia, datação ^{14}C , carbono orgânico total (COT), razão C/N e dados isotópicos ($\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$) das amostras de sedimento coletado no Mangue do Sueste.	96
Figura 3.10. Diagrama polínico do testemunho coletado no Mangue do Sueste.	97
Figura 3.11. 1) Bignoneaceae (amostra 18-12 cm); 2) Chenopodiaceae/Amaranthaceae (amostra 18-12 cm); 3) Fabaceae (tipo <i>Andiroba</i> - polar/amostra 18-12 cm); 4) Fabaceae (equatorial/amostra 18-12 cm); 5) Solanaceae (<i>Solanum</i> /amostra 18-12 cm); 6) Poaceae (amostra 18-12 cm); 7) Convolvulaceae (<i>Ipomea</i> /amostra 18-12 cm); 8) Myrtaceae (amostra 18-12 cm); 9) Arecaceae (amostra 18-12 cm); 10) Apocynaceae (amostra 191-192 cm); 11) Asteraceae (amostra 191-192 cm); 12) Bombacaceae (amostra 32-34 cm); 13) Fabaceae (amostra 18-12 cm); 14) Apocynaceae? (<i>Aspidosperma</i> ? / amostra 44-46); 15) Euphorbiaceae (amostra 18-12 cm). Escala: 10µm.	98

Figuras 4.1 a 4.3. 1a) fenocristal de sanidina no tinguaito. Espalha-se na matriz de coloração acastanhada contendo aegirinaaugita e aegirina. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 1b) idêntica à anterior em luz polarizada evidenciando a macla de Carlsbad na sanidina; 2a) fenocristal de nefelina no fonolito, cristal límpido, com algumas fraturas e inclusões de pequenos cristais idiomórficos de piroxênio. Matriz clara contendo fenocristal de anfibólio. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 2b) idêntica à anterior em luz polarizada, textura holocristalina porfírica, com matriz de aegirina, feldspatos, nefelina e acessórios. LP. 3a) noseana, mineral do grupo da sodalita, como fenocristais no kali-gauteito. Observam-se dois fenocristais idiomórficos de coloração castanho-escuro com os bordos mais escuros devido a inclusões de microcristais de goethita e matriz clara microlítica contendo piroxênio e zeólitos. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 3b) noseana alterada no kali-gauteito. Largura do campo 1,4 milímetros.

110

Figuras 4.4 a 4.6. 4a) fenocristal de piroxênio titanogita no fonolito, com inclusões de pequenos cristais e matriz clara. LN. Largura do campo 0,55 milímetros; 4b) idêntica à anterior em luz polarizada, observa-se a textura holocristalina porfírica, com fenocristais e micrólitos de feldspato sanidina, nefelina e piroxênio. LP; 5a) fenocristais idiomórficos de piroxênio titanogita no monchiquito, são dois fenocristais de coloração castanho-claro homogênea espalhados na matriz de coloração castanha escura com piroxênio, opacos e zeólitos. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 5b) idêntica à anterior em luz polarizada, observa-se a birrefringência dos fenocristais de coloração amarelo-alaranjado em uma matriz com textura panidiomórfica porfírica, com fenocristais e micrólitos de titanogita, os zeólitos são isotrópicos (lado direito abaixo). LP. Largura do campo 1,4 milímetros; 6a) fenocristal idiomórfico de piroxênio titanogita, coloração verde com o centro lilás espalhado na matriz de coloração castanho-claro com pequenos cristais de piroxênio. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 6b) idêntica à anterior em luz polarizada, observa-se a birrefringência do fenocristal nos tons alaranjados com inclusões, em uma matriz holocristalina composta de piroxênio, nefelina e acessórios. LP.

111

Figuras 4.7 a 4.10. 7a) fenocristais prismáticos de piroxênio soda augita, de coloração esverdeada no fonolito, em matriz clara com tons amarelados. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 7b) idêntica à anterior em luz polarizada, os fenocristais ocorrem birrefringentes em tons de verde. A matriz é constituída de minerais félsicos; 8) piroxênio aegirina-augita que ocorre como pequenos cristais inclusos poiquilíticamente em um fenocristal de nefelina, no nefelinito. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 9) fenocristal de piroxênio formado por aegirinaaugita de coloração verde nos bordos e titanogita no centro de coloração lilás claro, matriz clara holocristalina no fonolito. LN. Largura do campo 0,55 milímetros; 10a) piroxênio aegirina que ocorre na forma prismática e acicular disposta em arranjo característico da textura tinguaitica. No tinguaito. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 10b) idêntica à anterior em luz polarizada, observa-se uma matriz holocristalina de minerais félsicos com os cristais de aegirina. LP.

112

Figuras 4.11 a 4.13. 11a) fenocristais idiomórficos de olivina crisolita, com faces prismáticas e terminações piramidais, incolor muito fraturada, espalha-se na matriz castanho-escuro com fenocristais menores e pequenos cristais arredondados brancos (analcita) e opacos. No ankaratrito. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 11b) idêntica à anterior em luz polarizada, birrefringência baixa e matriz microlítica com piroxênio, nefelina e magnetita. LP; 12a) fenocristal xenopseudomorfo, de coloração branco-acinzentado com os bordos vermelhos, matriz escura com opacos. No monchiquito. LN. Largura do campo 0,55 milímetros; 12b) idêntica à anterior em luz polarizada, observa-se que a olivina foi completamente alterada, substituída por carbonato de birrefringência alta, originando um pseudomorfo. A matriz é isotrópica contendo piroxênios, opacos e analcita. LP; 13a) fenocristais idiomórficos de olivina incolores com inclusão de material de alteração espalhados na matriz de coloração castanha escura. No nefelina basalto melanocrático (tannbuschito). LN. Largura do campo 3,8 milímetros; 13b) idêntica à anterior em luz polarizada, birrefringência dos fenocristais de coloração nos tons verdes e azuis, espalhados em uma matriz isotrópica, observa-se um cristal de nefelina em seção perpendicular ao eixo c (lado direito abaixo). LP.

113

Figuras 4.14 a 4.16. 14a) fenocristais de anfibólio titano-hornblenda, esverdeada. Matriz de coloração clara. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 14b) idêntica à anterior em luz polarizada, fenocristais de titano-anfibólio zonados com cores de birrefringência anômala de coloração castanha com os bordos mais claros. Matriz com textura holocristalina. No fonolito. LP; 15a) fenocristal de anfibólio poiquilítico, fortemente pleocróico nas cores avermelhadas. A matriz é castanha. No kali-gauteito. LN. 1,4 milímetros; 15b) idêntica à anterior em luz polarizada, alta birrefringência nas cores avermelhadas. LP; 16a) fenocristal de anfibólio, coloração avermelhada, com inclusões de apatita, opacos. Matriz acastanhada. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 16b) idêntica à anterior em luz polarizada, fenocristal de anfibólio ocorre maclado com alta birrefringência e cores de interferência nos tons avermelhados vivos. As esferas de analcita são isotrópicas. Todos estão esparsos na matriz holocristalina. No kali-gauteito. LP.

114

Figuras 4.17 a 4.19. 17a) fenocristal de titano-biotita, coloração castanha avermelhada, com inclusões de apatita e opacos, numa matriz castanha escura. No grazineto. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 17b) idêntica à anterior em luz polarizada, fenocristal de biotita com alta birrefringência. Matriz microlítica com material isotrópico, com piroxênio, nefelina, zeólitos e opacos. No grazineto. LP; 18a) fenocristal de biotita, coloração castanha, entre os fenocristais de nefelina; matriz com piroxênio, sanidina, nefelina, analcita. No Fonolito pórfiro. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 18b) idêntica à anterior em luz polarizada, fenocristal de biotita com alta birrefringência. Fenocristais de nefelina com alto grau de zeolitização, em matriz de nefelina, sanidina e analcita. No fonolito pórfiro. LP; 19a) apatita em cristais de coloração branca esparsos entre os grãos de piroxênio de coloração branco-castanho, em uma textura xenomórfica granular. No Piroxênio Perquineto. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 19b) idêntica à anterior em luz polarizada, apatita variando de clara a escura, com uma birrefringência fraca. Piroxênio com alta birrefringência ocorre nas cores magenta e cinza azulada. No piroxênio perquineto. LP.

115

Figuras 4.20-4.22. 20a) fenocristal de titanita, junto com a nefelina, coloração acastanhada, notam-se cristais de aegirina e aegirinaaugita em uma matriz félsica. No fonolito. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 20b) idêntica à anterior em luz polarizada, alta birrefringência da titanita na cor castanha, matriz holocristalina com textura tinguaitica. LP; 21a) zeólitos, em cristais preenchendo amídalas. Na matriz, ocorrem cristais verdes de piroxênio e magnetita. No nefelinito. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 21b) idêntica à anterior em luz polarizada, cristais de zeólito natrolita. Matriz holocristalina. No nefelinito. LP; 22a) fenocristal de perovskita (CaTiO₃), com alta refração de coloração castanho-avermelhado, no centro. Matriz de coloração clara com pequenos cristais de piroxênio. No kali gauteito. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 22b) idêntica à anterior em luz polarizada, observa-se a perovskita (no centro) com baixa birrefringência em cores de interferência nos tons avermelhados. Os fenocristais estão espalhados em uma matriz com textura holocristalina constituída de minerais félsicos com aspecto um tanto traquitóide. No fonolito. LP.

122

Figuras 4.23-4.27. 23) observam-se fenocristais de nefelina com alteração incipiente, pequenos cristais piroxênio no fonolito porfíritico. LP. Largura do campo 0,55 milímetros; 24) carbonatos em fragmento de calcário com laminação plana paralela com inclusões carbonáceas. LP. Largura do campo 0,55 milímetros; 25a) fenocristais idiomórficos de piroxênios e anfíbólios em matriz holocristalina. No monchiquito. LN Largura do campo 1,4 milímetros; 25b) idêntica a anterior em luz polarizada. LP; 26) tufo lítico constituído por rocha vulcano sedimentar epiclástica onde se observam bioclastos e carapaças consolidadas em uma matriz, micrítica. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 27) cristais de noseana no noseana fonolito. LN. Largura do campo 1,4 milímetros.	123
Figura 5.1. a) <i>Keijcyoidea amazonica</i> , valva direita; b) <i>Macrocyprina</i> sp., valva direita; c-d) Bairdiidae sp. indet. 1, c) valva direita, d) valva esquerda; e-f) Bairdiidae sp. indet. 2, e) valva esquerda, f) valva direita; g-h) <i>Glyptobairdia coronata</i> , g) valva direita, h) valva esquerda; i) <i>Neonesidea</i> sp., valva esquerda; j) <i>Triebelina sertata</i> , valva esquerda; k) <i>Kotoracythere inconspicua</i> , valva direita; l-m) <i>Paracytheridea batei</i> , l) valva direita, m) valva esquerda; n) <i>Cytherura</i> sp., valva direita; o) <i>Hemicytherura bradyi</i> , valva direita; p) <i>Pelluscistoma</i> sp., valva direita; q) <i>Radimella</i> ex. gr. <i>confragosa</i> , valva direita; r) <i>Tenedocythere?</i> sp., valva esquerda.	136
Figura 5.2. a) <i>Caudites seminudus</i> , valva direita; b-c) <i>Caudites</i> cf. <i>exmouthensis</i> , b) valva esquerda, c) valva direita; d) <i>Caudites obliquecostatus</i> , valva direita; e) <i>Orionina bradyi</i> , valva direita; f) <i>Neocaudites subimpressus</i> , valva esquerda; g) <i>Puriana convoluta</i> , valva esquerda; h) <i>Hermanites transoceanicus</i> , valva esquerda; i) <i>Loxoconcha (Loxocorniculum) tricornata</i> , valva esquerda; j-k) <i>Xestoleberis</i> sp. 1, j) valva direita, k) valva esquerda; l) <i>Xestoleberis</i> sp. 2, valva esquerda.	137
Figura 6.1. Novas ocorrências de peixes para o complexo insular oceânico Trindade-Martin Vaz. a) <i>Sargocentron bullisi</i> fotografado no Parcel das Tartarugas, Ilha da Trindade, a 10 m de profundidade, em 21/04/2007; b) <i>Caranx crysos</i> fotografado no Arquipélago Martin Vaz a 5 m de profundidade, em 03/04/2007; c) <i>Pempheris schomburgkii</i> fotografado na Praia das Cabritas, Ilha da Trindade, a 4 m de profundidade, em 25/03/2007; d) <i>Sphoeroides spengleri</i> fotografado na Praia do Lixo, Ilha da Trindade, a 7 m de profundidade, em 30/03/2007; e) <i>Clepticus brasiliensis</i> coletado na Praia da Calheta, Ilha da Trindade, a 7 m de profundidade, em 18/04/2007; f) <i>Stegastes pictus</i> coletado na Praia da Calheta, Ilha da Trindade, a 12 m de profundidade, em 18/04/2007. (Fotos: Hudson Pinheiro).	149
Figura 6.2. Pesca com espinhel pelágico ao largo da Ilha da Trindade. a) meca <i>Xiphias gladius</i> ; b) tubarão-azul <i>Prionace glauca</i> (fotos: Hudson Pinheiro).	150
Figura 6.3. Pesca com espinhel de fundo e lineiros ao largo da Ilha da Trindade e do Arquipélago Martin Vaz. a) badejo-pirajica <i>Mycteroperca venenosa</i> capturado por linha de fundo em Martin Vaz (foto: Dione José Krise); b) chernes <i>Epinephelus mystacinus</i> capturados por linha de fundo em Trindade (foto: Hudson Pinheiro); c) tubarões recifais <i>Carcharhinus perezi</i> capturados por espinhel de fundo em Martin Vaz (foto: Hudson Pinheiro).	151
Figura 6.4. Pesca recreacional (caça submarina) nos recifes rasos da Ilha da Trindade. a) garoupa-gato <i>Epinephelus adscensionis</i> (fotos submarinas: Hudson Pinheiro; demais fotos: Leandro Bugoni).	153
Figura 6.5. Proporção das classes de tamanho das capturas nas atividades recreacionais de caça e pesca de linha e anzol na Ilha da Trindade.	154
Figura 6.6. Mortandade natural de peixes na Ilha da Trindade. a) purfa <i>Melichthys niger</i> (foto: Pedro Welff Neto); b) João-cachaça <i>Holocentrus adscensionis</i> ; c) marimbá <i>Diplodus argenteus</i> (fotos: Hudson Pinheiro).	155
Figuras 7.1, 7.1a. <i>Rhincodon typus</i> Smith, 1828. Fotos: "Samuca" (adulto) e Fernando Moraes (juvenil). Figuras 7.2, 7.2a. <i>Ginglymostoma cirratum</i> (Bonaterre, 1778). Fotos: João P. Krajewski (adulto) e "Samuca" (juvenil). Figura 7.3. <i>Carcharias taurus</i> (Rafinesque, 1810). Foto: Otto B.F. Gadig (adulto, preservado). Figura 7.4. <i>Carcharhinus signatus</i> (Poey, 1868). Foto: Otto B.F. Gadig (adulto, preservado). Figura 7.5. <i>Carcharhinus longimanus</i> (Poey, 1861). Foto: Otto B.F. Gadig (adulto, preservado). Figura 7.6. <i>Carcharhinus galapagensis</i> (Snodgrass & Heller, 1905). Foto: Luiz Rocha (juvenil). Figuras 7.7, 7.7a. <i>Negaprion brevirostris</i> (Poey, 1868). Fotos: João P. Krajewski (adulto) e Cláudio L.S. Sampaio (juvenil). Figura 7.8. <i>Prionace glauca</i> (Linnaeus, 1758). Foto: Otto B.F. Gadig (adulto, preservado). Figura 7.9. <i>Sphyrna tiburo</i> (Linnaeus, 1758). Foto: Alfredo Carvalho Filho (adulto).	189
Figuras 7.10, 7.10a. <i>Sphyrna lewini</i> (Griffith & Smith, 1834). Fotos: Alfredo Carvalho Filho (juvenil, recém-coletado). Figuras 7.11, 7.11a, 7.11b. <i>Hippocampus reidi</i> Ginsburg, 1933. Fotos: Cláudio L.S. Sampaio (adulto) e Bertran M. Feitoza (juvenil). Figuras 7.12, 7.12a. <i>Scorpaenodes insularis</i> Eschmeyer, 1971. Fotos: Osmar Luiz Jr. (adulto) e João Luiz Gasparini (juvenil). Figura 7.13. <i>Anthias salmopunctatus</i> Lubbock & Edwards, 1981. Foto: João Luiz Gasparini (adulto). Figura 7.14. <i>Epinephelus morio</i> (Valenciennes, 1828). Foto: Carlos E.L. Ferreira (adulto). Figuras 7.15, 7.15a. <i>Epinephelus itajara</i> (Lichtenstein, 1822). Fotos: "Samuca" (adulto) e Cláudio L.S. Sampaio (juvenil).	190
Figuras 7.16, 7.16a. <i>Mycteroperca bonaci</i> (Poey, 1860). Fotos: Osmar Luiz Jr. (adulto) e Cláudio L.S. Sampaio (juvenil). Figura 7.17. <i>Gramma brasiliensis</i> Sazima, Gasparini & Moura, 1998. Fotos: Cláudio L.S. Sampaio (adulto). Figura 7.18. <i>Ocyurus chrysurus</i> (Bloch, 1791). Foto: Luiz Rocha (adulto). Figuras 7.19, 7.19a. <i>Lutjanus analis</i> (Cuvier, 1828). Fotos: Osmar Luiz Jr. e Bertran M. Feitoza (adultos). Figuras 7.20, 7.20a. <i>Rhomboplites aurorubens</i> (Cuvier, 1829). Fotos: Alfredo Carvalho Filho (adultos e juvenil).	191
Figuras 7.21, 7.21a. <i>Prognathodes obliquus</i> (Lubbock & Edwards, 1980). Fotos: Osmar Luiz Jr. e Bertran M. Feitoza (adultos). Figuras 7.22, 7.22a. <i>Stegastes rocasensis</i> (Emery, 1972). Fotos: João P. Krajewski (adulto) e Bertran M. Feitoza (juvenil). Figuras 7.23, 7.23a. <i>Stegastes sanctipauli</i> (Lubbock & Edwards, 1981). Fotos: Osmar Luiz Jr. (adulto) e João Luiz Gasparini (jovem). Figura 7.24. <i>Stegastes fuscus trindadensis</i> Gasparini Moura & Sazima, 1999. Foto: João Luiz Gasparini (juvenil).	192

Figuras 7.25, 7.25a. <i>Scarus trispinosus</i> (Valenciennes, 1840). Fotos: Bertran M. Feitoza (adulto e juvenil).	193
Figuras 7.26, 7.26a. <i>Bodianus insularis</i> Gomon & Lubbock, 1979. Fotos: João Luiz Gasparini (adulto) e Bertran M. Feitoza (juvenil). Figuras 7.27, 7.27a. <i>Pseudopercis numida</i> (Miranda-Ribeiro, 1903). Fotos: Alfredo Carvalho Filho (macho e fêmea, ambos adultos e recém-coletados). Figura 7.28. <i>Enneanectes smithi</i> (Lubbock & Edwards, 1981). Foto: João Luiz Gasparini (adulto). Figura 7.29. <i>Storrsia olsoni</i> Dawson, 1982. Foto: Cláudio L.S. Sampaio (adultos). Figura 7.30. <i>Scartella poiti</i> Rangel, Gasparini & Guimarães, 2004. Foto: João Luiz Gasparini (adulto).	193
Figura 7.31. <i>Acyrtus pauciradiatus</i> Sampaio, Nunes & Mendes, 2004. Foto: Cláudio L.S. Sampaio (adulto).	194
Figura 7.32. <i>Elacatinus pridisi</i> Guimarães, Gasparini & Rocha, 2004. Foto: João Luiz Gasparini (adulto). Figura 7.33. <i>Elacatinus figaro</i> Sazima, Moura & Rosa, 1996. Foto: Cláudio L.S. Sampaio (adulto).	194
Figura 8.1. Localização dos três principais sítios reprodutivos de <i>Chelonia mydas</i> no Brasil.	205
Figura 8.2. Indivíduos adultos de <i>Chelonia mydas</i> . a) fêmea desovando (foto: Marta Granville); b) macho (foto: Claudio Bellini); c) cópula (foto: Zaira Matheus).	206
Figura 8.3. Principais praias de desova de <i>Chelonia mydas</i> em ilhas oceânicas brasileiras. a) Praia do Leão, Arquipélago de Fernando de Noronha; b) Ilha do Farol, Atol das Rocas (foto: Zaira Matheus); c) Praia das Tartarugas, Ilha da Trindade.	207
Figura 8.4. Sazonalidade reprodutiva de <i>Chelonia mydas</i> em ilhas oceânicas brasileiras.	208
Figura 8.5. Frequência relativa do número de desovas por fêmeas de <i>Chelonia mydas</i> em ilhas oceânicas brasileiras.	209
Figura 8.6. Frequência relativa de fêmeas de <i>Chelonia mydas</i> em relação ao intervalo de remigração reprodutiva em ilhas oceânicas brasileiras.	210
Figura 8.7. Coleta de sangue de macho de <i>Chelonia mydas</i> em reprodução na Reserva Biológica do Atol das Rocas. (foto: Marta Granville).	211
Figura 8.8. Coleta de dados biométricos de adultos de <i>Chelonia mydas</i> na Reserva Biológica Marinha do Atol das Rocas. a) medidas curvilíneas da carapaça (foto: Zaira Matheus); b) retilíneas da carapaça (foto: Zaira Matheus); c) peso (foto: Marta Granville).	212
Figura 8.9. Indivíduos juvenis das espécies: a) <i>Eretmochelys imbricata</i> ; b) <i>Chelonia mydas</i> . Fotos: Zaira Matheus.	214
Figura 8.10. Captura de indivíduos juvenis de tartarugas marinhas por meio de mergulho: a) livre; b) autônomo. Fotos: Zaira Matheus.	215
Figura 8.11. Coleta de dados biométricos de tartarugas marinhas jovens no Atol das Rocas. a) medidas curvilíneas da carapaça; b) retilíneas da carapaça; c) peso. Fotos: Marta Granville.	216
Figura 8.12. Coleta de sangue de tartarugas marinhas jovens no Atol das Rocas. Foto: Marta Granville.	216
Figura 9.1. Localização da Ilha da Trindade no oceano Atlântico sul, locais da Ilha mencionados no texto e localização aproximada das colônias do petrel-de-trindade <i>Pterodroma arminjoniana</i> (círculos laranja).	226
Figura 9.2. Morfo claro de <i>Pterodroma arminjoniana</i> com filhote. Foto: Leandro Bugoni.	235
Figura 9.3. Casal de morfo escuro de <i>Pterodroma arminjoniana</i> com filhote de um dia de vida. Foto: Leandro Bugoni.	235
Figura 9.4. Morfo intermediário de <i>Pterodroma arminjoniana</i> incubando. Foto: Leandro Bugoni.	235
Figura 9.5. Postura corporal assumida por <i>Pterodroma arminjoniana</i> para pescar na superfície da água. Ilustração: Jorge B. Nacinovic.	238
Figura 9.6. Corte aérea de casal de <i>Pterodroma arminjoniana</i> no momento em que emite vocalização (bico aberto). Foto: Leandro Bugoni.	242
Figura 9.7. Corte de casal de <i>Pterodroma arminjoniana</i> em solo. Ilustração: Jorge B. Nacinovic.	243
Figura 9.8. Postura corporal assumida pelo casal de <i>Pterodroma arminjoniana</i> durante a emissão da vocalização básica na corte. Ilustração: Jorge B. Nacinovic.	243
Figura 9.9. Postura corporal assumida pelo casal de <i>Pterodroma arminjoniana</i> durante a emissão do "canto da corte". Ilustração: Jorge B. Nacinovic.	244
Figura 9.10. Ninhos de <i>Pterodroma arminjoniana</i> com pequenas pedras. Foto: F.P. Fonseca-Neto.	246
Figura 9.11. Ninhos de <i>Pterodroma arminjoniana</i> com forração vegetal. Foto: Leandro Bugoni.	247

Figura 9.12. Momento da eclosão de filhote de <i>Pterodroma arminjoniana</i> . Foto: F.P Fonseca Neto.	249
Figura 9.13. Nascimento de filhote de <i>Pterodroma arminjoniana</i> com adulto no ninho. Foto: Leandro Bugoni.	250
Figura 9.14. Filhote de <i>Pterodroma arminjoniana</i> com um dia de vida. Foto: Leandro Bugoni.	251
Figura 9.15. Filhote de <i>Pterodroma arminjoniana</i> com aproximadamente 100 dias de vida. Foto: F.P Fonseca-Neto.	252
Figura 9.16. Curva do crescimento da cauda de filhotes de <i>Pterodroma arminjoniana</i> na Ilha da Trindade, Atlântico sul.	252
Figura 9.17. Curva composta da aquisição de massa corporal de 35 filhotes de <i>Pterodroma arminjoniana</i> na Ilha da Trindade, Atlântico sul.	254
Figura 9.18. Curva composta para o crescimento do bico de 33 filhotes de <i>Pterodroma arminjoniana</i> na Ilha da Trindade, Atlântico sul.	255
Figura 9.19. Curva composta para o crescimento do tarso de 12 filhotes de <i>Pterodroma arminjoniana</i> na Ilha da Trindade, Atlântico sul.	256
Figura 9.20. <i>Gecarcinus lagostoma</i> predando ovo de <i>Pterodroma arminjoniana</i> . Foto: Leandro Bugoni.	257
Figura 10.1. Atobá-marrom <i>Sula leucogaster</i> . Foto: Fabio B. Pereira	268
Figura 10.2. Atobá-mascarado <i>Sula dactylatra</i> . Foto: Luciano Saraceni.	270
Figura 10.3. Atobá-de-pé-vermelho <i>Sula sula</i> . Foto: Lisandro de Almeida.	271
Figura 10.4. Localidades amostradas.	274
Figura 10.5. Auto-radiografias evidenciando o padrão de bandas após hibridação com sondas de minisatélites multilocais. a-b) amostras de seis indivíduos de <i>Sula sula</i> (V1-6) e <i>Sula leucogaster</i> (ND1-14) hibridadas com as sondas 33.6 e 33.15, respectivamente; c-d) amostras de indivíduos de três colônias reprodutivas de <i>Sula leucogaster</i> hibridadas com as sondas 33.6 e 33.15, respectivamente. M=Ilhas Moleques do Sul; R=Atol das Rocas; A=Arquipélago de São Pedro e São Paulo.	275
Figura 11.1. Golfinhos-nariz-de-garrafa <i>Tursiops truncatus</i> nas proximidades do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Foto: Maurício Tavares.	287
Figura 11.2. Golfinhos-nariz-de-garrafa <i>Tursiops truncatus</i> avistados nas proximidades do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Foto: Maurício Tavares.	287
Figura 11.3. Posição das avistagens de cetáceos realizadas durante o trajeto entre o Rio Grande do Norte e o Arquipélago de São Pedro e São Paulo.	289
Figura 11.4. Baleia-de-bico-de-Cuvier <i>Ziphius cavirostris</i> avistada no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Foto: Maurício Tavares.	290
Figura 11.5. Golfinho-nariz-de-garrafa <i>Tursiops truncatus</i> fotografado nas proximidades do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, com rêmoras aderidas ao corpo. Foto: Munir Mehse.	291
Figura 11.6. Golfinho-nariz-de-garrafa <i>Tursiops truncatus</i> foto-identificado no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, apresentando despigmentação na pele. Foto: Maurício Tavares.	292
Figura 11.7. Golfinho-nariz-de-garrafa <i>Tursiops truncatus</i> foto-identificado no Arquipélago de São Pedro e São Paulo em 2005. O espécime foi primeiramente registrado na região em 1999. Foto: Maurício Tavares.	292
Figura 11.8. a) Pesquisador com balestra utilizada para a coleta de amostra de tecido dos golfinhos-nariz-de-garrafa; b) balestra com dardo e ponteira; c) detalhe da ponteira utilizada e da amostra de tecido de um golfinho-nariz-de-garrafa. Fotos: Maurício Tavares (A,C) e Paulo Ott (B).	294
Figura 12.1. Baía dos Golfinhos, Ilha de Fernando de Noronha. Foto: José Martins da Silva-Jr.	306
Figura 12.2. Monitoramento de <i>Stenella longirostris</i> a partir da Baía dos Golfinhos, Ilha de Fernando de Noronha. Foto: José Martins da Silva-Jr.	307
Figura 12.3. Observações do comportamento subaquático de <i>Stenella longirostris</i> utilizando-se de mergulho livre. Foto: José Martins da Silva-Jr.	308
Figura 12.4. Estudo da interação de <i>Stenella longirostris</i> com os barcos de turismo no Arquipélago de Fernando de Noronha. Foto: arquivo Projeto Golfinho Rotador.	309
Figura 12.5. Excursão de campo para atividades de Educação Ambiental com alunos da Escola Arquipélago Fernando de Noronha, Ilha de Fernando de Noronha. Foto: José Martins da Silva-Jr.	311

Figura 12.6. Comportamento de descanso de <i>Stenella longirostris</i> na Baía dos Golfinhos, Ilha de Fernando de Noronha. Foto: José Martins da Silva-Jr.	313
Figura 12.7. Comportamento de cópula de <i>Stenella longirostris</i> na Baía dos Golfinhos, Ilha de Fernando de Noronha. Foto: José Martins da Silva-Jr.	314
Figura 12.8. Comportamento de amamentação de <i>Stenella longirostris</i> na Baía dos Golfinhos, Ilha de Fernando de Noronha. Foto: José Martins da Silva-Jr.	315
Figura 12.9. Atividade aérea de rotação em <i>Stenella longirostris</i> em Fernando de Noronha. Foto: José Martins da Silva-Jr.	315
Figura 12.10. Coalizão de machos “de guarda” em <i>Stenella longirostris</i> no Arquipélago de Fernando de Noronha. Foto: José Martins da Silva-Jr.	317
Figura 12.11. Comportamento “de guarda” a tubarão executado por <i>Stenella longirostris</i> no Arquipélago de Fernando de Noronha. Foto: José Martins da Silva-Jr.	318
Figura 12.12. Comportamento “de guarda” a barcos de turismo executado por <i>Stenella longirostris</i> no Arquipélago de Fernando de Noronha. Foto: José Martins da Silva-Jr.	318
Figura 12.13. Comportamento “de guarda” a pesquisadores por <i>Stenella longirostris</i> no Arquipélago de Fernando de Noronha. Foto: José Martins da Silva-Jr.	319
Figura 13.1. O mocó <i>Kerodon rupestris</i> introduzido no Arquipélago de Fernando de Noronha entre 1967 e 1969 com fins de caça esportiva. Foto: Parnamar de Fernando de Noronha.	337
Figura 13.2. O Mangue do Sueste, em Fernando de Noronha, é um ambiente sensível como os demais mangues, agravado pelo pequeno tamanho e isolamento, tratando-se do único mangue em ilhas oceânicas no Atlântico sul. Foto: Jules Soto	338
Figura 13.3. Antiga base estadunidense denominada Posto de Observação de Teleguiados, que desenvolveu diversas atividades profiláticas e ambientalmente desastrosas entre 1957 e 1965. Foto: Jules Soto.	338
Figura 13.4. Explosão populacional de ouriços-brancos <i>Tripneustes ventricosus</i> observada após a construção do molhe na Baía de Santo Antônio em Fernando de Noronha. Foto: Jules Soto.	339
Figura 13.5. Manada de cabras da raça Bhuj, trazidas da Índia com o objetivo de introduzir a raça no sertão nordestino. Em Fernando de Noronha vinte espécimes foram levados para quarentena em novembro de 1969, não mais saindo. Foto: Jules Soto.	340
Figura 13.6. Plantas flutuantes introduzidas nos açudes de Fernando de Noronha que muito provavelmente serviram de vetores para a introdução de espécies exóticas. Foto: Jules Soto.	341
Figura 13.7. Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade, implantado em 1957 como contribuição ao Ano Geofísico Internacional e mantido até hoje pela Marinha do Brasil com um destacamento militar permanente. Foto: Jules Soto.	344
Figura 13.8. Caranguejo terrestre <i>Gecarcinus lagostoma</i> , amplamente disseminado na Ilha da Trindade e com fortes indícios de que seja uma espécie introduzida, causando grandes impactos na flora e fauna local. Foto: Jules Soto.	345
Figura 14.1. Mapa do Atlântico mostrando a localização das quatro ilhas oceânicas brasileiras estudadas. Legenda: AR=Atol das Rocas, FN=Arquipélago de Fernando de Noronha, ASPSP=Arquipélago de São Pedro e São Paulo e IT=Ilha da Trindade.	357
Figura 14.2. Maíra Ventura durante observação de campo no lado externo do Atol das Rocas. Esta técnica é o primeiro passo para o estudo, sendo empregada para determinar os melhores pontos de amostragem e caracterizar visualmente o ambiente e as espécies. Foto: Fernando Moraes.	357
Figura 14.3. Leandro Monteiro fotografando esponja no interior da Caverna da Sapata, Fernando de Noronha. A fotografia <i>in vivo</i> das espécies permite registrar detalhes morfológicos externos fundamentais para a taxonomia das esponjas. Foto: Fernando Moraes.	358
Figura 14.4. Diogo Pagnoncelli filmando <i>Xestospongia muta</i> em Fernando de Noronha. A filmagem submarina das esponjas permite o registro mais próximo do real de interações ecológicas e fenômenos fisiológicos como ataque de predadores e padrões de liberação de gametas. Além disso, as imagens de vídeo podem ser um forte meio de divulgação de informações científicas para um público abrangente. Foto: Fernando Moraes.	358
Figura 14.5. Leandro Monteiro coletando esponja em Fernando de Noronha. A coleta de material biológico é fundamental para a taxonomia, pois gera material base para a descrição e identificação das espécies. Para as esponjas, especialmente em locais pouco estudados, onde as principais espécies ainda não foram identificadas, sem material testemunho não há possibilidade de identificação segura das espécies. Foto: Fernando Moraes.	359

Figura 14.6. Fenda, Atol das Rocas. Exemplo de ambiente críptico, com alta diversidade e densidade de esponjas e acessível apenas por mergulho. a) visão geral de uma das fendas encontradas no platô recifal (maré baixa), a estreita abertura esconde galerias que chegam a 7 m de profundidade e ramificam-se até o bordo do recife; b) interior de uma das fendas, nas quais as esponjas dominam o substrato: esponja-branca <i>Topsentia ophiraphidites</i> e esponja amarela <i>Aplysina muricyana</i> . Fotos: Guilherme Muricy.	359
Figura 14.7. a-b) <i>Pachataxa lutea</i> ; c-d) <i>Hermimyscale</i> sp. n., Arquipélago de São Pedro e São Paulo. a) exemplar <i>in vivo</i> , destacando-se a cor amarela brilhante e a superfície estirada bem característica; b) exemplar fixado; c) exemplar <i>in vivo</i> , destacando-se a cor vermelha-rosada brilhante e os crivos diagnósticos na superfície; d) exemplar fixado. Fotos: Fernando Moraes.	361
Figura 14.8. Liberação de muco, provavelmente contendo ovócitos e/ou embriões da esponja <i>Agelas dispar</i> , Fernando de Noronha. Segundo registros de mergulhadores locais, diversos exemplares desta espécie apresentaram este comportamento durante aproximadamente três dias em 2004, em diferentes pontos do Arquipélago. Foto: Marta Granville.	363
Figura 14.9. Daniela Batista observando e registrando o comportamento alimentar do peixe <i>Pomacanthus paru</i> no Atol das Rocas. Neste caso, a apnéia mostrou-se a técnica de mergulho ideal, causando menos distúrbio no ambiente, por ser silenciosa, e permitiu a pesquisadora uma maior aproximação da espécie alvo. A maior mobilidade da pesquisadora, apenas com equipamento básico de apnéia, também foi uma vantagem durante o processo de acompanhamento do peixe. Foto: Guilherme Muricy.	364
Figura 15.1. Localização geográfica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, com discriminação de suas ilhotas e localização da Estação Científica (Fonte: modificado de http://www.ufrgs.br/fotografia/port/05_portfolio/glauc_caon/geo_index.htm)	374
Figura 15.2. a) mímicas de algas dispostas nas poças; b) coleta das mesmas em poças de marés no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil (fotos: Alessandra Prates Botelho).	375
Figura 15.3. a) lavagem do material em peneiras geológicas; b) estocagem e fixação do material em potes plásticos (fotos: Geruso Vieira de Miranda Júnior).	375
Figura 15.4. Frequência de ocorrência (%) dos grupos da meiofauna nas mímicas.	376
Figura 15.5. Variação do número de <i>taxa</i> da meiofauna nas mímicas ao longo do experimento.	377
Figura 15.6. Abundância relativa (%) dos grupos dominantes nas mímicas ao longo do período do experimento.	377
Figura 15.7. Variação da densidade da meiofauna nas mímicas de algas ao longo do experimento.	377
Figura 15.8. Abundância relativa dos gêneros de Nematoda mais abundantes nas mímicas.	380
Figura 15.9. Abundância relativa (%) dos tipos tróficos (WIESER, 1953) dos gêneros de Nematoda encontrados nas mímicas ao longo do período do experimento.	380
Figura 15.10. Abundância (%) dos principais gêneros de Nematoda encontrados nas mímicas ao longo período do experimento.	381
Figura 15.11. Análise multidimensional (mds) para a nematofauna encontrada nas mímicas das algas.	381
Figura 16.1. Abundância dos principais grupos meiofaunísticos observados nos pontos de coleta no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (PS=poça sem renovação de água; PC= poça com renovação de água; E4=Enseada 4 m; E8=Enseada 8 m).	392
Figura 16.2. Densidade dos principais grupos meiofaunísticos observados nos pontos de coleta no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (PS=poça sem renovação de água; PC=poça com renovação de água; E4=Enseada 4 m; E8: Enseada 8 m).	392
Figura 16.3. Ordenação Não Métrica dos locais coletados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, considerando a meiofauna no nível de grandes grupos.	393
Figura 16.4. Abundância dos principais gêneros de Nematoda nos locais coletados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (PS=poça sem renovação de água; PC=poça com renovação de água; E4=Enseada 4 m; E8=Enseada 8 m).	395
Figure 17.1. Map of Fernando de Noronha.	402
Figure 17.2. a) <i>Micromelo undata</i> ; b) <i>Stylocheilus striatus</i> ; c-d) <i>Caliphylla mediterranea</i> ; e-f) <i>Elysia ornata</i> ; g) <i>Elysia flava</i> ; h) <i>Pleurobranchus areolatus</i> . Photos: Jesús S. Troncoso and Francisco García.	405
Figure 17.3. <i>Caliphylla mediterranea</i> . a) Cerata; b) ventral view of the anterior part of the body.	406
Figure 17.4. <i>Caliphylla mediterranea</i> , radular teeth.	407
Figure 17.5. <i>Elysia ornata</i> . a) radular teeth; b) SEM image of the radula.	408
Figure 17.6. <i>Pleurobranchus areolatus</i> . SEM images. a) jaw plates; b-c) innermost teeth; d) lateral teeth.	410

Figure 17.7. <i>Berthella stellata</i> , external anatomy.	411
Figure 17.8. <i>Berthella stellata</i> . a) jaw plates; b) internal teeth; c) lateral teeth; d) outer lateral teeth.	411
Figure 17.9. a) <i>Aegires absalaoi</i> ; b) <i>Chromodoris clenchi</i> , dorsal view; c) <i>Chromodoris clenchi</i> , ventral view; d-e) <i>Platydorís angustipes</i> ; f-g) <i>Dendrodoris senegalensis</i> ; h) <i>Phidiana riosi</i> . Photos: Jesús S. Troncoso and Francisco García.	413
Figure 17.10. <i>Aegires absalaoi</i> , external anatomy.	414
Figure 17.11. <i>Aegires absalaoi</i> . a) scanning electron micrographs of jaw; b) detail of the radular teeth.	414
Figure 17.12. <i>Platydorís angustipes</i> . a) internal teeth; b-c-d) lateral teeth; e) outermost teeth.	416
Figure 17.13. <i>Platydorís angustipes</i> , reproductive system.	417
Figura 18.1. Localização da área de estudo: Arquipélago de São Pedro e São Paulo (retirado de GÓES & LINS-OLIVEIRA, no prelo).	427
Figura 18.2. Partes das mandíbulas (bicos) inferior e superior de cefalópodes.	428
Figura 18.3. Percentagem de ocorrência dos exemplares de cefalópodes (n=267) identificados nos conteúdos estomacais das espécies de peixes pelágicos capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.	429
Figura 19.1. Vista aérea do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, com uma ilustração cartográfica da disposição geográfica das ilhas (fonte: adaptado de GÓES & LINS-OLIVEIRA, no prelo).	450
Figura 19.2. Estrutura populacional de <i>Panulirus echinatus</i> do Arquipélago São Pedro e São Paulo (amostras realizadas entre junho/1998 e setembro/1999). a) distribuição das classes de comprimento total para machos e fêmeas; b) distribuição das classes de peso total para machos e fêmeas; c) correlação entre peso e comprimento para machos (quadrado) e fêmeas (triângulo) (fonte: adaptado de PINHEIRO <i>et al.</i> , 2003).	452
Figura 19.3. Razão sexual em cada uma das classes de comprimento de <i>Panulirus echinatus</i> coletadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (amostras realizadas entre junho/1998 e setembro/1999). Os quadrados preenchidos representam diferenças significativas na proporção entre sexos (* = $p < 0.05$) (fonte: adaptado de PINHEIRO <i>et al.</i> , 2003).	454
Figura 19.4. Distribuição das classes de comprimento total de fêmeas de <i>Panulirus echinatus</i> (n = 654 indivíduos) coletadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. A linha tracejada indica o tamanho (13,5 cm) em que 50% dos indivíduos da população encontram-se em idade reprodutiva (L_{50}) (fonte: adaptado de PINHEIRO & LINS-OLIVEIRA, 2006).	454
Figura 19.5. Volume percentual dos itens alimentares presentes nos estômagos de <i>Panulirus echinatus</i> coletadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo e analisados por GÓES & LINS-OLIVEIRA (no prelo). 1) item composto por grupos taxonômicos que apresentaram baixa frequência de ocorrência (i.e. hidrozoários, briozoários, gorgônias, corais e poliquetas); 2) o item material sintético foi quantificado por apresentar um grande volume percentual nos estômagos, apesar de evidentemente ter sido ingerido acidentalmente.	457
Figura 19.6. Morfologia interna do estômago de <i>Panulirus echinatus</i> . Em detalhe, o moinho gástrico com os três dentes opostos responsáveis por triturar o alimento.	458
Figura 20.1. <i>Grapsus grapsus</i> (LINNAEUS, 1758) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.	466
Figura 20.2. a) <i>Grapsus grapsus</i> ; b) localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (adaptado de BOWEN, 1966) e da ilha Belmonte (adaptado de FEITOZA <i>et al.</i> , 2003).	469
Figura 20.3. Análise de regressão em machos de <i>Grapsus grapsus</i> para a relação biométrica (a) do comprimento do própodo (CP) (n = 370) e (b) comprimento do gonopódo (CG) (n = 374) pela largura cefalotorácica (LC).	471
Figura 20.4. Análise de regressão em fêmeas de <i>Grapsus grapsus</i> para a relação biométrica da largura do abdômen (LA) pela largura da carapaça (LC) (n = 315).	471
Figura 20.5. Curva de maturidade fisiológica de <i>Grapsus grapsus</i> para (a) machos (n = 288) e (b) fêmeas (n = 303).	472
Figura 20.6. a) fêmea ovígera de <i>Grapsus grapsus</i> ; b) proporção de machos, fêmeas não ovígeras e fêmeas ovígeras em cada estação do ano, entre fevereiro/2003 e maio/2005.	473
Figura 20.7. Ovos de <i>Grapsus grapsus</i> no estágio (a) intermediário e (b) final de desenvolvimento.	473
Figura 20.8. a) gráfico de dispersão e função potência da fecundidade (número de ovos = NO) pelo tamanho da fêmea (largura da carapaça = LC) de <i>Grapsus grapsus</i> com ovos em estágio inicial, intermediário e final (b) média e desvio da fecundidade (NO) nas classes de tamanho (LC) para ovos em estágios inicial e intermediário.	474

Figura 20.9. Curvas de Crescimento segundo Bertalanffy para machos (a) e fêmeas (b) de <i>Grapsus grapsus</i> do Arquipélago de São Pedro e São Paulo.	475
Figura 20.10. Abundância de larvas de <i>Grapsus grapsus</i> (média e desvio padrão) ao redor do arquipélago (a) e na enseada (b). * as amostras da enseada de março/2004 (verão) ainda estão sendo analisadas; c) larva zoé de <i>G. grapsus</i> .	475
Figura 20.11. Observações sobre o comportamento de <i>Grapsus grapsus</i> no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. a) pré-cópula; b), c) cópula; d) liberação das larvas; e) ventilação da massa de ovos; f), g) ecdise; h) caranguejo mutilado.	479
Figura 20.12. Observações sobre o comportamento de <i>Grapsus grapsus</i> no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. a), b), c) canibalismo; d) predação de filhote do atobá <i>Sula leucogaster</i> ; e) predação de filhote de viuvinha <i>Anous</i> sp.; f) consumo de ecdises; g) consumo de restos de peixes; h) caranguejo com cicatriz de bicada na carapaça.	480
Figura 21.1. a) localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (adaptado de BOWEN, 1966) e da ilha Belmonte (adaptado de FEITOZA <i>et al.</i> , 2003); b) vista da ilha Belmonte e da enseada.	489
Figura 21.2. a) coleta noturna em mar aberto; b) coleta diurna na enseada.	490
Figura 21.3. Composição do zooplâncton no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, excluído o grupo Copepoda em março de 2004.	491
Figura 21.4. Abundância média ($\text{ind} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$) das larvas de invertebrados e peixes e de ovos no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, em março de 2004.	491
Figura 21.5. Abundância (média e desvio padrão) do zooplâncton no Arquipélago de São Pedro e São Paulo coletados durante a noite e o dia (a) em diferentes distâncias da ilha Belmonte e (b) na enseada.	492
Figura 21.6. Abundância (média e desvio padrão) de (a) larvas de decápodes, (b) copépodes e (c) eufausiáceos, coletados em três diferentes distâncias no entorno do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, à noite e de dia, nas quatro estações do ano (outono/2003, inverno/2003, primavera/2003 e verão/2004).	493
Figura 21.7. Porcentagem de ocorrência das larvas de Dendrobranchiata, Caridea, Palinuridea, Brachyura e Stomatopoda nas coletas da (a) enseada e (b) ao redor do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, de dia e à noite, nas quatro estações do ano.	494
Figura 21.8. a) larva Trochophora de Polychaeta; b-c) Copepoda; d) larva de Gastropoda; e) zoea de Brachyura; f) larva de <i>Scyllarides</i> sp.; g) fêmea de <i>Euphausia americana</i> ; h) fêmea de <i>Thysanopoda aequalis</i> ; i) furcilia II de <i>Stylocheiron carinatum</i> ; j) fêmea de <i>Thysanopoda tricuspidata</i> ; k) Larvacea, <i>Oikopleura</i> ; l) ovos de peixe com estruturas adesivas; m) ovos de peixes com desenvolvimento embrionário avançado; n-o) larvas de peixes.	495
Figura 21.9. Abundância (média e desvio padrão) de (a) ovos de peixes e (b) larvas de peixes coletados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, a noite e de dia, nas quatro estações do ano (outono/2003, inverno/2003, primavera/2003 e verão/2004).	496

Lista de tabelas

Tabela 3.1. Locais de amostragem na Ilha de Fernando de Noronha.	89
Tabela 3.2. Datação ¹⁴ C das amostras de sedimentos e fragmentos de conchas coletados na Lagoa da Viração (Vir) e no Mangue do Sueste (SE).	97
Tabela 5.1. Ilha da Trindade: dados abióticos por amostra.	129
Tabela 5.2. Atol das Rocas: dados abióticos por amostra.	130
Tabela 5.3. Ilha da Trindade: distribuição das espécies por amostra (c=carapaça; v= valva).	131
Tabela 5.4. Atol das Rocas: distribuição das espécies por amostra (c=carapaça; v=valva).	134
Tabela 5.5. Comparação entre a composição da ostracofauna da Ilha da Trindade e do Atol das Rocas.	135
Tabela 6.1. Novas ocorrências de peixes para o complexo insular oceânico Trindade-Martin Vaz	148
Tabela 6.2. Espécies capturadas nas atividades recreacionais de caça submarina e pesca com linha e anzol na Ilha da Trindade.	152
Tabela 6.3. Espécies, categoria trófica, habitat e frequência de enalhe das espécies envolvidas com a mortalidade natural de peixes na Ilha da Trindade.	155
Tabela 8.1. Análise dos ninhos de <i>Chelonia mydas</i> nos sítios reprodutivos.	209
Tabela 8.2. Intervalos internidais realizados por fêmeas de <i>Chelonia mydas</i> em ilhas oceânicas brasileiras	210
Tabela 8.3. Comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) em fêmeas de <i>Chelonia mydas</i> em ilhas oceânicas brasileiras.	211
Tabela 8.4. Amplitude, média e desvio padrão dos parâmetros morfométricos de <i>Chelonia mydas</i> capturadas no Atol das Rocas.	212
Tabela 9.1. Medidas de adultos do petrel-de-trindade <i>Pterodroma arminjoniana</i> (machos e fêmeas em conjunto) obtidos em campo na Ilha da Trindade e de espécimes depositados no MNRJ/UFRJ, MF e AMNH.	237
Tabela 9.2. Análise da distância entre ninhos de <i>Pterodroma arminjoniana</i> na Ilha da Trindade, Atlântico sul.	246
Tabela 10.1. Resultados da análise dos padrões de bandas obtidos entre indivíduos de três espécies de atobá de diferentes colônias reprodutivas.	276
Tabela 10.2. Múltiplas comparações entre os valores médios de dissimilaridade (1–CBC) das três populações de atobá-marrom analisadas (teste MRPP).	277
Tabela 11.1. Lista dos cetáceos avistados durante o trajeto entre o Rio Grande do Norte e o Arquipélago de São Pedro e São Paulo, desde o ano de 2000, com suas respectivas posições geográficas.	289
Tabela 11.2. Lista de haplótipos encontrados nas populações estudadas do golfinho-nariz-de-garrafa <i>Tursiops truncatus</i> .	295
Tabela 11.3. Valores de <i>F_{st}</i> obtidos a partir da análise de DNA mitocondrial, entre as distintas populações do golfinho-nariz-de-garrafa <i>Tursiops truncatus</i> estudadas.	296
Tabela 15.1. Listagem taxonômica qualitativa dos gêneros de Nematoda encontrados nos sedimentos e nas mímicas, com sua respectiva presença (X) ou ausência (–). Baseado na classificação proposta por Lorenzen (1994).	378
Tabela 16.1. Gêneros de Nematoda com suas respectivas porcentagens em relação à densidade total	394
Tabela 16.2. Índices de Diversidade de Shannon-Wiener (<i>H'</i>), Equitabilidade e Riqueza de espécies nas quatro estações de coleta do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (PS=Poça sem renovação de água, PC=Poça com renovação de água, E4=Enseada 4 m; E8=Enseada 8 m).	395
Tabela 18.1. Cefalópodes identificados nos conteúdos estomacais de peixes pelágicos capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.	430
Tabela 18.2. Percentagem de ocorrência dos taxa de cefalópodes identificados nos conteúdos estomacais das sete espécies de peixes pelágicos capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (entre parêntesis, os números de conteúdos analisados).	432

Tabela 20.1. Estimativas de maturidade morfológica e fisiológica de <i>Grapsus grapsus</i> no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.	472
Tabela 20.2. Parâmetros de crescimento do modelo de Bertalanffy (LC_{∞} , k , e t_0) e de longevidade máxima ($tm_{\max}$), estimados para as coortes de <i>G. grapsus</i> do Arquipélago de São Pedro e São Paulo.	474
Tabela 20.3. Fecundidade (número de ovos) e tamanho dos ovos em espécies de Grapsoidea.	478
Tabela 21.1. Quadro comparativo da abundância de larvas de Decapoda, Euphausicea, Copepoda, ovos e larvas de peixes, em regiões costeiras e oceânicas brasileiras e no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.	498

Sumário

Prefácio	19
Editores	21
Autores	23
Capítulo 1 Geologia Ambiental das Ilhas Oceânicas de Trindade e Fernando de Noronha, Brasil	33
Capítulo 2 Estado da Arte da Geologia do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Atlântico Norte Equatorial Brasileiro)	55
Capítulo 3 Estudos Interdisciplinares e a Reconstrução Paleoambiental (Vegetação e Clima) no Holoceno em Fernando de Noronha	81
Capítulo 4 Microscopia de Rochas da Coleção de Petrografia do Museu Nacional / UFRJ: Ilha da Trindade, Brasil	105
Capítulo 5 Ostracodes (Crustacea; Podocopida) da Ilha da Trindade e do Atol das Rocas, Brasil	125
Capítulo 6 Peixes Recifais do Complexo Insular Oceânico Trindade-Martin Vaz: Novas Ocorrências, Atividades de Pesca, Mortandade Natural e Conservação	143
Capítulo 7 Guia de Identificação Ilustrado das Espécies de Peixes Endêmicas e Ameaçadas das Ilhas Oceânicas Brasileiras e do Banco dos Abrolhos	163
Capítulo 8 Conservação e Pesquisa das Tartarugas Marinhas nas Ilhas Oceânicas de Fernando de Noronha, Atol das Rocas e Trindade, Brasil	199
Capítulo 9 Biologia e Conservação do Petrel-de-Trindade <i>Pterodroma arminjoniana</i> (Aves: Procellariidae) na Ilha da Trindade, Atlântico sul, Brasil	223
Capítulo 10 Variabilidade Genética em Atobás (Aves: Sulidae) em Ilhas Oceânicas e Costeiras do Brasil	265
Capítulo 11 Os Cetáceos do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil	283
Capítulo 12 Projeto Golfinho Rotador: Pesquisa e Conservação do golfinho-rotador <i>Stenella longirostris</i> Gray, 1828 (Cetacea: Delphinidae) no Arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil	301
Capítulo 13 Ações Antrópicas Negativas nas Ilhas Oceânicas Brasileiras	329
Capítulo 14 O Mergulho Científico no Estudo das Esponjas: o Exemplo das Ilhas Oceânicas Brasileiras	351
Capítulo 15 Colonização da Meiofauna em Substratos Artificiais: um Exemplo de Experimento, Enfatizando os Nematoda, no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Nordeste, Brasil)	369
Capítulo 16 Distribuição Espacial da Meiofauna no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, com Especial Referência aos Nematoda Livres	387
Capítulo 17 <i>The benthic opisthobranch molluscs from the Archipelago of Fernando de Noronha (Brazil)</i>	399
Capítulo 18 Cefalópodes do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil	423
Capítulo 19 Bioecologia de Lagostas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo	447
Capítulo 20 Biologia de <i>Grapsus grapsus</i> (Linnaeus, 1758) (Brachyura) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo: Maturidade Sexual, Fecundidade, Crescimento e Ecologia Larval	463
Capítulo 21 O Zooplâncton no Arquipélago de São Pedro e São Paulo	485

Prefácio

Em março de 2006, durante a Oitava Conferência das Partes da Convenção sobre a Diversidade Biológica, realizada em Curitiba, Paraná, o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e o Museu Nacional do Rio de Janeiro (MNRJ) – com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Marinha do Brasil – lançaram o livro *Ilhas Oceânicas Brasileiras: da Pesquisa ao Manejo*. Tal esforço representou um marco no tema, uma vez que, pela primeira vez, foi abordada em uma única publicação diversos tópicos da pesquisa científica realizada nas ilhas oceânicas do Brasil, incluindo geologia, solos, flora vascular terrestre, flora marinha bentônica, esponjas, moluscos, polvos, peixes recifais e biogeografia.

O Brasil detém a maior diversidade biológica do mundo, incluindo um conjunto de cinco ilhas oceânicas de beleza cênica ímpar e rica biodiversidade, com grande número de endemismos: Arquipélago de Fernando de Noronha, Ilha da Trindade, Arquipélago Martim Vaz, Atol das Rocas e Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP). Além da importância para a conservação da biodiversidade, três destas Ilhas – Trindade, Martim Vaz e ASPSP – também apresentam uma importância estratégica para o Brasil, principalmente o último, que possibilitou o aumento da Zona Econômica Exclusiva (ZEE). Para tanto, Trindade e ASPSP, de responsabilidade da Marinha do Brasil, são continuamente guarnecidos, o primeiro com o Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade (erguido em 1957) e um destacamento militar, e o segundo, com uma estação científica, ocupada continuamente por pesquisadores em sistema de revezamento.

Já o Arquipélago de Fernando de Noronha e o Atol das Rocas são Unidades de Conservação federais, geridas pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), autarquia vinculada ao MMA. No primeiro, foram criadas uma Área de Proteção Ambiental e um Parque Nacional Marinho; no segundo, uma Reserva Biológica Marinha, que desde 1979 protege o único atol do Oceano Atlântico sul.

A presente publicação é um esforço dos seus editores e autores, de forma a apresentar um conteúdo abrangente e com profundidade temática, que reflitam a atual maturidade da pesquisa científica brasileira em ilhas oceânicas. Se muito já foi feito, há ainda um vasto campo a ser pesquisado. Para tal, a futura estação científica na Ilha da Trindade possibilitará o incremento das pesquisas nesta ilha e em Martim Vaz. Há que se destacar também o Programa de Pesquisas Científicas na Ilha da Trindade (PROTRINDADE), coordenado pela Secretaria Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM) e com um Comitê Executivo composto por diversos ministérios e autarquias federais, entre eles o MMA, ICMBio, Ministério da Ciência e Tecnologia, CNPq e o Ministério da Defesa. Em 2009, o CNPq lançou o primeiro edital para apoio a pesquisa em ilhas oceânicas brasileiras, no âmbito do Programa Arquipélago e Ilhas Oceânicas, que incluiu as demais ilhas oceânicas brasileiras além do ASPSP.

Espera-se, portanto, um aporte ainda maior de informações nos próximos anos, que inclusive tragam novas informações científicas para subsidiar ações de manejo ambiental em nossas ilhas oceânicas. Todas elas sofreram – e ainda sofrem – com a introdução de espécies exóticas

invasoras, uma das principais causas de perda de biodiversidade em todo o mundo. Trindade, por exemplo, teve sua cobertura vegetal em grande parte dizimada pela ação de cabras, já eliminadas, o que possibilitou o início da recuperação de sua flora, que vem sendo fomentada por meio de um projeto conduzido pelo MNRJ.

Proteger esta riqueza natural brasileira para as atuais e futuras gerações é compromisso de todos – governo e cidadãos -, de forma que estas especiais formações geológicas e sua biodiversidade associada continuem tanto a encantar os olhos de seus visitantes e possibilitar a soberania nacional em sua ZEE, quanto a garantir a conservação do seu insubstituível patrimônio natural. Esperamos que este livro contribua para esta missão.

Leonardo Vianna Mohr
João Wagner Alencar Castro
Paulo Márcio Santos Costa
Ruy José Válka Alves

Editores

Leonardo Vianna Mohr¹

Mestre em Biologia Animal pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
Biólogo, Analista Ambiental do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/Ministério do Meio Ambiente.
1º. Secretário da Sociedade Brasileira de Ornitologia.

João Wagner Alencar Castro²

Geólogo, Doutor em Geomorfologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.
Professor Adjunto da Universidade Federal do Rio de Janeiro.
Coordenador do Laboratório de Geologia Costeira, Sedimentologia e Meio Ambiente do Museu Nacional/UFRJ.

Paulo Márcio Santos Costa³

Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.
Pesquisador Colaborador do Setor de Malacologia, Departamento de Invertebrados do Museu Nacional/UFRJ.

Ruy José Válka Alves⁴

Doutor em Geobotânica pelo Instituto Botânico, Academia de Ciências da República Tcheca.
Professor Adjunto do Departamento de Botânica do Museu Nacional/UFRJ.

¹leonardo.mohr@icmbio.gov.br; ²jwacastro@gmail.com; ³pmscosta@yahoo.com;

⁴ruyvalka@mn.ufrj.br

Autores

Capítulo 1

João Wagner Alencar Castro - Geólogo, Doutor em Geomorfologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Laboratório de Geologia Costeira, Sedimentologia e Meio Ambiente, Departamento de Geologia e Paleontologia, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Quinta da Boa Vista, 20940-040, Rio de Janeiro/RJ, Brasil. E-mail: castro@mn.ufrj.br

Capítulo 2

Thomas Ferreira da Costa Campos¹ - Geólogo, Doutor em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Reinaldo Antônio Petta¹ - Geólogo, Doutor em Geologia Regional pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

Susanna Eleonora Sichel² - Geóloga, Doutora em Oceanografia pela Universidade de Rhode Island, Estados Unidos da América.

Leo Afrânio Hartmann³ - Geólogo, Doutor em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Thomas Theye⁴ - Geólogo, Doutor em Ciências Naturais pela Universidade Técnica de Braunschweig, Alemanha.

Francisco Hilário Rego Bezerra¹ - Geólogo, Doutor em Geologia pela Universidade de Londres, Grã-Bretanha.

Narendra Kumar Srivastava¹ - Geólogo, Doutor em Geologia pela Universidade de São Petersburgo, Rússia.

João Manuel Lima da Silva Mata⁵ - Geólogo, Doutor em Geologia (Geoquímica) pela Universidade de Lisboa, Portugal.

¹Centro de Ciências Exatas e da Terra, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caixa Postal 1639, Campus da UFRN, 59072-970, Natal/RN, Brasil. E-mail: thomascampos@geologia.ufrn.br

²Departamento de Geologia, Universidade Federal Fluminense.

³Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

⁴Institut für Mineralogie, Universität Stuttgart, Alemanha.

⁵Centro de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Portugal.

Capítulo 3

Susy Eli Marques Gouveia¹ - Física, Doutora em Ciências (Energia Nuclear na Agricultura) pela Universidade de São Paulo.

Luiz Carlos Ruiz Pessenda¹ - Físico, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade de São Paulo.

Marie-Pierre Ledru² - Bióloga, Doutora pelo Museu Nacional de História Natural, França.

Fresia Soledad Ricardi Torres Branco³ - Geógrafa, Doutora em Geociências pela Universidade de São Paulo.

Ramon Aravena⁴ - Químico, Doutor em Ciências da Terra pela Universidade de Waterloo, Canadá.

Adauto de Souza Ribeiro⁵ - Biólogo, Doutor em Ciências (Energia Nuclear na Agricultura) pela Universidade de São Paulo.

Soraya Elaine Marques Gouveia Saia¹ - Física, Doutora em Ciências (Energia Nuclear na Agricultura) pela Universidade de São Paulo.

José Albertino Bendassolli⁶ - Engenheiro Químico, Doutor em Ciências (Energia Nuclear na Agricultura) pela Universidade de São Paulo.

Abdelfettah Sifeddine⁷ - Geólogo, Doutor em Geociências pelo Museu Nacional de História Natural, França.

Eldemar de Albuquerque Menor⁸ - Geólogo, Doutor em Geoquímica de Superfície pela Universidade de Strasbourg I, França.

Sonia Maria Barros de Oliveira⁹ - Geóloga, Doutora em Geociências (Geoquímica e Geotectônica) pela Universidade de São Paulo.

Renato Campello Cordeiro¹⁰ - Biólogo, Doutor em Geociências (Geoquímica) pela Universidade Federal Fluminense.

Ângela Maria de Miranda Freitas¹¹ - Engenheira Florestal, Mestre em Botânica pela Universidade Federal Rural de Pernambuco.

René Georges Leon Boulet⁹ - Doutor em Geologia pela Universidade Louis Pasteur, Strasbourg, França.

Heloisa Ferreira Filizola¹² - Doutora em Geografia (Geografia Física) pela Universidade de São Paulo.

¹Laboratório de ¹⁴C, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. Avenida Centenário n° 303, Caixa Postal 96, 13400-970, Piracicaba/SP, Brasil. E-mail: susyeli@cena.usp.br

²Université Montpellier 2, França.

³Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas.

⁴Department of Earth Sciences, University of Waterloo, Canadá.

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal de Sergipe.

⁶Laboratório de Isótopos Estáveis, Universidade de São Paulo.

⁷Institut de Recherche pour le Développement, França.

⁸Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco.

⁹ Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

¹⁰Centro de Estudos Gerais, Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense.

¹¹Herbário Sérgio Tavares, Departamento de Ciência Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

¹²Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental, EMBRAPA, Jaguariúna/SP.

Capítulo 4

Loiva Lízia Antonello - Geóloga, Doutora em Geologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Maria Elizabeth Zucolotto - Astrônoma, Doutora em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

João Wagner Alencar Castro - Geólogo, Doutor em Geomorfologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Departamento de Geologia e Paleontologia, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Quinta da Boa Vista, 20940-040, Rio de Janeiro/RJ, Brasil. E-mail: loiva@acd.ufrj.br

Capítulo 5

João Carlos Coimbra¹ - Biólogo, Doutor em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Virgínia Graziela Ghilardi² - Bióloga, Mestre em Biologia Animal pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Giselle Moreira Casetta¹ - Bióloga, Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Cristianini Trescastro Bergue³ - Biólogo, Doutor em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

¹Laboratório de Microfósseis Calcários, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Caixa Postal 15001, 91501-970, Porto Alegre/RS, Brasil. E-mail: joao.coimbra@ufrgs.br

²Escola Estadual Pedro Pereira, Porto Alegre/RS.

³Laboratório de Micropaleontologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

Capítulo 6

Hudson Tercio Pinheiro - Biólogo, Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo.

João Luiz Gasparini - Biólogo, Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo.

Departamento de Oceanografia e Ecologia Universidade Federal do Espírito Santo. Avenida Fernando Ferrari nº 514, 29075-910, Vitória/ES. E-mail: htpinheiro@gmail.com

Capítulo 7

Cláudio Luis Santos Sampaio¹ - Biólogo, Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia) pela Universidade Federal da Paraíba.

Alfredo Carvalho-Filho² - Biólogo e Publicitário, Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo e Bacharel em Propaganda e Marketing pela Escola Superior de Propaganda e Marketing de São Paulo.

Carlos Eduardo Leite Ferreira³ - Biólogo, Doutor em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos.

Bertran Miranda Feitoza⁴ - Biólogo, Mestre em Ciências Biológicas pela Universidade Federal da Paraíba

Sergio Ricardo Flöeter⁵ - Biólogo, Doutor em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual do Norte Fluminense.

João Luiz Gasparini⁶ - Biólogo, Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo.

Osmar J. Luiz Jr.⁷ - Biólogo, Mestre em Ecologia pela Universidade Estadual de Campinas.

Luiz A. Rocha⁸ - Biólogo, Doutor em Genética pela Universidade da Florida, EUA.

¹Museu de Zoologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia. Rua Barão de Geremoabo s/nº, 40170-290, Salvador/BA, Brasil. E-mail: buiabahia@gmail.com

²Fish Bizz Ltda, São Paulo/SP.

³Departamento de Biologia Marinha, Universidade Federal Fluminense.

⁴Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

⁵Departamento de Ecologia e Zoologia, Universidade Federal de Santa Catarina.

⁶Departamento de Oceanografia e Ecologia, Universidade Federal do Espírito Santo.

⁷Departamento de Zoologia, Universidade Estadual de Campinas.

⁸Hawaii Institute of Marine Biology, University of Hawaii at Manoa, EUA.

Capítulo 8

Alice Grossman¹ - Bióloga, Mestre em Zoologia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Luciana Magnabosco de Paula Moreira² - Oceanógrafa, Mestre em Biologia Animal pela Universidade Federal do Espírito Santo. APA da Baleia Franca /ICMBio.

Claudio Bellini³ - Oceanógrafo, Graduado em Oceanografia Biológica pela Fundação Universidade Federal de Rio Grande. Projeto Tamar/ICMBio.

Antonio de Pádua Almeida³ - Biólogo, Mestre em Biologia Animal pela Universidade Federal do Espírito Santo.

¹ *All Angle Images*, Pç. do Cruzeiro s/nº, 53990-970, Fernando de Noronha/PE, Brasil.
E-mail: alicegrossman@me.com.

² Área de proteção ambiental da Baleia Franca/ICMBio.

³ Projeto TAMAR/ICMBio

Capítulo 9

Giovannini Luigi¹ - Biólogo, Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Leandro Bugoni² - Biólogo, Doutor em Meio Ambiente e Biologia Evolutiva pela Universidade de Glasgow, Reino Unido.

Francisco Pedro da Fonseca-Neto³ - Biólogo, Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Católica de Salvador.

Dante M. Teixeira⁴ - Biólogo, Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia) pelo Museu Nacional/UFRJ.

¹ Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente/COPPE, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Bloco I-2000, sala 208, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, 21949-900, Rio de Janeiro/RJ, Brasil. E-mail: gluigi@lima.coppe.ufrj.br

² University of Glasgow, Reino Unido e Projeto Albatroz.

³ Associação Baiana para Conservação dos Recursos Naturais e colaborador do Museu de Zoologia, Universidade Federal da Bahia.

⁴ Setor de Ornitologia, Museu Nacional do Rio de Janeiro.

Capítulo 10

Melina Martha Baumgarten¹ - Bióloga, Doutora em Ciências Biológicas (Biologia Genética) pela Universidade de São Paulo.

Adriana Barzotti Kohlrausch - Bióloga, Doutora em Ciências Biológicas (Biologia Genética) pela Universidade de São Paulo.

Cristina Yumi Miyaki² - Bióloga, Doutora em Ciências Biológicas (Biologia Genética) pela Universidade de São Paulo.

¹ Rua Dr. Oscar Bittencourt, nº 306/301, 90.850-150, Porto Alegre/RS, Brasil.
E-mail: melinamartha@gmail.com.

² Departamento de Genética e Biologia Evolutiva, Universidade de São Paulo.

Capítulo 11

Paulo Henrique Ott^{1,2} - Biólogo, Doutor em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Maurício Tavares^{2,3} - Biólogo, Mestre em Biologia Animal pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Ignacio Benites Moreno² - Biólogo, Doutorando em Zoologia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Larissa Rosa de Oliveira^{2,4} - Bióloga, Doutora em Ciências Biológicas (Biologia Genética) pela Universidade de São Paulo.

Daniel Danilewicz⁵ - Biólogo, Doutor em Zoologia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

¹Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS). Av. Mostardeiro, nº 3635, 95595-000, Cidreira/RS, Brasil. E-mail: paulo-ott@uergs.edu.br

²Grupo de Estudos de Mamíferos Aquáticos do Rio Grande do Sul (GEMARS).

³Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CECLIMAR/UFRGS).

⁴Laboratório de Ecologia de Mamíferos, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

⁵ Instituto Aqualie

Capítulo 12

José Martins da Silva Júnior - Oceanógrafo, Doutor em Oceanografia Biológica pela Universidade Federal de Pernambuco.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Centro Mamíferos Aquáticos. Caixa Postal 49, 53990-000, Fernando de Noronha/PE, Brasil. E-mail: rotador@golfinhorotador.org.br

Capítulo 13

Jules M. R. Soto - Geógrafo, Doutorando em Zoologia pela Universidade Autônoma de Barcelona.

Museu Oceanográfico da Univali, Universidade do Vale do Itajaí. Rua Uruguai nº 458, 88302-202, Itajaí/SC, Brasil. E-mail: soto@univali.br

Capítulo 14

Fernando Moraes - Biólogo, Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia) pelo Museu Nacional/UFRJ.

Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Quinta da Boa Vista, 20940-040, Rio de Janeiro/RJ, Brasil. E-mail: fmoraes@mn.ufrj.br

Capítulo 15

Geruso Vieira de Miranda Júnior¹ - Biólogo, Mestre em Biologia Animal pela Universidade Federal de Pernambuco.

Virág Venekey² - Bióloga, Doutora em Oceanografia pela Universidade Federal de Pernambuco.

André M. Esteves¹ - Biólogo, Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia) pelo Museu Nacional/UFRJ.

Verônica Fonseca Genevois¹ - Bióloga, Doutora em Ciências pela Universidade de Nantes, França.

¹Laboratório de Meiofauna, Departamento de Zoologia, Universidade Federal de Pernambuco. Avenida Professor Moraes Rego nº 1235, 50670-901, Recife/PE, Brasil. E-mail: geruso10@yahoo.com.br

² Laboratório de Oceanografia Biológica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.

Capítulo 16

Virág Venekey¹ - Bióloga, Doutora em Oceanografia pela Universidade Federal de Pernambuco.

André Esteves² - Biólogo, Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia) pelo Museu Nacional/UFRJ.

Verônica Fonseca Genevois² - Bióloga, Doutora em Ciências pela Universidade de Nantes, França.

¹Laboratório de Oceanografia Biológica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. Avenida Augusto Corrêa nº 01, 66075-110, Belém/PA, Brasil. E-mail: virag_venekey@yahoo.com.br

²Laboratório de Meiofauna, Departamento de Zoologia, Universidade Federal de Pernambuco.

Capítulo 17

Jesús S. Troncoso¹ - Biólogo, Doutor em Biologia pela Universidade de Santiago de Compostela, Espanha.

Marta Domínguez¹ - Bióloga, Doutora em Biologia pela Universidade de Vigo, Espanha.

Francisco J. García² - Biólogo, Doutor em Ciências Biológicas pela Universidade de Sevilla, Espanha.

¹Depto. Ecología y Biología Animal, Facultad Ciencias del Mar, Universidade de Vigo. Lagoas-Marcosende, E-36310, Vigo, Espanha. E-mail: troncoso@uvigo.es

²Depto. Sistemas Físicos Químicos y Naturales, Facultad Ciencias Experimentales, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, Espanha.

Capítulo 18

Tatiana Silva Leite¹ - Bióloga, Doutora em Oceanografia Biológica pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

Lorena Candice de Araújo Andrade¹ - Bióloga, Mestre em Bioecologia Aquática pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Roberta Aguiar dos Santos² - Oceanóloga, Doutora em Oceanografia Biológica pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

Manuel Haimovici³ - Biólogo, Doutor em Ciências Biológicas pela Universidade de Buenos Aires, Argentina.

Jorge Eduardo Lins Oliveira¹ - Biólogo, Doutor em Biologia Marinha pela Universidade Pierre et Marie Curie - Paris 6, França.

¹Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Via Costeira s/nº, 59014-100, Natal/RN, Brasil. E-mail: leite_ts@yahoo.com.br

²Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Sudeste e Sul-CEPSUL/ICMBio.

³Laboratório de Recursos Demersais e Cefalópodes, Departamento de Oceanografia, Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

Capítulo 19

Jorge Eduardo Lins-Oliveira¹ - Biólogo, Doutor em Biologia Marinha pela Universidade Pierre et Marie Curie - Paris 6, França.

Camila Aguirre Góes² - Bióloga, Mestre em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Allysson Pontes Pinheiro³ - Biólogo, Mestre em Zoologia pela Universidade Estadual Paulista.

¹Laboratório de Biologia Pesqueira, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Via Costeira s/nº, 59014-100, Natal/RN, Brasil. E-mail: jorgelins@ufrnet.br

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

³Departamento de Genética e Evolução, Universidade Federal de São Carlos.

Capítulo 20

Andrea Santarosa Freire¹ - Bióloga, Doutora em Oceanografia Biológica pelo Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo.

Marcelo Antônio Amaro Pinheiro² - Biólogo, Doutor em Ciências Biológicas (Área de Zoologia) pelo Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista/Campus de Botucatu.

Mariana Mitsue Teschima¹ - Bióloga, Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Katryana Camila Madeira³ - Oceanógrafa, Mestre em Oceanografia Biológica pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

Andréa Green Koettker⁴ - Bióloga, Mestre e Doutoranda em Oceanografia Biológica pela Universidade de São Paulo.

Heloísa da Silva¹ - Bióloga, Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Fernando D'Incao³ - Biólogo, Doutor em Zoologia pela Universidade Federal do Paraná.

¹Laboratório de Crustáceos/Plâncton, Departamento de Ecologia e Zoologia, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Universitário, 88010-970, Florianópolis/SC, Brasil. E-mail: asfreire@ccb.ufsc.br e andreasfreire@yahoo.com.br

²Laboratório de Biologia de Crustáceos, Universidade Estadual Paulista/Campus Experimental do Litoral Paulista e Grupo de Pesquisa em Biologia de Crustáceos, São Vicente/SP.

³Laboratório de Crustáceos Decápodes, Departamento de Oceanografia, Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

⁴Laboratório de Produção Secundária, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.

Capítulo 21

Luis Carlos Pinto de Macedo-Soares¹ - Engenheiro de Aqüicultura e Mestrando em Ecologia pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Manoela Costa Brandão¹ - Engenheira de Aqüicultura e Mestranda em Ecologia pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Andréa Green Koettker² - Bióloga, Mestre e Doutoranda em Oceanografia Biológica pela Universidade de São Paulo.

Bárbara Santos Menezes¹ - Engenheira de Aqüicultura e Mestranda em Ecologia pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Liane Stumpf¹ - Engenheira de Aqüicultura pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Andrea Santarosa Freire¹ - Bióloga, Doutora em Oceanografia Biológica pelo Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo.

¹ Laboratório de Crustáceos e Plâncton, Departamento de Ecologia e Zoologia, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Universitário, Trindade, 88010-970, Florianópolis/SC, Brasil. E-mail: E-mail: luiscpms@yahoo.com.br

² Laboratório de Produção Secundária, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.

³ Laboratorio de Biología de la Reproducción y el Crecimiento de Crustáceos Decápodos, Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental, Facultad de Cs. Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.



Capítulo 1

**Geologia Ambiental das Ilhas
Oceânicas de Trindade e Fernando
de Noronha, Brasil**

João Wagner Alencar Castro

Resumo

Os ambientes geológicos das ilhas oceânicas de Fernando de Noronha e da Trindade são constituídos por rochas alcalinas ultrabásicas a intermediárias e depósitos sedimentares pleistocênicos-holocênicos identificados por paleodunas (eolianitos), dunas, praias, aluviões, recifes algálicos e recifes de corais. As condições topográficas atuais, bastante diferentes dos maciços vulcânicos originais, evidenciam a presença de agentes intempéricos associados à erosão, que se acentuaram após a remoção da cobertura vegetal. Variações no nível relativo do mar e do clima de ondas constituem outros processos geológico-oceanográficos que preocupam quanto à erosão costeira nestes ambientes insulares. Em ambas as ilhas, principalmente em Fernando de Noronha, registram-se também problemas ambientais relacionados ao uso e ocupação do solo, implantação de obras marítimas, desmatamentos e disposição de resíduos sólidos.

Abstract

Environmental Geology in the Oceanic Islands of Trindade and Fernando de Noronha, Brazil

The oceanic islands of Trindade and Fernando de Noronha are made up of subvolcanic bodies of ultrabasic to intermediate alkaline rocks and pyroclastic deposits belonging to different volcanic events. The older volcanic event produced phonolite domes and a variety of rock types, including lamprophyre dikes. The younger volcanic events (Quixaba Formation in Fernando de Noronha and Morro Vermelho, Valado and Vulcão do Paredão Formations in Trindade) are mainly comprised of melanephelinite flows and pyroclastic rocks. The holocenic sedimentary deposits represent a small parcel of the stratigraphic units in the studied islands. The aeolian (dunes) and alluvial fan deposits, algalic reefs and beaches are distinguished. Environmental degradation processes in Fernando de Noronha are related to the soil use and occupation. In Ilha da Trindade (Trindade Island) erosive features have been caused by deforestations and introduction of domestic animals during the Portuguese colonization.

Introdução

O equacionamento dos problemas ambientais começou a ser contemplado em políticas públicas de países desenvolvidos de maneira sistemática a partir do início da década de 1960. Nos anos 1970, países em desenvolvimento começaram também a incorporar o tema em seus programas e planos de ações. Na década de 1980, o assunto adquiriu expressão mundial, passando a ser considerado instrumento de políticas públicas por meio de exigências ambientais. Constitui marco significativo no Brasil a edição, em 1981, pela primeira vez na história do país, de uma Política Nacional de Meio Ambiente, cujas diretrizes inspiraram a maior parte das regulamentações legais e normativas (BITAR & ORTEGA, 1998).

Das ilhas oceânicas aqui estudadas, Fernando de Noronha é um Parque Nacional Marinho protegido legalmente pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), e Trindade é uma área gerenciada pela Marinha do Brasil. Essas áreas foram reconhecidas em 2001 pela Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleontológicos (Sigep/Unesco) como patrimônio geológico mundial. A grande distância que as separam do continente não garan-

tem, por si, o equilíbrio ambiental. As relações entre as condições geológicas e ecológicas são vulneráveis a intervenções antrópicas. Qualquer interferência externa, por meio da ocupação urbana, introdução de animais domésticos e outras espécies exóticas, turismo, desmatamento e implantação de obras marítimas, poderá agravar ainda mais os problemas relacionados aos processos erosivos em encostas e praias.

A estrutura geológica de origem vulcânica é marcada por formas constituídas por planaltos, vertentes, planícies costeiras e linhas de rochas de praia que abrigam ambientes sensíveis à ação do homem, tais como depósitos de encostas, aluviões, dunas móveis, praias, recifes de corais, recifes de briozoários e biomas de relevância ecológica, como a Mata Atlântica em Trindade e a Caatinga em Fernando de Noronha.

Os processos relacionados ao intemperismo, erosão, transporte e deposição de sedimentos apontam para a necessidade de adoção de medidas de controle e recuperação ambiental, principalmente em encostas constituídas por voçorocas e praias em erosão. A sistematização das pesquisas e o mapeamento geológico em escala cadastral poderão servir como instrumento de manejo e gerenciamento para a implementação de políticas de preservação e conservação, de forma a evitar a degradação ambiental. Ressalta-se ainda a importância dos recursos energéticos insulares advindos do aproveitamento do regime de marés, clima de ondas, regime de ventos e gradientes térmicos, que apresentam possibilidades de aproveitamento econômico futuro.

Considerando a Zona Econômica Exclusiva (ZEE) de 200 milhas náuticas e a importância estratégica das ilhas aqui estudadas, o presente capítulo tem como objetivo identificar os problemas ambientais à luz do conhecimento geológico, visando à implementação de uma política de controle ambiental e recuperação de áreas degradadas.

Ilha da Trindade

Meio físico

A ilha oceânica da Trindade, com superfície de 13 km², situa-se no oceano Atlântico sul, aproximadamente no paralelo de Vitória, Espírito Santo, afastada 1.140 km da linha de costa. Caracteriza-se por relevo íngreme associado a uma zona de fratura transversal de montes vulcânicos submarinos (VELTHEIM, 1950; BARROS, 1959; WEAVER, 1990; ALMEIDA *et al* 1996; ALVES, 1998). A parte emersa da ilha, em forma de um cimo erodido, repousa sobre o assoalho oceânico a quase 5.500 metros de profundidade (CASTRO & ANTONELLO, 2006). Os pontos mais altos apresentam altitudes de aproximadamente 600 metros. Os ambientes geológicos são caracterizados por rochas vulcânicas fortemente sódico-alcálicas e piroclastos diversos, recifes de algas, praias estreitas, depósitos eólicos móveis (dunas escalonares) e pequenos depósitos fluviais. Segundo Almeida (1961), é o único local em território brasileiro em que ainda se pode reconhecer parte de um cone vulcânico. A diversidade de solos é profundamente relacionada com as variações do material de origem vulcânica e posição altimétrica. De maneira geral, os solos apresentam alta fertilidade natural e grau de intemperismo pouco acentuado. O clima é do tipo oceânico tropical, com temperatura média anual de 25°C, sendo o mês de fevereiro o mais quente (30°C) e o de agosto o mais frio, com temperatura em torno de 17°C (SCOR-

ZA, 1964 *apud* SOARES, 1964). O sistema de drenagem é pouco expressivo e de baixa vazão. Em relação aos processos de degradação ambiental, registram-se problemas relacionados a incisões erosivas (voçorocas) decorrentes dos desmatamentos provocados pela introdução de rebanhos de animais domésticos por parte dos colonizadores açorianos, ainda no século XVIII.

Litoestratigrafia

São aqui descritos os registros litoestratigráficos ocorrentes na Ilha da Trindade, constituídos por seis unidades geológicas individualizadas por Almeida (1961 *apud* CASTRO & ANTONELLO, 2006): Complexo Trindade, Seqüência Desejado, Formação Morro Vermelho, Formação Valado, Vulcão do Paredão e Depósitos Holocênicos. O **Complexo Trindade** caracteriza-se por um conjunto heterogêneo de rochas intrusivas piroclásticas (tufos de lapilli e bombas), representando a mais antiga manifestação vulcânica visível acima do nível do mar. A **Seqüência Desejado** constitui-se por derrames de fonólito, nefelinito e grazinito com intercalações de piroclastos de composição equivalente, alguns deles de nítida deposição subaquosa, mas não marinha. Os derrames alcançam cerca de 400 metros de espessura na seção entre a Praia dos Portugueses e o Pico do Desejado. A **Formação Morro Vermelho** resulta de uma erupção explosiva com derrames de lava ankaratrítica, variedade melanocrática de olivina nefelinito contendo biotita. O vulcanismo manifestou-se no alto vale da região central da ilha, preenchido por espessura superior a 200 metros de lavas e piroclastos. A **Formação Valado** caracteriza-se por depósitos aluviais do Córrego do Valado entre as praias dos Cabritos e dos Portugueses, no norte da ilha, e intercala piroclastos e derrames de lavas provenientes de um centro emissivo situado no topo do vale. Neste trecho de litoral, ocorrem piroclastos constituídos de corpos discóides, filamentos de lava, bombas rotacionais e massas de lavas sobre solo em estado pastoso. O **Vulcão do Paredão**, na extremidade oriental da ilha, representa as ruínas de um cone vulcânico parcialmente destruído pela ação das ondas, mas percebem-se restos das vertentes originais, assim como da borda de sua cratera (ALMEIDA, 1961). Próximo à entrada do túnel aberto pela ação marinha, existem restos de lava que parecem preenchimento da chaminé. A maior parte da encosta é formada por tufos lapilíticos contendo blocos e bombas rotacionais. Os **Depósitos Holocênicos** representam uma pequena parcela das unidades estratigráficas ocorrentes na Ilha da Trindade (CASTRO & ANTONELLO, 2006), destacando-se os depósitos eólicos, praias, aluviões, recifes algálicos e depósitos de encosta. Os depósitos eólicos escalonares (dunas) da ilha são provenientes das contribuições exclusivas de tufos vulcânicos, materiais piroclásticos e recifes algálicos.

Geomorfologia

A estrutura geológica do edifício vulcânico da Ilha da Trindade apresenta um conjunto de formas diferenciadas caracterizadas por: a) Domínio Planalto Axial (ALMEIDA, 1961); b) Domínio de Vertentes Costeiras (ALMEIDA, 1961 *apud* CASTRO & ANTONELLO, 2006) e; c) Domínio Litorâneo (CASTRO & ANTONELLO, 2006). Grandes intrusões fonolíticas, diques, derrames de diversos tipos de lavas, massas de piroclastos e depósitos holocênicos caracterizam as formas de relevo. O Domínio Planalto Axial representa as maiores elevações da ilha, onde se originam todos os cursos de água importantes, assim como numerosas incisões que drenam as escarpadas vertentes. Fazem parte da estrutura do planalto derrames fonolítico, graziníticos e nefeliníticos, que se mostram intercalados em tufos. O planalto ergue-se acima de 350 metros e caracteriza-se por um relevo de morros separados por profundos vales. Destacam-se, no centro da ilha,

cristas elevadas, principais divisoras de águas, sustentadas em derrames fonolíticos constituídas pelos picos do Desejado (600 metros), Trindade (590 metros), Verde (553 metros), São Bonifácio (570 metros) e Grazinas (477 metros). O Domínio de Vertentes Costeiras caracteriza-se por superfícies rochosas abruptas que descem ao mar, das quais se erguem os picos fonolíticos que emprestam à Ilha de Trindade notáveis paisagens geomorfológicas (ALMEIDA, 1961 *apud* CASTRO & ANTONELLO, 2006). O vulcão do Paredão é outra notável feição morfoestrutural da ilha, constituindo-se nas ruínas de um edifício vulcânico alto, de pouco mais de 200 metros, semidestruído pelo mar (MILET-MUREAU, 1797 *apud* CASTRO, 2005). A sul, há restos da antiga superfície do alto do cone, caracterizados por paredões de tufos, falésias verticais com altura de aproximadamente 200 metros. A oeste, as vertentes voltadas para os morros fonolíticos caem, suavemente, em quase perfeita coincidência com a superfície original do cone vulcânico. Os declives caracterizam-se, em geral, por escarpas abruptas, principalmente na face voltada para o quadrante sudoeste (**Figura 1.1**).

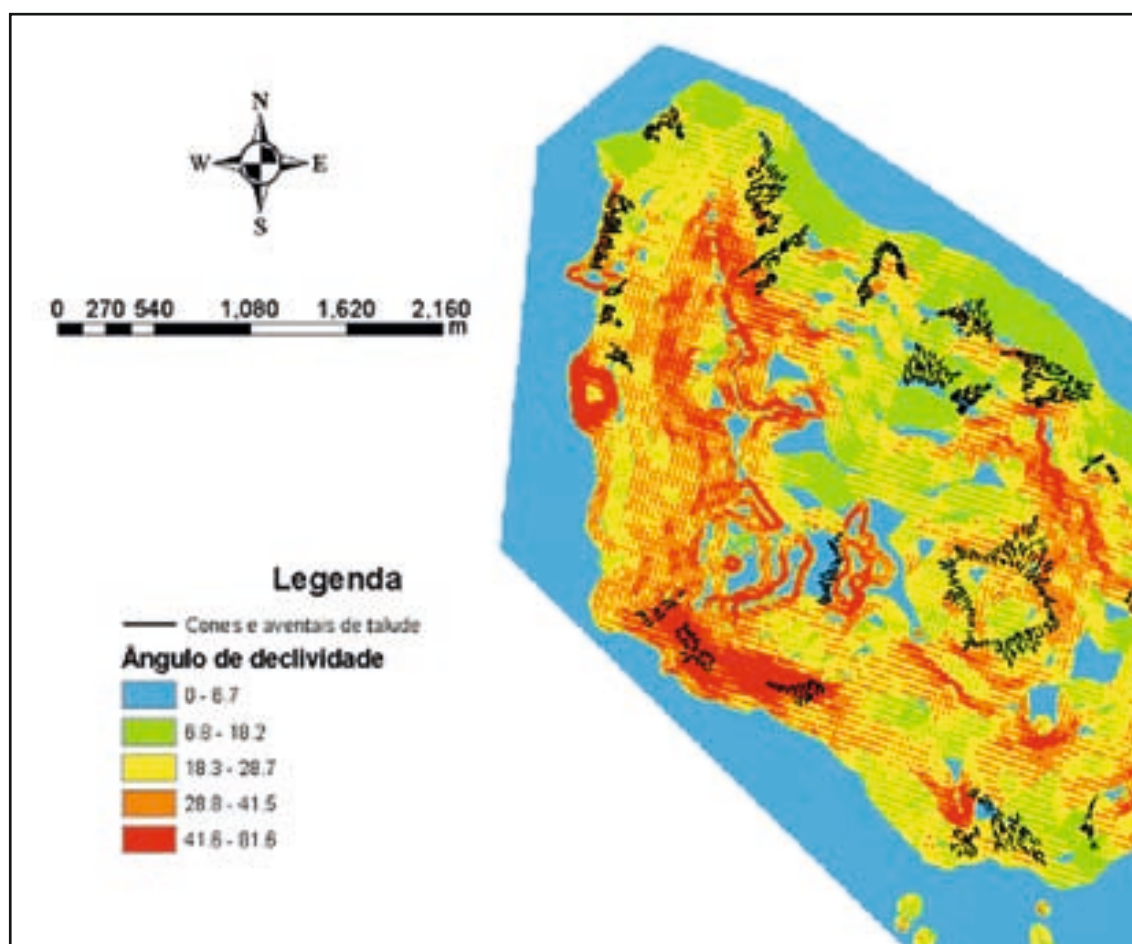


Figura 1.1. Mapa de declividade da Ilha da Trindade (fonte: J.C.S. Seoane).

A rede de drenagem caracteriza-se por caráter torrencial de mediana competência. A periodicidade do fluxo é limitada ao período chuvoso. Na estação seca, as vazões dos córregos são pouco expressivas. O Domínio Litorâneo reflete, de certa forma, a resistência da estrutura em que se estabeleceu. As saliências, geralmente, acham-se suportadas por rochas eruptivas que se destacam no traçado geomorfológico. As mais proeminentes pontas são caracterizadas por grandes corpos fonolíticos, diques, como ocorrem nas pontas da Crista do Galo, Cinco Farilhões, Sul e Noroeste. Destacam-se também antigos condutos vulcânicos (*necks*) constituídos pelo

morro Pão de Açúcar (392m) e as pontas do Príncipe e Monumento (Castro & Antonello, 2006). A plataforma de abrasão esculpida pela ação marinha é relativamente estreita e descontínua, destacando o baixo Sueste como a mais expressiva. As pontas do Túnel e Paredão participam da mais destacada saliência do litoral de Trindade. A **Figura 1.2** mostra uma visão geral da geomorfologia da ilha.



Figura 1.2. Visão geral da geomorfologia da Ilha da Trindade. Foto: J.W.A. Castro.

Geologia costeira

O presente texto tem como objetivo apresentar os principais aspectos do ambiente praial da Ilha da Trindade, em especial aqueles relacionados aos processos sedimentares, considerados relevantes como subsídios para o entendimento das variações do nível do mar e construção dos ambientes costeiros.

A descrição e interpretação geológica do restrito ambiente insular definiu os principais tipos de processos naturais que impulsionaram sua evolução até o presente momento, prevendo, de certa forma, o comportamento futuro. Os primeiros trabalhos sobre os ambientes holocênicos da Ilha da Trindade foram realizados por Almeida (1961 *apud* CASTRO & ANTONELLO, 2006) e Castro & Antonello (2006). O primeiro aborda as características morfológicas e evolução geológica da planície litorânea local, e o segundo enfoca aspectos relacionados ao transporte de sedimentos induzidos por ondas e ventos e suas relações com concentrações de minerais pesados na face da praia.

A linha de costa na ilha reflete, em seus menores detalhes, a resistência da estrutura geológica em que se estabeleceu. As reentrâncias e enseadas acham-se suportadas por rochas eruptivas que se destacam no traçado morfológico. Os promontórios mais proeminentes são sustentados por grandes corpos fonolíticos e diques. As plataformas de abrasão esculpidas pelo mar ao nível atual são, em geral, muito estreitas. Na Praia do Andrada, segmento nordeste da ilha, os derrames de analcita-ankaratrito (Formação Morro Vermelho) posicionam-se na zona de arrebenção como uma barreira natural às ondas provenientes do quadrante nordeste e sudeste (**Figura 1.3**). Na retaguarda dos referidos derrames (face da praia), os sedimentos ca-

racterizam-se por uma granulometria de média a grossa. O material é constituído por olivinas, magnetitas, piroxênios, biotitas, anfibólios e rutilo. A diferença de altimetria entre a face da praia e pós-praia é de aproximadamente 1,20 a 1,50 metro acima do nível do mar atual. Atribui-se, para o domínio de pós-praia (região do Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade – POIT), idade correspondente à última transgressão marinha ocorrida entre 2.000 e 1.500 anos A.P.



Figura 1.3. Derrame de analcita-ankaratriito posicionado na zona de arrebentação das ondas, Praia do Andrada, Ilha da Trindade. Foto: J.W.A. Castro.

De modo geral, os sedimentos inconsolidados encontrados nas praias da Ilha da Trindade caracterizam-se por depósitos de placeres (minerais pesados) em camadas lenticulares. O processo deposicional é resultado do transporte sedimentar de curta distância entre a rocha fonte e a praia (CASTRO & ANTONELLO, 2006). A energia do espraçamento das ondas promove a seleção hidráulica das partículas sedimentares de acordo com a densidade dos grãos, produzindo acúmulos de minerais pesados na parte superior da face da praia. Estas observações foram verificadas nas praias do Príncipe e Eme (quadrante sudoeste) e Tartarugas, Portugueses e Túnel, voltadas para quadrante nordeste (**Figura 1.4**).



Figura 1.4. Acúmulo de minerais pesados na parte superior da face da Praia do Túnel, Ilha da Trindade. Foto: J.W.A. Castro.

Visando ao estudo das concentrações de minerais pesados na Ilha da Trindade, foram selecionadas seis praias, sendo duas posicionadas em relação ao quadrante sudoeste e oeste (voltadas para o Brasil) e quatro posicionadas em relação ao quadrante nordeste e leste (continente africano). Em cada uma das praias, foram coletadas duas amostras, sendo a primeira na zona de arrebenção das ondas e a segunda próxima à linha de preamar no limite com a pós-praia. Para análise dos minerais pesados, utilizou-se um processador com peneiras variando de 2,0 milímetros a 0,037 milímetro, em que cada amostra foi processada na posição oito, durante dez minutos. As amostras foram analisadas, individualmente, por meio de uma lupa binocular, com o intuito de identificar a composição mineralógica e granulométrica dos sedimentos. A partir dessa análise, foi possível comprovar que o material estudado apresenta diferentes composições mineralógicas. Nas praias voltadas para os quadrantes sudoeste-oeste (Príncipe e Eme), registraram-se a ocorrência de magnetitas (70% das amostras), bioclastos de aragonita, zircão, concreções hematíticas e concreções goethíticas (depósitos de placeres); já na face voltada para os quadrantes nordeste-leste (praias do Túnel, Tartarugas, Portugueses e Cabritos), ocorreu uma mineralogia que reflete a rocha adjacente (piroclastos de fonólito e tufos vulcânicos), ou seja, magnetitas (90% das amostras), concreções hematíticas, zircão e rutilo (depósitos de placeres).

Em relação à granulometria do material sedimentar analisado, observou-se que as praias voltadas para sudoeste-oeste têm uma composição granulométrica de média a grossa; já na face litorânea voltada para nordeste-oeste, os sedimentos variam de fino a médio. Comparando ambas as faces litorâneas, observou-se que, nas praias voltadas para o sudoeste e oeste (Brasil), os sedimentos são mais grossos em função da rocha fonte ser muito próxima. As ondas de sudoeste (marulho), mesmo incidindo diretamente sobre a Praia do Príncipe, não são capazes de remobilizar frações significativas de minerais pesados. Tal fato deve-se ao processo de seleção hidráulica das partículas, no qual os minerais que apresentam maiores densidades tendem a ser depositados na linha de preamar máxima. De certa forma, o processo erosivo local é inibido em função da alta concentração de minerais pesados na linha de preamar. Já no segmento voltado para nordeste-oeste (costa africana), as praias ficam relativamente abrigadas em relação ao clima de ondas proveniente de sudoeste, e as áreas fontes são um pouco mais afastadas.

A partir dessa análise comparativa, é possível aferir que as praias do Túnel, Tartarugas, Portugueses e Cabritos, voltadas para nordeste-oeste, apresentam menor probabilidade de processos erosivos decorrentes da ação de ondas de sudoeste, ao passo que, na face voltada para nordeste-oeste (Príncipe e Eme), a possibilidade de erosão costeira é maior em decorrência da linha de praia se encontrar exposta a ondas de tempestades (CASTRO, 2005). Tal fato pode ser comprovado pela presença de escarpas de praia muito bem caracterizadas nestas últimas praias. Ressalta-se a importância estratégica de um levantamento de detalhe do potencial mineral (placeres) da Ilha da Trindade, objetivando estudos de geologia econômica e ambiental.

Os depósitos sedimentares holocênicos representam uma pequena parcela das unidades estratigráficas ocorrentes na Ilha da Trindade (CASTRO & ANTONELLO, 2006). Destacam-se os depósitos eólicos, praias, aluviões, recifes algálicos e depósitos de encosta. Os depósitos eólicos escalonares (dunas) da ilha são provenientes das contribuições exclusivas de tufos vulcânicos, materiais piroclásticos e recifes algálicos. A zona de alimentação do sistema eólico é totalmente dependente da rocha encaixante e das condições climáticas locais. Conforme observações em imagens de satélite e método direto no terreno, verificou-se que a taxa de transporte eólico varia em função das dimensões da pista de vento *fetch* na Praia das Tartarugas. A estimativa de taxa de transporte eólico é de 0,5 m³/m/ano, considerada pouco expressiva (CASTRO, 2003). As transformações ocorridas à retaguarda do campo de dunas, entre estas o processo de soterramento contínuo de vegetação, são decorrentes de causas naturais, principalmente relacionadas ao regime de vento unimodal nordeste e à quantidade de sedimentos trazidos para a zona de retenção eólica (CASTRO, 2003).

As praias, em geral, são relativamente estreitas, principalmente na face voltada para sudoeste (Brasil). Observou-se, durante a expedição realizada em fevereiro de 2003, a ocorrência de um terraço de cascalho a cerca de 1,0 metro acima do nível de preamar atual nas praias do Príncipe e Cabritos. A base do terraço é formada por conglomerados fonolíticos com ampla predominância de seixos de piroclásticos diversos. O tamanho médio dos clastos é de 8,0 centímetros (fração calhau fino – entre 6,4 e 12,8 centímetros) (BLAIR & MCPHERSON, 1999), sendo observada uma classe textural maior (fração matacão fino – entre 25 e 50 centímetros) e outra menor (fração seixo grosso a muito grosso – entre 1,5 e 6,0 centímetros). Foram observados alguns clastos cujo diâmetro maior alcança até 60 centímetros (fração matacão médio). A espessura aflorante do estrato de conglomerados é de 1,0 metro. Na base do estrato conglomerático, ocorrem depósitos de praia constituídos por sedimentos bioclásticos provenientes da decomposição dos recifes algálicos (antepraia) e minerais pesados transportados das encostas por chuvas torrenciais episódicas. Considerando que o nível médio do mar situa-se entre 0,40 e 0,60 metro abaixo da linha média de preamar, e o topo do afloramento conglomerático entre 1,20 e 1,50 metro acima deste nível, atribui-se, para o referido terraço, idade correspondente à última transgressão marinha ocorrida entre 2.000 a 1.500 anos A.P. (**Figura 1.5**). Em outras praias, foram identificados arenitos calcíferos (calcarenitos) que consistem principalmente de fragmentos de algas calcáreas, como a sanidina. O comportamento detrítico deste material é similar às areias de praias atuais da ilha. Caracterizam-se por plataforma plana aferindo um posicionamento do nível do mar pretérito de 1,0 a 1,5 metro acima do nível atual. Analisando os registros geológicos no litoral da Ilha da Trindade, verificou-se que o rebaixamento do nível do mar nos últimos 2.000 anos A.P. contribuiu para a formação das pequenas planícies costeiras situadas entre a praias das Tartarugas e Andrada.



Figura 1.5. Afloramento de matacões acima do nível do mar atual, possivelmente relacionado à última transgressão marinha, na Ilha da Trindade. Foto: J.W.A. Castro.

Impactos ambientais

O processo de evolução dos fenômenos erosivos, evidenciados em grandes incisões (voçorocas) na Ilha da Trindade, apesar de conhecido, ainda não foi estudado do ponto de vista geológico-geotécnico. Disso resulta a ausência de programas de monitoramento contínuo e, conseqüentemente, impossibilidade de solução do problema. Em Trindade, as voçorocas ocorrem por toda a ilha, principalmente na face voltada para as praias do Andrada, Portugueses e Cabritos. As incisões paralelas ao eixo de fraturas e linhas de drenagem devem-se aos desmatamentos ocorridos ao longo dos anos e à introdução de rebanhos de animais domésticos pelos colonizadores açorianos, ainda no século XVIII. As terras inicialmente ocupadas por espécies vegetais da Mata Atlântica hoje apresentam um panorama erosivo que envolve áreas consideráveis (**Figura 1.6**).



Figura 1.6. Incisões erosivas (voçorocas) registradas na face voltada para a Praia do Andrada, Ilha da Trindade. Foto: J.W.A. Castro.

O estudo da dinâmica de transporte de sedimento, associada à classificação de risco geológico, poderá indicar com precisão áreas vulneráveis à propagação dos processos erosivos. Esse trabalho é fundamental para a continuidade do programa de reflorestamento da ilha, implementado pelo Museu Nacional/UFRJ, Marinha do Brasil e IBAMA, bem como para outros futuros projetos ambientais (**Figura 1.7**).



Figura 1.7. Programa de reflorestamento da Ilha da Trindade, implementado pelo Museu Nacional/UFRJ, Marinha do Brasil e Ibama. Foto: J.W.A. Castro.

A presença de pontos de monitoramento de voçorocas servirá de amparo para a tomada de decisão quanto à viabilidade de planos de manejo e reflorestamento co-localizado. Para que ocorra uma desaceleração no processo erosivo, é necessário adotar medidas de mitigação específicas para cada ponto em erosão. No trecho das encostas voltadas para a Praia do Andrada, algumas medidas já foram implementadas por meio do plantio de espécies nativas.

A manutenção dos recursos hídricos na Ilha da Trindade decorre de mecanismos naturais de controle, desenvolvidos ao longo de processos evolutivos da paisagem, predominantemente de origem vulcânica. Um dos mecanismos é a relação existente entre a cobertura vegetal e a água, especialmente nas cabeceiras dos pequenos córregos. Esta condição natural de equilíbrio dinâmico foi alterada pelos desmatamentos, provocados principalmente pela introdução de caprinos. Considerando-se a propagação das voçorocas, registradas por toda a ilha, não há dúvida de que os impactos ambientais destas transformações começam a ameaçar a sustentabilidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Durante a expedição ocorrida em fevereiro de 2003, verificou-se a ocorrência de movimento de massa *landslids* em superfície, induzido principalmente por gravidade, na vertente sudeste da Praia do Túnel (**Figura 1.8**).



Figura 1.8. Movimento de massa registrado nas encostas da Praia do Túnel, Ilha da Trindade. Foto: J.W.A. Castro.

Na Crista do Galo (segmento nordeste), registrou-se a ocorrência de deslocamentos, decorrentes de desprendimentos de lascas ou placas de rochas formadas a partir de estruturas de acamamento, provocados por variações térmicas ou alívio de tensão. No arco praial dos Cabritos, próximo à Ponta do Valado, foram observados movimentos de blocos rochosos em superfícies inclinadas, os quais se encontram depositados sobre o terraço marinho posicionado entre 1,20 e 1,50 metro acima do nível do mar. Em alguns casos, tais blocos se encontram parcialmente submersos, destacando-se do talude devido à perda de apoio. (**Figura 1.9**).



Figura 1.9. Blocos rochosos em superfícies inclinadas depositados sobre o terraço marinho, na Ilha da Trindade. Foto: J.W.A. Castro.

Em relação aos processos de erosão costeira, as praias da Ilha da Trindade apresentam duas situações quanto à dinâmica sedimentar: a) praias com balanço sedimentológico relativamente estável, com reposição do estoque de sedimentos após episódios erosivos mais intensos, praia do Príncipe (face sudoeste da Ilha); b) praias onde perturbações no balanço local de sedimentos resultam em erosão e recuo de linha de costa. Tais perturbações podem ser verificadas em determinados trechos da Praia dos Portugueses (face nordeste). O processo de recuo da linha de costa próximo ao POIT deve-se à remoção parcial da linha de rochas de praia constituída por derrames de analcita-ankaratrito, ocorrido para possibilitar a atracação de barcos. A estimativa de recuo da linha de praia após esta remoção foi de 20 metros. Durante a passagem de ondas de tempestades, o local tornou-se mais vulnerável ao processo de erosão costeira. Para um cenário futuro, se confirmadas as mudanças climáticas globais devido a fatores como o efeito estufa e a sobre-elevação do nível do mar, a pequena planície costeira voltada para nordeste – envolvendo as praias dos Cabritos, Portugueses, Tartarugas e Andrada – será a mais afetada por processos de recuo de linha de praias (**Figura 1.10**).



Figura 1.10. Planície costeira da Praia do Andrada, nordeste da Ilha da Trindade. Foto: J.W.A. Castro.

Na ocorrência de uma mudança climática que torne o clima mais úmido que o atual, espera-se um cenário de maior propagação dos agentes erosivos, por meio das voçorocas, traduzindo-se em uma maior carga de sedimento transportado das encostas para as praias, causando a eliminação de comunidades algais que dependem de baixos níveis de turbidez na água para se desenvolver. Por outro lado, o efeito contrário – um clima mais árido – pode favorecer o desenvolvimento dos depósitos eólicos (dunas) na Praia das Tartarugas, provocando o soterramento da vegetação (**Figura 1.11**). Estas possíveis mudanças, em um cenário futuro, devem ser analisadas com especial interesse, devido à importância ambiental e estratégica da ilha.



Figura 1.11. Movimentação de dunas escalonares sobre a vegetação nativa da Praia das Tartarugas, Ilha da Trindade. Foto: J.W.A. Castro.

Do ponto de vista sismológico, apesar de Trindade se encontrar em uma zona de fratura transversal à cadeia meso-oceânica (área de ruptura litosférica), não foram registrados sismos ou terremotos de origem tectônica no local durante a operação da estação sismológica, que foi desativada.

Ilha de Fernando de Noronha

Meio físico

A ilha oceânica de Fernando de Noronha tem 18,4 km² e situa-se no oceano Atlântico sul equatorial, afastada 350 km de Natal, Rio Grande do Norte, e 545 km de Recife, Pernambuco. A natureza geológica caracteriza-se por relevo irregular associado a uma zona de fratura transversal de montes vulcânicos submarinos. Este relevo participa de um alinhamento de orientação E-W que se projeta em direção à costa do estado do Ceará. A morfologia é constituída por um monte cônico que repousa sobre o assoalho oceânico a quase 4.000 metros de profundidade. A porção emersa é representada por 21 ilhas, ilhotas e rochedos de natureza vulcânica; o maior eixo com cerca de 10 km e a largura máxima de 3,5 km, perfazendo um perímetro de aproximadamente 60 km. Os ambientes geológicos são constituídos por rochas vulcânicas, depósitos eólicos (eolianitos e dunas atuais), recifes algálicos e de corais, praias de larguras variáveis, depósitos lacustres e fluviais. O clima é tropical do tipo Aw do sistema Köppen de classificação, marcado pelo domínio oceânico. A média anual das temperaturas situa-se em torno de 25°C, consequência da influência dos ventos alíseos. O índice de precipitação pluviométrica anual é de aproximadamente 1.400 milímetros, com grande variabilidade interanual, caracterizado por duas estações bem distintas, sendo o período chuvoso de março a julho e o déficit hídrico mais acentuado de agosto a janeiro.

Litoestratigrafia

Almeida (1955) descreve detalhadamente os episódios vulcânicos ocorridos em Fernando de Noronha, caracterizando três unidades estratigráficas bem definidas pela Formação Remédios (mais antiga), Formação Quixaba (intermediária) e Formação São José (mais recente). Acrescen-

tam-se a estas unidades os Depósitos Quaternários constituídos por eolianitos (dunas cimentadas por carbonato de cálcio), dunas, praias, aluviões, recifes algálicos e de corais e depósitos flúvio-lacustres. As primeiras datações radiométricas das rochas de Fernando de Noronha foram efetuadas por Cordani (1970), utilizando o método K-Ar, e posteriormente por Ulbrich & Ruberti. (1992), por meio dos métodos Ar-Ar e K-Ar. **Formação Remédios:** as rochas referentes a esta unidade estratigráfica são eruptivas intrusivas em produtos piroclásticos (ALMEIDA, 1955). Constituem as elevações da área central da ilha principal. Afloram ao longo da costa norte entre a Praia da Biboca até as proximidades do Córrego do Boldró. Segundo Ulbrich *et al.* (2004), as rochas da Formação Remédios forneceram idade de resfriamento entre 12,3 e 8,0 Ma, sendo que as mais antigas foram obtidas em amostras de domos e *plugs* de álcali basalto (12,3 Ma), fonólito afírico (11,2 Ma) e álcali traquito (10,8 Ma). **Formação Quixaba:** os depósitos piroclástico são caracterizados por tufos, lapilli-tufos, tufos-brechas e aglomerados (MARIGOLO, 1995). Constituem-se unicamente de componentes essenciais e partículas de rochas ankaratrítica previamente consolidada. No interior da ilha, esta unidade apresenta-se em planaltos escalonados obedecendo aos declives originais dos derrames (ALMEIDA, 1955). A posição das camadas da Formação Quixaba na região ocidental da ilha indica a existência de condutos vulcânicos situados a norte da enseada do Carreiro de Pedra. Conforme as datações de Ulbrich *et al.* (2004), as rochas correspondentes a esta unidade apresentam idade entre 4,2 e 1,5 Ma. **Formação São José:** caracteriza-se por derrames de nefelina basanita que sustenta a Ilha de São José e duas ilhas vizinhas, Cuscuz e Fora. Embora não se verifique continuidade geográfica entre a área ankaratrítica da Península de Santo Antônio e as ilhas basaníticas, a conformação geral dos derrames na extremidade norte-oriental de Fernando de Noronha, onde as camadas se inclinam para nordeste, consideram-se as rochas desta unidade estratigráfica mais recente em relação aos ankaratritos na Ilha do Chapéu. Segundo Almeida (1955), as ilhas da Formação São José são talhadas em um único derrame de nefelina basanita com espessura de 25 metros. **Depósitos Quaternários:** os depósitos sedimentares quaternários representam aproximadamente 8,0% das unidades estratigráficas ocorrentes na Ilha de Fernando de Noronha. Destacam-se os eolianitos, dunas atuais, praias, aluviões, recifes algálicos e de corais e depósitos fluviais e lacustres. Os eolianitos descritos por Branner (1889) e Almeida (1955) localizam-se na Baía de Sueste, mais precisamente na Ponta das Caracas e na Praia de Atalaia. Valença *et al.* (2005) descrevem com detalhe as características petrográficas e geoquímicas destes sedimentos de origem eólica. O material é constituído por bioclastos, algas coralíneas, fragmentos de corais, fragmentos de braquiópodes, foraminíferos e alguns poucos artrópodes. Em relação ao nível médio do mar atual, encontra-se bem abaixo em relação ao período de desenvolvimento dos eolianitos (paleodunas). Tomando-se como referência as idades mínimas de aproximadamente 30.000 A.P. – que corresponde ao topo e/ou parte superior das áreas estudadas por Valença *et al.* (2005) – o mar estava a, aproximadamente, 30 metros abaixo do atual, fornecendo, assim, condições necessárias de *fetch* para o desenvolvimento destes depósitos. As dunas móveis das praias de Santo Antonio, Sueste e Leão caracterizam-se por material bioclástico de composição granulométrica fina. A zona de estirâncio (praia) é constituída predominantemente por material bioclástico e fragmentos de rochas de origem calcárea de granulometria média a fina. O percentual de minerais pesados é baixo, caracterizado por grãos de augita, olivina, magnetita e limonita. Os recifes algálicos e de corais apresentam exuberante desenvolvimento ao longo do litoral sul e oriental, principalmente na Enseada da Caieira, Saco da Atalaia e Praia do Leão. Os depósitos aluviais caracterizam-se por reduzido entulhamento

com material pobremente selecionado. Os leitos dos córregos existentes apresentam desníveis significativos em relação ao nível do mar atual.

Geomorfologia

A estrutura geológica da Ilha de Fernando de Noronha apresenta um conjunto geomorfológico diferenciado, constituído por: a) Domínio Planalto Suave (ALMEIDA, 1955); b) Domínio de Vertentes Rochosas; c) Domínio Planície Costeira; d) Domínio Recifal. Rochas piroclásticas e eruptivas, diques, derrames de lavas e depósitos quaternários diversos caracterizam as formas de relevo. No **Domínio Planalto Suave**, na área de Quixaba e Três Paus, os efeitos químicos do intemperismo conduzem ao desenvolvimento de rigolitos profundos. Os fonólitos são cobertos por solos rasos de cor creme-claro, pedregoso, enquanto que nas áreas ankaratríticas mostram-se mantos mais espessos, com aproximadamente 3 metros de profundidade (ALMEIDA, 1955). O planalto suave ergue-se acima de 40 metros, caracterizando-se por relevo de morros separados por vales abertos. Destaca-se, no centro da ilha, o Morro do Meio (150 metros), o Morro do Sal (100 metros), o Morro Boa Vista (100 metros) e o Morro do Francês (195 metros). O **Domínio de Vertentes Rochosas** caracteriza-se por superfícies abruptas que descem ao mar, das quais se erguem os picos fonolíticos que emprestam à ilha notáveis paisagens de origem vulcânica. O Morro do Pico, caracterizado por um domo fonolítico entre as praias da Conceição e Boldró, é um destes. A rede de drenagem é pouco expressiva, de caráter torrencial e baixa competência. A periodicidade do fluxo é limitada ao período chuvoso. Na estação seca, as vazões dos córregos são de baixa competência. O **Domínio Planície Costeira** reflete, de certa forma, a resistência da estrutura geológica em que se estabeleceu. As saliências geralmente estão suportadas por rochas eruptivas que se destacam no traçado geomorfológico. As mais proeminentes pontas são caracterizadas por grandes corpos fonolíticos, derrames e diques, como ocorrem nas pontas da Sapata, Capim-Açu, Espinhaço e pontal da Macaxeira na ilha Rata. Nas proximidades da Vila dos Remédios, registra-se a ocorrência de dois tômbolos. O primeiro localizado entre a Ilha da Conceição e a praia de mesmo nome (tômbolo simples) e o segundo caracterizado por uma tripla conexão entre as ilhas de São José, Cuscus e Rasa com a ponta de Santo Antônio. As praias são relativamente estreitas e limitadas por pontas rochosas, caracterizando ambientes de enseadas e baías. O transporte de sedimentos induzidos por ondas é restrito aos domínios das unidades fisiográficas separadas por promontórios ou pontas rochosas. Destacam-se as praias do Sancho, Quixaba, Conceição, Boldró, Sueste e Cachorro. O **Domínio Recifal** constitui um dos mais notáveis elementos geomorfológicos do litoral de Fernando de Noronha (BRANNER, 1890). Desenvolve-se ao longo da linha de costa, principalmente na zona de antepraia da Enseada da Caieira, praias do Leão e Boldró e ilha Rasa. A morfologia é constituída por franjas de barreiras que mergulham abruptamente em direção ao mar aberto. Segundo Almeida (1955), a superfície superior, quando exposta em maré baixa, apresenta uma largura média de 10 metros. Entre esta unidade geomórfica e o ambiente de praia, ocorrem pequenas lagunas mais ou menos represadas em maré baixa, como no Saco do Atalaia a sudeste de Tamandaré. A **Figura 1.12** mostra os declives e descontinuidades topográficas da Ilha de Fernando de Noronha.

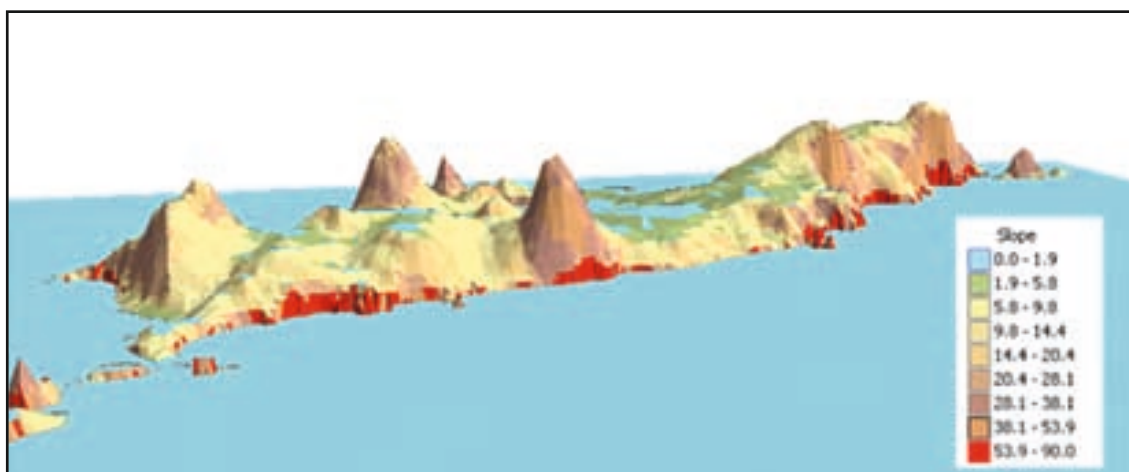


Figura 1.12. Declives e descontinuidades topográficas da Ilha de Fernando de Noronha.

Erosão costeira

No Brasil, embora os problemas relacionados à erosão costeira venham chamando atenção da mídia e de autoridades ligadas ao poder público há, pelo menos, 30 anos, somente nos últimos 15 anos a comunidade científica vinculada à área de geologia costeira e marinha passou a estudar o problema, suas causas e consequências. Na Ilha de Fernando de Noronha, apesar das evidências erosivas observadas principalmente na região do Porto de Santo Antônio e em outras praias, ainda não foi possível realizar um trabalho de campo sistemático, com o uso de receptor GPS geodésico para execução de perfis de praia e estudos de estimativas de balanço sedimentar, em função das condições operacionais e logísticas. Os principais indicadores naturais de erosão costeira na ilha são: remobilização de sedimentos de praia na enseada Caieira pela ação eólica (dunas de Tamandaré); interferência dos promontórios rochosos do Espinhaço e Carreiro de Pedra sobre o transporte longitudinal de sedimentos induzidos por ondas e alterações sazonais dos perfis de praia em condições de tempestades. As causas antrópicas referem-se à construção do molhe (porto) na Baía de Santo Antônio. Na **Figura 1.13**, observa-se processo deposicional à retaguarda da bacia de evolução portuária (assoreamento) e processo erosivo no segmento nordeste e sudoeste da Praia de Santo Antônio.



Figura 1.13. Assoreamento à retaguarda da bacia de evolução portuária de Santo Antônio e processo de erosão costeira lateral, na Ilha de Fernando de Noronha.

As principais fontes de sedimento para alimentação das praias em Fernando de Noronha provêm principalmente do interior da ilha, por meio de intemperismo e dissecação das unidades estratigráficas que constituem a Formação Remédios (mais antiga), Formação Quixaba (intermediária), Formação São José (mais recente) e Depósitos Quaternários constituídos por eolianitos, aluviões e sedimentos flúvio-lacustres. A contribuição da estreita plataforma continental é mínima, devendo-se, principalmente, à ação das ondas sobre os recifes algálicos e de corais. A crescente urbanização e intensificação das atividades turísticas em Fernando de Noronha, aliada à mobilidade das feições morfológicas e estratigráficas, poderá acelerar os processos erosivos aqui identificados.

Agradecimentos

À Marinha do Brasil (1º Distrito Naval), pelo apoio logístico e operacional; ao Professor José Carlos Sicole Seoane (Departamento de Geologia/UFRJ), pelas discussões e confecção de mapas de declividades.

Referências bibliográficas

- Almeida, F.F.M. 1955. **Geologia e Petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha**. DNPM, Ministério das Minas e Energia. Rio de Janeiro. Monografia XIII. 181p.
- Almeida, F.F.M. 1961. **Geologia e Petrologia da Ilha da Trindade**. Monografia XVIII, Div. Geol. Mineral., DNPM, Ministério das Minas e Energia. Rio de Janeiro. 197 p.
- Almeida, F.F.M.; Carneiro, C.D.R. & Mizusaki, A.M.P. 1996. **Correlação do magmatismo das bacias da margem continental brasileira com os das áreas emersas adjacentes**. Revista Brasileira de Geologia 26(3): 125-139.
- Alves, R.J.V. 1998. **Ilha da Trindade e Arquipélago Martin Vaz - Um Ensaio Geobotânico**. Serviço de Documentação da Marinha, Rio de Janeiro, 143p.
- Barros, J.A.L. de. 1959. **Relatório prévio sobre a expedição João Alberto à ilha da Trindade**. Rio de Janeiro. 75 p. (inédito).
- Bitar, O.Y. & Ortega, R.D. 1998. **Gestão Ambiental**. In: Geologia de Engenharia. Org. Oliveira, A.M.S. & Brito, S.N.A. Ed. ABGE. 499-515p.
- Branner, J.C. 1890. **The eolian sandstone of Fernando de Noronha**. America Journal Science XXXIX: 247-257.
- Carlquist, S. 1975. **Ecological strategies of xylem evolution**. Los Angeles: University of California, 259p.
- Castro, J.W.A. & Antonello, L.L. 2006. **Geologia das ilhas oceânicas brasileiras**. In: Alves, R.J.V. & Castro, J.W.A. (Eds.) Ilhas Oceânicas Brasileiras: da Pesquisa ao Manejo. Brasília. Ministério do Meio Ambiente. p. 29-57.
- Castro, J.W.A. 2003. **Campos de dunas escalonares "Climbing Dunes" do litoral do Estado do Rio de Janeiro e ilha oceânica da Trindade**. In: SBG, CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. 42, Araxá, MG. Livro de Resumos. 64 p.
- Castro, J.W.A. 2005. **Depósitos holocênicos da ilha da Trindade: Gênese e Controle Ambiental**. In: WORKSHOP ILHAS OCEANICAS BRASILEIRAS: PESQUISA E MANEJO, 1º. Museu Nacional/UFRJ. Rio de Janeiro, Livro de Resumos, 24 p.
- Cordani, U.G. 1970. **Idade do vulcanismo do Oceano Atlântico Sul**. São Paulo: Instituto de Geociências e Astronomia, Boletim IGA 1: 9-75.
- Dani, N. 1997. **Pseudoleucite in alkaline rocks of Lages, Santa Catarina, Brasil**. SEM and EDS evidencie. In: XVI Meeting of the Brazilian Society for Electron Microscopy, 1997, Caxambú (MG). Acta Microscopica 6: 364-365.
- Deer, W.A.; Howie, R.A. & Zussman, J. 1976. **An introduction to the Rock Forming Minerals**, 9th. ed., Longman, London. 528p.
- Marigolo, V. 1995. **Estudo petrográfico e químico de diques de ultramáficos e máficos do arquipélago de Fernando de Noronha, PE**. São Paulo, IGc-USP, Dissertação de Mestrado., 145 p.
- Milet-Mureau, M.L.A. 1797. **Voyage de La Pérouse autour du monde**. Paris, 2, 26-29.
- Ramos, J.R. de A. 1950. **Expedição à ilha da Trindade**. Revista da Escola de Minas 15(6): 5-14.
- Scorza, E.P. 1964. **Dois rochas alcalinas das Ilhas Martin Vaz**. DNPM. DGM. Nota 9s prel. 21: 1-4.
- Soares, L. de C. 1964. **As ilhas oceânicas**. In A. de Azevedo (ed.) Brasil, a Terra e o Homem, Bases Físicas. (volume 1). São Paulo, Companhia Editora Nacional, p. 341-378.
- Ulbrich, M.N.C. & Ruberti, E. 1992. **Nova ocorrência de rochas basaniticas no Arquipélago de Fernando de Noronha**. In: SBG, CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, São Paulo. Boletim de Resumos Expandidos. São Paulo, v.2. 83 – 84 p.
- Ulbrich, M.N.C.; Marques, L.S. & Lopes, R.P. 2004. **As ilhas vulcânicas brasileiras: Fernando de Noronha e Trindade**. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R. & Brito Neves, B.B. (Eds) Geologia do continente sul-americano: Evolução da obra de Fernando Flavio Marques de Almeida. Beca. São Paulo. 555 – 573 p.
- Valença, M.L.M.; Neumann, V.H.; Menor, E.A. & Santos, C.E.R.R. 2005. **Eolianitos de Fernando de Noronha: Uma análise integrada de estudos petrográficos e geoquímicos**. CONGRESSOS BRASILEIROS DA ABEQUA, 10º. Guarapari/ES, Boletim de Resumos, 37 - 39 p.

- Veltheim, R.V. 1950. **Geologia da ilha da Trindade**. Relatório prévio da expedição João Alberto à ilha da Trindade. Rio de Janeiro. (inédito).
- Weaver, B.L. 1990. **Geochemical of the higly - undersaturated ocean island basalt suites from the South Atlantic Ocean Fernando de Noronha and Trindade**. Contributions to Mineral and Petrology 105: 502 -515.



Capítulo 2

Estado da Arte da Geologia do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Atlântico Norte Equatorial Brasileiro)

Thomas Ferreira da Costa Campos

Reinaldo Antônio Petta

Susanna Eleonora Sichel

Leo Afrâneo Hartmann

Thomas Theye

Francisco Hilário Rego Bezerra

Narendra Kumar Srivastava

João Manuel Lima da Silva Mata

Resumo

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), também conhecido por Rochedos de São Pedro e São Paulo, é o menor arquipélago oceânico brasileiro, situando-se no meio do Atlântico norte equatorial (00°55'02"N–29°20'42"W), a cerca de 510 milhas náuticas (1.010km) da costa brasileira (Cabo do Calcanhar/RN) e 985 milhas náuticas (1.824km) da costa africana. Em relação aos outros arquipélagos oceânicos terrestres, o ASPSP apresenta características *sui generis*, visto que é o único formado por rochas plutônicas mantélicas e uma pequena cobertura sedimentar. O ASPSP tem origem e idade incertas, pois não está bem definido se corresponde a uma relíquia do manto-litosférico subcontinental associada à parte não expansiva do embasamento da região Meso-Atlântica Equatorial ou se corresponde a uma protrusão de manto-oceânico meta-somatizado soerguido pela ação da Fratura Transformante de São Paulo, concomitantemente com o processo de milonitização e serpentinização. Estima-se que o seu soerguimento tenha ocorrido entre 35 a 100 m.a. A parte emersa do ASPSP é formada por milonitos peridotítico serpentinizado e por milonito kaersutítico. Esta última rocha também de origem incerta. Tanto a milonitização como a serpentinização obliteraram as feições primárias dessas rochas. A serpentinização ocorreu por ações da água do mar e/ou fluidos hidrotermais derivados desta água, durante movimento tectônico tardio, que fraturaram mais ainda as rochas. A parte emersa de algumas ilhotas do ASPSP ainda apresenta cobertura sedimentar de idade quaternária, constituída por sedimentos clásticos derivados da atividade biogênica e do embasamento, cimentados por carbonato de cálcio, que foi descrita pelo nosso grupo de pesquisa e designada de Formação de São Pedro e São Paulo (FSPSP). Tanto a existência de pequenos terraços-marinhos, que marcam paleoníveis acima do atual nível do mar, quanto a gama de litofácies, estratificações e fósseis, que aparecem na FSPSP, sugerem que ela foi depositada em regime progradante, subaéreo, dominados por ondas. Conseqüentemente, o soerguimento tectônico do ASPSP ocorreu episodicamente e esteve debaixo do atual nível do mar no início do Neogênico.

Abstract

State of Art of the Geology of the Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Brazilian Equatorial North Atlantic)

The smallest Brazilian oceanic archipelago is Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), also known by Rochedos de São Pedro e São Paulo (St. Peter and St. Paul Rocks), located at the mid equatorial North Atlantic Ocean (00°55'02"N–29°20'42"W), about 510 nautical mile (1,010km) from the Brazilian coast (Cabo do Calcanhar, Rio Grande do Norte State) and about 985 nautical mile (1,824km) from the African coast. In relation to the other terrestrial oceanic archipelagos, the ASPSP show peculiar characteristics, because is only formed by plutonic rocks from upper mantle and a small sedimentary covering. The origin and the age of ASPSP are doubtful, since it is not convincing that the ASPSP corresponds to a relic of sub-continental lithospheric mantle associated partly to non-spreading Equatorial Mid-Atlantic basement region or if corresponds to a protrusion of oceanic-mantle uplifting by the action of St. Paul Fracture, concomitantly with the mylonitization and serpentinization. It is estimated that their formation took place between 100-35 m.y.a. The emerged part is composed of serpentinized peridotite and kaesurtite mylonites. This last rock also shows an uncertain origin. The mylonitization

obliterated all primary textures of these rocks. Concomitantly the serpentinization, through pervasive hydrothermal fluids and/or seawater actions during late tectonic movements, fractured even more the rocks. The emerged part of some islets of ASPSP still show a sedimentary covering of quaternary age, are constituted of clastic sediments derived from the biogenic activity and basement, cemented by calcium carbonate, that was described by this research group and designated of São Pedro and São Paulo Formation (SPSPF). The presence of thin marine-terraces points to several paleolevels above the present sea-level. This level, considered with a variety of lithofacies, stratifications and fossils in the SPSPF, suggests that the SPSPF was deposited under a progressive sub-aerial regime dominated by waves and that the ASPSP was below the present sea-level at the beginning of the Neogenic, and that tectonic uplift have occurred episodically rather than at a constant rate.

Introdução

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) é o menor arquipélago oceânico em território brasileiro (**Figura 2.1**). Constitui um complexo ultramáfico na crosta oceânica que é considerado ímpar na Terra. Este fato é devido às rochas que o constituem serem, na sua maioria, originadas no Manto Superior e mais raramente da Crosta Inferior. O ASPSP constitui o ponto mais avançado do território brasileiro no Atlântico equatorial e representa o único conjunto de ilhas oceânicas do país no hemisfério norte, pois se localiza a 62,14 milhas náuticas (100 km) ao norte da linha do equador a 00°55'02"N–29°20'42"W (**Figuras 2.1 e 2.2**). O ponto mais próximo da costa brasileira, o Cabo do Calcanhar, Estado do Rio Grande do Norte, situa-se cerca de 510 milhas náuticas (1.010 km) no rumo N 41°15'E. O ASPSP dista ainda cerca de 1.210 km da cidade do Recife, no rumo N 32°30'E, e se situa quase na metade do caminho para a costa da Guiné-Bissau (África), cerca de 985 milhas náuticas (1.824 km).



Figura 2.1. Demarcação das 200 milhas náuticas que definem o mar territorial brasileiro.

A região do ASPSP é tectonicamente ativa (**Figura 2.2**) e a sua formação foi controlada tanto pelas movimentações de falhas e de um conjunto de fraturas a ela associadas quanto pela expansão diapírica do manto oceânico, o que sugere que este complexo foi encaixado tectonicamente no estado sólido na crosta oceânica (BONATTI, 1978; HEKINIAN *et al.*, 2000), isto é, o ASPSP seria uma protusão, considerando-se a definição de Lockwood (1971), concomitantemente com a sua milonitização (MELSON *et al.*, 1965, 1967, 1972). A milonitização que transformou as rochas ultramáficas do ASPSP não foi acompanhada pelo processo de serpentinização, pois este último, freqüentemente, cruza a foliação milonítica destas rochas, o que sugere que a serpentinização encontra-se associada a movimentos tectônicos tardios (WISSEMAN, 1966). Conseqüentemente, os diferentes processos geológicos correlacionados com a formação deste arquipélago modificaram o caráter primário das rochas, cujas características físico-químicas sugerem a seguinte sequência de eventos geológicos: 1) Milonitização: processo associado à movimentação das falhas transformantes oceânicas, que modificou essencialmente a granulometria dos seus minerais constituintes, cominuindo-os a frações extremamente finas, cuja natureza plutônica original é evidenciada somente pela existência de minerais primários reliquiáres (porfiroclastos). 2) Serpentinização: processo associado à ação da água do mar e/ou de fluidos hidrotermais derivados desta água, que percolam as fraturas geradas por processos tectônicos tardios, fluidos estes que reagem com os silicatos ferro-magnesianos, transformando-os em serpentina (grupo de minerais compostos de silicatos hidratados de magnésio). Salienta-se que a origem do metano abiogênico nos oceanos terrestres se encontra associada ao processo de serpentinização do manto oceânico, a partir das reações de hidratação dos silicatos de magnésio e ferro $\{6[(Mg_{1,5} + Fe_{0,5})SiO_4] + 7H_2O \rightarrow 3[MgSi_2O_5] + Fe_3O_4 + H_2\}$, que libera o hidrogênio que vai interagir, em ambiente redutor, com o dióxido de carbono da água do mar para dar origem ao metano $\{CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O\}$. 3) Halmirólise: processo de alteração rochosa associado à ação da água do mar de baixa temperatura.

Considerando suas características peculiares, tanto do ponto de vista geológico e mineralógico quanto geoquímico, o ASPSP oferece especial interesse à comunidade científica devido às informações, que lá podem ser obtidas, sobre a natureza do manto superior terrestre e ainda sobre os processos de quebra e de deriva dos continentes (exemplo: Laurência, Gondwana, Pangea) e suas correlações com a abertura do oceano Atlântico, apesar da grande incerteza sobre a sua idade: 35-100 m.a. (FREY, 1970; MELSON *et al.*, 1972; BONATTI, 1976, 1978, 1990). Estas características ressaltam tanto a sua importância do ponto de vista de conservação da diversidade mineral e da evolução geológica quanto da biodiversidade, visto que o ASPSP se encontra inserido no Sistema Equatorial de Correntes Marinhas e exerce uma forte influência no ciclo de vida de várias espécies migratórias (peixes, crustáceos e aves), as quais utilizam a região como zona de alimentação e reprodução, constituindo-se, assim, área ímpar para o estudo de processos de transferência de energia ao longo da cadeia trófica. O ASPSP é uma das áreas com maior índice pluviométrico em todo o oceano Atlântico, pois se encontra sob a influência direta da Zona de Convergência Intertropical, cuja dinâmica influencia o regime de chuvas na costa nordestina brasileira e, conseqüentemente, com menor salinidade superficial. A vida selvagem no ASPSP apresenta um elevado grau de endemismo, devido a sua grande distância da costa continental, o que ressalta ainda mais a sua importância do ponto de vista de conservação da biodiversidade.

Caracterização geomorfológica, hidrológica e climática

O ASPSP é formado por dez ilhas e diversas pontas de rochas, que se situam nas proximidades da Dorsal Meso-Atlântica (**Figura 2.2**). A área emersa total é de cerca de 1,7 ha, os pontos extremos ficam entre as rochas Erebus e Pillar, que é de 420 metros. As ilhotas apresentam contornos reentrantes, sinuosos e irregulares, e as suas vertentes apresentam fortes declives ($>80^\circ$). As ilhas Belmonte, Sudeste, Nordeste e Cabral envolvem uma pequena enseada com forma de “u”, com a abertura virada para NW. Esta enseada tem cerca de 100 metros de comprimento por 50 metros de largura, com 8 a 15 metros de profundidade. As ilhas encontram-se separadas por estreitos canais. O fundo da enseada é constituído por sedimentos provenientes da atividade biogênica e da desagregação das rochas que constituem o arquipélago. O relevo emerso do ASPSP é acidentado e seu ponto culminante (18 metros de altitude) situa-se na ilha Nordeste; o ponto mais alto da ilha Belmonte tem cerca de 16 metros de altitude, onde se encontra o farol do arquipélago, e na ilha Sudeste as maiores elevações atingem 17 metros.





Figura 2.2. a) localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) no Atlântico equatorial; b) vista geral do ASPSP a partir do satélite QuicBird® (Acervo do laboratório de Geomática do Departamento de Geologia da UFRN); c) vista área a partir de helicóptero. Foto: Thomas Campos.

O ASPSP constitui a parte emersa de uma cadeia de montanha transversal meso-oceânica com direção EW, cujo relevo submarino exhibe elevações alongadas como uma crista, com declive suave na direção EW e forte declividade na direção NS, e que se encaixa paralelamente ao bordo norte da zona de falha da Fratura Transformante de São Paulo, próxima à região limítrofe das placas tectônicas divergentes sul-americana e africana. Por sua vez, a Fratura de São Paulo estende-se por 580 km entre as coordenadas 01°N–30°20'W e 00°30'N–24°W. A crosta oceânica dos lados opostos da área ativa da Fratura Transformante de São Paulo apresenta-se com uma diferença de idade de cerca de 40 m.a. (RUSBY, 1993). A zona de falha da Fratura Transformante de São Paulo, no entorno do arquipélago, tem cerca de 120 km de largura e seus vales podem atingir uma profundidade média de -3.600 metros. Contudo, nas cercanias do Arquipélago, são observadas profundidades abissais superiores a -5.000 metros, tanto nas zonas das falhas transformantes quanto no seio da dorsal Atlântica (**Figura 2.3**). Considerando a isóbata dos -3.800 metros, esta cadeia de montanha apresenta uma forma sigmoidal, com cerca de 100 km de comprimento por 40 km largura, com uma orientação geral NE-SW (**Figura 2.3**). Segundo Hekinian *et al.* (2000), a forma sigmoidal pode ser explicada pela junção de dois maciços rochosos que formam a cadeia de montanha submarina.



Figura 2.3. Esboço topográfico do sistema de cristas-vales transversais que forma a zona da Fratura Transformante de São Paulo, Atlântico equatorial (GORINI, 1981; HEKINIAN *et al.*, 2000).

Do ponto de vista hidrológico, o ASPSP encontra-se inserido no Sistema Equatorial de Correntes Marinhas (**Figura 2.4**), sofrendo a influência direta da Corrente Sul Equatorial Superficial, que flui no sentido EW, e da Corrente Equatorial Submersa, que flui no sentido contrário (WE), a uma profundidade que varia entre 60 e 100 metros, dentro de uma faixa entre as direções 1,5°N e 1,5°S. A corrente submersa é a mais rápida de todas as correntes equatoriais, podendo alcançar velocidades superiores a 3,6 km/h (2 nós). A ação conjunta destas duas correntes marinhas gera um padrão hidrológico de elevada complexidade e com grande influência no ecossistema insular, nomeadamente o fenômeno de enriquecimento de nutrientes, devido à ressurgência decorrente da interação entre as correntes oceânicas e o relevo submarino. Em relação às condições meteorológicas, o ASPSP encontra-se sob a influência direta da Zona de Convergência Intertropical, cuja dinâmica influencia o regime de chuvas na costa nordestina brasileira. Por este motivo, o ASPSP é uma das áreas de maior índice pluviométrico em todo o oceano Atlântico e, conseqüentemente, de menor salinidade superficial.



Figura 2.4. Mapa esquemático das correntes marinhas do Atlântico equatorial (BC=Corrente do Brasil; SEC=Corrente Sul Equatorial; ECC=Corrente Equatorial; NEC=Corrente Norte Equatorial. As setas indicam a direção do fluxo de água).

Geologia e petrografia

Rochas do substrato rochoso

O maciço rochoso que constitui a cadeia de montanha submarina, cujos píncaros constituem o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (**Figura 2.5**), é tectonicamente ativo e, conseqüentemente, sujeito a terremotos.

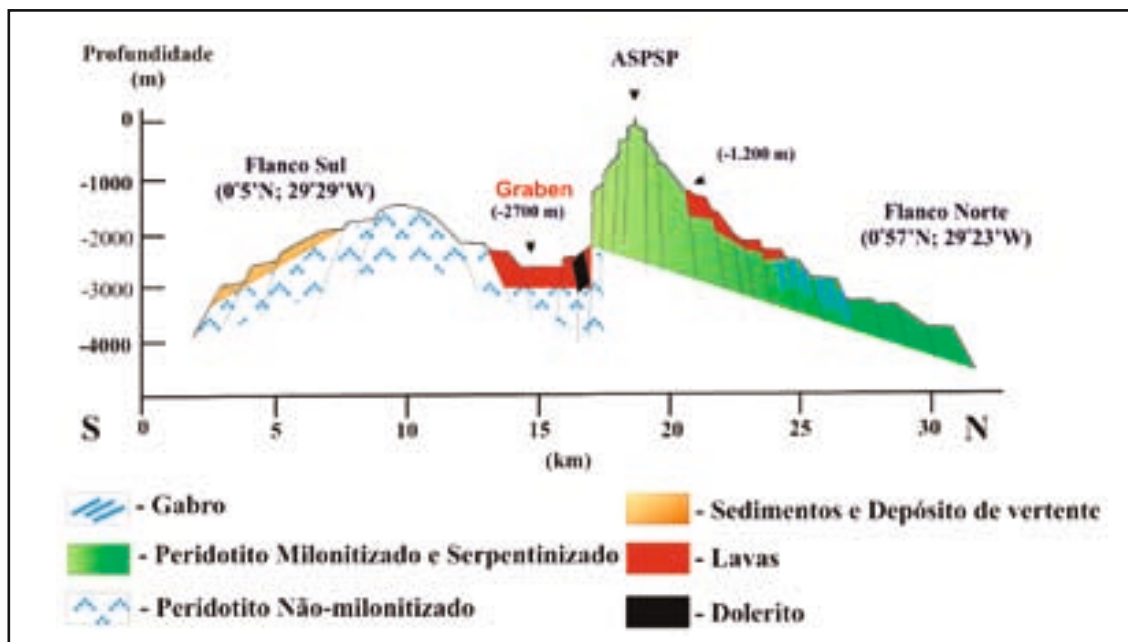


Figura 2.5. Perfil geológico interpretativo dos flancos norte e sul da cadeia transversal do ASPSP, que estão separados por uma falha transformante ativa de direção EW (HEKINIAN *et al.*, 2000).

Conforme mencionado, esta cadeia de montanha encontra-se no seio da falha transformante de São Paulo, o que indica que sua formação foi controlada pela movimentação desta falha e de seu conjunto de fraturas (**Figuras 2.2, 2.3, 2.5 e 2.6**).

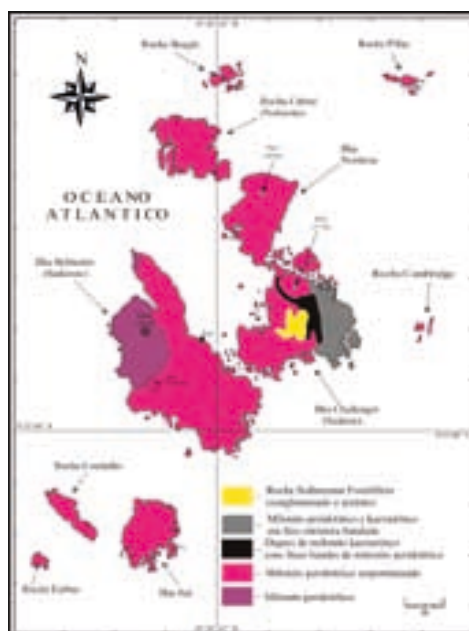


Figura 2.6. Mapa geológico da área emergida do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atlântico equatorial (CAMPOS *et al.*, 2002, 2003a,b,c, 2004a,b,c,d, 2005a,b,c).

Este maciço rochoso encontra-se dividido em dois flancos (norte e sul) por uma provável falha transformante ativa de direção EW (HEKINIAN *et al.*, 2000). Esta separação é feita por uma estrutura tipo *graben* (<–2.500m), onde podem ser encontrados intrusões doleríticas e pequenos derrames basálticos. Os dois flancos apresentam características geológicas distintas: i) O flanco norte, onde se encontra o ASPSP, consiste de um conjunto de escarpas de falhas fortemente tectonizada. É formado essencialmente por milonito peridotítico serpentizado, milonito peridotítico bandados serpentizado, raras intrusões gabróicas e derrames basálticos. ii) O flanco sul encontra-se menos tectonizado e é constituído por peridotito não deformado e serpentizado, ocorrendo ainda alguns derrames basálticos. Encontra-se ainda coberto por calcário endurecido. O mecanismo de colocação do maciço de São Pedro e São Paulo dentro da falha transformante de São Paulo não foi ainda identificado. Hekinian *et al.* (2000) propuseram dois processos tectônicos distintos para a origem da forma sigmoidal deste maciço: o flanco sul teria se formado a partir de movimento tectônico tipo extensional (*pull-apart*), diapírico e de denudação, enquanto o flanco norte formou-se a partir de um extensivo falhamento transversal do tipo cisalhante e cavalgante (*strike-slip* e *thrust faults*). A existência de rochas vulcânicas, subvulcânicas e de peridotitos serpentizados e não milonitizados no flanco sul sugere que esta parte da litosfera esteve menos rígida e, conseqüentemente, mais permeável à circulação de fluidos, realçando o processo de serpentização e ascensão diapírica deste flanco, enquanto o flanco norte faz parte de um bloco com extensivo cisalhamento associado a falhamento transversal cavalgante, que se elevou durante o tectonismo transcorrente, sugerindo uma litosfera mais rígida do que a do flanco sul, durante a protusão dos peridotitos serpentizados (**Figura 2.5**). Devido ainda aos movimentos extensionais localizados no seio deste maciço, ocorreu vulcanismo intratransformante. Assim, as rochas vulcânicas que afloram na estrutura tipo-*graben* do flanco sul podem ter extravasado durante um reajuste tectônico. Conseqüentemente, a colocação dos peridotitos que constituem o ASPSP está relacionada ao efeito combinado de diapirismo serpentínico (protusão) e cisalhamento diferencial dentro da falha transformante de São Paulo, cuja resultante elevou acima do atual nível do mar a porção norte do maciço que forma o ASPSP.

Durante o soerguimento do flanco norte do maciço de São Pedro e São Paulo, houve deposição de sedimentos que deram origem à FSPSP, de idade Neogênica (CAMPOS *et al.*, 2002, 2003a, 2004a,d, 2006).

A porção noroeste da ilha Belmonte (**Figura 2.6**) é constituída por uma rocha afanítica, maciça, homogênea, de dureza elevada e com coloração branca acinzentada a cinza verdeoenga (**Figura 2.7a** e **2.8a**), enquanto a porção sudeste da ilha Belmonte e as restantes ilhas são essencialmente constituídas por uma rocha afanítica, heterogênea, de dureza baixa e com coloração bastante variada, desde branca acinzentada e/ou cinza verdeoengo, a marrom avermelhada ou, ainda, uma mistura entre estas colorações (**Figuras 2.6, 2.7c** e **2.8f**). A rocha homogênea corresponde a um peridotito milonitizado, enquanto a rocha heterogênea corresponde a uma trama entre a fase milonítica e a fase serpentizada, em que a fase serpentizada desenvolve-se a partir do padrão do diaclasamento e a custa da fase milonítica, até o consumo total desta última fase. Na ilha Sudeste, aflora, ainda, como filões e enclaves, uma rocha afanítica, maciça, homogênea, de dureza elevada, de cor cinza antracita (**Figuras 2.6** e **2.7b**), que corresponde a uma rocha alcalina milonitizada, rica em kaersutita (**Figura 2.8c**). Este milonito alcalino kaersutítico ocorre ainda sob a forma de níveis milimétricos a centimétricos, alternando-se paralelamente com níveis de milonitos peridotíticos, com dimensões similares, que, no seu

conjunto, imprime à rocha uma estrutura bandada (**Figuras 2.6, 2.7d e 2.8e**), por vezes com microdobramento.

Quase toda a paragênese mineralógica original das rochas do ASPSP foi obliterada por processos tectônicos, inviabilizando, até o momento, a determinação de sua composição modal (MELSON *et al.*, 1972; CAMPOS *et al.*, 2003). A natureza plutônica original destas rochas é evidenciada pela existência de porfiroclastos elipsoidais de olivina (**Figura 2.8a**: 0,1–2,0 mm, mas raramente podem chegar a 4,0 mm), piroxênios (**Figura 2.8b**: 0,5–1,5 mm), anfíbólios (**Figura 2.8c**: 0,5–6,0 mm) e espinélios (0,1–4,0 mm), fortemente fragmentados e fraturados até se confundir com a matriz (<0,01 mm) de mesma composição. Os porfiroclastos de olivina correspondem a 60% dos porfiroclastos e a matriz milonítica corresponde a mais de 60% das rochas e se encontra criptoserpentinizada. Isso sugere que os fenocristais originais foram cominuídos e recrystalizados por ação tectônica, envolvida sinuosamente em uma fina matriz milonítica (**Figura 2.8a, 2.8b e 2.8d**). Esta matriz pode aparecer ainda com bandamento claro/escuro (**Figura 2.8d**), de diferente granulação, que em média varia de 0,01 a 0,02 mm, mas pode atingir 0,06 mm. A cor escura deve-se a concentrações de minúsculos grãos de magnetita proveniente do processo de criptoserpentinização da matriz.

Por vezes, é possível ainda identificar uma foliação milonítica na matriz, associada paralelamente ao eixo maior dos porfiroclastos mais elipsoidais. Contudo, os porfiroclastos de olivina se apresentam com orientação ótica variada e geralmente o seu eixo cristalográfico *b* encontra-se perpendicular à foliação milonítica (TILLEY, 1947; DENISOVA, 1991). Esta foliação encontra-se refletida em planos preferenciais de microdiaclasamento apresentados por algumas amostras. Petrograficamente, os milonitos ultramáficos do ASPSP apresentam ainda vestígios tanto de uma deformação inicial a alta temperatura ocorrida no manto superior quanto de uma forte deformação plástica ocorrida na crosta inferior durante o processo tectônico que originou a Fratura Transformante de São Paulo, por meio da qual os peridotitos iniciais se tornaram milonitizados. A combinação da recrystalização sintectônica com a deformação plástica deu origem a uma textura milonítica típica, que obliterou a orientação ótica inicial dos minerais sem produzir uma textura nova nos porfiroclastos.

A orientação milonítica dos peridotitos do ASPSP é discordante à direção da Fratura Transformante de São Paulo, o que indica que este bloco foi trazido à superfície em uma série de movimentos tectônicos complicados, que devem ter rotacionado o maciço de São Pedro e São Paulo (MELSON *et al.*, 1972; CAMPOS *et al.*, 2007).

Contudo, a milonitização não foi acompanhada pelo processo de serpentinização, visto que este último processo, freqüentemente, cruza a foliação milonítica e se encontra associado ao padrão de diaclasamento existente no arquipélago, o que sugere que a serpentinização está associada a movimentos tardios que geraram um sistema de diaclasses, que facilitou a percolação de água do mar e/ou fluidos hidrotermais derivados desta.

Realizaram-se estudos sobre a tectônica rígida (CAMPOS *et al.*, 2007) com base em cerca de 5.436 medidas de diaclasses, distribuídas ao longo das diferentes ilhas do ASPSP, com a maior densidade de medição nas ilhas que apresentam maior superfície emersa (Belmonte, Sudeste,

Nordeste e Noroeste). Na ilha Sudeste, foram medidos ainda cinco bandamentos kaersutita-Peridotito. O intenso tectonismo frágil que o ASPSP sofreu bem como o fraturamento provocado pela expansão serpentinitica provocaram diaclasamento em todas as direções. Com base nas interpretações de estereogramas e na petrografia das seções delgadas, pôde-se confirmar a influência da Falha Transformante de São Paulo sobre o ASPSP. O tratamento dos dados em rede estereográfica de igual área apresenta um diagrama de contorno de pólos de planos efetuado, permitindo definir cinco planos prevalentes no sistema de juntas do ASPSP, distribuindo-se três com direções NE e dois com direções NW (**Figuras 2.9a, 2.9b**), com alguns grupos de polos em forma de guirlanda, o que sugere que a ilha rotacionou enquanto estava sob a ação dos esforços tectônicos.

Considerando-se a direção geral da Fratura de São Paulo, o seu caráter destal e *en echelon*, e o elipsóide deformacional para o ASPSP, estas orientações se coadunam com as fraturas conjugadas R e R' e de cisalha secundária P de Riedel (**Figura 2.9c e 2.9d**). Este sistema também é evidenciado por meio de marcadores cinemáticos que indicam rejeitos direcionais destrais em microdiaclasamento na matriz milonítica e nos porfiroclastos de olivina e espinélio (**Figura 2.9e**). Movimentos tectônicos posteriores à milonitização fraturaram ainda mais estas rochas, acelerando a serpentinitização e dando origem a estruturas de serpentinitização tipo kernel (**Figuras 2.7c1, 2.7c2, 2.7c3 e 2.8f**), o que facilitou mais ainda a infiltração de fluidos responsáveis pela serpentinitização.

Este processo de serpentinitização não foi uniforme e gerou rochas com diferentes graus de serpentinitização, desde incipiente até elevado (**Figura 2.7c**). Até o momento, a difratometria de raios X – realizada sobre o material mais serpentinitizado – identificou somente a lizardita e o crisólito como os minerais do grupo da serpentina que predominam como produto da alteração dos milonitos peridotíticos. Além disso, identificaram-se ainda a magnetita e óxidos de ferro hidratados. As serpentinas estão presentes tanto sob forma pseudomórfica quanto sob a forma de grão matricial muito fino.

As rochas miloníticas do complexo ultramáfico do ASPSP apresentam-se com cinco seqüências paragenéticas, sendo a primeira composta pelos minerais plutônicos reliquiares, a segunda pelos minerais da matriz milonítica (tais como olivina, piroxênio, pargasita, espinélio e kaersutita), a terceira pelos minerais do grupo da serpentina que afetam alguns minerais das seqüências anteriores, a quarta também composta por minerais do grupo da serpentina, cujo processo de serpentinitização se dá a partir da infiltração de fluidos pelo diaclasamento, e a quinta, por uma massa branca carbonática que corta a serpentina. A serpentinitização afetou mais fortemente a olivina e os piroxênios, principalmente a enstatita. Os anfibólios não se apresentam serpentinitizados.

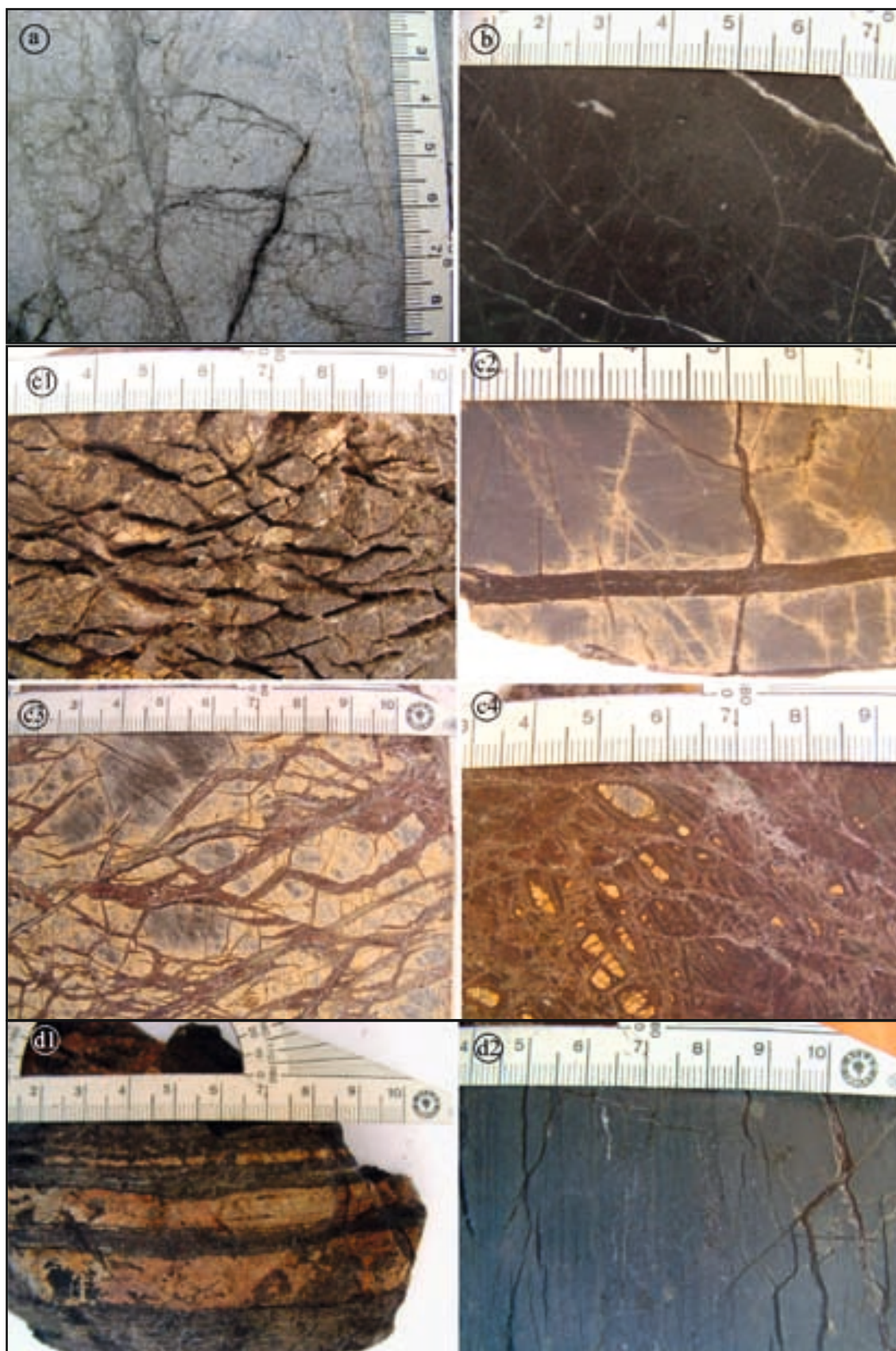


Figura 2.7. Amostras de mão representativas das rochas emersas do ASPSP. a) milonito peridotítico; b) milonito kaersutítico; c) milonito peridotítico serpentinizado, c1-superfície da amostra, c2-onde o diaclasamento se encontra realçado pela lixiviação do material serpentínico, c3-milonito peridotítico serpentinizado, c4-milonito peridotítico com alto grau de serpentinização; d1) superfície da amostra do milonito bandado kaersutita-peridotítico; d2) milonito bandado kaersutita-peridotítico (bandas negras: níveis de kaersutita, bandas amarelas e acinzentadas: níveis de milonito peridotítico). Escalas em cm.

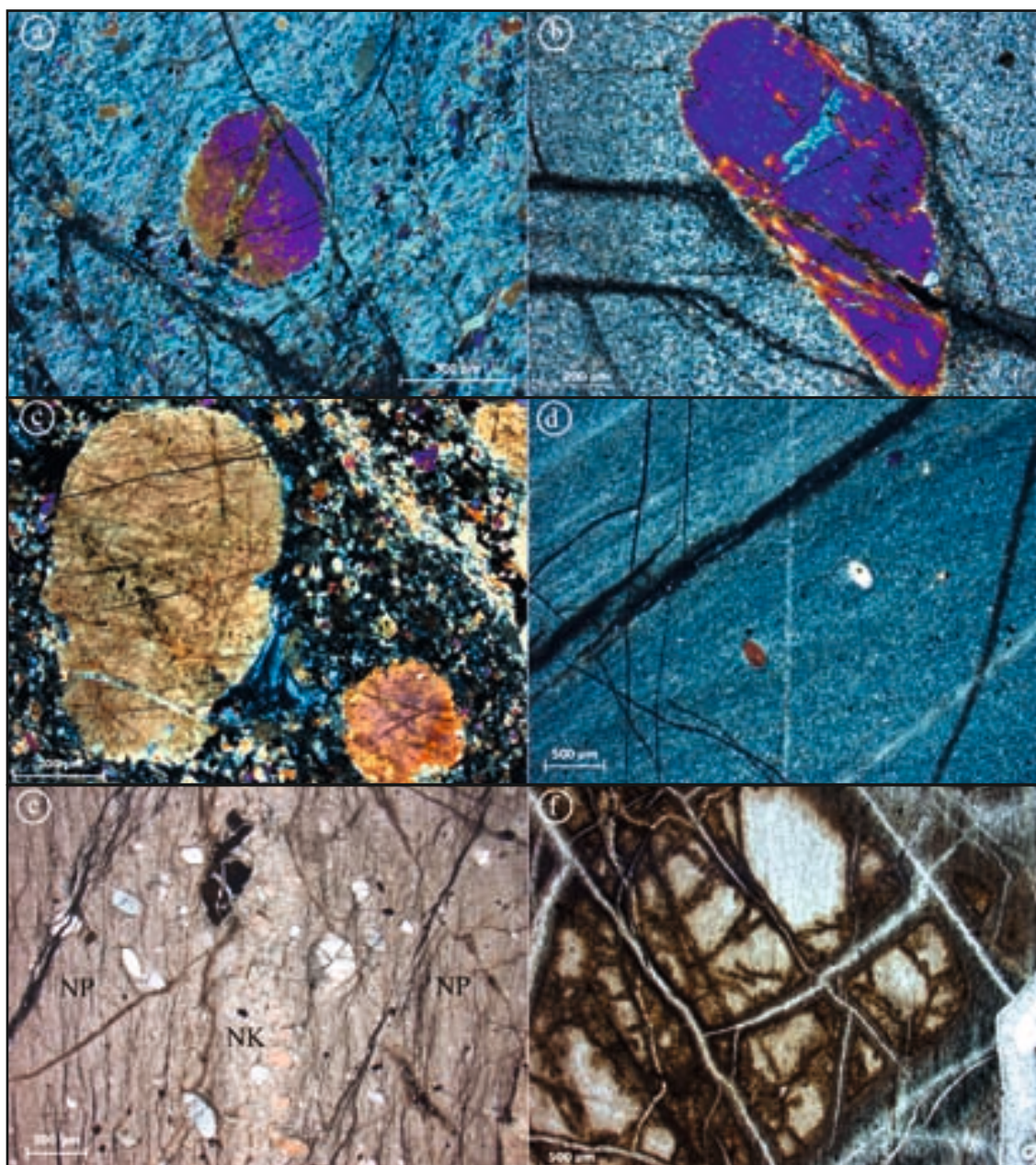


Figura 2.8. Fotomicrografia das rochas do ASPSP. a) milonito peridotítico com porfiroclastos de olivina envolvidos pela matriz milonítica. Salienta-se a existência de pequenos clastos de olivina derivados e a volta do porfiroclasto. Os grãos opacos são de espinélio (nicóis X); b) milonito peridotítico com porfiroclastos de enstatita. Os grãos opacos são de espinélios. Salienta-se a existência de serpentina nas microdiaclasses (nicóis X); c) milonito kaersutítico com porfiroblastos de kaersutita de diferentes tamanhos, envolvido pela matriz kaersutítica. Os grãos opacos são de magnetita (nicóis X); d) milonito peridotítico, cuja matriz é formada pela alternância de níveis com diferentes graus de cominuição. Salienta-se a existência de porfiroclasto de olivina e de serpentina dentro das microdiaclasses. Os grãos opacos são de espinélios e magnetita (nicóis X); e) milonito bandado kaersutita-peridotítico, NK: níveis kaersutíticos, NP: níveis peridotíticos. Salienta-se a existência de serpentina só nas microdiaclasses dos níveis peridotíticos. Os grãos opacos são de espinélios (nicóis X); f) milonito peridotítico serpentinizado, com estrutura do tipo kernel, faixas castanha-amareladas: serpentina, faixas brancas: calcita (nicóis //).

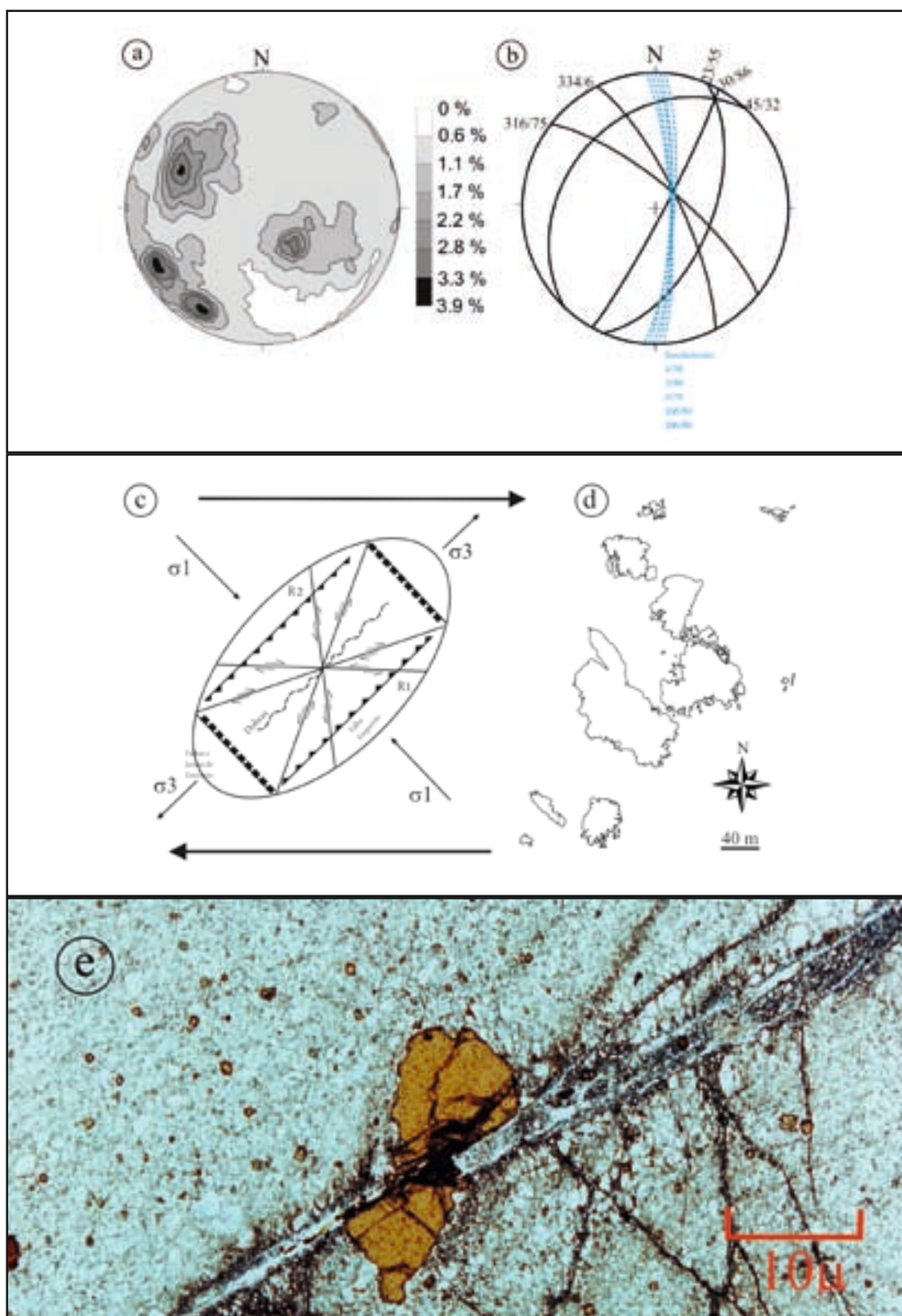


Figura 2.9. Diagramas em rede estereográfica de igual área do conjunto de diaclases das rochas emersas do ASPSP. a) diagrama de contornos (% percentagem relativa) do conjunto de pólos das diaclases; b) planos dominantes no conjunto de medidas, juntamente com as medidas do bandamento kaersutita-peridotito; c) Diagrama de Riedel, mostrando o comportamento de uma rocha sujeita a um cisalhamento dextral. R1 são falhas sintéticas e R2 antitéticas, algumas vezes podem se desenvolver cisalhamentos sintéticos (P) e antitéticos (X). Dobras e outras feições contrativas são desenvolvidas associadas à compressão σ_1 , ao passo que σ_3 desenvolvem-se feições de extensão; d) contorno das ilhas, onde se pode perceber a similaridade entre formas lineares e formas estruturais propostas por Riedel quando sujeito a esforços cisalhantes (mesmo contexto da ZFSP); e) fotomicrografia de um porfiroblasto de espinélio fraturado pelo microfratura, com micro-rejeito dextral no milonito peridotítico (nicóis //).

Rochas sedimentares

As rochas sedimentares da Formação São Pedro e São Paulo aflorantes no ASPSP (CAMPOS *et al.*, 2002, 2003a, 2004a,d, 2006) são formadas, essencialmente, por sedimentos clásticos polimíticos provenientes da atividade biogênica e do substrato rochoso, que se encontram consolidados e bastante trabalhados (**Figuras 2.10a e 2.11a**).

Esta seqüência sedimentar bio-litoclástica repousa discordantemente sobre o embasamento (milonito peridotítico serpentizado) e é constituída por duas unidades: i) Unidade Atobás; ii) Unidade Viuvinhas. Essa formação originou-se a partir da deposição de sedimentos marinhos em águas superficiais de uma paleobacia. Durante a deposição, houve ao menos dois episódios sismo-tectônicos que a afetaram: um que gerou um hiato entre dois períodos de deposição, e outro que basculou toda a seqüência.

A evolução da Formação São Pedro e São Paulo teve início com a abertura de uma barreta, aproveitando-se da zona de fraqueza originada pelo diaclasamento, de direção geral NW, do embasamento. Com a invasão da água do mar, depositou-se a Unidade Atobás, formada, essencialmente, por seixos que caíram na bacia, devido tanto à ação sísmica quanto pela ação erosiva das ondas (**Figuras 2.10b, 2.11b e 2.11c**). Os seixos permaneceram sob a ação das ondas até se arredondarem. Com o passar do tempo, a granulação dos sedimentos diminuiu até que passasse a se depositar apenas areia grosseira, mas com raros seixos angulosos provenientes da desagregação das vertentes por ação das ondas e/ou dos abalos sísmicos. Um expressivo evento tectônico provocou o basculamento das camadas da Unidade Atobás para SE.

Este evento tectônico provocou ainda a abertura do sistema de fraturamento das ilhas do ASPSP, cujos espaços foram preenchidos por um arenito cinza contendo seixos angulosos, com dimensões variando entre 5 e 15 centímetros, iniciando-se assim a deposição da Unidade Viuvinhas.

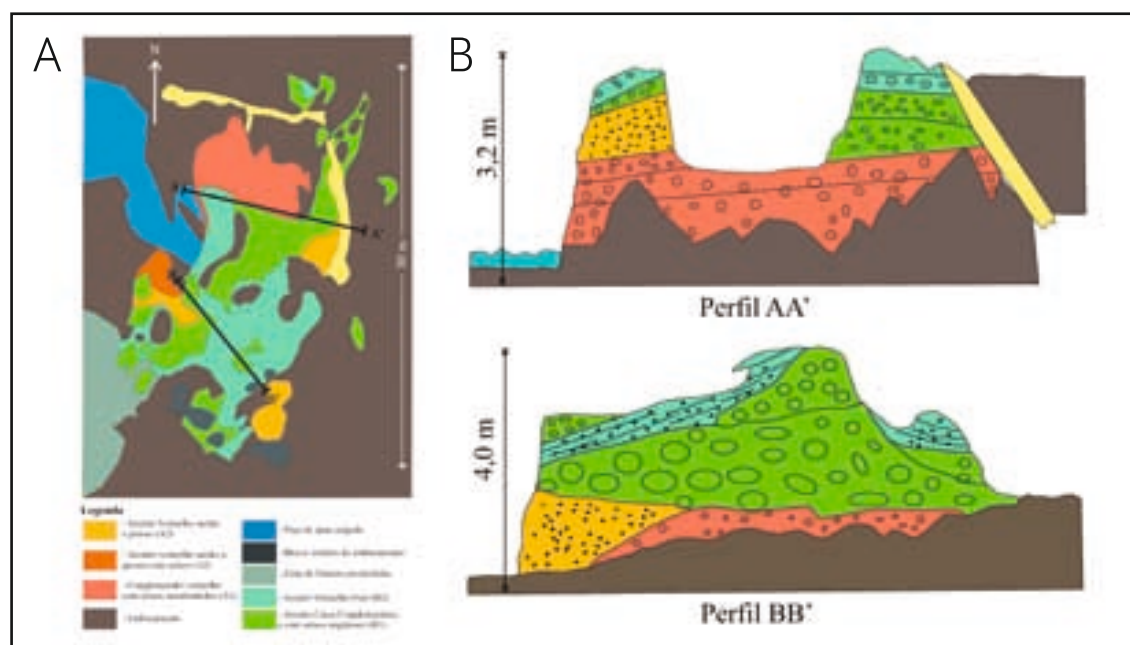


Figura 2.10. a) mapa geológico da Formação São Pedro e São Paulo. A-Unidade Atobás; B-Unidade Viuvinhas (CAMPOS *et al.*, 2002, 2003a, 2004a,d, 2006); b) Perfis AA' e BB' da Formação São Pedro e São Paulo (CAMPOS *et al.*, 2002, 2003, 2004). Legenda como na Figura 2.10a.

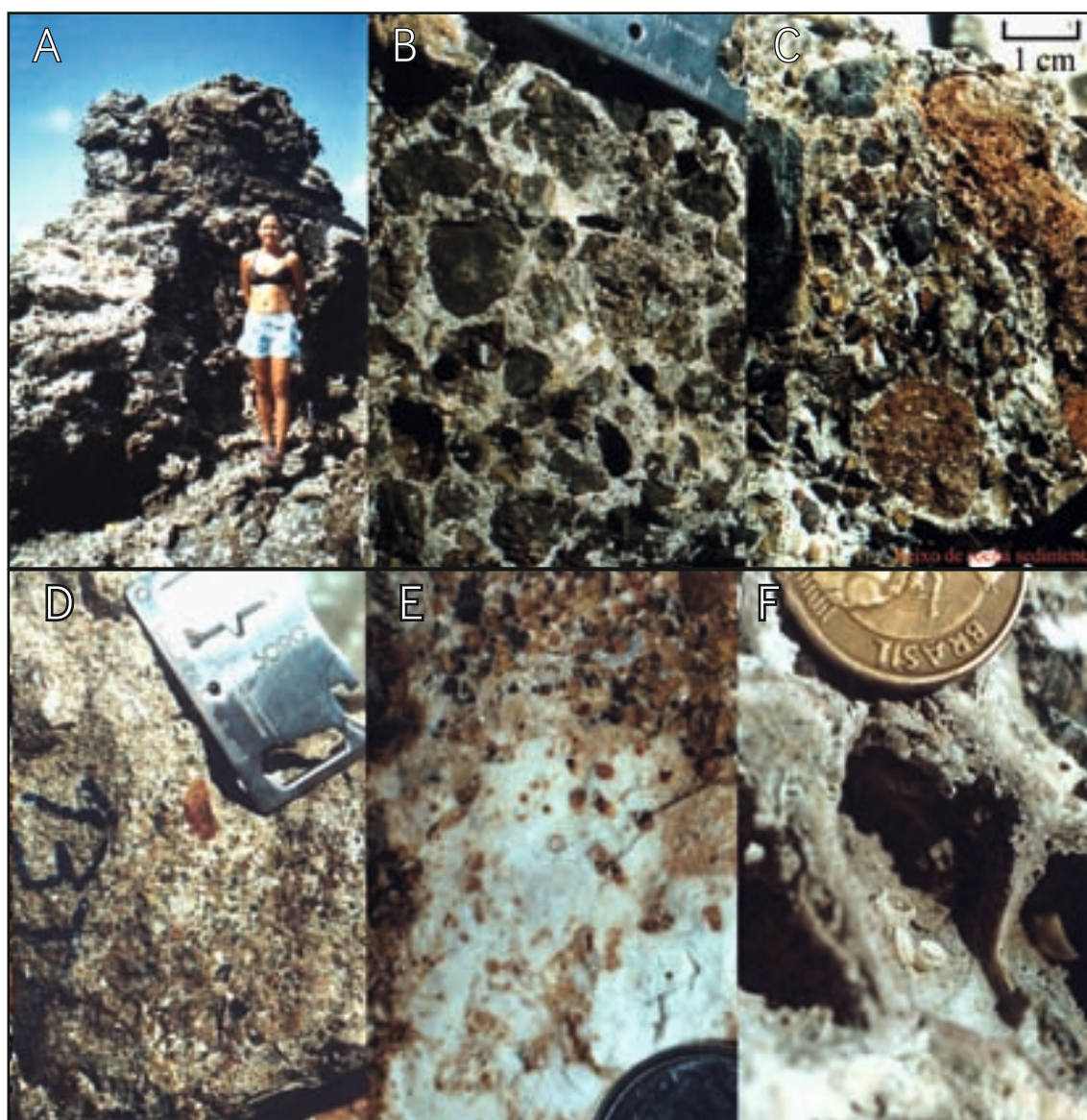


Figura 2.11. a) Formação São Pedro e São Paulo (ilha Sudeste); b) ortoconglomerado polimítico calcífero, desorganizado; c) conglomerado polimítico, com seixos do embasamento e da cobertura sedimentar mais antiga (ilha Belmonte); d) arenito calcífero, fossilífero, com níveis conglomeráticos mostrando estratificação gradacional (ilha Sudeste); e) algas calcárias (Melobésias) com tubos de vermes incrustadas em arenito calcífero (ilha Sudeste); f) Fósseis de barnacles com esqueleto de gastrópodes (ilha Sudeste).

A deposição da Unidade Viuvinhas estendeu-se, ainda, além dos limites das fraturas, em uma área mais abrangente. Provavelmente, a atividade sísmica foi a responsável pela existência de blocos de dimensão decimétrica ($\leq 1\text{m}$) nesta Unidade. Com o desenvolvimento da seqüência da Unidade Viuvinhas, ocorreu a deposição dos arenitos avermelhados, em um ambiente mais calmo (**Figura 2.11d**). Finalmente, um segundo evento sísmico provocou o basculamento de toda a Formação São Pedro e São Paulo, e uma nova quebra da abertura da enseada deixou a ilha na configuração atual, ficando preservadas apenas partes desta bacia. A presença de fósseis de algas calcáreas e moluscos (uni e bivalves) na Unidade Viuvinhas indica que, no local, havia uma lâmina de água inferior a 30 metros, em contato com o mar aberto e com uma forte atividade biogênica (**Figura 2.11e** e **2.11f**). Um terceiro evento sísmico mais forte reativou o fraturamento do embasamento cristalino e, por propagação, fraturou a Formação São Pedro e São Paulo. Tal fato sugere que o embasamento cristalino fraturou-se em dois blocos que sofreram basculamento, pois a Formação São Pedro e São Paulo apresenta dois flancos com mergulhos de 20° para 330° de azimuth e de 35° para 300° de azimuth, respectivamente.

O fraturamento da Formação São Pedro e São Paulo provocou um maior desgaste erosional e configurou o relevo em sua forma atual (**Figura 2.11a**). Os mais importantes indicadores de níveis de mar encontrados são os *barnacles*, gastrópodes, vermitídeos e fragmentos de algas, que indicam zonas de variação de maré (**Figura 2.11e e 2.11f**). A gama de litotipos, tipo de estratificação e da assembleia de fósseis encontrada na Formação São Pedro e São Paulo sugerem que tais sucessões foram depositadas durante um regime marinho subaéreo dominado por ondas, e que o Arquipélago se encontrava abaixo do atual nível do mar durante o início do Neogênico (CAMPOS *et al.*, 2002, 2003a, 2004a,d, 2006). Pequenos terraços apresentando conglomerados polimíticos (seixos de milonitos, fragmentos de rocha sedimentar, fósseis marinhos) marcam diferentes paleoníveis acima do atual nível do mar, similares aos encontrados no Arquipélago de Fernando de Noronha, no Atol de Rocas e no litoral do Estado do Rio Grande do Norte (MARTIN *et al.*, 1985; SUGUIO *et al.*, 1985; ISLA, 1989; PIRAZZOLI, 1991; ANGULO & GIANNINI, 1997), o que sugere que o soerguimento do Arquipélago pode ter ocorrido episodicamente. A análise da datação pelo método ^{14}C dos fósseis dos diferentes níveis sedimentares existentes na ilha Belmonte, associado à curva teórica de variação do nível do mar para a região do ASPSP, sugere que a variação de altitude destes níveis não ocorreu por ação dos movimentos eustáticos, e, sim, pelos movimentos sismotectônicos (exemplo: subsidência, soerguimento ou movimentação lateral do assoalho oceânico), concomitantemente com os movimentos isostáticos ou geoidais (exemplo: subsidência ou soerguimento do assoalho oceânico por ação conjunta da diferença de densidade da coluna rochosa: crosta inferior/manto superior, e da força da gravidade, comuns na região do arquipélago) (CAMPOS *et al.*, dados não publicados).

Aspectos geoquímicos das rochas do substrato rochoso

Como já mencionado, o ASPSP é um bloco do manto superior soerguido por forças tectônicas associadas à movimentação de falhas transformantes, o que sugere que este complexo foi encaixado tectonicamente no estado sólido, concomitantemente com a milonitização (MELSON *et al.*, 1967). Contudo, a milonitização não foi acompanhada pelo processo de serpentinização, visto que este último cruza a foliação milonítica e se encontra associado ao padrão de diaclasamento existente no arquipélago. Conseqüentemente, movimentos tectônicos pós-miloníticos geraram um sistema de diaclases, que facilitou a percolação de água do mar e/ou fluidos hidrotermais derivados da água do mar, acelerando a serpentinização. A serpentinização que ocorreu por meio do sistema de diaclases não foi uniforme, o que explica a variação da intensidade de serpentinização observada a escala de afloramento (**Figura 2.7c**).

Em virtude da dificuldade de se obter uma composição modal devido à milonitização e serpentinização das rochas ultramáficas do ASPSP, calculou-se a composição normativa (CIPW) a partir das análises recalculadas sem a perda-ao-fogo (*Lost on ignition*) e projetou-se no diagrama de classificação de Le Maitre *et al.* (1989). Neste diagrama, para efeitos comparativos, também estão projetadas as amostras dragadas nos contrafortes do ASPSP, do milonito peridotítico e do milonito quersutítico de Melson *et al.* (1972). Poucas amostras se posicionaram no campo dos Lherzolito (**Figura 2.12a**). Em geral, este fato será devido: 1) aos cálculos normativos só considerarem a mineralogia de baixa pressão da crosta superior, o que não é o caso das paragênese das rochas do ASPSP, que se formaram à alta pressão no manto externo. Conseqüentemente, a proporção modal do plagioclásio e or-

topiroxênio será menor do que as respectivas % normativas, enquanto o % clinopiroxênio modal será maior do que o diopsídio normativo. Por sua vez, a % olivina modal será mais baixa do que a normativa devido a sua alteração seletiva; 2) como à serpentinização que provoca modificação nos teores de Si, Mg e Ca dos silicatos ferromagnesianos primários, principalmente nos clinopiroxênios, substituindo-os por Al, Na e K. Conseqüentemente, o diopsídio normativo se encontra subestimado (ERNST & PICCARDO, 1979), o que obrigou algumas amostras a migrarem para o campo do harzburgito e do dunito. Contudo, algumas amostras que se projetaram nos campos do wehrlito e olivina clinopiroxenito correspondem às que foram formadas e/ou contaminadas pelos fluidos alcalinos. Tais amostras são de rocha com composição completamente diferente dos milonitos peridotíticos, pois se apresentam com feldspatóides normativos (**Figura 2.12b e 2.12c**), devido aos seus baixos teores de SiO_2 e altos teores de Na_2O , K_2O e TiO_2 , (**Figura 2.13**). Como já foi dito, esta rocha é constituída essencialmente por kaersutita e só ocorre na ilha Sudeste.

As rochas mantélicas que ocorrem em meio ambiente oceânico, usualmente, apresentam diferentes graus de metasomatização e serpentinização, devido à longa interação com a água do mar e/ou fluidos hidrotermais dela derivados, que por vezes se inicia durante a sua implantação crustal (SNOW & DICK, 1995; ALT & SHANK, 2003). Estes processos podem mobilizar seletivamente diferentes tipos de iões, e conseqüentemente obliterar a composição química das rochas, dificultando a identificação de suas características químicas primárias (SEYFRIED & DIBBLE, 1980; SEYFRIED *et al.*, 1984; JANECKY & SEYFRIED, 1986; SNOW & DICK, 1995; VON DAMM, 1995; STEPHENS, 1997).

Segundo Campos *et al.* (2003), a composição dos milonitos peridotíticos serpentinizados, recalculada na base anidra, se dispersa à volta da composição dos milonitos peridotíticos não serpentinizados e não apresenta a típica correlação com o MgO (**Figura 2.13**) descrita em outros estudos (FREY *et al.*, 1985; MELCHER *et al.*, 2002), o que sugere a ação da serpentinização na mobilização dos elementos maiores e traços.

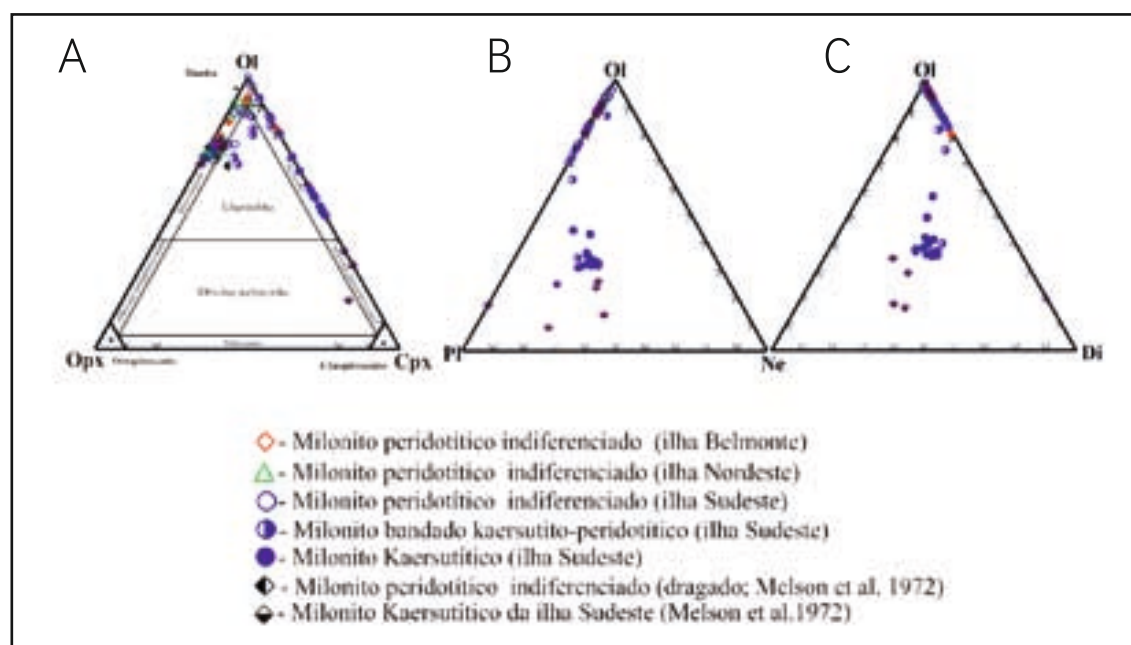


Figura 2.12. Diagramas das composições normativas (CIPW) das rochas do ASPSP.

Cálculos de balanço de massa sugerem que a milonitização não provocou alterações significativas na composição dos peridotitos. Contudo, o avanço da serpentinização nestas rochas levou a uma ligeira perda de SiO_2 , Al_2O_3 , $\text{FeO}_{\text{Total}}$, NiO , MnO , MgO , Ba , Bi , Co , Cu , Ga , S , Sc , Zn , e ganho de CaO , Na_2O , K_2O , “LOI”, Cd , Li , Mo , Pb , Rb , Sr e Ta . Não se observou uma variação consistente em Nb , Sb , Sc , Th , U , V , W e Y (CAMPOS *et al.*, 2002, 2003b,c, 2004b,c, 2005a,b,c).

Os milonitos peridotíticos do ASPSP apresentam composição similar em relação aos modelos teóricos de composição mantélica, e ainda aos peridotitos de outras regiões da Terra (**Figuras 2.14 e 2.15**), enquanto o milonito kaersutítico se assemelha tanto aos cumulados máficos quanto à composição teórica do N-MORB, enquanto o milonito bandado kaersutita-peridotito apresenta-se com composição intermediária entre o milonito peridotítico e o kaersutítico (**Figuras 2.14, 2.15**), o que era esperado, visto que este tipo de rocha é uma mistura acomodada dos dois primeiros tipos.

O padrão de distribuição dos elementos Terras Raras normalizadas para condrito (média dos teores de CI de McDonough & Sun, 1995) dos milonitos peridotíticos do ASPSP são similares e se encontram enriquecidos em terras raras leves em relação às pesadas (**Figura 2.16a**). Contudo, o milonito peridotítico não-serpentinizado apresenta-se com anomalia positiva de Ce e com teores de Terras Raras Leves mais altas do que os condritos, como mostra a variação da razão LaN/LuN entre 3 e 84 (**Figura 2.16b**), enquanto as Terras Raras Médias e Pesadas apresentam um padrão de distribuição horizontalizados.

O milonito peridotítico serpentinizado mostra maior variação nas Terras Raras Leves do que o milonito peridotítico não-serpentinizado (amostras da ilha Belmonte: La : 5.9–10,8 x CI e Ce : 2.6–6.4 x CI) e não se apresentam com anomalia de Ce (**Figura 2.16b**). Tal fato deve-se à mobilidade diferencial do Ce durante a ação dos fluidos serpentinizantes, que lixiviaria o Ce das rochas, concentrando-o nos óxidos ferro e manganês (LUDDEN & THOMPSON, 1979). Salienta-se que a mobilidade diferencial elementar também ocorre nas Terras Raras médias e algumas pesadas das amostras da ilha Sudeste.

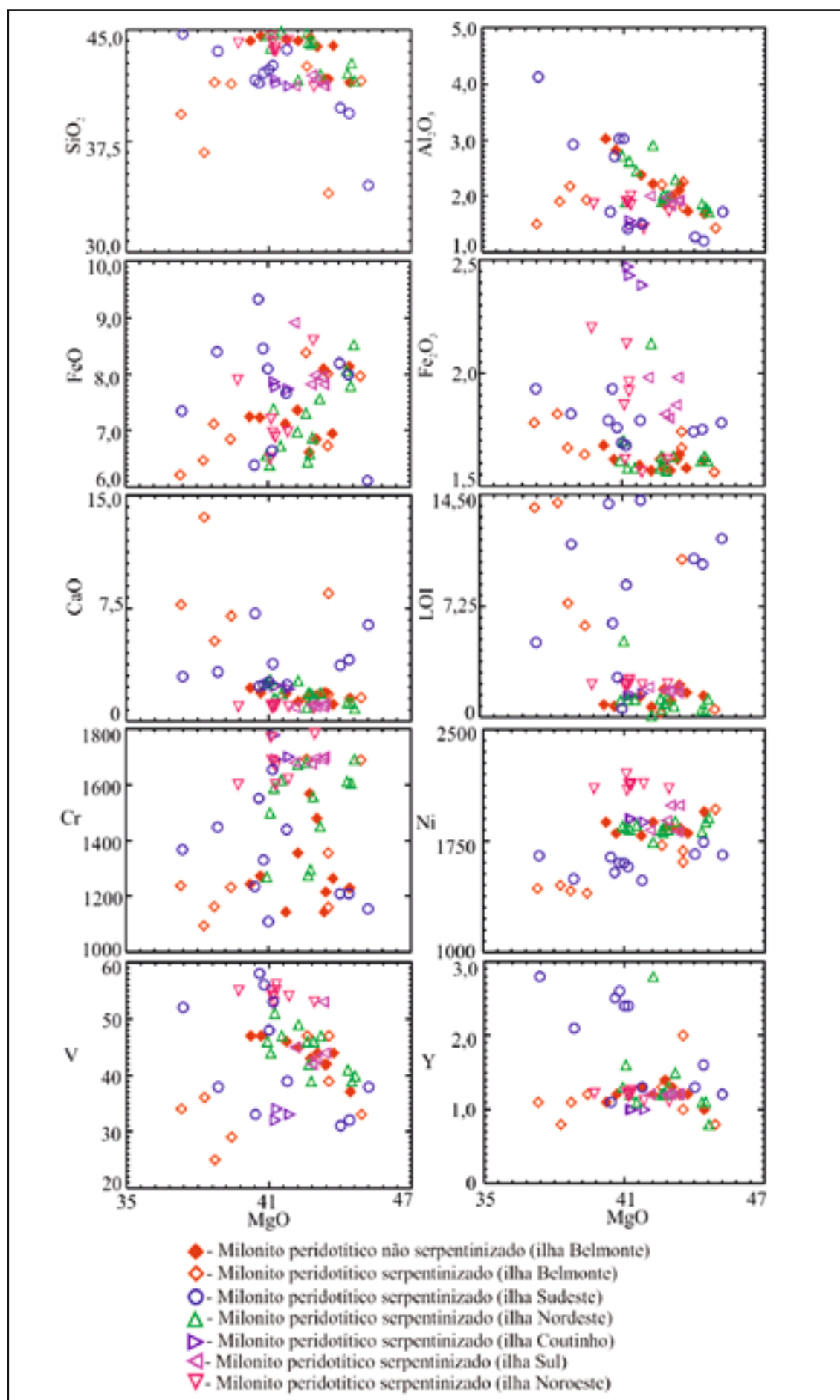


Figura 2.13. Diagramas de dispersão dos elementos maiores e traços das rochas miloníticas do ASPSP.

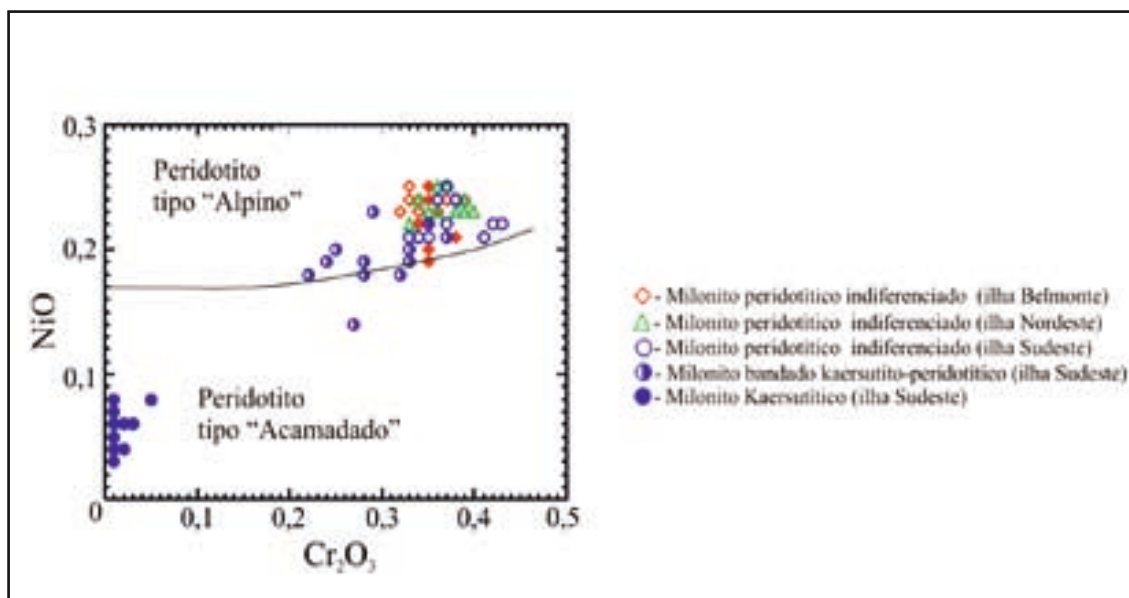


Figura 2.14. Diagrama Cr_2O_3 versus NiO . Campos dos tipos de peridotitos segundo Malpas & Stevens (1977).

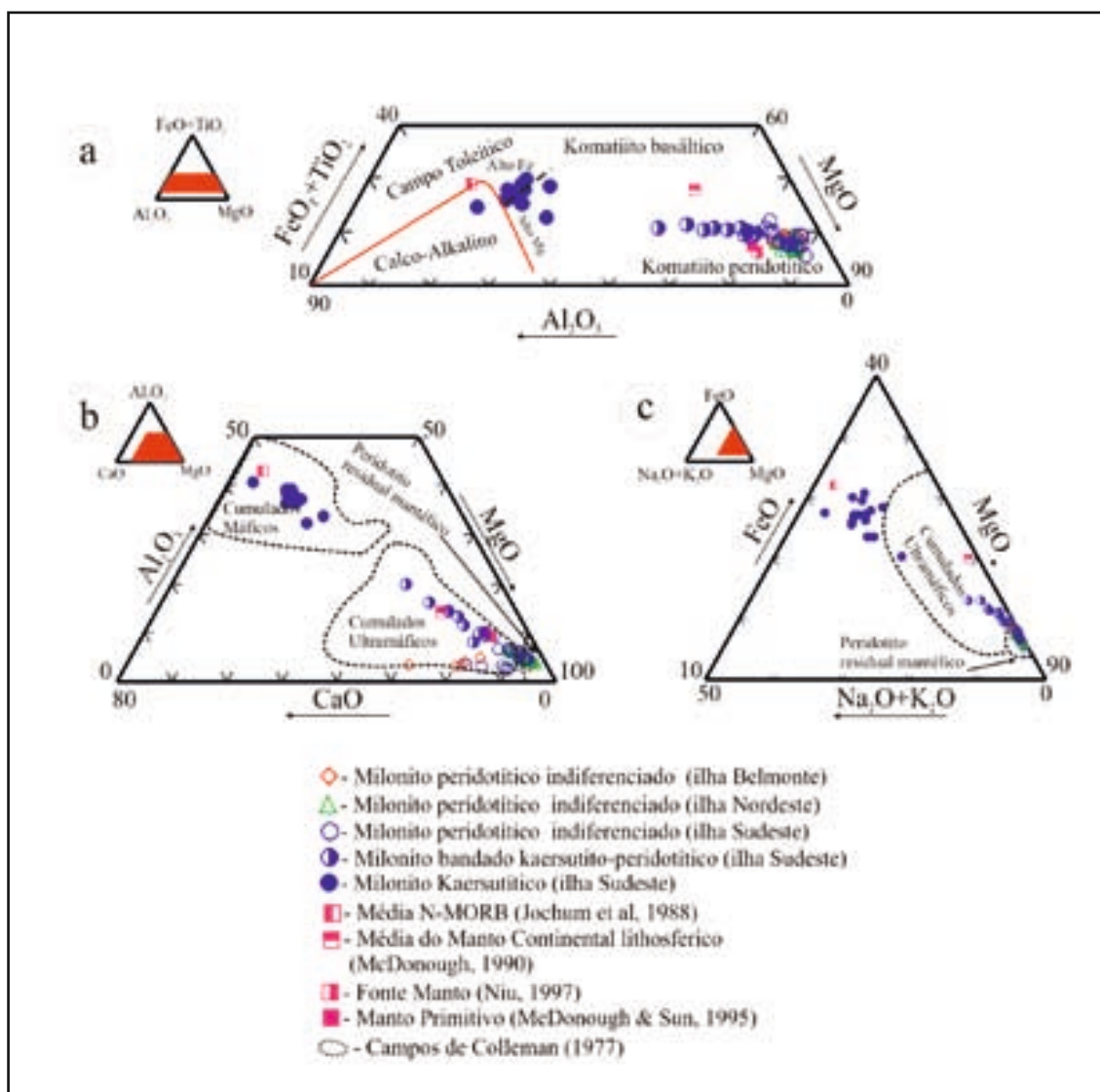


Figura 2.15. a) diagrama catiônico ($\text{FeO}_{\text{Total}} + \text{TiO}_2$)-Mg-Al, discriminando os campos das séries komatiíticas, toleítica e cálcio-alcalina (JESENS, 1976); b-c) diagramas Al_2O_3 -MgO-CaO e FeO-MgO-($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) discriminando os campos dos peridotitos metamórficos, cumulados e máficos de Coleman (1977).

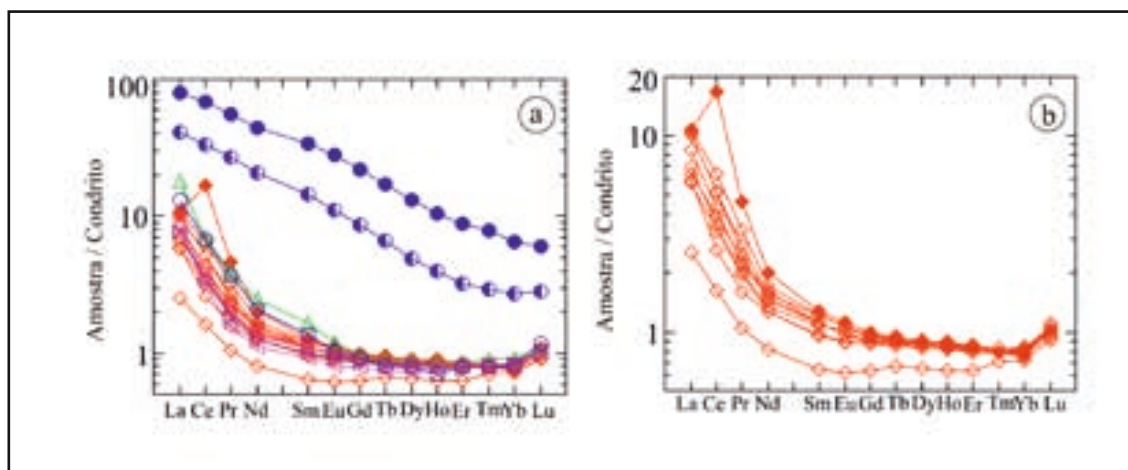


Figura 2.16. Composição média dos elementos terras raras, normalizados para condritos (CI-chondrite de McDonough & Sun, 1995). a) dos milonitos peridotíticos do ASPSP; b) das rochas não-serpentinizadas e serpentinizadas da ilha Belmonte do ASPSP (Campos et al., 2004b, 2005a,b,c).

Considerações finais

Um dos dogmas da interpretação geológica é a representatividade do corpo geológico amostrado. No caso do maciço rochoso que forma o ASPSP, os geólogos que lá pesquisam não conseguem obedecer a este dogma, visto que o arquipélago tem uma área emersa exígua (cerca de 0,074 km², enquanto a área imersa na cota dos -3.800 metros é de 4.000 km²) e há uma inerente dificuldade de se amostrar a parte imersa do local.

Por essas razões, só podemos abordar o comportamento geológico das rochas do ASPSP, mas não extrapolar esse comportamento para as outras rochas similares, de provável origem mantélica, que ocorrem no fundo oceânico. Uma das maneiras de se atenuar tais dificuldades no ASPSP seria realizar uma perfuração profunda (>5.000 metros), por meio de sondagem rotativa, com recuperação de testemunho. Contudo, este meio de amostragem requer uma logística extremamente sofisticada e onerosa, e o seu funcionamento poderia trazer alguns problemas ambientais passageiros (exemplo: aumento do nível de ruído, o que espantaria as aves que lá nidificam).

Agradecimentos

Agradecemos ao Programa Arquipélago e Ilhas Oceânicas da Secretaria Interministerial de Recurso do Mar (SECIRM) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas facilidades concedidas durante a permanência no ASPSP (10 expedições). Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras), pelo suporte financeiro. Agradecemos ainda ao Centro de Geociências da Universidade de Coimbra e de Lisboa (Portugal), ao Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ao *Institut für Mineralogie, Universität Stuttgart* (Alemanha) e ao *General and Analytical Chemistry University of Leoben* (Áustria), pelas facilidades laboratoriais concedidas.

Referências bibliográficas

- Alt, J.C. & Shanks III, W.C. 2003. **Serpentinization of abyssal peridotites from the MARK area, Mid-Atlantic Ridge: sulfur geochemistry and reaction modeling.** *Geochimica et Cosmochimica Acta* 67: 641-653.
- Angulo, R.J. & Giannini, P.C.F. 1997. **Variação do nível relativo do mar nos últimos dois mil anos na região sul do Brasil: Uma discussão.** *Boletim Paranaense de Geociências* 44: 1-32.
- Bonatti, E. 1976. **Serpentinite protrusions in oceanic crust.** *Earth and Planetary Sciences. Letters* 32: 107-113.
- _____. 1978. **Vertical tectonism in oceanic fractures zones.** *Earth and Planetary Sciences. Letters* 37: 369-379.
- _____. 1990. **Subcontinental mantle exposed in the Atlantic Ocean on St. Peter-Paul islets.** *Nature* 345: 800-802.
- Campos, T.F.C.; Neto, J.V.; Costa, L.S.; Petta, R.A. & Silva, F.O. 2007. **Sistema de Diaclasamento do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Atlântico Equatorial) como Indicador de Movimentação Destrutiva Associada à Falha Transformante de São Paulo, p. 238.** In: *Anais do XI Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos e V International Symposium on Tectonic of the Sociedade Brasileira de Geologia*, Natal, RN.
- Campos, T.F.C.; Srivastava, N.K.; Rego, F.H.B. & Neto, J.V. 2006. **Late Quaternary Tectonic Uplift of the São Pedro e São Paulo Archipelago (Equatorial Atlantic).** In: *Anais do XLIII Congresso Brasileiro de Geologia*, p. 292, Aracaju, SE.
- Campos, T.F.C.; Srivastava, N.K.; Neto, J.V.; Petta, R.A.; Hartmann, L.A.; Moares, J.F.S.; Mendes, L. & Silveira, S.R.M. 2005a. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Sítio 02 - Arquipélago de São Pedro e São Paulo: Soerguimento tectônico de rochas infracrustais no Oceano Atlântico.** Disponível em <<http://www.unb.br/ig/sigep>>. Acesso em: 24/10/2005.
- Campos, T.F.C.; Mata, J.M.L.S.; Neto, J.V. & Petta, R.A. 2005b. **A influência da serpentinização nos padrões de distribuição dos elementos terras raras dos peridotitos milonitizados do arquipélago de São Pedro e São Paulo Atlântico Equatorial, p.45-50.** In: *Anais do X Congresso Brasileiro de Geoquímica e II Simpósio de Geoquímica dos Países do Mercosul*.
- _____. 2005c. **A Serpentinização e sua influência nos padrões de distribuição dos elementos terras raras dos peridotitos milonitizados do arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atlântico Equatorial, p. 32-41.** In: *Anais do V Congresso Ibérico de Geoquímica e IX Congresso de Geoquímica de Espana, Sória, Espanha*.
- Campos, T.F.C.; Srivastava, N.K.; Neto, J.V.; Petta, R.A.; Bezerra, F.H.R.; Amaral, R. & Macambira, M. 2004a. **Tectonic and Eustatic significance of The Quaternary St. Peter and St. Paul Formation, Equatorial Atlantic, p. 12-217.** In: *Anais do 23rd Meeting of International Association of Sedimentologists (IAS)*, Coimbra, Portugal.
- Campos, T.F.C.; Hartmann, L.A.; Virgens-Neto, J. & Petta Sallet, R. 2004b. **A influência de Serpentinização nos padrões de distribuição dos elementos terras raras dos peridotitos milonitizados do arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atlântico Equatorial, p. 437.** In: *Anais do XLII Congresso Brasileiro de Geologia*, Araxá, MG.
- Campos, T.F.C.; Hartmann, L.A.; Virgens-Neto, J.; Petta, R.A. & Mata, J.M.L.S. 2004c. **Serpentinization of ultramafic rocks from the St Peter and St Paul archipelago, Equatorial Atlantic, p. 388.** In: *Anais do 32th International Geological Congress*, Florença, Italia.
- Campos, T.F.C.; Srivastava, N.K.; Bezerra, F.H.R.; Petta, R.A.; Virgens-Neto, J. & Amaral, R. 2004d. **The Quaternary St. Peter and St. Paul Formation in Equatorial Atlantic: Tectonic and Eustatic Significance, p. 322.** In: *Anais do 32th International Geological Congress*, Florença, Italia.
- Campos, T.F.C.; Bezerra, F.H.R.; Petta, R.A.; Virgens-Neto, J.; Srivastava, N.K.; Macambira, M. & Amaral, R. 2003a. **Novos dados litoestratigráficos da Formação São Pedro e São Paulo (Atlântico Equatorial): Implicações tectônicas e eustáticas, p. 284-285.** In: *Resumos do II Congresso do Quaternário de Países de Línguas Ibéricas e IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário*, Recife, PE.
- Campos, T.F.C.; Amorim, V.A.; Hartmann, L.A. & Petta, R.A. 2003b. **Modificações metassomáticas das rochas milonitizadas do complexo ultramáfico do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atlântico Equatorial, p. 581-583.** In: *Resumo do IX Congresso Brasileiro de Geoquímica*, Belém, Pará.

- Campos, T.F.C.; Amorim, V.A.; Hartmann, L.A. & Virgens-Neto, J. 2003c. **Modificações Metassomáticas das Rochas Milonitizadas do Complexo Ultramáfico do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atlântico Equatorial**. *Geochimica Braziliensis* 17(2): 23-28.
- Campos, T.F.C.; Srivastava, N.K.; Macambira, M.J.B.; Petta, R.A.; Amaral, R. & Virgens-Neto, J. 2002. **A Formação São Pedro e São Paulo: Uma Nova Unidade Litoestratigráfica Quaternária do Atlântico Equatorial Brasileiro**, p. 353. In: *Anais do XLI Congresso Brasileiro de Geologia*, João Pessoa, PB.
- Coleman R.G. 1977. **Ophiolites: Ancient Oceanic Lithospheres?** In: Wyllie, P.G. (Ed.). *Minerals and Rocks* 12. New York: Springer-Verlag.
- Denisova, Y.A. 1991. **Ultramafic mylonites from São Paulo island (Equatorial Atlantic Ocean). Translated from Ultraosnovnyye milonity o San-Paulu (ekvatorial naya Atlantika)**. *Doklady Akjademii Nauk SSSR* 319(5): 1167-1472.
- Ernst, W.G. & Piccardo, G.B. 1979. **Petrogenesis of some Ligurian peridotites - I. Mineral and bulk-rock chemistry**. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 43(2): 219-237.
- Frey, F.A.; Suen, C.J. & Stockman, H.W. 1985. **The Ronda high temperature peridotite: geochemistry and petrogenesis**. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 49: 2469-2491.
- Frey, F.A. 1970. **Rare earth and potassium abundance in St. Paul's rocks**. *Earth Planetary Sciences Letters* 7: 351-360.
- Gorini, M.A. 1981. **Série The tectonic fabric of Equatorial Atlantic and adjoining continental margins: Gulf of Guinea to Northeastern Brazil**. *Projeto REMAC* 9: 116.
- Hekinian, R.; Juteau, T.; Gracia, E.; Sichler, B.; Sichel, S.E.; Udintsev, G.; Apprioual, R. & Ligi, M. 2000. **Submersible Observations of Equatorial Atlantic Mantle: The St. Paul Fracture Zone Region**. *Marine Geophysical Researches* 21(6): 529-560.
- Isla, F.I. 1989. **Holocene sea-level fluctuation in the Southern Hemisphere**. *Quaternary Sciences Revue* 8: 359-368.
- Janecky, D.R.; Seyfried, W.E. Jr. 1986. **Hydrothermal Serpentinization of Peridotite within the Oceanic Crust: Experimental Investigation of Mineralogy and Major Element Chemistry**. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 50: 1357-1378.
- Le Maitre, R.W.; Bateman, P.; Dudek, A.; Keller, J.; Lameyre, J.; Le Bas, M. J.; Sabine, P.A.; Schmid, R.; Sorensen, H.; Streckeisen, A.; Woolley, A.R. & Zanettin, B. 1989. **A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms: Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks**. Oxford: Blackwell Scientific.
- Lockwood, J.P. 1971. **Sedimentary and gravity slide emplacement of serpentinite**. *Geological Society of America Bulletin* 82: 919-936.
- Ludden, J.N. & Thompson, G. 1979. **An evaluation of behavior of REE during the weathering of sea-floor basalt**. *Earth Planetary Sciences Letters* 43: 85-92.
- Martin, L.; Flexor, J.M.; Blitzkow, D. & Suguio, K. 1985. **Geoid change indications along the Brazilian coast during the Last 7,000 years**, p. 85-90. In: *Anais do V International Congress of Coral Reef*, Tahiti.
- McDonough, W.F.; Sun, S-s. 1995. **The composition of the Earth**. *Chemical Geology* 120: 223-253.
- Melcher, F.; Meisel, T.; Puhl J. & Koller, F. 2002. **Petrogenesis and geotectonic setting of ultramafic rocks in the Eastern Alps: constraints from geochemistry**. *Lithos* 65: 69-112.
- Melson, W.G.; Hart, S.R. & Thompson, G. 1972. **St. Paul's Rocks, Equatorial Atlantic: Petrogenesis, Radiometric Ages, and Implications on Sea-floor Spreading**. *Geological Society of America Memoir* 132: 241-272.
- Melson, W.G.; Jarosewich, E.; Bowen, V.T. & Thompson, G. 1967. **St. Peter and St. Paul rocks: a high-temperature mantle-derived intrusion**. *Science* 155: 532-1535.
- Melson, W.G. 1965. **Geologic Significance of Paul's Rocks**. *Oceanus* 8(1): 8-13.
- Pirazzoli, P.A. 1991. **World Atlas of Holocene Sea-Level Changes**. *Oceanography Series*, 58. Amsterdam: Elsevier.
- Rusby, R.I. 1993. **Segmentation and Reorganization of the Equatorial Mid-Atlantic (5°-0°N)**. *Bridge News*: 16-19.

- Seyfried, W.E. & Dibble, W.E. Jr. 1980. **Seawater-peridotite interaction at 300° C and 500 bar: implications for the origin of oceanic serpentinite.** *Geochimica et Cosmochimica Acta* 44: 309-321.
- Seyfried, W.E.; Janeck, D.R. & Mottl, M. 1984. **Alteration of oceanic crust: implications for the geochemical cycles of lithium and boron.** *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48: 557-569.
- Snow, J.E. & Dick, H.J.B. 1995. **Pervasive magnesium loss by marine weathering of peridotite.** *Geochimica et Cosmochimica Acta* 59: 4219-4235.
- Suguio, K.; Martin, L.; Bittencourt, A.C.S.P.; Dominguez, J.M.L.; Flexor, L.M. & Azevedo, A.E.G. 1985. **Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira.** *Revista Brasileira de Geociências* 15(4): 273-286.
- Von Damm, K.L. 1995. **Controls on the chemistry and temporal variability of seafloor hydrothermal fluids. Physical, Chemical, Biological and Geological Interactions Within Submarine Hydrothermal Systems.** *Geophysical Monograph of American Geophysical Union* 91: 222–247.
- Wiseman, J.D.H. 1966. **St Paul Rocks and the Problem of the Upper Mantle.** *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* 11: 519-525.



Capítulo 3

Estudos Interdisciplinares e a Reconstrução Paleoambiental (Vegetação e Clima) no Holoceno em Fernando de Noronha

Susy Eli Marques Gouveia

Luiz Carlos Ruiz Pessenda

Marie-Pierre Ledru

Fresia Soledad Ricardi Torres Branco

Ramon Aravena

Adauto de Souza Ribeiro

Soraya Elaine Marques Gouveia Saia

José Albertino Bendassolli

Abdelfettah Sifeddine

Eldemar de Albuquerque Menor

Sonia Maria Barros de Oliveira

Renato Campello Cordeiro

Ângela Maria de Miranda Freitas

René Georges Leon Boulet

Heloisa Ferreira Filizola

Resumo

Estudos de reconstrução paleoambiental (vegetação e clima) vêm sendo desenvolvidos principalmente nas regiões Amazônica, Central, Sudeste e Sul do Brasil. Com o objetivo de expandir estes estudos para a região Nordeste, utilizaram-se os isótopos do carbono ($\delta^{13}\text{C}$ e ^{14}C) da matéria orgânica dos solos (MOS), a palinologia, análises mineralógicas, elementares (C e N) e isotópicas ($\delta^{13}\text{C}$, ^{14}C , $\delta^{15}\text{N}$) em sedimentos lacustre e de mangue coletados no Arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil.

Abstract

Interdisciplinary Studies and the Palaeoenvironmental Reconstruction (Vegetation and Climate) in the Holocene at Fernando de Noronha, Brazil.

Paleoenvironmental reconstruction studies (vegetation and climate) have been developed mainly in the areas of Amazonia, central, southeast and south of Brazil. With the objective of expanding these studies for the northeast area, it was used the carbon isotopes ($\delta^{13}\text{C}$ and ^{14}C) of the soil organic matter (SOM), pollen, mineralogical, elementary (C and N) and isotope analyses ($\delta^{13}\text{C}$, ^{14}C , $\delta^{15}\text{N}$) in lacustrine and mangrove sediments collected in the Arquipélago de Fernando de Noronha (Fernando de Noronha Archipelago), Brazil.

Introdução

O planeta está passando por um período de “ótimo” climático, devido à tendência de aquecimento global que vem ocorrendo desde o último máximo glacial (HECHT, 1990).

Ao efeito estufa associam-se os mecanismos, causas e efeitos do fenômeno de aquecimento global registrado na superfície do nosso planeta, uma das questões mais debatidas sobre as mudanças globais do clima da Terra.

Entretanto, uma dúvida permanece na dinâmica climática passada e presente: o planeta se encontra numa fase interglacial ou no final de um período glacial? Considerando a última possibilidade, o aquecimento pela influência humana seria somado à tendência natural de elevação da temperatura, acelerando o aquecimento global e suas conseqüências na dinâmica climática e no ciclo hidrológico do planeta. Pensando-se em uma fase interglacial, o aquecimento causado pelo efeito estufa poderia ser compensado pela tendência natural de resfriamento, acarretando alterações globais significativas nas condições climáticas atuais.

Para tentar solucionar as questões sobre o futuro climático do nosso planeta, no curto e médio prazo, é fundamental o aprimoramento dos modelos climáticos globais. Os ajustes e otimização desses modelos são fundamentados em reconstituições de variações climáticas passadas, com base em registros históricos e geológicos.

No Brasil, principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Central, estudos de reconstrução paleoambiental (vegetação e clima) têm sido mais intensamente desenvolvidos desde o início da década de

1990, utilizando-se pólen depositado em sedimentos lacustres e turfeiras (LEDRU, 1993; ROTH & LORSCHETTER, 1993; BEHLING, 1995, 1997; NEVES & LORSCHETTER, 1995; LEDRU *et al.*, 1996, 1998; FERRAZ-VICENTINI & SALGADO-LABOURIAU, 1996), isótopos do carbono da matéria orgânica dos solos (MOS) (DESJARDINS *et al.*, 1996; PESSENDA *et al.*, 1996a, b, 1998a, b, c, 2001) e nos fragmentos de carvão encontrados nos solos (SOUBIÈS, 1979/80; SANFORD *et al.*, 1985; DESJARDINS *et al.*, 1996; PESSENDA *et al.*, 1996a; GOUVEIA *et al.*, 1999, 2002), entre outros indicadores.

Apesar do avanço nos estudos paleoambientais (vegetação e clima) no Brasil, são raras as pesquisas desenvolvidas no Nordeste brasileiro no Quaternário tardio, mais especificamente no Holoceno. Um dos principais obstáculos ao desenvolvimento de estudos baseados na palinologia, nesta região, relaciona-se à dificuldade de encontrar áreas permanentemente alagadas ou sedimentos de turfa não oxidados em domínios fitogeográficos de floresta de caatinga em regiões semi-áridas (DE OLIVEIRA *et al.*, 1999). No caso de estudos utilizando-se a MOS, para que se tenha absoluta confiança nos resultados isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$ e ^{14}C), é imprescindível que a amostragem seja efetuada sob vegetação natural, ou seja, em locais que não tenham sofrido perturbação pelo homem, como desmatamentos e, principalmente, com culturas diversas.

Estudo palinológico desenvolvido no Lago Aquiri, Maranhão, indicou semelhanças com a cobertura vegetal predominante de savanas pantanosas inundadas estacionalmente e, secundariamente, de florestas em algumas áreas mais elevadas. Durante o início do Holoceno, registrou-se um ambiente de mangue, indicando que o Oceano Atlântico estendeu-se terra adentro e a linha da praia moveu-se para o interior do continente. A floresta Amazônica desenvolveu-se atrás do cinturão do mangue, enquanto o cerrado foi insignificante na área de estudo. A interrupção da sedimentação por volta de 6.700 anos AP, provavelmente, foi causada pela regressão do Oceano Atlântico, mais do que algum levantamento tectônico da área costeira (BEHLING & COSTA, 1994).

Em recifes da costa do Atlântico nordeste, amostras de foraminíferos, analisadas utilizando-se isótopos estáveis ($\delta^{18}\text{O}$) e datação por ^{14}C , registraram períodos frios durante *Older Dryas* (entre 11.900 e 11.750 anos AP) e *Younger Dryas* (entre 10.950 e 10.000 anos AP) e aquecimento nos oceanos tropicais, provavelmente devido a perturbações ocorridas no hemisfério norte (ARZ *et al.*, 1999).

De Oliveira *et al.* (1999), por meio de estudos palinológicos no vale do rio Icatu, região semi-árida da Bahia, sugeriram mudanças na vegetação e clima durante os últimos 11.000 anos AP neste local. Segundo os autores, *taxa* de espécies de florestas da Amazônia, Atlântica e de montanha indicaram um período muito úmido e temperaturas mais reduzidas ao final do Pleistoceno (10.990-10.540 anos AP). De 10.540 a 8.910 anos AP, a vegetação dominada por *Mauritia vinifera* sugeriu um progressivo aumento de temperatura e alta umidade; de 8.910 a 6.790 anos AP, houve um progressivo declínio de *taxa* de floresta e aumento de *taxa* de caatinga e cerrado; até 4.535 anos AP, houve um retorno a um mosaico de vegetação composta de floresta de galeria, caatinga e cerrado, indicando um clima mais úmido. Desta data até o presente, houve um aumento nos *taxa* de caatinga e de cerrado, caracterizando uma diminuição de umidade e o declínio da floresta de galeria, aspecto encontrado no ambiente atual.

Pessenda *et al.* (2004, 2005) estudaram, em uma transecção de 78 km na região de Barreirinhas, Maranhão, a dinâmica do ecótono cerrado-floresta desde o Pleistoceno tardio, empre-

gando os isótopos do carbono do solo ($\delta^{13}\text{C}$ e ^{14}C). Amostras de solos foram coletadas até 400 centímetros de profundidade no Cerrado e floresta mesófila. Os valores isotópicos na superfície dos solos caracterizaram a vegetação de cobertura de cada local. Com base nas variações de $\delta^{13}\text{C}$ da MOS e considerando que as datações dos fragmentos de carvão continuam a se apresentar mais antigas com o aumento da profundidade do solo, observou-se que locais onde hoje encontra-se vegetação de cerrado, provavelmente foram ocupados por vegetação arbórea mais densa e típica de floresta no Pleistoceno tardio. Entre aproximadamente 9.000 e 3.800 anos AP, observou-se um enriquecimento isotópico de até 7‰ em todos os pontos, sugerindo uma maior influência de plantas C_4 no período, com provável expansão do cerrado eventualmente associado a um clima mais seco. Após esse período, e com exceção do solo do km 54, observou-se um empobrecimento isotópico em todos os solos da transecção, indicativo de menor influência de plantas C_4 e presença mais significativa de plantas C_3 na região, provavelmente associada à presença de um clima úmido e similar ao atual.

Há cerca de 19.000 anos AP, a região do Lago Caçó, Maranhão, foi dominada por vegetação arbustiva e esparsa com domínio de gramíneas estépicas em um solo pobre arenoso. A paisagem não apresentava características ecológicas do cerrado moderno. Porém, grãos de pólen indicadores de cerrado, *Byrsonima* e *Mimosa*, sugerem que algumas espécies de cerrado foram capazes de sobreviver em um clima árido, provavelmente como pequenos arbustos. Depois de 15.500 anos AP, um aumento súbito nas taxas de umidade é evidenciado com a expansão progressiva de floresta tropical, mostrando o domínio sucessivo de várias associações de *taxa*. O desenvolvimento da floresta parou abruptamente no final do Pleistoceno, entre 12.800 e 11.000 anos AP, sendo atestado por incêndios fortes e pela expansão de *Poaceae*. No início do Holoceno, uma paisagem aberta com um nível relativamente alto de água no lago precedeu a expansão progressiva de espécies de cerrado para uma paisagem mais arborizada. Incêndios são registrados a partir deste período, resultando na fisionomia do cerrado atual (LEDRU *et al.*, 2006).

Em diversos locais da região Amazônica, verificou-se a provável ocorrência de clima seco a partir de aproximadamente 8.000 até cerca de 4.000 anos AP (SIFEDDINE *et al.*, 1994; GOUVEIA *et al.*, 1997; PESSENDA *et al.*, 1998a, b, c, 2001; FREITAS *et al.*, 2001). Portanto, observa-se uma boa concordância nas interpretações paleoclimáticas apresentadas para as regiões Nordeste e Amazônica, o que pode ser indicativo de uma variação climática regional, provavelmente associada a um clima mais seco do que o atual, do Holoceno inferior até o Holoceno médio.

O estudo interdisciplinar paleoambiental realizado nos solos da Ilha de Fernando de Noronha, nos testemunhos da Lagoa da Viração e do Mangue do Sueste, teve como objetivos ampliar a base de dados para a região e comparar as trocas climáticas e de vegetação ocorridas durante o Holoceno com as regiões continentais do Nordeste e da Amazônia brasileira.

Áreas de estudo

O Arquipélago de Fernando de Noronha é formado por 21 ilhas e ilhotas, totalizando 26 km² de extensão e 11.270 ha de área, sendo a Ilha de Fernando de Noronha a principal delas (**Figura 3.1**). Localiza-se a 345 km a nordeste do Cabo de São Roque, Rio Grande do Norte, e 545 km de Recife, Pernambuco (IBAMA, 2005).

O clima da região é o Tropical, do tipo Awi do sistema Köppen de classificação, porém marcado pelo domínio oceânico. A média anual das temperaturas situa-se em torno de 25°C. As máximas são sempre inferiores a 31°C e as mínimas superiores a 18°C. O total das precipitações anuais situa-se em torno de 1.400 milímetros, porém com grande variabilidade interanual, acompanhando a tendência de toda a faixa tropical que abrange o Nordeste continental. São evidentes duas estações bem definidas, com o período úmido ocorrendo de março a julho, com maior volume de precipitações de abril a maio (BATISTELLA, 1993).

Outro fator climático que influencia na cobertura vegetal do arquipélago é o vento constante. Os alísios com direção ESE atingem principalmente a face de barlavento, onde se encontra localizada a Baía Sueste (**Figura 3.1**).

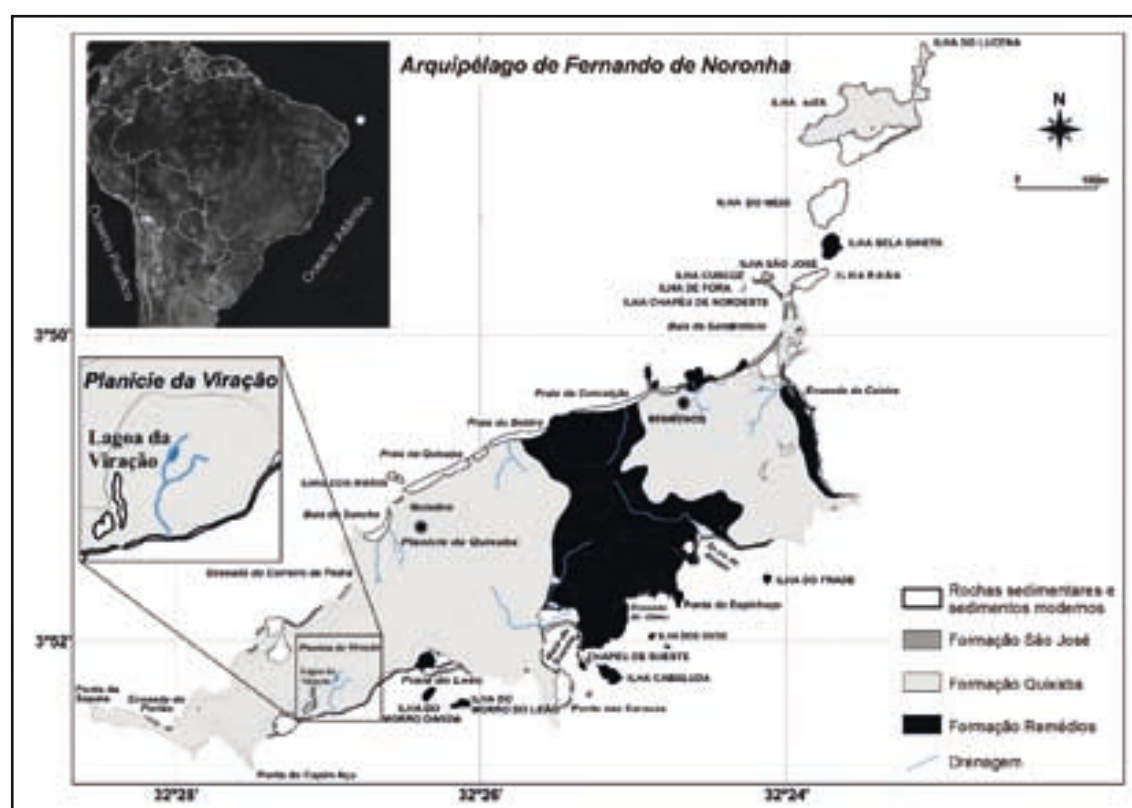


Figura 3.1. Mapa geológico simplificado, com base na Geologia de Almeida (1955).

Com relação à hidrologia, o rio Maceió é o principal corpo de água da ilha, que atualmente desemboca no reservatório Xaréu. Os corpos restantes são de modestas dimensões, todos intermitentes, secando rapidamente com o final da época de chuvas. Cabe ressaltar que a construção da barragem do reservatório Xaréu provocou o assoreamento de parte do manguezal, bem como de toda a baía Sueste.

Quanto à flora, Batistella (1993) realizou um levantamento no qual foram identificadas 455 espécies, distribuídas em 75 famílias de angiospermas, ou seja, bastante pobre, fato característico de ambientes insulares e plenamente justificado tanto pelo isolamento do continente próximo – devido aos ventos e correntes contrárias – quanto pela pequena extensão, relativa homogeneidade geomorfológica e clima semi-árido.

As principais espécies arbóreas endêmicas do arquipélago são a gameleira (*Ficus noronhae*), o mulungu (*Erythrina velutina* - var. *aurantiaca*) e a burra-leiteira (*Sapium scleratum*). Algumas espécies de trepadeiras, conhecidas como jitiranas (*Ipomea* sp. e *Merremia* sp.) e outras arbustivas, como a linhaça (*Leucaenia leurocephala*) e o chumbinho (*Lantana camara*), foram introduzidas pelo homem e são, atualmente, responsáveis por impactos na vegetação. Entre as espécies introduzidas também se destacam algumas frutíferas, cultivadas pelos militares e que já se reproduzem naturalmente, como os cajus, mangas, cajás, frutas-do-conde, tamarindos, goiabas, graviolas, abacates, carambolas, serigüelas, pitombas, araçás, coqueiros, bananeiras e mamoeiros. Algumas ornamentais, como os ipês (*Tabebuia roseoalba*) e flamboiãs (*Delonix regia*), também se estabeleceram com sucesso (GUERRIERO, 2002). Também ocorreu a introdução de algumas culturas agrícolas, destacando-se os plantios de café, algodão, hortaliças e pastagem para subsistência, em um período em que o local era ocupado por um presídio. Em várias partes da ilha o homem contribuiu, com queimadas e cortes de árvores, para uma ilha mais seca (MORAES, 2002).

Na área da Ponta da Sapata (**Figura 3.1**), encontra-se a vegetação remanescente do arquipélago, do tipo Mata Atlântica insular, utilizada como área de nidificação pelas aves terrestres e marinhas. Em uma área de difícil acesso, na região entre a Praia do Leão e a Ponta da Sapata, está a Lagoa da Viração (**Figura 3.2**), que nunca seca e é cercada por vegetação nativa e recoberta por plantas aquáticas, tal como o repolho d'água (*Pistia stratiotes*) (**Figura 3.3**) (GUERRIERO, 2002).



Figura 3.2. Vista da Lagoa da Viração.



Figura 3.3. Lagoa da Viração coberta pela *Pistia stratiotes*. Ao fundo, paredão de cerca de 100 metros de altura.

Um conjunto de três lâminas d'água vicinais, das quais somente a principal é permanente, completa este restrito ecossistema, ocupando uma área de aproximadamente 1 hectare. Tal ecossistema se situa cerca de 20 metros acima do atual nível médio do mar e, em se considerando um intervalo de tempo dos últimos milênios, não se pode indicar qualquer possibilidade de comunicação com o ambiente marinho (MORAES, 2002).

O manguezal da baía Sueste (**Figura 3.4**) é composto unicamente por *Laguncularia racemosa* e representa um dos únicos locais de ocorrência da espécie em ilhas oceânicas do Atlântico sul (BATISTELLA, 1993). As árvores apresentam em média 7 metros de altura e durante o Holoceno já ocuparam uma área maior, podendo ser consideradas como um relicto.



Figura 3.4. Vista do Mangue do Sueste.

Na **Tabela 3.1**, são apresentados os pontos onde foram coletadas amostras de solo, por meio de tradagens e trincheira, de plantas e os testemunhos de sedimento lacustre e de mangue.

Tabela 3.1. Locais de amostragem na Ilha de Fernando de Noronha.				
Identificação dos pontos de coleta	Região	Localização geográfica	Altitude (m)	Material coletado
Trincheira	Morro da Quixaba	03°52'01,0"S 32°26'57,4"O	170	solo e plantas
LV	Lagoa da Viração	03°52'13,5"S 32°26'53,5"O	23	sedimento e plantas
Sancho (1)		03°51'38,8"S 32°26'68,3"O	60-70	solo
Sancho (2)	40m a montante de (1)			solo
Sancho (3)	30m a jusante de (1)			solo
Ilha Rata (Casa 2)		03°48'70,2"S 32°23'31,7"O		solo
Atalaia		03°51'32,4"S 32°24'44,7"O		solo
Praia do Leão				solo
MPO	Mata Ponta Oeste	03°51'93,5"S 31°26'82,8"O		solo
SE	Baía do Sueste	03°51'56,4"S 32°25'31,8"O	nível do mar	sedimento

O solo da ilha apresenta-se pouco profundo, o que dificultou a amostragem para a obtenção de dados isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$ e ^{14}C) que reflitam o tipo de vegetação presente na área nos últimos 10.000 anos. A maior profundidade encontrada, por meio de tradagem, foi de 3 metros. Neste local, fez-se uma trincheira e coletou-se cerca de 5 kg de terra a cada 10 centímetros, e o solo foi classificado como Cambissolo Háplico Tb Eutrófico latossólico.

Materiais & métodos

Neste item, são descritos os procedimentos de amostragens e analíticos utilizados.

Vegetação

Identificação: As espécies mais significativas encontradas na linha da transecção foram coletadas e posteriormente identificadas. O material botânico identificado está depositado no Herbário/UFS.

Solos

Amostragem: Para a datação ^{14}C da MOS foi feita trincheira de aproximadamente 100 cm de largura x 200 cm de comprimento x 310 cm de profundidade, de onde foram coletados aproximadamente 5 kg de solo por camada, a cada 10 cm, no sentido das camadas inferiores para as superiores. As amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos e identificadas. Tradagens foram realizadas para a coleta de amostras para a determinação isotópica ($\delta^{13}\text{C}$). No laboratório, após secagem, as amostras foram peneiradas em malha de 2 milímetros para o destorroamento. Durante o peneiramento, fragmentos de carvão, restos vegetais, etc., foram separados.

Granulometria: Para a análise granulométrica, foram encaminhados cerca de 100 gramas de amostra ao Laboratório de Análises de Solos, Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP). Tal análise é realizada por meio do método do densímetro (KIEHL, 1979).

Análise mineralógica: A composição mineralógica dos solos foi determinada qualitativamente por difração de raios X. Utilizou-se o difratômetro Siemens D5000 do Laboratório de Difração de Raios X do Instituto de Geociências/USP.

Composição isotópica ($\delta^{13}\text{C}$) e carbono total: Após peneiramento a 0,21 milímetro, foram enviados aproximadamente 80 miligramas de amostras de solo ao Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA/USP, visando à determinação isotópica ($\delta^{13}\text{C}$) e do carbono total em analisador elementar acoplado a um espectrômetro de massa ANCA SL 2020 da *Europa Scientific*. Os resultados isotópicos estão expressos pela unidade relativa “‰”, determinada em relação ao padrão internacional PDB, segundo equação 1 abaixo:

$$\delta^{13}\text{C} (\text{‰}) = \frac{R_{\text{amostra}} - R_{\text{PDB}}}{R_{\text{PDB}}} \times 1000 \quad [1]$$

onde $R = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$ para a razão isotópica do carbono.

Análise do ^{14}C : Amostras de humina (Pessenda *et al.*, 1996a) foram transformadas em CO_2 , coletadas em recipientes evacuados de vidro e enviadas ao Laboratório Isotrace, Toronto, Canadá, para análises de ^{14}C via AMS (*Accelerator Mass Spectrometry*). Os resultados foram reportados em anos AP e em idade calibrada (cal AD).

Sedimentos

Coleta dos testemunhos: Dois testemunhos foram amostrados na Lagoa da Viração, por meio da utilização de um vibrotestemunhador (MARTIN & FLEXOR, 1989), sendo um de 73 cm e outro de 70 cm (**Figura 3.5a** e **3.5b**). Outro testemunho, com aproximadamente 220 cm, foi obtido no mangue da Baía do Sueste (**Figura 3.5c**). Os testemunhos foram encaminhados ao Laboratório de Geoquímica da Universidade Federal Fluminense (UFF), para abertura e descrição macroscópica dos depósitos sedimentares.

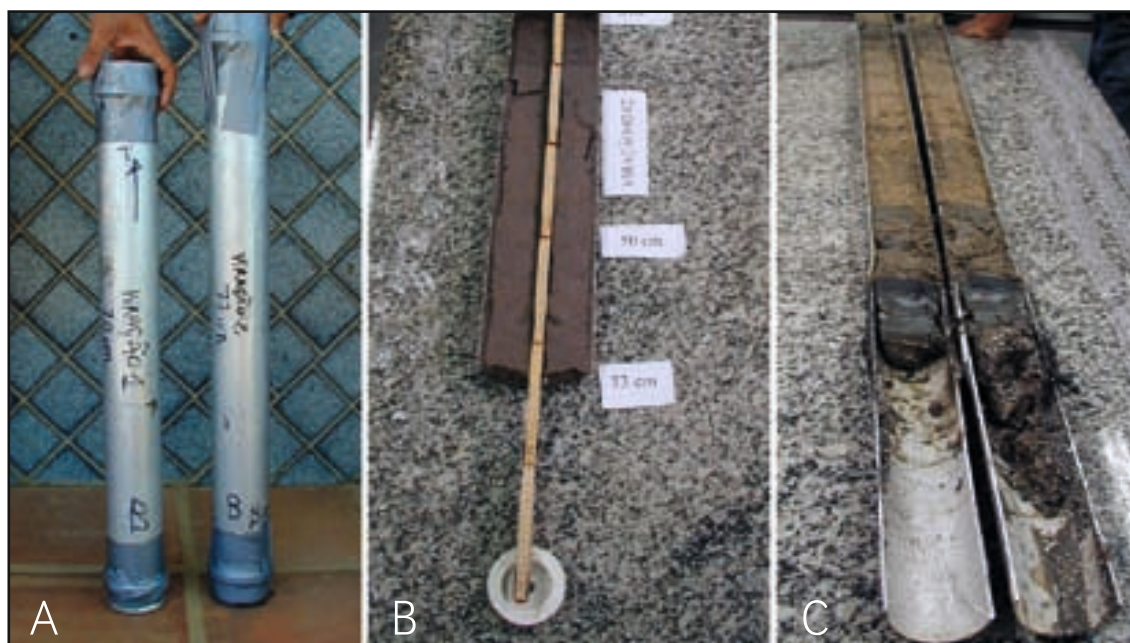


Figura 3.5. a) testemunhos de sedimento coletados na Lagoa da Viração; b) testemunho coletado na Lagoa da Viração após a abertura; c) testemunho coletado no Mangue do Sueste.

Coleção de pólen de referência: As coletas do material destinado à coleção de referência foram realizadas no Herbário do Instituto de Biociências/USP. Lâminas de referência foram depositadas no Instituto de Geociências da Universidade de Campinas (Unicamp).

Amostragem: As amostras dos testemunhos destinadas às análises palinológicas, de sedimentologia e mineralogia foram coletadas em cubos de plástico de 2 cm³ a cada 2 cm, seguindo metodologia utilizada pelos pesquisadores do IRD (*Institut de Recherche pour le Développement*, França).

Palinologia: Amostras de sedimento (2g) foram mantidas em HF 70% durante 18 horas. Os fluorsilicatos que se formaram durante esta reação foram eliminados com lavagens sucessivas de HCl 50% em banho-maria. Após cada lavagem, as amostras foram centrifugadas durante 10 minutos em velocidade de 3.000 rpm. Repetiu-se este procedimento até que o sobrenadante da centrifugação ficasse totalmente incolor. Após lavagem com água destilada, eliminaram-se os ácidos húmicos e fúlvicos com KOH 10% no banho-maria, até total descoloração do sobrenadante. Posteriormente, procedeu-se à lavagem com água destilada e secou-se o material. A separação do material polínico do restante da fração orgânica foi efetuado com a adição de ZnCl₂. Os grãos de pólen foram pipetados e montados entre lâmina e lamínula para observação e identificação em microscópio Carl Zeiss Axioskop 40. A identificação dos grãos de pólen foi feita por comparação com pólen de referência e com fotografias encontradas em distintos atlas de palinologia.

Datação por ¹⁴C: Selecionaram-se três amostras no testemunho da Lagoa da Viração e seis amostras do testemunho do Mangue do Sueste. Após tratamento físico (remoção de restos vegetais, etc.), as amostras foram submetidas à hidrólise com HCl 4% por 5 horas a 80°C, lavagens sucessivas e secagem em estufa a 55°C por 48 horas. As amostras foram submetidas à combustão e o CO₂ obtido, enviado ao Laboratório Isotrace, Canadá, para determinação da idade pelo método do ¹⁴C por AMS.

Análise elementar e isotópica: Após tratamento ácido (HCl 4% a frio, lavagens sucessivas e secagem a 50°C), foram enviados aproximadamente 20 mg de sedimento ao Laboratório de Isótopos Estáveis do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), visando à determinação do carbono orgânico total, nitrogênio total, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ em analisador elementar acoplado a um espectrômetro de massa ANCA SL 2020 da *Europa Scientific*. Os resultados de C e N estão expressos em porcentagem de peso seco e os dados isotópicos pela unidade relativa “ δ ”, determinada em relação ao padrão internacional PDB para ^{13}C e em relação ao ar para ^{15}N , com precisão analítica de $\pm 0,2\%$.

Análise mineralógica: A composição mineralógica dos sedimentos foi determinada de forma similar à análise do solo.

Resultados e discussão

Florística e Estrutura da Vegetação

Em um raio de 100 metros no entorno da Lagoa da Viração, foram identificadas 54 espécies vegetais. As espécies introduzidas, provavelmente para fins agrícolas, apresentaram características ruderais e ocorreram de modo significativo. Entre estas, destacaram-se as gramíneas forrageiras *Brachiaria plantaginea*, *Cynodon dactylon*, *Eleusine indica* e *Panicum maximum* e as ciperáceas *Cyperus rotundus* e *C. articulatus*, plantas do ciclo C_4 .

Em uma análise simples sobre a presença de espécies registradas por Riddley (1888), verificou-se que ao menos 50% das espécies encontradas nos pontos de amostragem já haviam sido identificadas, indicando que o incremento foi intenso, posteriormente.

Na área da Lagoa da Viração, foram distinguidas quatro fisionomias da vegetação: i) de falésia, definida pela distribuição de espécies ubíquistas ou de barlavento, com o predomínio de gramínea C_4 (*Paspalum paniculatum*); ii) de área costeira, com a presença de *Cactus insulares*; iii) de áreas interiores, com a presença de espécies arbóreo-arbustivas (3 a 5 metros de altura) e um substrato herbáceo ralo com pouca regeneração e predomínio de cactácea e; iv) de áreas florestadas já bastante alteradas, formadas por três estratos, com o predomínio de *Erythrina velutina* e *Tabebuia roseoalba* no dossel e *Capparis frondosa* e *C. cynophallophora* no estrato médio. Também foram considerados outros três grupos de espécies vegetais com padrões de distribuição pouco definidos: as jitiranas (*Abrus precatorius* e *Cuscuta* sp.), as invasoras e as plantadas ou ornamentais. Na lagoa, há o predomínio da Araceae *Pistia stratiotes*, que cobre 100% de sua superfície dando a coloração verde (**Figura 3.3**), enquanto, em suas margens, a vegetação alcança até 25 metros de altura.

Solos

Os teores de argila dos solos estudados foram superiores a 50%, o que os caracteriza como argilosos. A análise mineralógica efetuada no solo da trincheira indicou que a parte amostrada até 290 centímetros corresponde a material bastante evoluído, praticamente destituído de minerais primários como o diopsídio. Apenas alguns opacos (magnetita, ilmenita e pseudobrookita) permanecem. Na parte mais basal do perfil de solo ocorrem, juntas, a esmectita e a caolinita.

Mais na superfície, a esmectita desaparece, transformando-se provavelmente em caolinita (PESSENDA *et al.*, submetido).

Os resultados dos teores de carbono orgânico total (COT) em relação à profundidade dos solos apresentaram uma tendência geral de decréscimo dos teores de carbono com a profundidade, variando de 1% a 3% na superfície até valores inferiores a 0,1% a cerca de 140 centímetros (**Figura 3.6a**). Resultados similares são encontrados de modo rotineiro em distintos tipos de solos e locais no Brasil (PESSENDA *et al.*, 1996a, b, 1998a, b; GOUVEIA *et al.*, 1997, 2002).

As datações obtidas (**Tabela 3.2** e **Figura 3.6b**) para a fração humina nas profundidades de 230-240 cm e 110-120 cm foram de 7.380 anos AP e 5.730 anos AP, respectivamente. Fragmento de carvão encontrado a 50-60 cm de profundidade, coletado por meio de tradagem em Atalaia, apresentou a idade de 290 anos AP $\pm$ 50. Por se tratar de material de pequena dimensão, pode ter sido transportado de camadas superiores, uma vez que fragmentos encontrados em profundidades similares em outros solos brasileiros (PESSENDA *et al.*, 1996a; GOUVEIA *et al.*, 2002) apresentaram idades em torno de 1.700-3.000 anos AP. A presença deste fragmento provavelmente está relacionada com a ação antrópica na ilha.

Os valores isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$) da MOS (**Figura 3.6b**) das camadas superficiais caracterizaram a vegetação de cobertura de cada local. Nos pontos coletados em Sancho, ilha Rata e Mata da Ponta Oeste (MPO) e na trincheira, os dados entre -25‰ e $-25,8\text{‰}$ indicam a presença de vegetação arbórea aberta, enquanto na Praia do Leão e Atalaia os valores (-19‰) são característicos do predomínio de plantas C_4 , provavelmente de origem antrópica. Não foram observadas mudanças significativas nos tipos de vegetação durante o Holoceno.

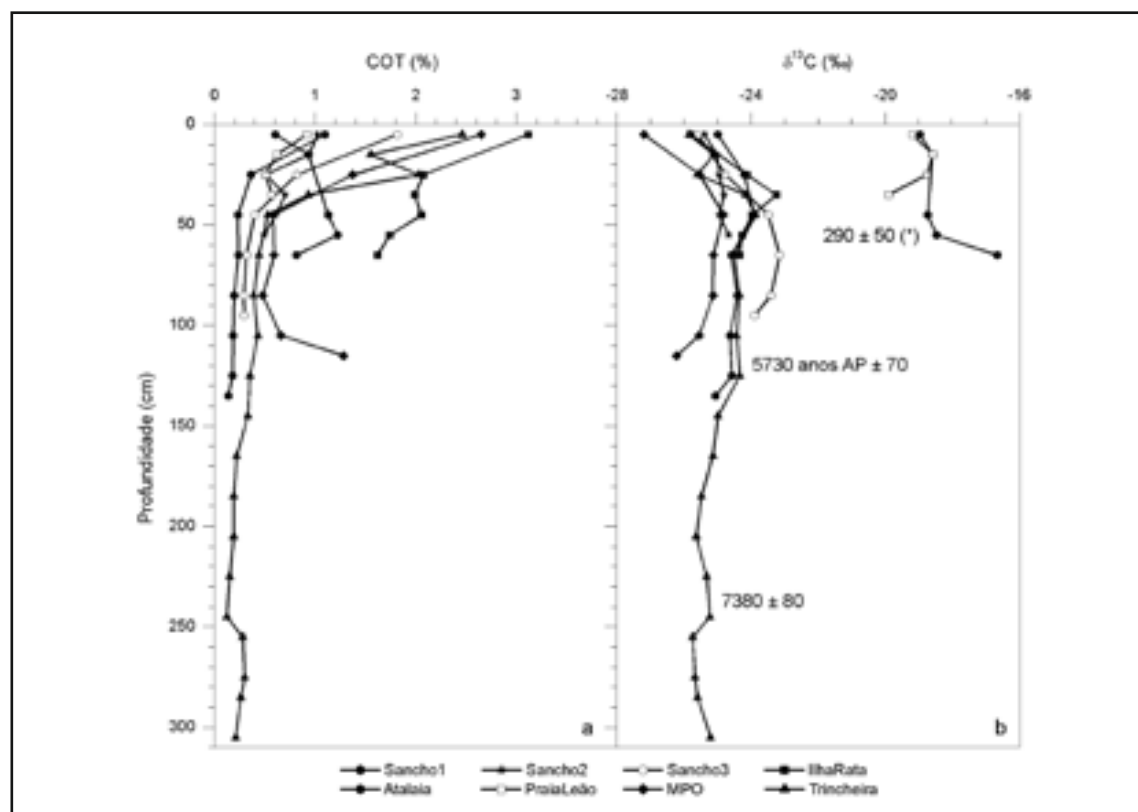


Figura 3.6. a) carbono orgânico total; b) valores isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$) em relação à profundidade dos solos e respectivas idades ^{14}C de fragmento de carvão (*) e fração humina.

profunda. Para ambos intervalos, os teores de COT foram de cerca de 0,5%. Para a camada 32-30 cm, em que o teor de COT esteve próximo de 1% e provavelmente associado a material proveniente da vegetação aquática (*Pistia stratiotes*), a datação foi de 90 anos AP $\pm$ 50 e apresentou uma taxa de acúmulo de 0,34 cm.ano⁻¹, ou seja, significativamente maior do que as camadas inferiores. Estes valores significativamente inferiores da taxa de acúmulo reforçam a hipótese de que o material originário do testemunho (72 até 32 cm) foi provavelmente desenvolvido *in situ* a partir da rocha mãe. A partir de 32 cm, observou-se um acréscimo significativo no teor de COT e nas taxas de sedimentação (cerca de 6 a 10 vezes superiores), provavelmente relacionadas à influência da introdução da *Pistia stratiotes*. Em idade ¹⁴C calibrada, o resultado da base do testemunho foi de 1.280 cal AD, ou seja, a lagoa iniciou sua formação anterior à eventual ação antrópica no local.

Os resultados de $\delta^{15}\text{N}$ apresentaram uma tendência de enriquecimento isotópico com o aumento da profundidade, variando de 2,8‰ na superfície até 11,5‰ na camada 48-50 cm (**Figura 3.8c**). Com exceção da camada superficial, que sugere uma mistura de fontes nitrogenadas provenientes de algas e plantas C₃, as mais profundas, mais enriquecidas em ¹⁵N, indicam predomínio algal (MEYERS, 2003).

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ apresentaram-se mais enriquecidos nas camadas mais profundas (–20,7‰ a –22,1‰) e variaram até –27,6‰ na superfície (**Figura 3.8d**). O valor da planta aquática *Pistia stratiotes*, que recobre toda a lagoa, foi de –28,2‰, registrando, portanto, sua influência no material superficial. Os resultados indicam uma provável mistura de plantas C₃ (folhas e galhos das árvores do entorno da lagoa) e de plantas C₄ (provavelmente gramíneas e/ou material herbáceo) da base (720 anos AP) até aproximadamente 20 cm (<90 anos AP). A partir deste ponto, verificou-se o predomínio de matéria orgânica proveniente da planta aquática *Pistia stratiotes* até a superfície. Os acréscimos na concentração de COT e da razão C/N (>10), desde a camada de 32 cm até a superfície, reforçam o aporte significativo deste tipo de material orgânico (plantas C₃) no testemunho. Abaixo da camada de 32 cm, os valores de C/N inferiores a 10 indicam maior influência das algas.

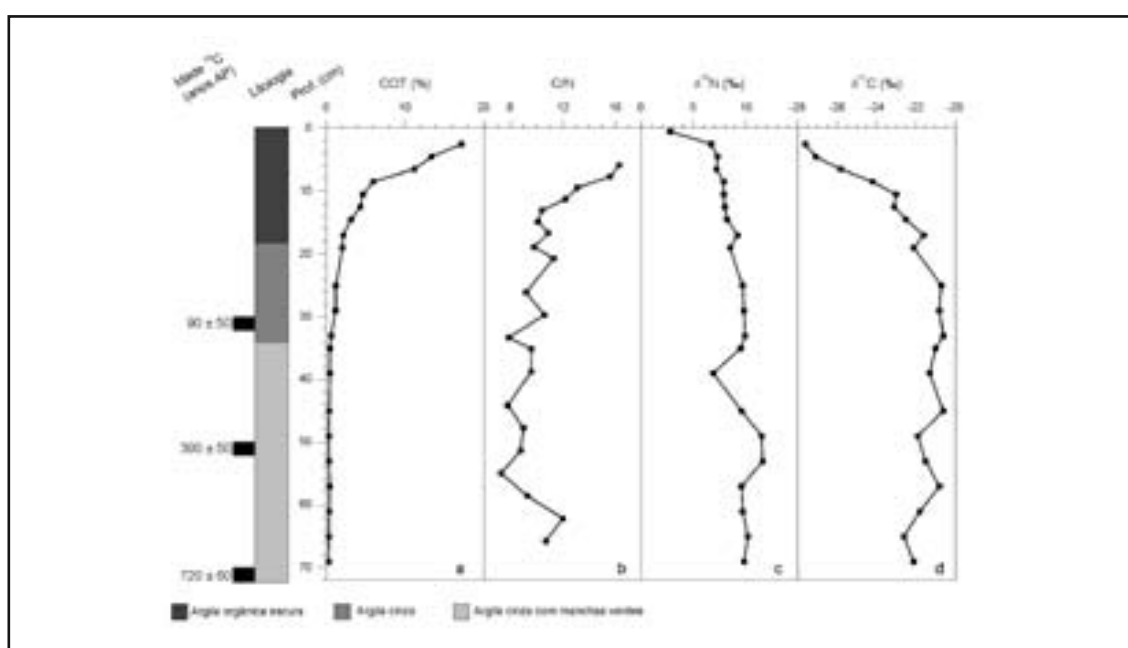


Figura 3.8. Litologia, datação ¹⁴C, carbono orgânico total (COT), razão C/N e dados isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) das amostras do testemunho coletado na Lagoa da Viração.

Mangue do Sueste: A litologia do testemunho, bem como as datações ^{14}C , são apresentadas na **Figura 3.9** e na **Tabela 3.2**. Na base do testemunho (216-214 cm), verificou-se a presença de conchas misturadas a material cimentado calcário (*beach rock*), indicativo da presença de praia no local onde hoje se encontra o mangue, com datação de 4.240 anos AP $\pm$ 60 e idade calibrada de ~4.700 anos. Na profundidade de 188-184 cm, a amostra arenosa apresentou uma idade aproximada de 2.000 anos AP $\pm$ 50 e idade calibrada de 70 AD. As idades obtidas para as camadas 140-138 cm e 134-132 cm foram, respectivamente, de 710 anos AP $\pm$ 50 e idade calibrada de 1.285 AD e de 440 anos AP $\pm$ 50 anos e idade calibrada de 1.440 AD. As idades calibradas para as amostras das camadas 49-47 cm e 29-26 cm indicaram os anos de 1959 e 1958, respectivamente.

Do testemunho obtido, foram retiradas 36 amostras para estudos palinológicos e processadas 13 amostras que se mostraram promissoras.

Somente três níveis (191-192 cm, 22-24 cm e atual) apresentaram quantidade suficiente de pólen (>250) para a construção do diagrama polínico (**Figura 3.10**); contudo, considerações acerca da evolução da vegetação podem ser feitas.

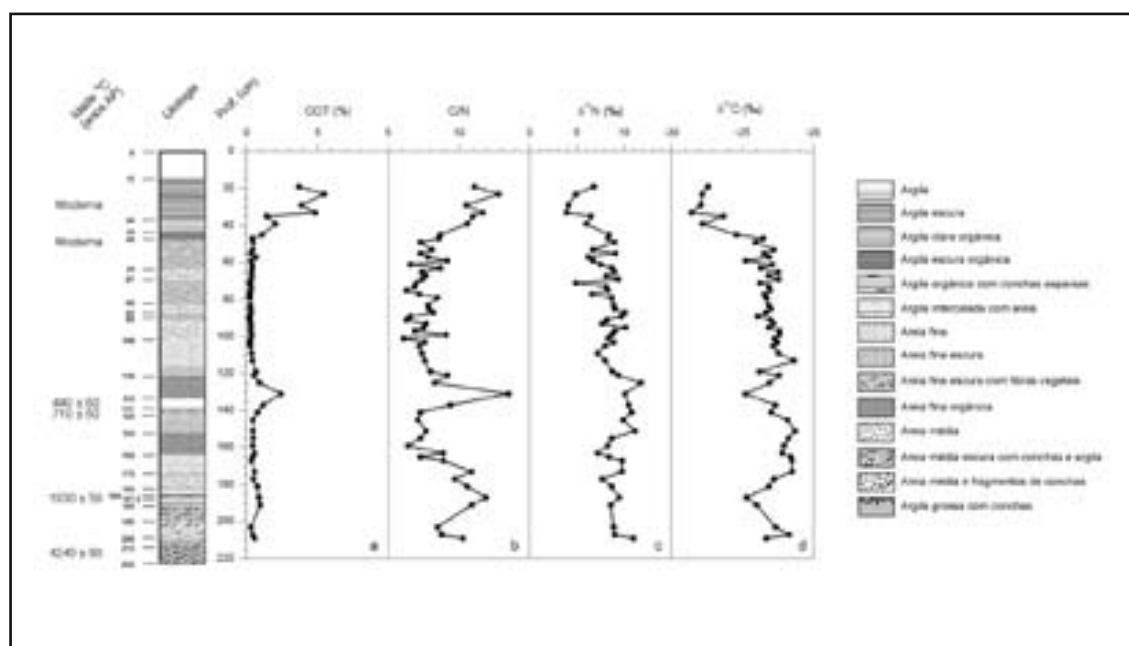


Figura 3.9. Litologia, datação ^{14}C , carbono orgânico total (COT), razão C/N e dados isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) das amostras de sedimento coletado no Mangue do Sueste.

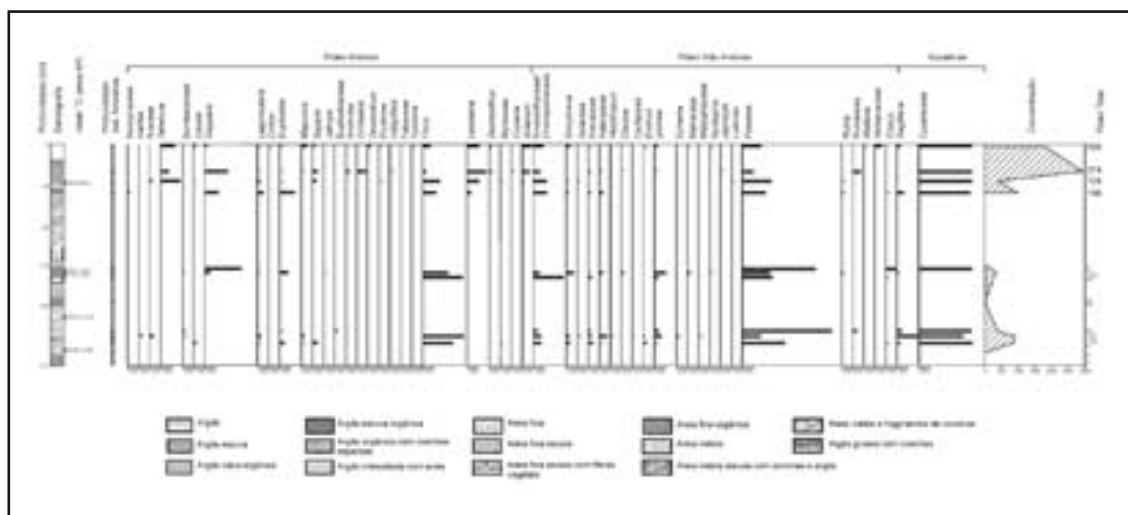


Figura 3.10. Diagrama polínico do testemunho coletado no Mangue do Sueste.

Tabela 3.2. Datação ^{14}C das amostras de sedimentos e fragmentos de conchas coletados na Lagoa da Viração (Vir) e no Mangue do Sueste (SE).

Profundidade (cm)	Identificação do Laboratório	$^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ (pCm)	Idade (anos AP)	Idade (cal AD)
Vir 30-32	TO-11817	$98,87 \pm 0,65$	90 ± 50	1.955
Vir 50-52	TO-11818	$95,24 \pm 0,61$	390 ± 50	1.460
Vir 70-72	TO-11377	$91,41 \pm 0,64$	720 ± 60	1.280
SE 26-29	TO-11378	$101,38 \pm 0,68$	Moderna	1.958
SE 47-49	TO-11379	$102,53 \pm 0,71$	Moderna	1.959
SE 132-134	TO-11380	$94,71 \pm 0,57$	440 ± 50	1.440
SE 138-140	TO-11381	$91,52 \pm 0,55$	710 ± 50	1.285
SE 184-188	TO-11382	$78,61 \pm 0,47$	1.930 ± 50	70
SE 214-246*	TO-11816	$58,96 \pm 0,44$	4.240 ± 60	4.700**

TO=Isotrace Laboratory, Toronto, Canadá; pCm=porcentagem de carbono moderno; *fragmentos de conchas; **cal BP.

Além dos *taxa* identificados (**Figura 3.11**), em todas as lâminas foram encontrados fragmentos bem preservados de cutículas, esporos de fungos, algas, alguns cistos de dinoflagelados e pólen dobrados e fragmentados, o que poderia evidenciar transporte.

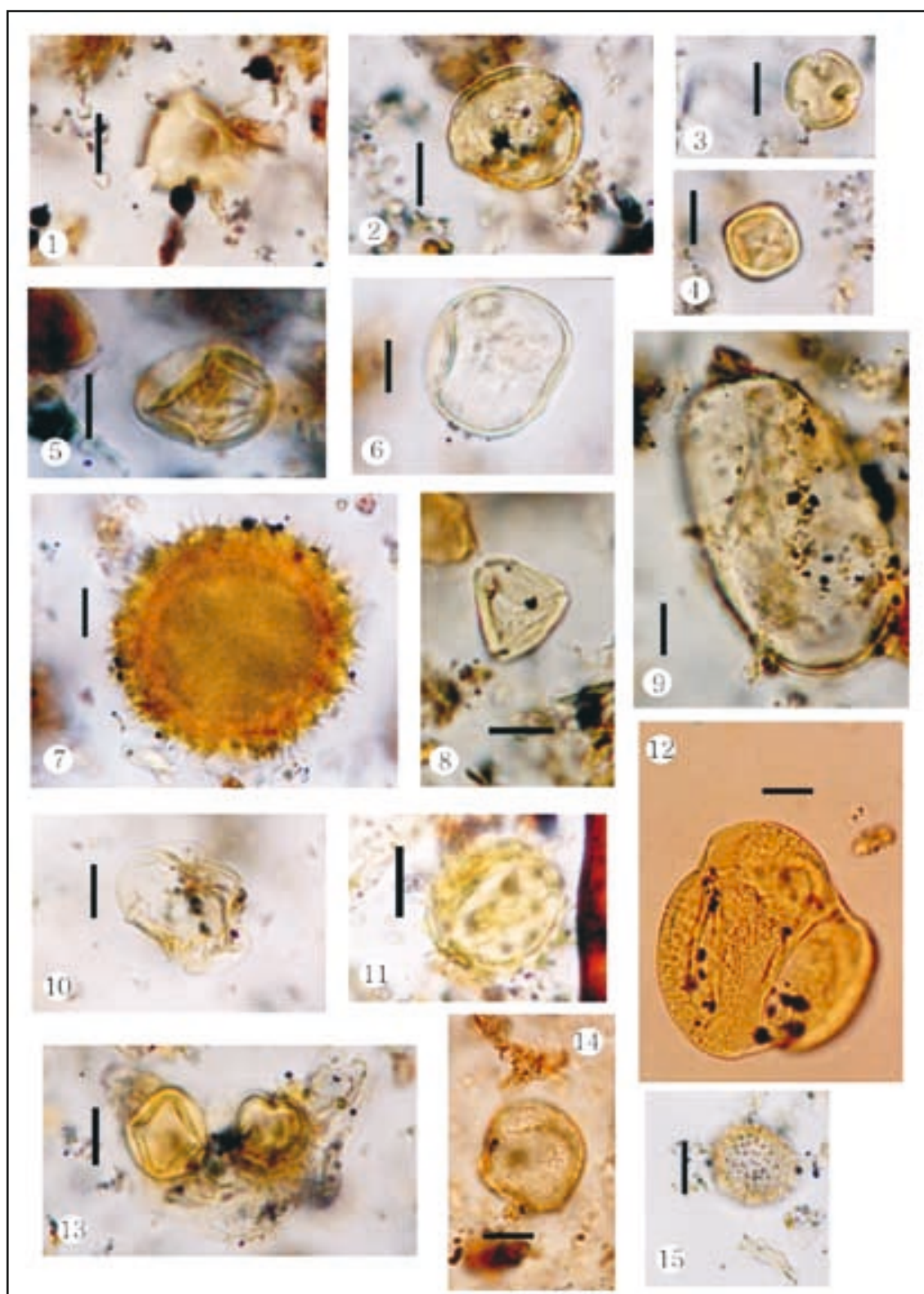


Figura 3.11. 1) Bignonaceae (amostra 18-12 cm); 2) Chenopodeaceae/Amaranthaceae (amostra 18-12 cm); 3) Fabaceae (tipo *Andiroba* - polar/amostra 18-12 cm); 4) Fabaceae (equatorial/amostra 18-12 cm); 5) Solanaceae (*Solanum*/amostra 18-12 cm); 6) Poaceae (amostra 18-12 cm); 7) Convolvulaceae (*Ipomea*/amostra 18-12 cm); 8) Myrtaceae (amostra 18-12 cm); 9) Arecaceae (amostra 18-12 cm); 10) Apocynaceae (amostra 191-192 cm); 11) Asteraceae (amostra 191-192 cm); 12) Bombacaceae (amostra 32-34 cm); 13) Fabaceae (amostra 18-12 cm); 14) Apocynaceae? (*Aspidosperma*? /amostra 44-46); 15) Euphorbiaceae (amostra 18-12 cm). Escala: 10µm.

Foram identificados 52 tipos polínicos, pertencentes a 21 famílias de angiospermas e uma de gimnospermas (Ephedraceae). Cabe ressaltar que, em todas as lâminas analisadas, é notável a falta de esporos de pteridófitas (filicíneas, licófitas e esfenófitas) e de briófitas.

Apesar da escassez de pólen em vários níveis estudados, é possível ter-se uma idéia da dinâmica da vegetação. As amostras estudadas foram divididas em dois intervalos de tempo: 2.000-440 anos AP e 440 anos AP-Presente.

Intervalo 2.000-440 anos AP

A amostra mais antiga estudada (198-196 cm) tem idade estimada de >2.000 anos AP. Nela, aparecem as famílias Alismataceae, Cyperaceae, Amaranthaceae, Amaranthaceae/Chenopodiaceae e Araceae. Estes polens podem ser considerados como pertencentes à vegetação que habitava as cercanias do manguezal.

Também foram encontrados pólen de Convolvulaceae (*Evolvus* e *Ipomea*), Euphorbiaceae (*Sapium* e *Euphorbia*), Moraceae (*Ficus*), além de Combretaceae (*Laguncularia*), o que associaria a vegetação hoje encontrada em Noronha, não introduzida, à colonização e à presença de manguezal no local neste período.

No intervalo seguinte (192-191 cm), continuam sendo encontradas as mesmas famílias do intervalo anterior, além do primeiro registro de Arecaceae e o único registro do testemunho de uma gimnosperma da família Ephedraceae, possivelmente transportada pelo vento.

No intervalo 186-180 cm, registrou-se um empobrecimento no número de espécies, sendo registradas as famílias Alismataceae, Amaranthaceae/Chenopodiaceae, Cyperaceae, Poaceae e desaparecendo o pólen de *Laguncularia*, possivelmente por uma redução na área do manguezal, embora seja registrado, pela primeira vez, pólen das famílias Bombacaceae e Fabaceae (*Erytrina*).

Intervalo 440 anos AP-Presente

Nas amostras 132-130 cm, foram encontrados pólen de Amaranthaceae/Chenopodiaceae, Araceae, Convolvulaceae (*Ipomea*), Cyperaceae, Moraceae (*Ficus*) e Poaceae.

No intervalo entre 128-126 cm, foram encontrados pólen de Amaranthaceae/Chenopodiaceae, Araceae, Convolvulaceae (*Ipomea*), Cyperaceae, Euphorbiaceae (*Euphorbia*), Moraceae (*Ficus*) e Poaceae que continuam, além do primeiro aparecimento de Capparidaceae (*Cleome*), Rubiaceae, Malvaceae e o gênero *Jatropha* (Euphorbiaceae). Como no nível anterior, não foram registrados pólen de *Laguncularia*.

Na amostra coletada entre 124-122 cm, foram encontrados somente oito pólen de Poaceae.

Nos intervalos entre 46-44 cm, 34-32 cm e 24-22 cm, foi coletado sedimento superficial de manguezal. Continuaram a ser encontradas as famílias registradas no intervalo anterior, volta a aparecer o registro de *Laguncularia* e foram registrados pela primeira vez pólen de *Cassia* (Caesalpinaceae), *Tabebuia* (Bignoniaceae), *Leucaena* e *Desmanthus* (Mimosaceae), *Ludwisia* (Onagraceae), *Cupania* (Sapindaceae), *Walteria* (Sterculiaceae), Solanaceae, *Nyctagina* (Nyctaginaceae), Malvaceae, *Jasminum* (Oleaceae), Verbenaceae e dos gêneros *Desmodium*, *Crotalaria* e *Andiroba* (Fabaceae) e *Capparis* (Capparidaceae). Considerando os palinomorfs presentes, deduz-se que o manguezal estava localizado na sua posição atual.

Os dados obtidos na análise do testemunho da baía Sueste indicam que numerosas espécies foram introduzidas nos últimos 400 anos, embora ainda possam ser encontrados representantes da flora original. A falta de palinórfos, na maioria das lâminas estudadas, pode ser explicada pela união de vários fatores, como direção desfavorável dos ventos, reduzida área da ilha, flora pobre e oscilações nas dimensões do manguezal decorrentes de oscilações no nível do mar, além de períodos mais secos que podem ter afetado o pólen e o rio Maceió, responsável pelo aporte de materiais diversos no mangue.

Os dados isotópicos e geoquímicos apresentados na **Figura 3.9** indicam que, na camada 192-182 cm (~2.000 anos AP), o teor de COT foi de 0,94%, a razão C/N de 11,9 e o $\delta^{13}\text{C}$ de $-24,7\text{‰}$, indicativo da presença de material orgânico de ciclo fotossintético C_3 , provavelmente associado a um antigo mangue no local. Para esta camada, os dados polínicos indicaram a presença de espécies típicas deste ecossistema (*Laguncularia*) nas amostras analisadas, reforçando a presença do manguezal no período. Da camada 182-180 cm (<2.000 anos AP) até aproximadamente 138 cm (~700 anos AP), o teor de COT variou entre 0,77% e 0,35%, a razão C/N de 10,9 a 6,4 e o $\delta^{13}\text{C}$ de $-21,5\text{‰}$ a $-23,0\text{‰}$, indicativo de matéria orgânica de origem de plantas C_3 e algas no período. A partir da camada 138-136 cm (cerca de 600 anos AP), há um aumento na concentração do COT (2,43%) até a camada 132-130 cm (aproximadamente 400 anos AP), na razão C/N (18) e um empobrecimento isotópico ($-24,8\text{‰}$), indicativo de aporte mais significativo de matéria orgânica de origem de plantas C_3 . A análise polínica (**Figura 3.10**) na camada 132-130 cm não indicou a presença de um mangue no local. Da camada 130 cm (400 anos AP) até 46 cm (idade Moderna), há uma tendência generalizada de diminuição dos teores de COT (ao redor de 0,90% a 0,20%), razão C/N (9 a 6) e enriquecimento isotópico (-23‰ a -22‰), evidenciando maior influência de matéria orgânica de algas do que no período anterior. Desta profundidade até 18 cm e 12 cm, respectivamente, há um aumento no teor de COT até 5,5% e 3,4%, na razão C/N até 16 e 12, $\delta^{13}\text{C}$ de $-28,6\text{‰}$ a $-26,3\text{‰}$, enquanto valores de $\delta^{15}\text{N}$ se mantêm em torno de 10‰ , indicativo de aporte de matéria orgânica de origem de plantas C_3 e provavelmente associada também às algas (MEYERS, 2003). Estes valores, associados à litologia que apresentou argila escura e areia orgânica escura no mesmo intervalo (46-12 cm), caracterizaram a presença do mangue moderno no testemunho. Valores de $\delta^{15}\text{N}$ variaram de $11,8\text{‰}$ na camada 126-124 cm até $3,9\text{‰}$ na camada 34-32 cm e são indicativos de matéria orgânica predominantemente de algas (MEYERS, 2003).

Conclusões

Os resultados de $\delta^{13}\text{C}$ e ^{14}C da matéria orgânica dos solos da Ilha de Fernando de Noronha não indicaram trocas significativas de vegetação durante o Holoceno. Portanto, as trocas climáticas que ocorreram durante o Holoceno inferior e médio nas regiões Nordeste e Amazônica não foram observadas em Noronha, e este aspecto pode estar associado ao efeito moderador do oceano no clima da ilha.

O material basal e central (até ~30 cm) do testemunho coletado na Lagoa da Viração é, provavelmente, produto de alteração da rocha em ambiente relativamente confinado. Na parte superior (de ~20 cm até a superfície), foi observada a presença de pólen bem preservado associado às plantas modernas do entorno da lagoa. Este aspecto foi devido à presença da planta C_3 *Pistia*

stratiotes, que colonizou o lago durante as últimas décadas e reduziu a evaporação durante as estações secas.

A litologia do sedimento coletado no manguezal do Sueste mostrou a presença de areia rica em conchas, associada com as trocas do nível do mar durante o Holoceno médio e tardio (~4.200 anos AP e ~2.000 anos AP). Os depósitos de areia e argilas representam ambientes de alta e baixa energia de deposição. O depósito de argila orgânica é claramente ligado à construção da barragem do rio Xaréu durante as últimas décadas.

Os palinomorfos bem preservados representam o divisor de águas moderno e a vegetação do mangue e foram observados principalmente na parte recente do registro sedimentar. Semelhante à Lagoa da Viração, a pobre preservação dos palinomorfos foi provavelmente devido à oxidação durante as estações secas.

Os resultados de $\delta^{13}\text{C}$ e C/N nos dois locais indicaram o aporte de matéria orgânica moderna na parte recente de sua história, associada à presença da *Pistia stratiotes* no caso da Lagoa da Viração e o proveniente da vegetação do mangue, no caso do Manguezal do Sueste. Em ambos os casos, não foram observados registros isotópicos relacionados a mudanças significativas de vegetação desde o Holoceno médio.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (01/13262-6 e 01/10828-9), pelo suporte financeiro e pela bolsa de Pós-Doutorado concedida à S.E.M. Gouveia. Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (Ibama), pelo apoio administrativo.

Referências bibliográficas

- Almeida, F.F.M. 1955. **Geologia e petrologia do arquipélago de Fernando de Noronha**. Monografia - DNPM, Divisão de Geol. Mineralogia. 181p.
- Arz, H.W.; Patzold, J. & Wefer, G. 1999. **The deglacial history of the western tropical Atlantic as inferred from high resolution stable isotope records of Northeastern Brazil**. Earth and Planetary Science Letters 167:105-117.
- Batistella, M. 1993. **Cartografia ecológica de Arquipélago de Fernando de Noronha**. 232p. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Behling, H. & Costa, M.L. 1994. **Studies on Holocene tropical vegetation mangrove and coast environments in the state of Maranhão, NE Brazil**. In: RABASSA, J. & SALEMME, M. (Eds.) Quaternary of South America and Antarctic Peninsula. Rotterdam: A.A. Balkema. v.10, p.93-118.
- Behling, H. 1995. **A high resolution Holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brazil: vegetation, climate and fire history**. Journal of Paleolimnology, 14(3):253-268.
- _____. 1997. **Late Quaternary vegetation, climate and fire history from the tropical mountain region of Morro de Itapeva, SE Brazil**. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 129: 407-422.
- De Oliveira, P.E.; Barreto, A.M.F. & Suguio, K. 1999. **Late Pleistocene/Holocene climatic and vegetational history of the Brazilian caatinga: the fossil dunes of the middle São Francisco River**. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 152: 319-337.
- Desjardins, T.; Filho, A.C.; Mariotti, A.; Chauvel, A. & Girardin, C. 1996. **Changes of the forest-savanna boundary in Brazilian Amazonia during the Holocene as revealed by soil organic carbon isotope ratios**. Oecologia 108: 749-756.
- Ferraz-Vicentini, K.R. & Salgado-Labouriau, M.L. 1996. **Palynological analysis of a palm swamp in Central Brazil**. Journal of South American Earth Sciences 9: 207-219.
- Freitas, H.A.; Pessenda, L.C.R.; Aravena, R.; Gouveia, S.E.M.; Ribeiro, A.S. & Boulet, R. 2001. **Late Quaternary vegetation dynamics in the Southern Amazon Basin inferred from carbon isotopes in soil organic matter**. Quaternary Research 55: 39-46.
- Gouveia, S.E.M.; Pessenda, L.C.R.; Aravena, R.; Boulet, R.; Roveratti, R. & Gomes, B.M. 1997. **Dinâmica das vegetações durante o Quaternário Recente no sul do Amazonas indicada pelos isótopos do carbono (^{12}C , ^{13}C , ^{14}C) do solo**. Geochimica Brasiliensis 11(3): 355-367.
- Gouveia, S.E.M.; Pessenda, L.C.R.; Boulet, R.; Aravena, R. & Scheel-Ybert, R. 1999. **Isótopos do carbono dos carvões e da matéria orgânica do solo em estudos de mudança de vegetação e clima no Quaternário e da taxa de formação de solos do estado de São Paulo**. Anais da Academia Brasileira de Ciências 71(4): 969-980.
- Gouveia, S.E.M.; Pessenda, L.C.R.; Aravena, R.; Boulet, R.; Scheel-Ybert, R.; Bendassoli, J.A.; Ribeiro, A.S. & Freitas, H.A. 2002. **Carbon isotopes in charcoal and soils in studies of paleovegetation and climate changes during the late Pleistocene and the Holocene in the southeast and centerwest regions of Brazil**. Global and Planetary Change 33: 95-106.
- Guerriero, N. 2002. **Ilhas oceânicas. Fernando de Noronha = Ocean islands**. São Paulo: Guerriero Edições. 96p.
- Hecht, J., 1990. **Global warming: back to the future**. New Scientist 128: 38-41.
- IBAMA. 2005. Disponível em <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 05/06/2005.
- Kiehl, E.J. 1979. **Manual de edafologia; relações solo/planta**. São Paulo: Ceres.
- Ledru, M.-P. 1993. **Late Quaternary and climatic changes in Central Brazil**. Quaternary Research 39: 90-98.
- Ledru, M.-P.; Braga, P.I.S.; Soubiès, F.; Fournier, M.; Martin, L.; Suguio, K. & Turcq, B. 1996. **The last 50,000 years in the Neotropics (Southern Brazil): evolution of vegetation and climate**. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 123: 239-257.
- Ledru, M.-P.; Salgado-Labouriau, M.L. & Lorscheitter, M.L. 1998. **Vegetation dynamics in southern and central Brazil during the last 10,000 yr BP**. Review of Palaeobotany and Palynology 99: 131-142.
- Ledru, M.-P.; Mourguiart, P.; Ceccantini, G.; Turcq, B. & Sifeddine, A. 2002. **Tropical climates in the game of two hemispheres revealed by abrupt climatic change**. Geology, 30(3): 275-278.

- Ledru, M.-P.; Ceccantini, G.; Gouveia, S.E.M.; López-Sáez, J.A.; Pessenda, L.C.R. & Ribeiro, A.S. 2006. **Millenial-scale climatic and vegetation changes in a northern Cerrado (Northeast, Brazil) since the Last Glacial Maximum**. *Quaternary Science Reviews* 25: 1110-1126.
- Martin, L. & Flexor, J.M. 1989. **Vibro-testemunhador leve: construção, utilização e possibilidades**. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 2., Publicação Especial, n.1, 15p.
- Meyers, P.A. 2003. **Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes**. *Organic Geochemistry* 34: 261-289.
- Moraes, A.S. 2002. **Geoquímica da matéria orgânica em sedimentos como registro da evolução ambiental do ecossistema lacustre insular, Lagoa da Viração, arquipélago de Fernando de Noronha**. 56p. Monografia - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Neves, P.C.P. & Lorscheitter, M.L. 1995. **Upper Quaternary palaeoenvironments in the northern coastal plain of Rio Grande do Sul, Brazil**. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* 9: 39-67.
- Pessenda, L.C.R.; Aravena, R.; Melfi, A.J. & Boulet, R. 1996a. **The use of carbon isotopes (C-13, C-14) in soil to evaluate vegetation changes during the Holocene in central Brazil**. *Radiocarbon* 38(2): 191-201.
- Pessenda, L.C.R.; Valencia, E.P.E.; Martinelli, L.A. & Cerri, C.C. 1996b. **¹⁴C measurements in tropical soil developed on basic rocks**. *Radiocarbon* 38(2): 203-208.
- Pessenda, L.C.R.; Valencia, E.P.E.; Aravena, R.; Telles, E.C.C. & Boulet, R. 1998a. **Paleoclimate studies in Brazil using carbon isotopes in soils**. In: Wasserman, J.C.; Silva-Filho, E.; Villas-Boas, R. (Eds.) *Environmental geochemistry in the tropics*. Berlin: Springer-Verlag, p.7-16.
- Pessenda, L.C.R.; Gouveia, S.E.M.; Ledru, M.-P.; Aravena, R.; Ricardi-Branco, F.S.; Bendassolli, J.A.; Ribeiro, A.S.; Saia, S.E.M.G.; Sifeddine, A.; Menor, E.A.; Oliveira, S.M.B.; Cordeiro, R.C.; Freitas, A.M.M.; Boulet, R. & Filizola, H.F. **Interdisciplinary paleovegetation study in the Fernando de Noronha Island (Pernambuco State), northeastern Brazil**. *Palaeoclimatology, Palaeogeography, Palaeoecology*, submetido.
- Pessenda, L.C.R.; Gomes, B.M.; Aravena, R.; Ribeiro, A.S.; Boulet, R. & Gouveia, S.E.M. 1998b. **The carbon isotope record in soils along a forest-cerrado ecosystem transect: implications for vegetation changes in the Rondonia state, southwestern Brazilian Amazon region**. *The Holocene* 8(5): 631-635.
- Pessenda, L.C.R.; Gouveia, S.E.M.; Aravena, R.; Gomes, B.M.; Boulet, R. & Ribeiro, A.S. 1998c. **¹⁴C dating and stable carbon isotopes of soil organic matter in forest-savanna boundary areas in the southern Brazilian Amazon region**. *Radiocarbon* 40(2): 1013-1022.
- Pessenda, L.C.R.; Boulet, R.; Aravena, R.; Rosolen, V.; Gouveia, S.E.M.; Ribeiro, A.S. & Lamotte, M. 2001. **Origin and dynamics of soil organic matter and vegetation changes during the Holocene in a forest-savanna transition zone, Brazilian Amazon region**. *The Holocene* 11(2): 250-254.
- Pessenda, L.C.R.; Ribeiro, A.S.; Gouveia, S.E.M.; Aravena, R.; Boulet, R. & Bendassoli, J.A. 2004. **Vegetation dynamics during the Late Pleistocene in the Barreirinhas region, Maranhão state, northeastern Brazil, based on carbon isotopes in soil organic matter**. *Quaternary Research* 62: 183-193.
- Pessenda, L.C.R.; Ledru, M.-P.; Gouveia, S.E.M.; Aravena, R.; Ribeiro, A.S.; Bendassolli, J.A. & Boulet, R., 2005. **Holocene palaeoenvironmental reconstruction in northeastern Brazil inferred from pollen, charcoal and carbon isotope records**. *The Holocene* 15(6): 814-822.
- Riddley, H.N. 1888. **Notes on the Botany of Fernando Noronha**. *Linnean Society's Journal, Botany* 27: 1-95.
- Roth, L. & Lorscheitter, M.L. 1993. **Palynology of a bog in Parque Nacional de Aparados da Serra, East Plateau of Rio Grande do Sul, Brazil**. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* 8: 39-69.
- Sanford-Junior, R.L.; Saldarriaga, J.; Clark, K.E.; Uhl, C. & Herrera, R. 1985. **Amazon rain-forest fires**. *Science* 227: 53-55.
- Sifeddine, A.; Frohlich, F.; Fournier, M.; Martin, L.; Servant, M.; Soubières, F.; Suguio, K. & Ribeiro, C.V. 1994. **La sédimentation lacustre indicateur de changements des paléoenvironnements au cours des 30.000 derniers années (Carajás, Amazonie, Brésil)**. *Géosciences de surface/surface Géosciences*, p.1645-1652.
- Soubies, F. 1979-1980. **Existence d'une phase sèche en Amazonie brésilienne datée par la présence de charbons dans les sols (6000-3000 ans B.P.)**. *Cahiers ORSTOM. Serie Géologie* 11(1): 133-148.

Capítulo 4

**Microscopia de Rochas da
Coleção de Petrografia do
Museu Nacional / UFRJ: Ilha da
Trindade, Brasil**

*Loiva Lízia Antonello
Maria Elizabeth Zucolotto
João Wagner Alencar Castro*

Resumo

A Ilha da Trindade dista cerca de 1.140 km da costa brasileira, ao sul do paralelo de Vitória, Espírito Santo. Caracteriza-se por apresentar relevo íngreme, associada a uma zona de fratura transversal de montes submarinos constituída por *guyots*, elevando-se a 5.500 metros do fundo do oceano. Devido à parceria da Marinha do Brasil com o Museu Nacional/UFRJ desde 1916, a Coleção de Petrografia do Departamento de Geologia e Paleontologia possui uma quantidade considerável de rochas de ilhas oceânicas brasileiras, inclusive de Trindade. Muitos cientistas renomados do Museu Nacional, como Branner (1876), Derby (1880), Alayr da Silveira (1938) e recentemente os professores Ruy José Válka Alves (1999, 2002) e João Wagner Alencar Castro (2002) incorporaram amostras à coleção. Neste capítulo, foram analisadas, ao microscópio, cerca de cinquenta lâminas delgadas da coleção. Os minerais característicos destas rochas são feldspatos (sanidina e criptopertita), feldspatóides (nefelina, noseana e analcita), piroxênios (augita, augita verde, titanoaugita e aegirinaaugita), olivina, anfibólio e mica. Na Coleção Petrográfica da Ilha da Trindade do Museu Nacional, encontram-se fonolitos *strictu sensu*, fonolitos porfiríticos, noseana-fonolitos, tinguaitos, kali gauteítos, fonolitos mesocráticos (grazinitos), nefelinitos, monchiquitos, basanitos, tufos, ankaratritos, tannbuschitos, perquinitos (biotita-hornblendito, biotita-piroxenito) e calcários marinhos.

Abstract

Microscopy of Ilha da Trindade Rocks from the Petrographic Collection of Museu Nacional/UFRJ, Brazil

The Ilha da Trindade (Trindade Island) is located at about 1,140 km from the coast of Brazil. It is part of a chain of guyots and submarine mountains, rising 5,500 m from the ocean floor. The Petrographic Trindade Collection at Museum National, Universidade Federal do Rio de Janeiro, were due thanks to the collaboration of Brazilian Navy. Many notorious researchers from Museu Nacional, such as Branner (1876), Derby (1880), Alayr da Silveira (1938) and recently others professors as Ruy José Válka Alves (1999, 2002) and João Wagner Alencar Castro (2002) incorporated rocks samples to the Collection. In this chapter, were analyzed microscopically around 50 thin sections from the Collection. Characteristics minerals are feldspars (sanidine and cryptoperthite), feldspathoids (nepheline, noseana and analcite), pyroxenes (augite, green augite, titano augite and aegirineaugite), olivine, amphibole and mica. In the Petrographic Collection from Trindade of Museu Nacional are present phonolites (phonolite porphyritic, noseana-phonolite and tinguaitite), kauli gauteítes, basanites, nephelinites, mesocratics phonolites, mesocratics phonolites (grazinites), melanocratic nepheline basalts (tannbuschite), melanocratic biotite nepheline basalts (ankaratrite), monchiquite and perquinite.

Introdução

Devido à cooperação do Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade/Marinha do Brasil com o Museu Nacional/UFRJ desde 1916, a Coleção de Petrografia do Departamento de Geologia e Paleontologia possui uma quantidade considerável de rochas das ilhas oceânicas brasileiras, incluindo a Ilha da Trindade. As rochas das ilhas oceânicas foram anexadas à Coleção de Petrografia do Museu Nacional desde o final do século passado. Catalogaram-se amostras de inestimá-

vel valor histórico e científico coletadas por pesquisadores como John Casper Branner (1876) e Orville Derby (1880), que fizeram parte da missão do Museu Nacional, berço da geologia brasileira. Mais tarde, Alayr da Silveira, cientista do Museu Nacional, em 1938, também contribuiu com cerca de quarenta exemplares de rochas da Ilha da Trindade, todas com as respectivas lâminas delgadas. Recentemente, outros pesquisadores, entre estes os professores Ruy José Válka Alves e João Wagner Alencar Castro, trouxeram excelentes amostras representativas das ilhas de Trindade e Martin Vaz. O presente trabalho tem como objetivo estudar, do ponto de vista microscópico, as diferentes rochas que compõem os maciços alcalinos constituídos por belíssimos fenocristais de clinopiroxênios, olivina e feldspatóides da referida ilha.

Geologia e geomorfologia

A cadeia vulcânica Vitória-Trindade orienta-se a leste-oeste, em direção à Bacia do Espírito Santo, caracterizando-se por um conjunto de montes submarinos, *guyots* limitados no extremo oriental pelas ilhas da Trindade e Martin Vaz. Segundo Castro & Antonello (2006), a estrutura do edifício vulcânico da Ilha da Trindade apresenta um conjunto de formas diferenciadas caracterizadas por Domínio Planalto Axial (maiores elevações da Ilha), Domínio de Vertentes Costeiras (superfícies rochosas abruptas) e Domínio Litorâneo (reflete, de certa forma, a resistência da estrutura). Do ponto de vista geológico, segundo Almeida (1961) *apud* Castro & Antonello (2006), a Ilha da Trindade caracteriza-se pelas unidades estratigráficas: i) Complexo Trindade, conjunto heterogêneo de rochas intrusivas piroclásticas, representando a mais antiga manifestação vulcânica visível acima do nível do mar; ii) Sequência Desejado, constituindo-se por derrames de fonólito, nefelinito e grazinito com intercalações de piroclastos de composição equivalente, alguns deles de nítida deposição subaquosa, mas não marinha; iii) Formação Morro Vermelho, resultado de uma erupção explosiva com derrames de lava ankaratrítica, variedade melano-crática de olivina nefelinito contendo biotita; iv) Formação Valado, caracterizada por depósitos aluviais do córrego do Valado entre as praias dos Cabritos e dos Portugueses, no norte da ilha, intercalando piroclastos e derrames de lava provenientes de um centro emissivo situado no topo do vale; v) Vulcão do Paredão, extremidade oriental da ilha, que representa as ruínas de um cone vulcânico parcialmente destruído pela ação das ondas e; vi) Depósitos Holocênicos, representando uma pequena parcela das unidades estratigráficas ocorrentes na Ilha da Trindade, destacando-se os depósitos eólicos da Praia das Tartarugas, praias, aluviões, recifes algálicos e depósitos de encosta.

Material & métodos

Foram analisadas cerca de 50 lâminas delgadas das amostras de rochas coletadas na Ilha da Trindade ao longo dos anos, pertencentes à Coleção de Petrografia do Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional/UFRJ.

A metodologia consistiu das técnicas usuais de petrografia, como descrição das lâminas delgadas das rochas sob microscópio polarizante, com fotomicrografias. O instrumental utilizado foi um microscópio polarizante Ortholux Leitz (1958) com máquina digital acoplada e televisão para acurar a nitidez. Devido à granulação fina das rochas, não foram realizadas análises modais.

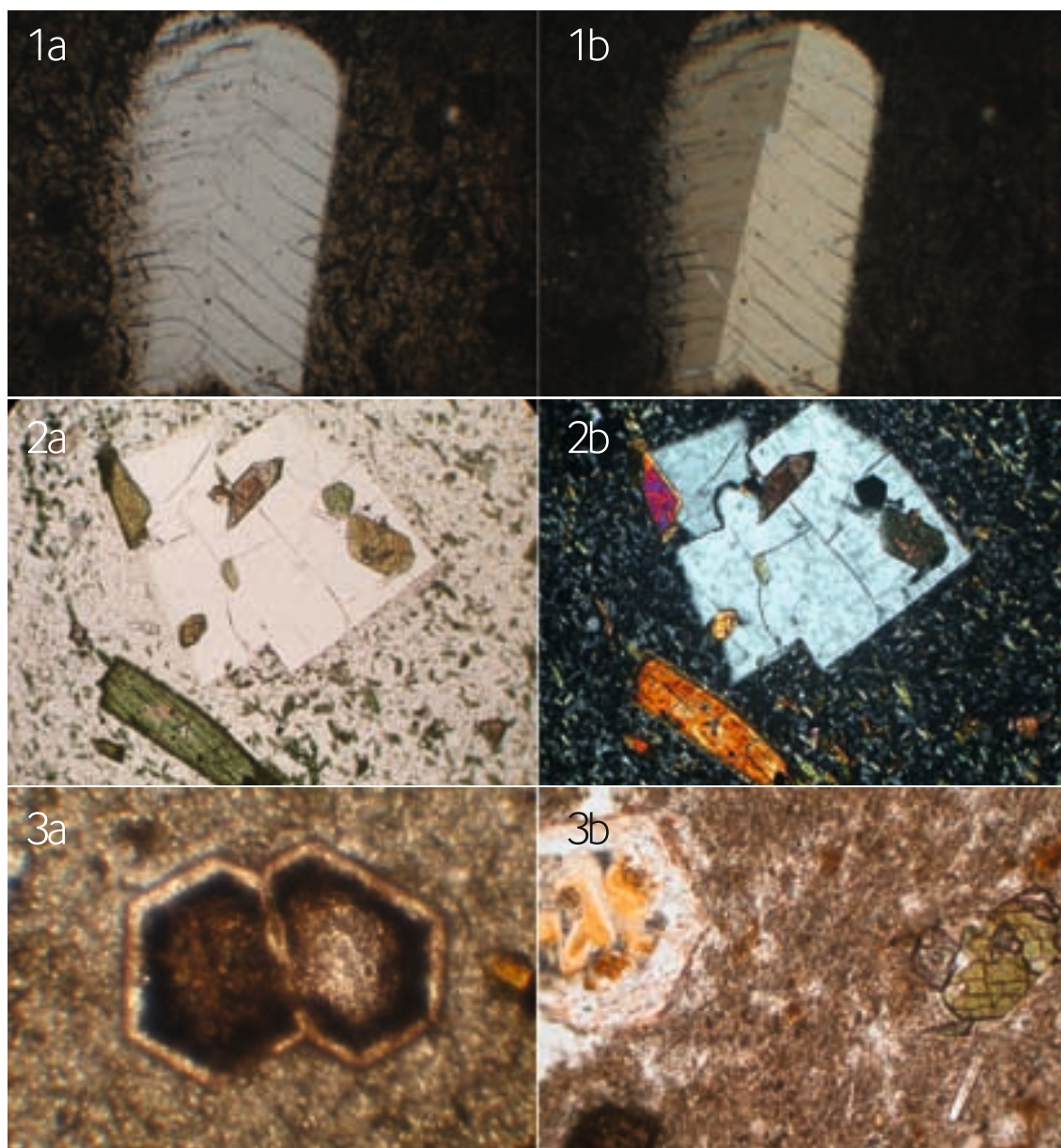
Resultados

Mineralogia

Apesar da diversidade dos tipos petrográficos das rochas de Trindade, a mineralogia é relativamente simples. Caracteriza-se principalmente pela abundância e variedade de clinopiroxênios e de feldspatóides, seguidos de alcalifeldspatos, olivina, anfibólios e mica. Os acessórios mais comuns são a magnetita, a apatita e a titanita, sendo marcante a falta do quartzo.

Feldspatos: entre os feldspatos, é interessante notar a ausência de plagioclásio, ocorrendo somente nos basanitos e, mesmo assim, em percentual insignificante. Os feldspatos presentes são os alcalinos, que ocorrem até nas rochas mais básicas. Estão representados pela sanidina, que, por vezes, é criptopertítica e ocorre em pequenos cristais na matriz, e fenocristais bem desenvolvidos, curtos e alongados, segundo o eixo c, maclados segundo as leis de Carlsbad. Encontram-se geralmente inalterados e límpidos, com inclusões de augita e titanita. Ocorrem nos fonolitos, kali gauteítos e fonolitos mesocráticos (grazinitos) (**Figura 4.1**).

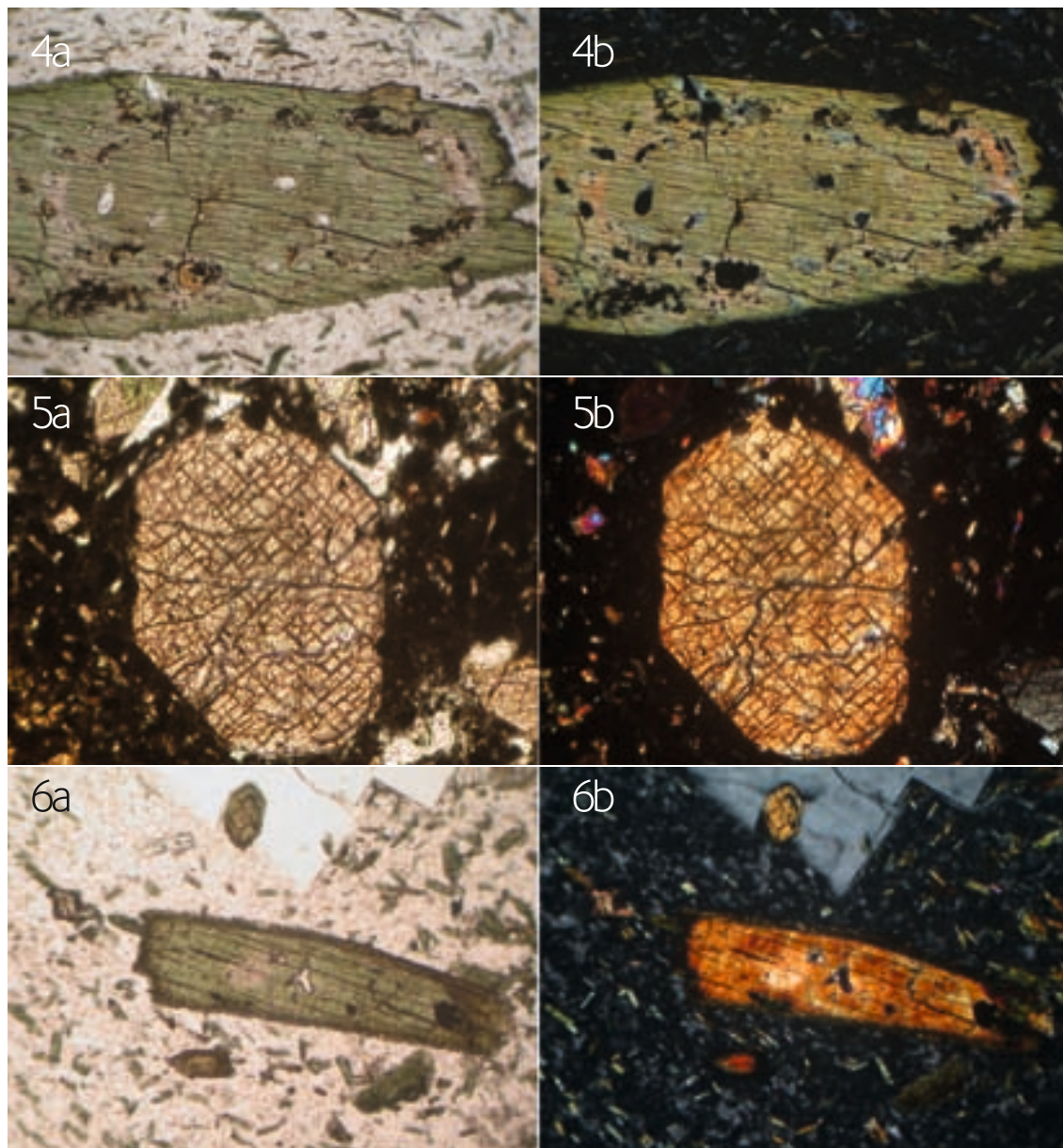
Feldspatóides: são os minerais félsicos que mais existem, ocorrendo em todas as rochas, sendo os principais a nefelina e a noseana. A nefelina é o mais comum, ocorrendo em fenocristais idiomórficos de contorno quadrado ou hexagonal, sendo a maioria deles de cor clara, porém alguns são zeolitizados com natrolita e analcita e outros transformados em calcita. Alguns fenocristais são poiquilíticos. Na matriz, ocorrem xenomórficos esparsos entre os minerais da rocha (**Figura 4.2**). A noseana, mineral do grupo da sodalita, ocorre em fenocristais idiomórficos, dodecaédricos com seções hexagonais, isotrópicos, sendo comum encontrar inclusões de opacos dispostos regularmente. Mostra-se com coloração parda devido à alteração dos óxidos de ferro. Na matriz, encontram-se cristais pequenos isolados e agrupados. É comum a alteração em zeólitos e calcita. Ocorre nos fonolitos, tinguaítos, grazinitos, nefelinitos e no kali gauteíto (**Figura 4.3**).



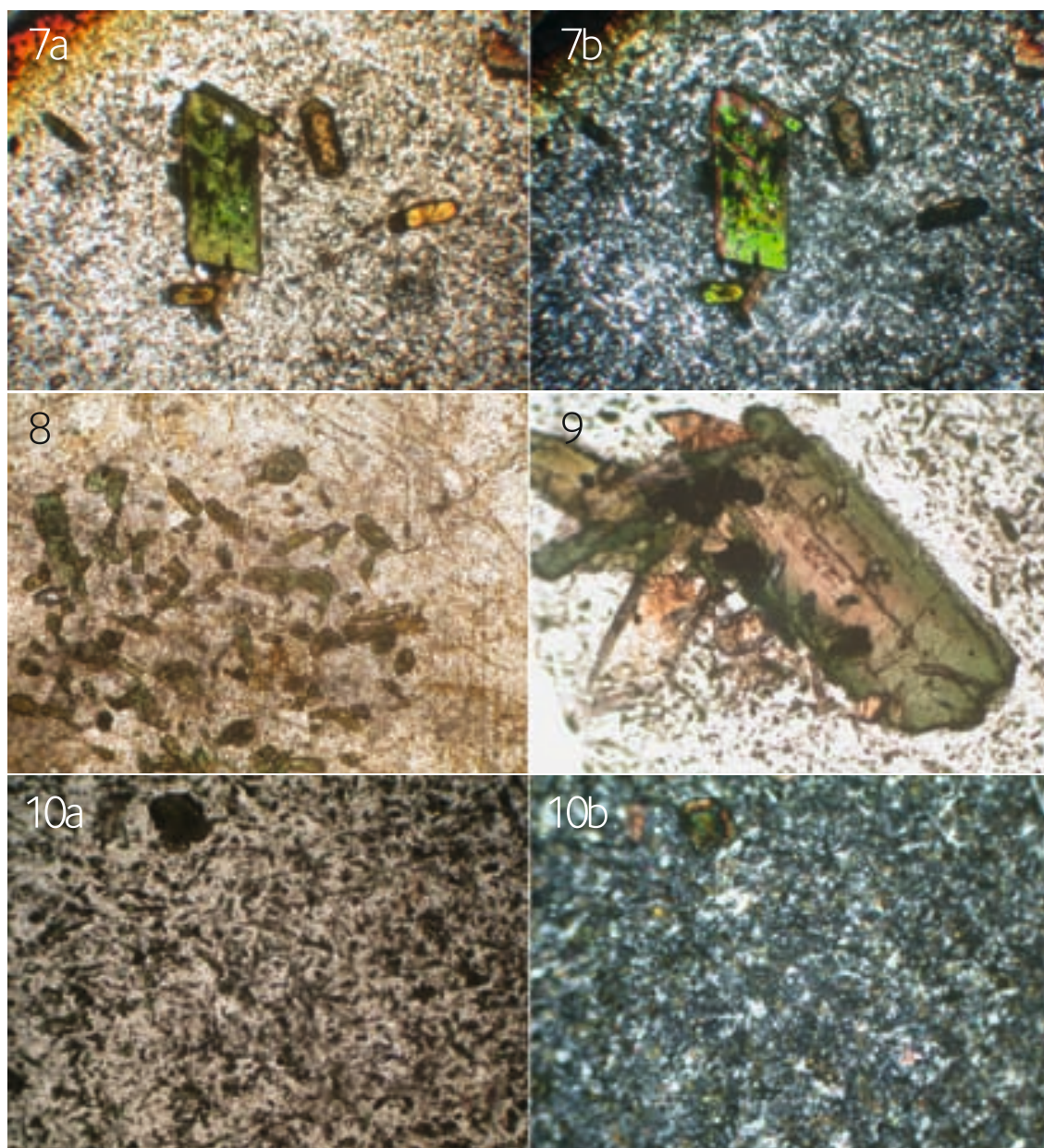
Figuras 4.1 a 4.3. 1a) fenocristal de sanidina no tinguaíto. Espalha-se na matriz de coloração acastanhada contendo aegirinaaugita e aegirina. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 1b) idêntica à anterior em luz polarizada evidenciando a macla de Carlsbad na sanidina; 2a) fenocristal de nefelina no fonolito, cristal límpido, com algumas fraturas e inclusões de pequenos cristais idiomórficos de piroxênio. Matriz clara contendo fenocristal de anfibólio. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 2b) idêntica à anterior em luz polarizada, textura holocristalina porfírica, com matriz de aegirina, feldspatos, nefelina e acessórios. LP. 3a) noseana, mineral do grupo da sodalita, como fenocristais no kali-gauteíto. Observam-se dois fenocristais idiomórficos de coloração castanho-escuro com os bordos mais escuros devido a inclusões de microcristais de goethita e matriz clara microlítica contendo piroxênio e zeólitos. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 3b) noseana alterada no kali-gauteito. Largura do campo 1,4 milímetros.

Piroxênios: são os minerais máficos mais comuns, a maioria de cor verde, apresentando pleocroísmo fraco e ocorrendo como fenocristais e pequenos cristais na matriz. Todas as rochas os contêm como minerais essenciais, pertencendo a uma série de clinopiroxênios que variam de titanoaugita, augita, aegirinaaugita até aegirina. A titanoaugita ocorre como fenocristais idiomórficos com pleocroísmo pouco acentuado em tons de amarelo pálido segundo x e um tanto violáceo segundo y. São de coloração verde claro, com o núcleo rosáceo e os bordos de verde mais intenso. Ocorrem zonados e com estrutura em ampulheta com inclusões de apatita, magnetita, biotita e outros minerais. São encontrados nos fonolitos e tinguaítos. A soda augita (nome dado por ALMEIDA 1961, seguindo TRÖGER 1952) se apresenta em fenocristais meno-

res idiomórficos raramente maclados, com pleocroísmo acentuado variando de verde garrafa segundo x e verde grama segundo y. São encontrados principalmente nos fonolitos, nos kali gautéitos e nefelinitos. A aegirinaaugita se apresenta de coloração verde intensa, com forte pleocroísmo de verde-oliva, segundo x, ao verde-escuro, segundo y. Os cristais ocorrem como pequenos prismas na matriz ou bordeando os fenocristais de titanoaugita. São comuns nos fonolitos. A aegirina ocorre em pequenos cristais e em prismas aciculares na matriz, dando o aspecto da textura tinguaitica. São comuns nos Tinguaitos (**Figuras 4.4 a 4.10**).

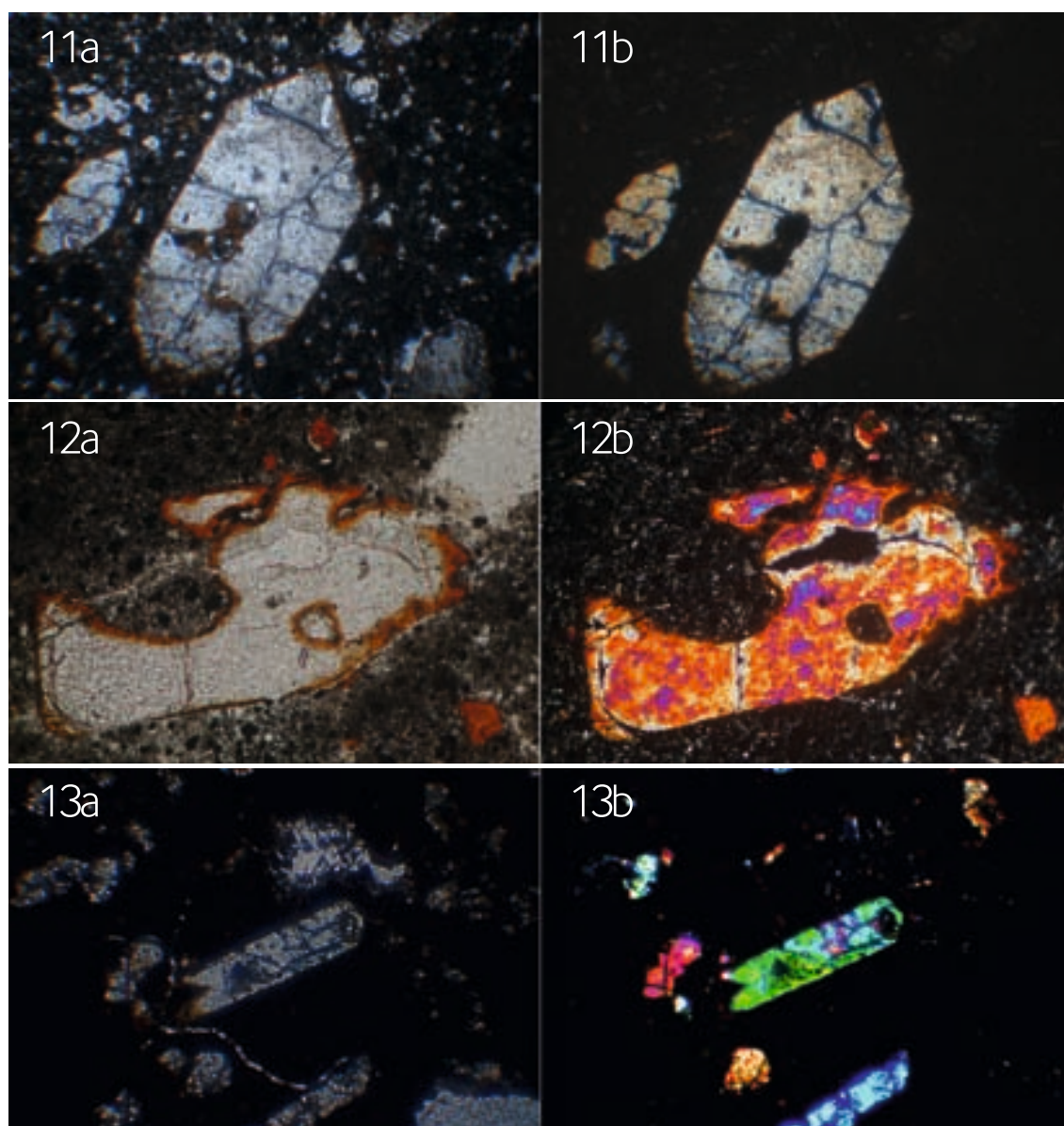


Figuras 4.4 a 4.6. 4a) fenocristal de piroxênio titanoaugita no fonolito, com inclusões de pequenos cristais e matriz clara. LN. Largura do campo 0,55 milímetros; 4b) idêntica à anterior em luz polarizada, observa-se a textura holocrystalina porfirítica, com fenocristais e micrólitos de feldspato sanidina, nefelina e piroxênio. LP; 5a) fenocristais idiomórficos de piroxênio titanoaugita no monchiquito, são dois fenocristais de coloração castanho-claro homogênea espalhados na matriz de coloração castanha escura com piroxênio, opacos e zeólitos. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 5b) idêntica à anterior em luz polarizada, observa-se a birrefringência dos fenocristais de coloração amarelo-alaranjado em uma matriz com textura panidiomórfica porfirítica, com fenocristais e micrólitos de titanoaugita, os zeólitos são isotrópicos (lado direito abaixo). LP. Largura do campo 1,4 milímetros; 6a) fenocristal idiomórfico de piroxênio titanoaugita, coloração verde com o centro lilás espalhado na matriz de coloração castanho-claro com pequenos cristais de piroxênio. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 6b) idêntica à anterior em luz polarizada, observa-se a birrefringência do fenocristal nos tons alaranjados com inclusões, em uma matriz holocrystalina composta de piroxênio, nefelina e acessórios. LP.



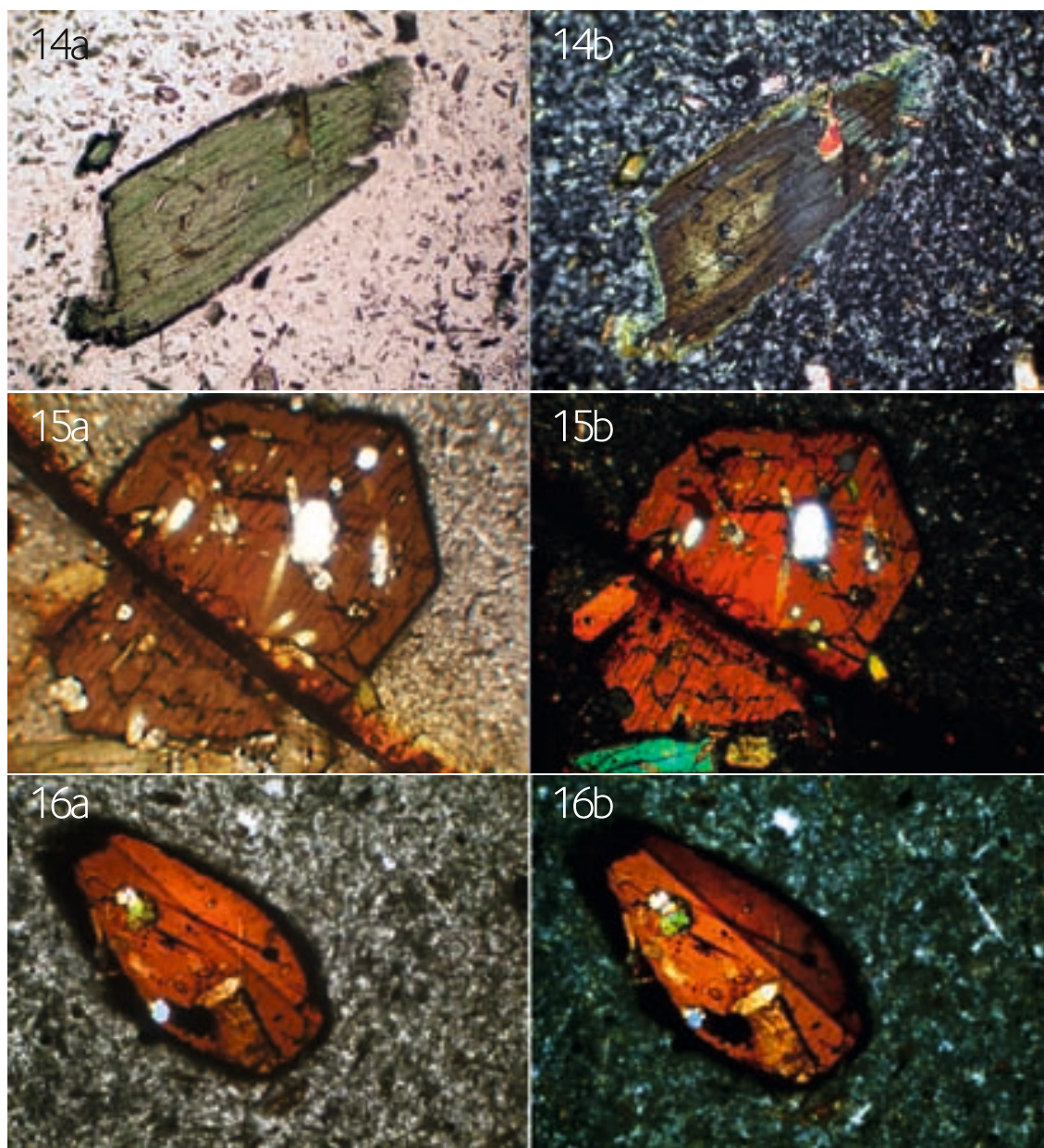
Figuras 4.7 a 4.10. 7a) fenocristais prismáticos de piroxênio soda augita, de coloração esverdeada no fonolito, em matriz clara com tons amarelados. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 7b) idêntica à anterior em luz polarizada, os fenocristais ocorrem birrefringentes em tons de verde. A matriz é constituída de minerais félsicos; 8) piroxênio aegirina-augita que ocorre como pequenos cristais inclusos poiquiliticamente em um fenocristal de nefelina, no nefelinito. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 9) fenocristal de piroxênio formado por aegirinaaugita de coloração verde nos bordos e titanoaugita no centro de coloração lilás claro, matriz clara holocristalina no fonolito. LN. Largura do campo 0,55 milímetros; 10a) piroxênio aegirina que ocorre na forma prismática e acicular disposta em arranjo característico da textura tinguaítica. No tinguaíto. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 10b) idêntica à anterior em luz polarizada, observa-se uma matriz holocristalina de minerais félsicos com os cristais de aegirina. LP.

Olivina: é magnesiana (da variedade crisólita, ALMEIDA 1961) e ocorre em pequenos cristais na matriz e como fenocristais com faces prismáticas e terminações piramidadas. Os cristais se encontram corroídos e com os bordos impregnados de magnetita. São geralmente incolores, podendo ser esverdeados nos cristais menores. Por vezes, são totalmente substituídos por serpentina, iddingsita e carbonatos, dando origem a pseudomorfos (**Figuras 4.11 a 4.13**). Ocorre como mineral essencial nos tannbuschitos, nefelinitos, basanitos e ankaratritos.



Figuras 4.11 a 4.13. 11a) fenocristais idiomórficos de olivina crisolita, com faces prismáticas e terminações piramidais, incolor muito fraturada, espalha-se na matriz castanho-escuro com fenocristais menores e pequenos cristais arredondados brancos (analcita) e opacos. No ankaratrito. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 11b) idêntica à anterior em luz polarizada, birrefringência baixa e matriz microlítica com piroxênio, nefelina e magnetita. LP; 12a) fenocristal xenopseudomorfo, de coloração branco-acinzentado com os bordos vermelhos, matriz escura com opacos. No monchiquito. LN. Largura do campo 0,55 milímetros; 12b) idêntica à anterior em luz polarizada, observa-se que a olivina foi completamente alterada, substituída por carbonato de birrefringência alta, originando um pseudomorfo. A matriz é isotrópica contendo piroxênios, opacos e analcita. LP; 13a) fenocristais idiomórficos de olivina incolores com inclusão de material de alteração espalhados na matriz de coloração castanha escura. No nefelina basalto melanocrático (tannbuschito). LN. Largura do campo 3,8 milímetros; 13b) idêntica à anterior em luz polarizada, birrefringência dos fenocristais de coloração nos tons verdes e azuis, espalhados em uma matriz isotrópica, observa-se um cristal de nefelina em seção perpendicular ao eixo c (lado direito abaixo). LP.

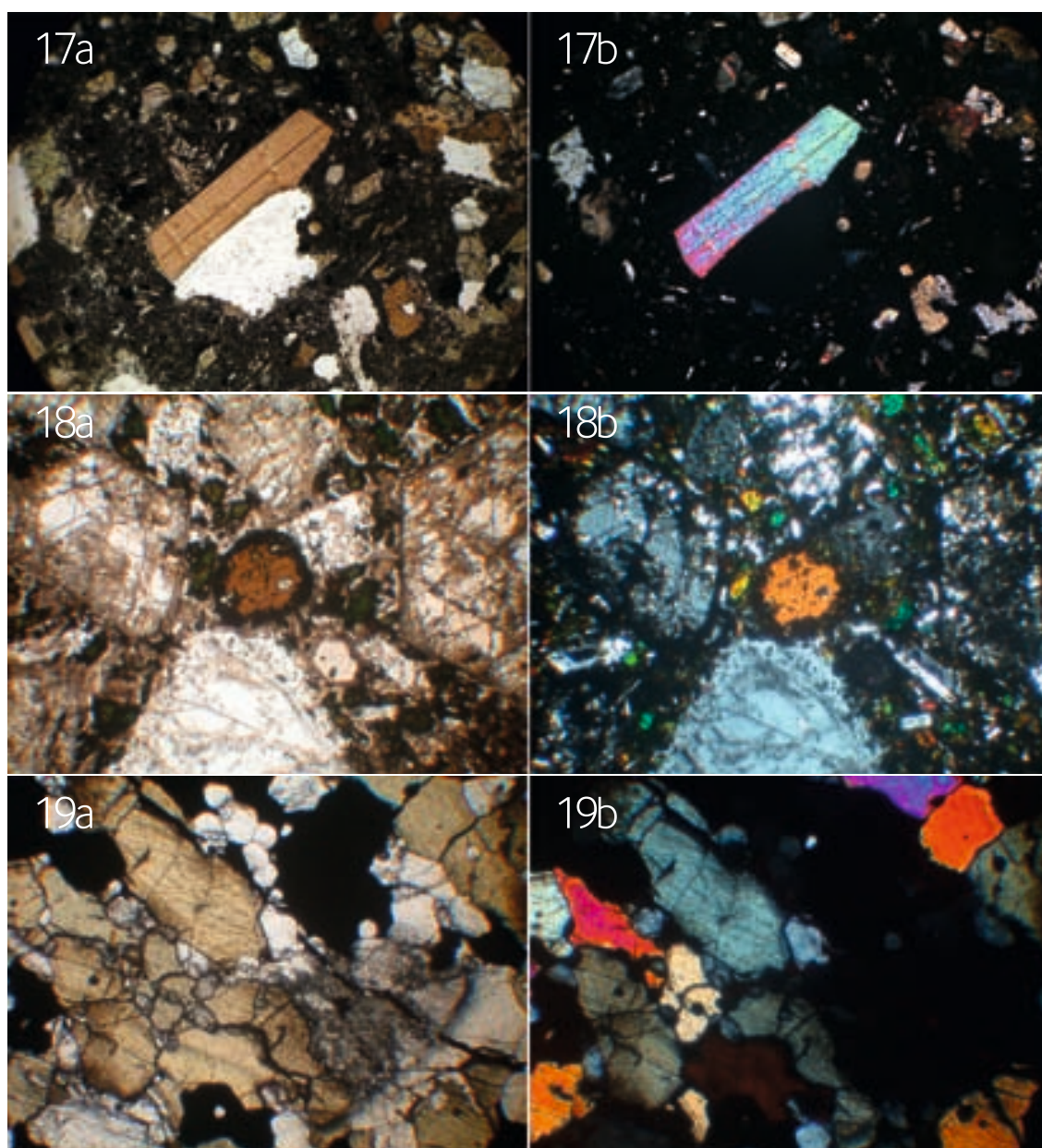
Anfibólios: os anfibólios constituem uma série de oxi-hornblenda titanífera e aluminosas e fortemente alcalina do grupo da kersutita-sintagmatita. Mostram-se quase sempre em fenocristais idiomórficos, em prismas longos e curtos, com clivagem perfeita, por vezes maclados. Apresenta pleocroísmo variado. Quando é fortemente pleocróico nos tons amarelo pálido segundo x e castanho escuro a avermelhado segundo y, constitui o anfibólio da série da sintagmatita. Aqueles com um pleocroísmo mais fraco constituem a titano hornblenda menos titanífera. Os anfibólios muito titaníferos estão sempre presentes nos kali gauteítos e nefelinitos e os que constituem a titano hornblenda menos titanífera nos fonolitos e nos monchiquitos (**Figura 4.14 a 4.16**).



Figuras 4.14 a 4.16. 14a) fenocristais de anfibólio titano-hornblenda, esverdeada. Matriz de coloração clara. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 14b) idêntica à anterior em luz polarizada, fenocristais de titano-anfibólio zonados com cores de birrefringência anômala de coloração castanha com os bordos mais claros. Matriz com textura holocristalina. No fonolito. LP; 15a) fenocristal de anfibólio poiquilitico, fortemente pleocróico nas cores avermelhadas. A matriz é castanha. No kali-gauteito. LN. 1,4 milímetros; 15b) idêntica à anterior em luz polarizada, alta birrefringência nas cores avermelhadas. LP; 16a) fenocristal de anfibólio, coloração avermelhada, com inclusões de apatita, opacos. Matriz acastanhada. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 16b) idêntica à anterior em luz polarizada, fenocristal de anfibólio ocorre maclado com alta birrefringência e cores de interferência nos tons avermelhados vivos. As esferas de analcita são isotrópicas. Todos estão esparsos na matriz holocristalina. No kali-gauteito. LP.

Mica Biotita: ocorre geralmente acastanhada, fortemente pleocróica em lamelas por vezes muito alteradas. Ocorre em quantidade apreciável nos monchiquitos e em pequena quantidade nos nefelinitos, tannbuschitos, fonolitos, grazinitos e basanitos (**Figuras 4.17 a 4.18**).

Apatita: mineral acessório, porém nos perquinitos atinge um elevado percentual, ocorrendo ora em cristais incolores desenvolvidos entre os minerais essenciais, ora como prismas milimétricos inclusos neles (**Figura 4.19**).



Figuras 4.17 a 4.19. 17a) fenocristal de titano-biotita, coloração castanha avermelhada, com inclusões de apatita e opacos, numa matriz castanha escura. No grazinito. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 17b) idêntica à anterior em luz polarizada, fenocristal de biotita com alta birrefringência. Matriz microlítica com material isotrópico, com piroxênio, nefelina, zeólitos e opacos. No grazinito. LP; 18a) fenocristal de biotita, coloração castanha, entre os fenocristais de nefelina; matriz com piroxênio, sanidina, nefelina, analcita. No Fonolito pórfiro. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 18b) idêntica à anterior em luz polarizada, fenocristal de biotita com alta birrefringência. Fenocristais de nefelina com alto grau de zeolitização, em matriz de nefelina, sanidina e analcita. No fonolito pórfiro. LP; 19a) apatita em cristais de coloração branca esparsos entre os grãos de piroxênio de coloração branco-castanho, em uma textura xenomórfica granular. No Piroxênio Perquinito. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 19b) idêntica à anterior em luz polarizada, apatita variando de clara a escura, com uma birrefringência fraca. Piroxênio com alta birrefringência ocorre nas cores magenta e cinza azulada. No piroxênio perquinito. LP.

Titanita: ocorre em quase todos os tipos de rochas e aparece ou em grânulos enfileirados ou inclusos em minerais, às vezes, em cristais maiores com a forma característica de coloração acastanhada (**Figura 4.20**).

Perovskita (CaTiO_3): ocorre em pequenos cristais e esporadicamente em fenocristal de coloração avermelhada com alta refringência. Em luz polarizada, ocorre com baixa birrefringência.

Opacos: ocorrem em grãos inclusos principalmente na matriz, idiomórficos (magnetita), espalhados pela lâmina. Ocorrem nas rochas básicas como basanitos, nefelinitos, tannbuschitos, ankaratritos e monchiquitos (**Figura 4.19**).

Zeólitos: ocorrem a analcita e a natrolita. A analcita, apesar de apresentar estrutura similar à dos feldspatóides, é considerada um zeólito, ocorrendo em cristais bem formados (icositetraédros) e em agregados radiados, isotrópicos ou com uma leve birrefringência. São de origem primária e secundária, os últimos preenchendo vesículas, substituindo nefelina e sanidina ou preenchendo fraturas e amídalas. A natrolita é secundária e também ocorre substituindo os minerais e preenchendo amídalas (**Figura 4.21**). Ocorrem nos fonolitos, analcita basanitos, grazinitos, nefelinitos e ankaratritos perovskita (**Figura 4.22**).

Petrografia

As características petroquímicas das rochas da Ilha da Trindade apontam para a ocorrência de tipos particulares de rochas ricas em feldspatóides (rochas alcalinas), conhecidas por suas peculiaridades, por vezes, de difícil diagnóstico. Almeida (1961) descreve de maneira notável estas dificuldades, principalmente no que diz respeito a determinados minerais como, por exemplo, os do grupo da sodalita conforme classificação de Johannsen (1939). Não foram identificadas, na coleção, rochas granulares plutônicas, a não ser perquinitos que ocorrem como xenólitos (ALMEIDA, 1961). Das rochas eruptivas, encontram-se os fonolitos, noseana fonolitos, tinguaitos, grazinitos (fonolito mesocrático), nefelinitos, kali gauteítos, ankaratritos, tannbuschito, tufo vulcânico, conglomerado vulcânico e conglomerados vulcânicos sedimentares epiclásticos.

Fonolitos: são distinguidos por características texturais e estruturais, além das variações no percentual relativo dos minerais essenciais. Os principais tipos são: fonolito *strictu sensu*, incluindo a variedade porfírica, noseana fonolito e tinguaito.

Fonolito *strictu sensu*: são as rochas mais comuns da região, de coloração esverdeada dada pelo piroxênio. A textura varia de afanítica a porfírica, com um número variável de fenocristais, sempre contidos na matriz. Apresenta fenocristais de nefelina, feldspato potássico, noseana, piroxênio e anfibólio, estes últimos sempre associados à titanita, à magnetita e à apatita. A presença de biotita é limitada, bem como a de plagioclásio. Os fenocristais de feldspatos, sendo o mais comum a sanidina, são geralmente idiomórficos e podem apresentar fraturas. Ocorrem também na matriz holocristalina. A nefelina, geralmente idiomórfica, é sempre abundante e constitui os maiores fenocristais. Na matriz, pode destacar-se por sua forma retangular ou hexagonal. A noseana, mineral do grupo da sodalita, forma fenocristais de diferentes tamanhos. Geralmente, ocorrem repletos de inclusões negras, dispostas irregularmente, zeolitizados ou transformados em carbonatos. Os piroxênios ocorrem geralmente como fenocristais idiomórficos, sendo comum duas variedades cromáticas pleocróicas, pardacenta e verde de aegirinaaugítica. O anfibólio ocorre geralmente como fenocristais de coloração castanha e violácea do tipo da kaersutita sintagmatita e da titano hornblenda, respectivamente. Como acessórios sempre presentes, nota-se a titanita em fenocristais pequenos idiomórficos, magnetita granular e idiomórfica bem como cristais de apatita (**Figuras 4.2, 4.4, 4.6, 4.7, 4.9, 4.14, 4.20 e 4.22**).

Fonolito porfirítico: macroscopicamente, apresenta-se maciça com granulação fina, coloração cinza-esverdeada com muitos fenocristais de alcalifeldspatos e nefelina. Ao microscópio, observa-se uma textura holocristalina, muito porfirítica, com arranjo traquítico dos microlitos da matriz. Os fenocristais maiores são de alcalifeldspato, nefelina, augita, hornblenda e biotita. Os feldspatos alcalinos são de sanidina e alguma criptopertita; os fenocristais são geralmente tabulares e equigranulares, alguns idiomórficos e maclados, segundo as leis de Carlsbad, poucos zonados. Os microlitos da matriz são da mesma variedade que os dos fenocristais. A nefelina ocorre como fenocristal em cristais idiomórficos com contorno hexagonal e retangular. Na matriz, ocorrem em prismas pequenos, sendo alguns xenomórficos, outros com seções hexagonais e retangulares. Muitos se encontram zeolitizados. Foram observados alguns pseudomorfos idiomórficos com contorno hexagonal oriundos da alteração da nefelina. A noseana ocorre em fenocristais dodecaédricos com seções hexagonais com inclusões de opacos e alterados em zeólitos. O clinopiroxênio ocorre em fenocristais idiomórficos e em prismas curtos achatados. A soda augita é fortemente pleocróica nos tons que variam de verde garrafa segundo x e verde amarelado segundo y. A titanoaugita ocorre com os bordos esverdeados e o núcleo em tons de lilás, sem pleocroísmo no núcleo. Os microlitos da matriz são de aegirina augita. O anfíbólio é a titano hornblenda de cor castanha, acentuadamente pleocróica nas cores castanho-amarelado-pálido segundo x e castanho-esverdeado segundo y. A biotita ocorre em tabletes como fenocristais, ou compondo a matriz. O pleocroísmo passa de amarelado segundo x a castanho-avermelhado segundo y, estando sempre associada à magnetita. A apatita, a titanita e a magnetita ocorrem como minerais acessórios, sendo que a titanita, por vezes, ocorre como fenocristal. Dentre os minerais secundários, notam-se os óxidos de ferro, calcita e zeólitos. A matriz tem os mesmos componentes e pequenas amídalas mostram-se preenchidas por zeólitos (**Figuras 4.18 e 4.23**).

Noseana-fonolito: A noseana, apesar de se encontrar em quase todas as rochas analisadas, em algumas é tão abundante que se torna o mineral essencial qualificativo da rocha. A rocha é maciça de estrutura microporfirítica e coloração verde. Ao microscópio, caracteriza-se pela presença de quantidade considerável de fenocristais de noseana que se apresentam isolados ou agrupados. Em muito pequena quantidade, encontram-se fenocristais de sanidina, augita, nefelina e titanita, que se incluem numa matriz microfirica. Os minerais secundários são representados pela calcita, zeólitos, hematita e goethita. A noseana encontra-se ora em fenocristais, ora em cristais agrupados. Os fenocristais são idiomórficos dodecaédricos com inclusões de magnetita, dispostos segundo planos. Quando oxidada, imprime cor amarelo-acastanhada ao mineral. A matriz contém sanidina, noseana, titanita e apatita. Alteração comum em zeólitos e calcita (**Figura 4.27**).

Tinguaíto: O nome tinguaíto foi dado por Rosenbusch (1887) a rochas de dique que ocorrem cortando foiaitos na região do Tinguaí, Rio Janeiro. A rocha é de cor verde, caracterizada pela combinação de abundantes fenocristais de feldspato e nefelina, incluídos numa matriz afanítica, rica em feldspato, nefelina e aegirinaaugita. Ao microscópio, observa-se uma textura holocristalina, porfirítica, com arranjo tinguaítico, ou seja, piroxênio aegirina acicular e em prismas verdes, em posição subparalela, com fenocristais de sanidina, nefelina, aegirinaaugita e dodecaedros de noseana, em uma matriz contendo estes minerais além de nefelina, magnetita, apatita e titanita. Os minerais essenciais são o feldspato alcalino sanidina, nefelina e piroxênio que ocorrem como fenocristais. Os minerais acessórios são noseana, titanita, magnetita e apa-

tita esparsos em uma matriz de granulação fina, junto com os minerais essenciais. A sanidina apresenta alguns cristais maclados segundo Carlsbad, ocorrendo em fenocristais e também como pequenos cristais maclados ou em ripas na matriz. A nefelina ocorre em fenocristais idiomórficos, alguns límpidos, outros com zeolitização incipiente, sendo prismáticos de forma retangular ou quadrada, poucos em seções hexagonais, também ocorrendo em pequenos cristais esparsos pela matriz. Os piroxênios ocorrem em fenocristais prismáticos de aegirinaaugita e em microlitos de aegirina de forma acicular na matriz cuja textura caracteriza os tinguaitos. Os acessórios principais são a noseana, titanita e magnetita. A noseana se apresenta como fenocristais de forma dodecaédrica com seus contornos nítidos, alguns alterados em natrolita com inúmeros opacos inclusos e hidróxido de ferro deixando o mineral de cor amarela clara ou escura. Quando inalterado, é isotrópico. A titanita ocorre nas cores acastanhadas de forma idiomórfica. A magnetita está dispersa na matriz e inclusa na noseana. Os minerais secundários são óxidos e hidróxidos de ferro e zeólitos (**Figuras 4.1 e 4.10**).

Kali gauteíto: São rochas de coloração variando de cinza claro a cinza esverdeado com crostas de intemperismo acastanhadas e muitas vesículas preenchidas. Ao microscópio, são porfíricas, com número variável de fenocristais de soda augita, anfibólio, noseana e, mais raramente, biotita e titanita. A matriz é constituída de ripas de sanidina com aegirinaaugita, magnetita e apatita. Os fenocristais de sanidina são prismas alongados geminados segundo as leis de Carlsbad; os de piroxênio titanioaugita são idiomórficos, em prismas longos, às vezes, zonados ou com estrutura em ampulheta, fracamente pleocróicos. A soda augita ocorre como cristais prismáticos de cor verde com bordos lilás; os de anfibólio são do tipo oxi hornblenda titanífera (sintagmatita). Dos acessórios, chama atenção a abundância de titanita, sempre idiomórfica e, às vezes, em fenocristais menores. Como produtos secundários, ocorrem zeólitos como analcita e natrolita preenchendo amídalas e calcita (**Figuras 4.3, 4.15 e 4.16**).

Fonolito mesocrático (grazinito): o grazinito é um tipo de fonolito mesocrático, transicional entre os fonolitos e os nefelinitos. Ocorre como rocha afanítica porfírica de coloração cinza. Ao microscópio, apresenta textura holocristalina porfírica, com fenocristais de piroxênio, anfibólio, biotita, nefelina, noseana, sanidina e analcita. Os minerais acessórios são a magnetita e a titanita. A matriz é microcristalina com os mesmos cristais dos fenocristais. O piroxênio é o máfico mais abundante, apresenta-se de cor verde e amarela pardacenta e ocorre em fenocristais idiomórficos. A soda augita é pleocróica, variando a coloração verde grama segundo x e amarelo esverdeado segundo y. O anfibólio ocorre em fenocristais idiomórficos. É uma variedade da hornblenda de intensa coloração castanha pleocróica com coloração castanho-amarelado-pálido segundo x e castanho-escuro segundo y. Foi classificada como oxi hornblenda da série kaersutita-sintagmatita. A biotita é castanha com forte pleocroísmo, e a titanita ocorre em pequenos fenocristais com a forma característica de coloração castanho-claro. A apatita ocorre em cristais pequenos inclusos nos demais minerais. Cristais idiomórficos de noseana inteiramente alterado escuro, devido à pigmentação secundária de óxido de ferro. Entre os diminutos componentes da matriz, ocorrem trapezoédros de analcita (**Figura 4.17**).

Nefelinitos: os nefelinitos são rochas afaníticas, mesocráticas de coloração cinza com amídalas pequenas. Ao microscópio, nota-se textura holocristalina porfírica, com fenocristais de nefelina, augita e anfibólio que são os minerais essenciais. Os acessórios são noseana, opacos, titani-

ta e apatita. A matriz contém principalmente augita, nefelina e magnetita. O piroxênio varia de augita castanha a verde, passando a titanoaugita. Os cristais ocorrem como fenocristais prismáticos e idiomórficos e na matriz. O anfibólio é hornblenda castanha com pleocroísmo acentuado mais comum na matriz. Os fenocristais de nefelina ocorrem como prismas idiomórficos por vezes alterados com inclusões poiquilíticas. Os cristais de noseana ocorrem idiomórficos e alterados. A matriz é microlítica constituída de augita, magnetita e nefelina (**Figuras 4.8**).

Monchiquito: a rocha é cinza escura, com estrutura maciça um tanto porfirítica. Ao microscópio, apresenta uma textura panidiomórfica porfirítica, com numerosos fenocristais de titanoaugita, olivina, anfibólio e biotita, havendo uma gradação na granulometria, e todos se encontram esparsos na matriz isotrópica de cor amarelada, onde também se observam octaedros de titano-magnetita e alguma apatita. O piroxênio é representado pela titanoaugita de coloração que varia de castanho até violáceo, com pleocroísmo variando de castanho claro a castanho escuro. Os grãos são idiomórficos, alguns zonados com estrutura ondulante em ampulheta, feição típica da titanoaugita. A olivina é magnesiânica e ocorre como fenocristais por vezes, fortemente, substituído por carbonatos, originando pseudomorfs por vezes corroídos. O anfibólio é hornblenda de cor castanho-esverdeado muito pleocróica, ocorre em fenocristais ou isolados ou associados à augita. A matriz é isotrópica de cor pardo claro e se dispõe entre os minerais citados. Algumas vesículas e amídalas preenchidas são freqüentes (**Figuras 4.5, 4.6, 4.12, 4.21 e 4.25**).

Basanito e analcita basanito: os basanitos são rochas afaníticas porfiríticas de cor cinza. Ao microscópio, a textura é holocristalina porfirítica, por vezes amidalóide. Os fenocristais são de olivina, augita e nefelina, pequenos cristais de noseana, analcita em pequenos trapezoédros, pouco plagioclásio, por vezes de difícil identificação, anfibólio, biotita, titanita e opacos. A matriz é microlítica e nela se encontram piroxênio, analcita, magnetita, plagioclásio, biotita, apatita e titanita. O piroxênio titanoaugita ocorre em fenocristais idiomórficos por vezes maclada em ampulheta e é o principal máfico. A olivina é o segundo máfico mais abundante, sendo geralmente idiomórfica. A nefelina e a noseana ocorrem em pequenos fenocristais. A biotita e o anfibólio apresentam alguns cristais corroídos. A matriz é constituída de aegirina acicular e os demais minerais com granulação fina, raros grãos de plagioclásio ocorrem na matriz.

Tufos: o tufo se apresenta de coloração predominantemente amarelada a acinzentada, tendo o aspecto de rocha vulcânica. Mais raramente ocorre com fenocristais de feldspato bem visíveis, lembrando bastante, em aspecto, ora grauvas, ora eruptivas básicas. Ao microscópio, observa-se uma textura constituída de grãos detríticos ou clastos de fragmentos de rochas holo e hipovítreas, muitas amídalas preenchidas, fenocristais de olivina e piroxênio, além de microlitos de rochas alcalinas. Os grânulos de magnetita espalham-se pela rocha. O grau de devitrificação é acentuado e se manifesta pela presença de esferulitos de natureza concêntrica e fibro-radiada, que se assemelham às amídalas de zeólitos e às drusas de sílica, ambas criptocristalinas e cristalinas. Os fragmentos que constituem o tufo são: a) cristais geralmente fenocristais e microlitos constando de sanidina, olivina, piroxênio, anfibólio e biotita esparsos pela matriz. Os cristais maiores são idiomórficos; b) fragmentos de rochas constituem os grãos detríticos ou clásticos, geralmente angulosos, raramente arredondados e mal classificados, com fragmentos de variadas dimensões. Ocorrem fonolito porfirítico, fragmentos de rocha preta inteiramente afanítica.

Fragmentos de rocha com cristais idiomórficos de analcita com forma de trapezoédros parecendo pequenos glóbulos numa matriz hipocristalina. Ocorre um tufo lítico semelhante ao acima citado, porém constitui uma rocha vulcano sedimentar epiclástica em que se encontram fragmentos orgânicos bioclásticos consolidados, ou seja, coquina com fragmentos de estrutura calcária (algas corallíneas?), e os interstícios são preenchidos por calcita. Colônias de briozoários, valvas de lameibrânquios e carapaças de crustáceos bem preservados (**Figura 4.26**).

Ankaratritos: nome dado por Lacroix para as rochas melanocráticas nefelina basalto com biotita encontrada nas lavas. É semelhante aos tannbuschitos, diferenciando-se por conter biotita. São rochas melanocráticas de coloração cinza escuro, de estrutura homogênea, com fenocristais milimétricos de olivina verde claro visíveis a olho nu em matriz afanítica. Ao microscópio, caracterizam-se pela textura porfírica, ocorrendo somente olivina como fenocristais em uma matriz microlítica contendo piroxênio titanoaugita, grânulos de magnetita. A biotita e a nefelina ocorrem poiquilíticas com inclusões de apatita. Olivina ocorre em cristais hipidiomórficos parcial ou totalmente pseudomorfoseados em minerais secundários. Piroxênio maioria titanoaugita se encontra em percentual elevado na matriz. Biotita possivelmente titanífera em fenocristais, em luz natural apresenta um pleocroísmo característico nos tons castanho avermelhados devido ao teor de Ti, inclusos poiquiliticamente ocorrem apatita, nefelina, magnetita e ilmenita. Nefelina ocorre como material intersticial, em luz natural é límpida com poucos grãos alterados. Os opacos ocorrem espalhados por toda a lâmina. Apatita ocorre em cristais idiomórficos, inclusos na biotita (**Figura 4.11**).

Tannbuschitos: são também rochas nefelina basalto melanocráticas semelhantes aos ankaratritos, constituídas de augita, olivina, magnetita e nefelina, além de minerais acessórios como opacos e titanita e material deutérico. A augita ocorre em fenocristais curtos e prismáticos não pleocróicos com as bordas arroxeadas. A olivina ocorre em fenocristais curtos idiomórficos transparentes. A matriz está formada por uma trama de nefelina muito zeolitizada e piroxênio titanoaugita (**Figura 4.13**).

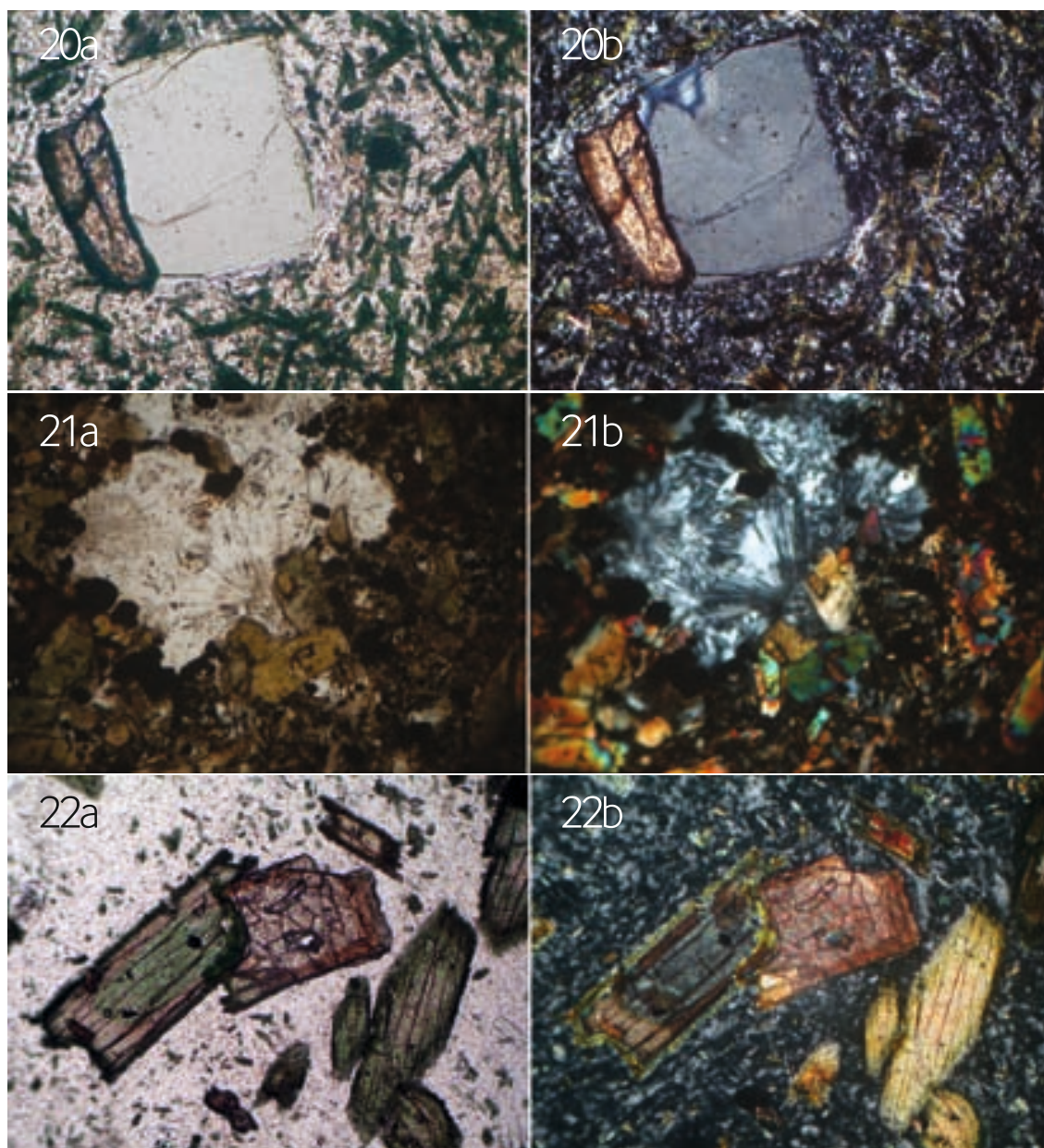
Perquinitos: o nome perquinito foi dado por Johannsen (1939) seguido por Almeida (1961), significando “escuro” em grego. Ocorre como xenólitos, que constituem rochas subvulcânicas arrastadas à superfície pelo magma. São granulares, tendo como minerais essenciais os minerais máficos. Foram determinados dois tipos de perquinitos, biotita hornblendito e biotita piroxenito.

Perquinitos (biotita hornblendito): são rochas melanocráticas de granulação grossa. Ao microscópio, observa-se uma textura xenomórfica granular. Os minerais essenciais são o anfibólio e piroxênio verde e biotita. Como acessórios em quantidade apreciável, ocorrem opacos, titanita e apatita. Anfibólio ocorre com pleocroísmo intenso de amarelo a castanho-escuro. Ocorre em grãos poiquilítico de até 20 milímetros de comprimento por 10 milímetros de largura, com inclusões de apatita, titanita e opacos. As seções normais ao alongamento mostram as duas clivagens típicas (110), finas e regulares. A biotita se apresenta em cristais bem desenvolvidos, de até 20 milímetros de comprimento, é fortemente pleocróica, passando da cor castanho-avermelhado para as direções de vibração y e z, para amarelo-dourado segundo x, indicando tratar-se da titano-biotita (DEER *et al.*, 1976). As lamelas apresentam inclusões poiquilíticas

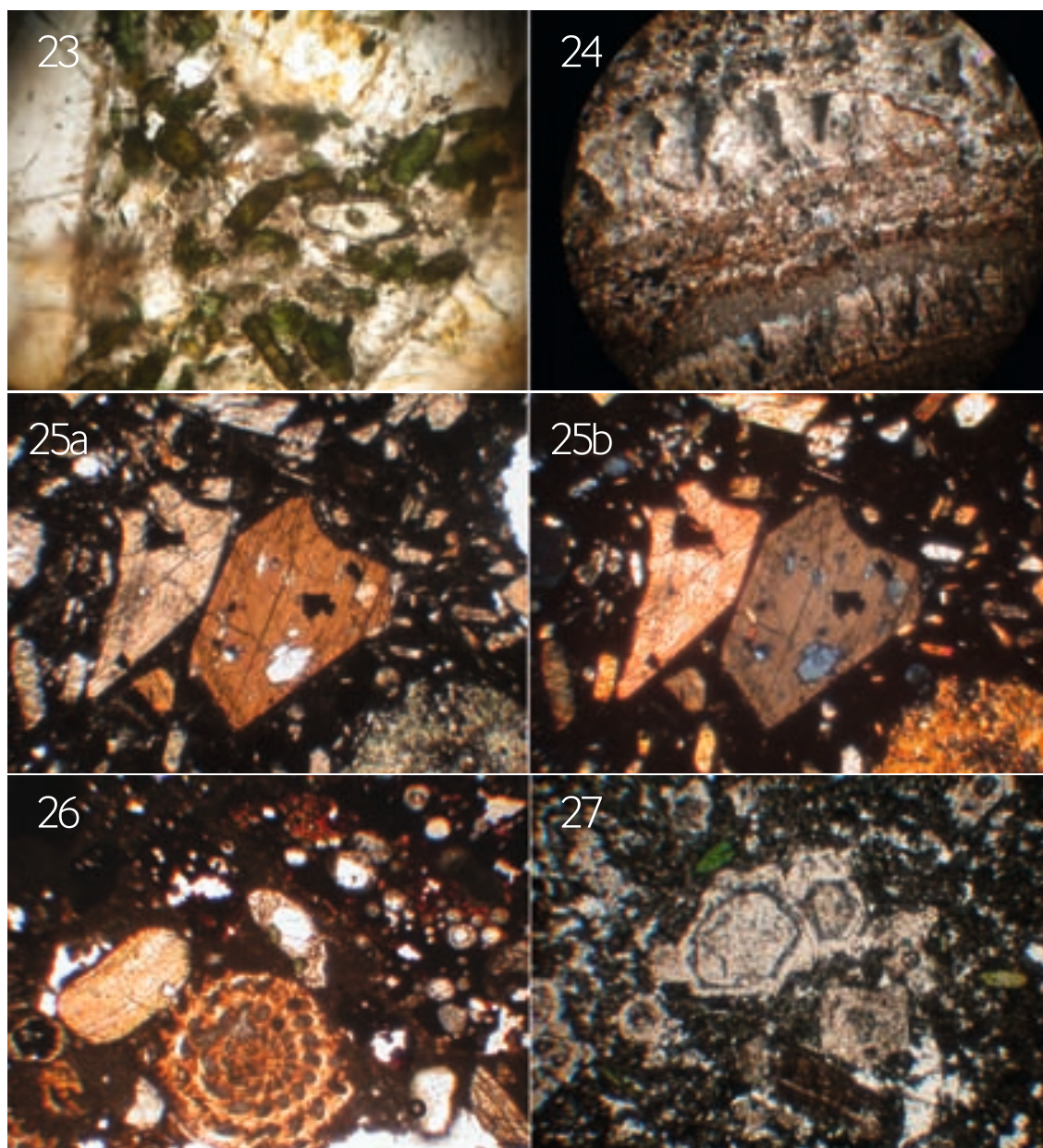
de minerais opacos, titanita e apatita. Óxidos e hidróxidos de ferro alinham-se ao longo das clivagens. O piroxênio titanoaugita encontra-se em porcentagem subordinada, de cor verde. Os cristais são geralmente inalterados, com inclusões de apatita, minerais opacos e titanita. A apatita ocorre em cristais incolores, entre os minerais essenciais ou neles inclusa e em grãos xenomórficos bem desenvolvidos. A titanita ocorre em grânulos enfileirados, inclusos e entre os demais minerais, principalmente anfibólio e augita. Localmente também forma pequenos veios. Os opacos ocorrem em grãos inclusos ao longo das clivagens da biotita. A quantidade da titanita é significativa.

Perquinitos (biotita piroxenito): microscopicamente, a textura é xenomórfica granular, tendo como minerais essenciais a titanoaugita com mais de 70% e a biotita que ocorre entre as fraturas. Os minerais acessórios são a titanita, apatita e opacos certamente magnetita titanífera. O piroxênio, a titanoaugita, apresenta-se de coloração que varia de castanho claro a um castanho mais escuro. Os grãos são idiomórficos, inalterados, com inclusões de acessórios como apatita, minerais opacos e titanita. A apatita ocorre ora em cristais incolores desenvolvidos entre os minerais essenciais e ora inclusa neles como prismas milimétricos. A titanita ocorre inclusa entre os minerais, principalmente augita. Os opacos ocorrem em grãos bem desenvolvidos e inclusos principalmente ao longo das clivagens da biotita e nos bordos do piroxênio (**Figura 4.19**).

Calcário marinho: constituído de carbonatos com inclusões carbonáceas com estruturas sedimentares de dissolução em laminação plano-paralela. Observam-se litoclastos, bioclastos, carapaças calcitizadas de foraminíferos e silicificadas de algas imersos em matriz micrítica (**Figura 4.24**).



Figuras 4.20-4.22. 20a) fenocristal de titanita, junto com a nefelina, coloração acastanhada, notam-se cristais de aegirina e aegirinaaugita em uma matriz félsica. No fonólito. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 20b) idêntica à anterior em luz polarizada, alta birrefringência da titanita na cor castanha, matriz holocrystalina com textura tinguáitica. LP; 21a) zeólitos, em cristais preenchendo amídalas. Na matriz, ocorrem cristais verdes de piroxênio e magnetita. No nefelinito. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 21b) idêntica à anterior em luz polarizada, cristais de zeólito natrolita. Matriz holocrystalina. No nefelinito. LP; 22a) fenocristal de perovsqita (CaTiO₃), com alta refringência de coloração castanho-avermelhado, no centro. Matriz de coloração clara com pequenos cristais de piroxênio. No kali gautéito. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 22b) idêntica à anterior em luz polarizada, observa-se a perovsqita (no centro) com baixa birrefringência em cores de interferência nos tons avermelhados. Os fenocristais estão espalhados em uma matriz com textura holocrystalina constituída de minerais félsicos com aspecto um tanto traquitóide. No fonólito. LP.



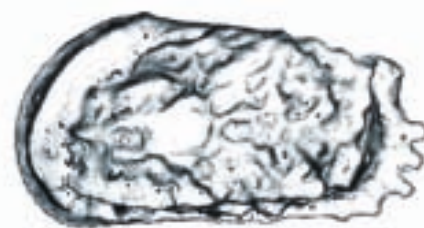
Figuras 4.23-4.27. 23) observam-se fenocristais de nefelina com alteração incipiente, pequenos cristais piroxênio no fonolito porfirítico. LP. Largura do campo 0,55 milímetros; 24) carbonatos em fragmento de calcário com laminação plana paralela com inclusões carbonáceas. LP. Largura do campo 0,55 milímetros; 25a) fenocristais idiomórficos de piroxênios e anfibólios em matriz holocristalina. No monchiquito. LN Largura do campo 1,4 milímetros; 25b) idêntica a anterior em luz polarizada. LP; 26) tufo lítico constituído por rocha vulcano sedimentar epiclástica onde se observam bioclastos e capraças consolidadas em uma matriz, micrítica. LN. Largura do campo 1,4 milímetros; 27) cristais de noseana no noseana fonolito. LN. Largura do campo 1,4 milímetros.

Referências bibliográficas

- Almeida, F.F.M. 1961. **Geologia e Petrologia da Ilha da Trindade**: Monografia XVIII, Div. Geol. Mineral. DNPM, Ministério das Minas e Energia. Rio de Janeiro. 197p.
- Castro, J.W.A & Antonello, L.L. 2006. **Geologia das ilhas oceânicas brasileiras**. In: Ilhas Oceânicas Brasileiras: da pesquisa ao Manejo. Eds: Alves, R.J.V. e Castro, J.W.A. Ministério do Meio Ambiente. Brasília.
- Deer, W.A; Howie, R.A & Zussman, J. 1976. **An introduction to the Rock Forming Minerals**. 9a. ed., Longman, London. 528p.
- Johannsen, A. 1938. **A descriptive petrography of igneous rocks**. Chicago Press. Chicago. 523p.

Capítulo 5

**Ostracodes (Crustacea;
Podocopida) da Ilha da
Trindade e do Atol das
Rocas, Brasil**



*João Carlos Coimbra
Virgínia Graziela Ghilardi
Giselle Moreira Casetta
Cristianini Trescastro Bergue*

Resumo

Os primeiros estudos de ostracodes de ilhas oceânicas remontam ao século XIX, contudo, apenas a partir da década de 1970 ocorreu o incremento das pesquisas sobre o tema. O presente capítulo apresenta um estudo preliminar das faunas de ostracodes marinhos da Ilha da Trindade e do Atol das Rocas, constituindo-se no primeiro trabalho sobre ostracodes insulares publicado no Brasil. As faunas das localidades referidas são comparadas entre si e com as da plataforma continental brasileira. A partir da análise faunística, são discutidas possíveis rotas de migração que expliquem a similaridade taxonômica entre estas regiões.

Abstract

Ostracodes (Crustacea) from Ilha da Trindade and Atol das Rocas, Brazil

Although the first studies on marine island ostracodes assemblages date from the XIX century, this subject became more studied from the 1970 decade. This chapter presents a preliminary study on marine ostracode faunas from Ilha da Trindade (Trindade Island) and Atol das Rocas (Rocas Atoll), and constitutes the first study on that subject in Brazil. The faunas recorded are compared both each other and to the Brazilian continental shelf ostracode assemblages. These data are used to discuss the possible migration routes that resulted in the present faunal composition of those oceanic regions.

Introdução

Ostracodes são microcrustáceos cujo corpo fica totalmente envolvido por uma carapaça calcária constituída por duas valvas, que podem apresentar conspícuas diferenças de contorno e ornamentação. O corpo mole de um ostracode é compacto e lateralmente comprimido. Uma tênue constrição separa a região cefálica da torácica. O número de apêndices varia de cinco a sete pares, todos articulados e com funções bem distintas. No extremo posterior do corpo, ocorre um par de *furcae*, considerado por muitos autores como homólogo ao télson presente em outros crustáceos e, portanto, as *furcae* não seriam apêndices verdadeiros. Entretanto, a maioria dos ostracodes apresenta o par de *furcae* em posição ventral ao ânus, sendo considerado como homólogo aos urópodos, que possuem a mesma origem embrionária dos demais apêndices. Seu tamanho médio é de 1 milímetro de comprimento, mas não raro o adulto é bem menor, como ocorre na maioria das espécies da família Cytheruridae, uma das mais ricas em espécies marinhas de águas rasas e profundas. A maior espécie já descrita viveu na era Paleozóica e media cerca de 80 milímetros. Algumas espécies planctônicas viventes alcançam até 25 milímetros de comprimento, como *Gigantocypris agassizii* G.W. Müller, 1895.

Os ostracodes são encontrados na maioria dos ambientes de água doce, mixohalinos e marinhos, geralmente fazendo parte dos bentos, embora existam algumas espécies pelágicas. Em tempos geológicos recentes, também invadiram o ambiente terrestre e podem ser encontrados no solo úmido de florestas tropicais e até vivendo na água empoçada entre as folhas de bromeliáceas epífitas (PINTO & PURPER, 1970; PINTO *et al.*, 2005). No Brasil, são estudados principalmente ao longo da plataforma continental, sendo poucos os trabalhos sobre associações dulceaquícolas e do húmus da floresta tropical.

Os registros mais antigos de ostracodes datam do Ordoviciano, há quase 500 milhões de anos, embora esteja em discussão uma origem ainda mais antiga, no Cambriano (COIMBRA & BERGUE, 2004). Esses microcrustáceos dispõem da melhor documentação paleontológica do Reino Animal. No Brasil, fósseis de ostracodes têm sido estudados em diversas bacias sedimentares, como as do Araripe (Ceará), Recôncavo (Bahia), Pernambuco/Paraíba, Potiguar (Rio Grande do Norte), Parnaíba (Pará), Amazonas, Santos (Rio de Janeiro e São Paulo) e Pelotas (Rio Grande do Sul e Santa Catarina). O enfoque desses estudos tem sido muito variado, passando pela taxonomia, bioestratigrafia, paleoecologia e aplicações à paleoceanografia (COIMBRA & BERGUE, 2004).

A pesquisa sobre ostracodes marinhos em ilhas oceânicas iniciou no final do século XIX, destacando-se o trabalho de G.W. MULLER (1895), que descreveu algumas espécies para as ilhas Galápagos. Entretanto, somente a partir do início da década de 1970, surgiram estudos mais detalhados, como o de Allison & Holden (1971), na ilha Clipperton. Ainda assim, é notável a ausência de pesquisas sobre o tema, não obstante os recentes esforços realizados principalmente por Robin C. Whatley (WHATLEY & TITTERTON, 1981; WHATLEY & KEELER, 1989; WHATLEY & JONES, 1999; WHATLEY, 2000; WHATLEY *et al.*, 2000) e Richard V. Dingle (DINGLE, 2002, 2003).

O presente capítulo é a primeira contribuição formal ao conhecimento dos ostracodes de ilhas oceânicas brasileiras. Foram analisadas 20 amostras de sedimentos de fundo, coletadas manualmente com o auxílio de pessoal da Marinha do Brasil, sendo 11 ao redor da Ilha da Trindade e nove divididas em três perfis localizados na região externa ao Atol das Rocas (**Tabelas 5.1 e 5.2**). O **Anexo 5.1** mostra uma lista sistemática de *taxa* registrados neste estudo. Muitas espécies estão presentes nas duas ilhas, tendo sido registradas 21 para a Ilha da Trindade e 25 para o Atol das Rocas. A origem das duas ostracofaunas e a distribuição geográfica de muitas das suas espécies também são discutidas neste capítulo. A maioria das espécies identificadas está ilustrada nas **Figuras 5.1 e 5.2**.

Material & métodos

Ilha da Trindade

O material estudado provém de 11 amostras de sedimentos de fundo, uma delas coletada na década de 1990 pelo Professor Itamar I. Leipnitz, em profundidade aproximada de 20 metros. As demais foram coletadas por Virgínia G. Ghilardi, Cláudia Pinto Machado e Núscia G. Drozinski, auxiliadas por mergulhadores da Marinha do Brasil, em fevereiro de 2002, em profundidades que variam de 1 a 15 metros (**Tabela 5.1**). O material coletado foi preparado pelos métodos tradicionais para o estudo de ostracodes bentônicos, nas dependências do Laboratório de Microfósseis Calcários, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em Porto Alegre. As amostras foram tombadas e numeradas de M0200 a M0210, sendo que quatro delas, M0203, M0204, M0209 e M0210, apresentaram-se estéreis para Ostracoda.

Após pesagem, cada amostra passou por lavagem e separação granulométrica em peneiras de 60, 80 e 250 *mesh* (correspondente a 0,25 mm, 0,177 mm e 0,063 mm de malha, respectivamente), sendo posteriormente secas em estufa a 70°C. A triagem manual das carapaças e valvas foi realizada com o auxílio de lupa binocular, sendo os espécimes acondicionados em

lâminas de células múltiplas do tipo *plummer*. Alguns espécimes foram selecionados e colados em suporte próprio para metalização e fotografados em microscópio eletrônico de varredura (MEV), modelo JEOL JSM 5800, no Centro de Microscopia Eletrônica (CME) da UFRGS.

Tabela 5.1. Ilha da Trindade: dados abióticos por amostra.

Amostra	Local da coleta	Profundidade (m)	Sedimento
M0200	mar aberto	20	areia fina/média
M0201	Piscina Parcel das Tartarugas	1	areia muito fina
M0202	Piscina Crista do Galo	1	areia muito fina
M0203	Praia da Calheta	1	areia média
M0204	Praia da Calheta	7	areia média
M0205	Praia da Calheta	10	areia média
M0206	Praia da Calheta	15	areia média
M0207	Praia dos Andradas	3	areia média
M0208	Praia dos Andradas	3	areia média
M0209	Praia das Tartarugas	1	areia média
M0210	Praia do Túnel	1	areia grossa

Atol das Rocas

Foram coletadas nove amostras de sedimentos de fundo ao longo de três perfis dispostos na região externa da porção oeste do Atol, em três profundidades distintas por perfil. A coleta ocorreu em 1992 e contou com o apoio de mergulhadores da Marinha do Brasil, tendo a bordo pesquisadores de universidades do Sul do Brasil. O material aqui examinado foi doado pelo Professor Itamar I. Leipnitz, da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos).

As amostras foram preparadas no Laboratório de Sedimentologia da Unisinos, seguindo a metodologia tradicional para o estudo de Ostracoda e Foraminiferida. Após lavagem de 25 cm³ de sedimentos, cada amostra passou pelo mesmo processo acima descrito para o material da Ilha da Trindade. Todas as amostras foram tombadas e numeradas de M0307 a M0315, sendo a M0310 e M0313 estéreis para ostracodes (**Tabela 5.2**). De cada espécie, foi selecionado um exemplar para MEV, no CME/UFRGS.

Tabela 5.2. Atol das Rocas: dados abióticos por amostra.

Amostra	Local de coleta	Profundidade (m)	Sedimento
M0307 (perfil A)	03°51'08,20"S 03°49'19,32"W	10	Cascalho
M0308 (perfil A)	03°51'00,00"S 03°49'21,35"W	18	areia grossa
M0309 (perfil A)	03°50'49,75"S 03°49'35,59"W	27	areia muito grossa /cascalho
M0310 (perfil B)	03°52'17,29"S 03°49'39,66"W	10	cascalho
M0311 (perfil B)	03°52'24,91"S 03°49'39,66"W	20	areia grossa
M0312 (perfil B)	03°52'33,05"S 03°49'48,81"W	30	cascalho
M0313 (perfil C)	03°51'32,82"S 03°49'39,66"W	10	areia grossa
M0314 (perfil C)	03°51'32,82"S 03°49'50,34"W	20	areia grossa
M0315 (perfil C)	03°51'32,82"S 03°50'05,08"W	27	areia grossa

Estratégias de dispersão em ostracodes marinhos bentônicos

O isolamento físico é tanto um fator majoritário na especiação quanto o responsável por altos índices de endemismo. Uma das muitas causas do isolamento é a imposição de barreiras, como mares e oceanos, para os organismos terrestres e dulceaquícolas, ou massas de terra, para os marinhos. As áreas profundas dos oceanos, por sua vez, servem de barreira para a dispersão de invertebrados bentônicos restritos às águas mais rasas das plataformas continentais. No que se refere às ilhas oceânicas, é de se esperar que aquelas que ficaram permanentemente isoladas ao longo de milhares ou mesmo milhões de anos apresentem índices de endemismo maior que as que mantêm, ou já mantiveram, ligações submarinas com os continentes ou com outras ilhas (LARWOOD & WHATLEY, 1993).

Os ostracodes marinhos bentônicos não apresentam estágio larval planctônico e sua dispersão e a possível colonização de ilhas oceânicas isoladas apresentam uma série de fatores limitantes, como a profundidade, as mudanças na temperatura da água e a duração da jornada (CRONIN, 1988). A migração destes microcrustáceos pode ocorrer de duas maneiras: ativa ou passiva. A colonização ativa do mar no entorno de ilhas ocorre quando os ostracodes migram passo a passo de uma região para outra, ou por invasão e adaptação de espécies originárias das águas profundas, como é registrado na região do Estreito de Magalhães (WHALTEY *et al.*, 1996). Para a colonização passiva, existem duas importantes hipóteses: 1) ostracodes viajariam sobre algas e/ou sedimentos em suspensão por correntes de águas superficiais; 2) embarcações transoceânicas fariam o transporte e a conseqüente distribuição dos ostracodes retidos na água de lastro (CRONIN, 1988).

Ostracodes da Ilha da Trindade

A ostracofauna da Ilha da Trindade está representada por 19 gêneros e 21 espécies. Todos os gêneros identificados, com exceção de *Caudites* Coryell & Fields, 1937 são monoespecíficos. *Paracytheridea tschoppi* Bold, 1946 está representada por 552 valvas adultas e quatro valvas jo-

vens, sendo a espécie mais abundante e amplamente distribuída na Ilha em apreço. A **Tabela 5.3** apresenta as 21 espécies e o total respectivo de carapaças e valvas adultas e jovens por amostra.

Tabela 5.3. Ilha da Trindade: distribuição das espécies por amostra (c=carapaça; v= valva).							
Amostras Espécies	M0200 (20 m)	M0201 (1 m)	M0202 (1 m)	M0205 (10 m)	M0206 (15 m)	M0207 (3 m)	M0208 (3 m)
<i>Auradilus costatus</i>	1c 2v	-	-	-	-	-	-
<i>Australimoosella</i> sp.	3c 5v	-	-	-	-	-	-
Bairdiidae spp.	2c 11v	3v	-	1v	1v	-	-
<i>Caudites exmouthensis</i>	1c 1v	-	-	-	-	-	-
<i>Caudites obliquecostatus</i>	1c	3v	4v	-	-	-	-
<i>Caudites seminudus</i>	4c 2v	7c 21v	3c	1c 3v	-	1v	4c
<i>Hemicytherura bradyi</i>	-	1v	-	1v	-	1v	1c
<i>Hermanites transoceanicus</i>	78c 3v	9v	-	5v	2v	-	1v
<i>Keijcyoidea</i> sp.	8c 19v	1c 6v	-	-	-	1v	2v
<i>Kotoracythere inconspicua</i>	-	2c 1v	-	2c 2v	2c	-	-
<i>Loxoconcha bullata</i>	6c 214v	6v	1v	2v	-	-	-
<i>Macrocyprina</i> sp.	1c 13v	-	-	-	-	-	-
<i>Nanocoquimba labyrinthica</i>	5c	-	-	-	-	-	3c 1v
<i>Paracypris</i> sp.	-	-	-	2c 1v	-	1c	-
<i>Paracytheridea tschoppi</i>	533v	14v	1v	4v	1v	-	3v
<i>Paranesidea parabipustulosa</i>	2c 8v	-	-	-	-	-	-
<i>Puriana variabilis</i>	4c 8v	-	-	-	-	-	-
<i>Sclerochilus</i> sp.	-	1c 5v	-	-	-	-	-
<i>Triebelina sertata</i>	20v	1v	-	-	-	1v	1v
<i>Xestoleberis</i> sp.	1c 10v	1v	2v	21v	-	-	-

A maioria dos ostracodes encontrados no mar da Ilha da Trindade colonizou o local vindo da costa brasileira, aproveitando-se de períodos de regressão marinha que, inclusive, expuseram o topo dos edifícios vulcânicos que compõem a cadeia (lineamento) Vitória-Trindade. Isso explica a grande similaridade taxonômica entre a ostracofauna da costa equatorial e nordeste do Brasil e a da Ilha da Trindade. Entretanto, toda a regra tem exceção e, portanto, algumas espécies insulares não são conhecidas para a plataforma brasileira, o que poderá ser alterado quando se tiver um conhecimento mais detalhado das assembléias da região Nordeste do Brasil. São elas: *Keijcyoidea* sp., *Paracypris* sp., *Xestoleberis* sp., *Sclerochilus* sp. e duas espécies da família Bairdiidae.

As espécies *Triebelina sertata* Triebel, 1948 *Hermanites transoceanicus* Teeter, 1975, *Kotoracythere inconspicua* (Brady, 1880), *Keijia demissa* Teeter, 1975 e *Neomonoceratina m. mediterranea* (Ruggieri, 1953) são consideradas relictas, com origem no oceano Indo-Pacífico e ampla distribuição nos mares rasos tropicais. São espécies conservadoras, com pouca variação morfológica mesmo entre populações geograficamente distantes, embora Whatley & Jones (1999) tenham observado a existência de algum polimorfismo. Estranhamente, não foram en-

contrados espécimes de *Keijia demissa* e *Neomonoceratina m. mediterranea* na Ilha da Trindade. É provável que isso ocorra porque, não raro, estas espécies desenvolvem populações muito pequenas, detectadas somente com grande esforço amostral.

Paracytheridea tshoppi parece ter se originado no Caribe, na região de Trinidad/Tobago, onde seu registro fóssil remonta ao Mioceno. Populações viventes são encontradas em águas quentes nos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico, além de estarem também presentes em outras ilhas oceânicas, como Clipperton, Solomon e Réunion.

Auradilus costatus (Hu, 1979) é uma espécie típica de águas tropicais que, em geral, não se estende mais ao sul do que 22°-23°S, tendo registros fósseis para o Pleistoceno de Taiwan e populações vivendo nos oceanos Índico, Pacífico oeste e Atlântico oeste. É a única espécie deste gênero conhecida fora das regiões banhadas pelo Índico e Pacífico (JELLINEK, 1995). É muito provável que *A. costatus* tenha migrado passivamente para o Atlântico ao longo do Quaternário, atingindo a costa brasileira pelas montanhas submarinas do lineamento Vitória-Trindade. Mostafawi *et al.* (2006) recentemente registraram esta espécie em Bali (Indonésia) sob a denominação errônea de *Auradilus convolutus* (Brady, 1868). Na verdade, *A. convolutus* foi primeiramente descrita para as ilhas Maurício, localizadas no sudeste da África, e constituiu-se em uma espécie distinta de *A. costatus*.

O gênero *Puriana* Coryell & Fields, 1953 tem poucas espécies e sua evolução está fortemente condicionada ao fechamento do Istmo do Panamá, que separou o Pacífico leste do Caribe (CRONIN, 1985). É um gênero endêmico às regiões tropicais do Atlântico oeste, Caribe e Golfo do México, sendo a ocorrência de *P. variabilis* Chukewiski & Purper, 1985 na Ilha da Trindade o seu registro mais oriental.

Hemicytherura bradyi (Puri, 1960) é uma espécie caribenha, com origem no Neomioceno e registros no Caribe, Golfo do México e Flórida, sendo muito rara na plataforma continental equatorial do Brasil, Ilha da Trindade e Atol das Rocas. Coimbra *et al.* (1999a) propõem uma emenda à diagnose de *H. bradyi*, já que o desenho da morfologia externa, apresentado por Puri (1960), contém algumas incorreções.

Paranesidea Maddocks, 1969 é um gênero cuja maior parte das espécies habita águas rasas e quentes, sendo muito comuns em ambientes coralíneos e fundos constituídos por algas calcárias. Coimbra & Carreño (2002) discutem brevemente a necessidade de uma revisão do gênero, cujas características diagnósticas não estão bem estabelecidas. *Paranesidea parabipustulosa* Coimbra & Carreño, 2002 tem aqui seu primeiro registro fora da plataforma equatorial brasileira.

Macrocyprina Triebel, 1960 apresenta ampla distribuição geográfica e algumas espécies vivendo em águas profundas. A espécie encontrada na Ilha da Trindade é muito similar à *Macrocyprina* sp., registrada por Coimbra *et al.* (1999b) para a plataforma equatorial brasileira.

O gênero *Caudites* é muito diversificado e apresenta ampla distribuição geográfica, sendo considerado cosmopolita de águas rasas tropicais a subtropicais. No Brasil, ocorre ao longo de toda a plataforma continental, com quatro espécies na região Sul-Sudeste e uma exclusiva da

plataforma Norte-Nordeste (COIMBRA & ORNELLAS, 1987). Entretanto, as três espécies registradas na Ilha da Trindade (*C. exmouthensis* Hartmann, 1978, *C. seminudus* Whatley & Keeler, 1989 e *C. obliquecostatus* Bold, 1963) são raras no Brasil, e no continente foram identificadas por Coimbra *et al.* (1992) na Baía de Tamandaré, Pernambuco. *Caudites seminudus* e *C. obliquecostatus* também foram registradas pelos autores em praias rochosas do litoral norte do estado de São Paulo. De acordo com Machado *et al.* (2005), *C. seminudus* é uma espécie que migrou passivamente sobre algas flutuantes das Ilhas Réunion (sul da África, oceano Índico) para o Atlântico sudoeste, em épocas de mar baixo, durante o Quaternário. O mesmo deve ter ocorrido com *C. exmouthensis*, que migrou do Indo-Pacífico para o Atlântico ocidental, não sem antes ter colonizado a Ilha da Trindade e as montanhas submarinas do lineamento Vitória-Trindade. *Caudites obliquecostatus* tem registro fóssil em formações do Cenozóico Superior de Trinidad/Tobago, onde também apresenta populações viventes, de onde deve ter migrado para a costa do Brasil e, posteriormente, para a Ilha da Trindade.

Apenas duas espécies têm registros na plataforma Sul-Sudeste do Brasil: *Loxoconcha bullata* Hartmann, 1956 e *Nanocoquimba labyrinthica* Ramos, 1996. A primeira é infranerítica e pode, inclusive, suportar salinidades mais baixas que a tipicamente marinha, mas tem poucas ocorrências fora da costa do estado de São Paulo. Segundo Coimbra *et al.* (2006), seu registro mais meridional encontra-se na costa sul do estado de Santa Catarina, mais especificamente na região de Imaruí e Rio D'una. Por sua vez, *N. labyrinthica* distribui-se pela plataforma continental entre as latitudes 19°21'S e 32°13'S (RAMOS, 1996).

Bergue & Coimbra (2002) discutem tanto o problema da caracterização do gênero *Keijcyoidea* Malz, 1981 quanto sua origem e dispersão. Aparentemente, seu registro mais antigo está em rochas do Paleoceno do oceano Pacífico leste. A falta de registro fóssil no Plioceno é atribuída a problemas de identificação taxonômica, já que várias espécies deste gênero têm sido erroneamente atribuídas a *Cytherelloidea* Alexander, 1929. *Keijcyoidea* é um gênero amplamente distribuído em águas rasas e quentes.

O gênero *Australimoosella* Hartmann, 1978 tem poucas espécies, todas de águas rasas. Sua origem está na região da Oceania, mais especificamente a costa da Austrália. No Brasil, Coimbra *et al.* (2004) descreveram a espécie *A. polypleuron* para a plataforma equatorial, sendo esta a única espécie do gênero conhecida fora do oceano Pacífico. A presença de *A. polypleuron* na Ilha da Trindade indica uma migração a oeste, em épocas de mar baixo, ao longo do Quaternário.

A Ilha da Trindade, diferentemente de outras ilhas oceânicas, não apresenta ostracodes marinhos endêmicos, pois a migração da fauna pelas montanhas submarinas do lineamento Vitória-Trindade não permitiu o seu completo isolamento. Da mesma forma, esta feição geomorfológica do fundo oceânico – e da qual a Ilha da Trindade é apenas o extremo oriental emerso – parece ter facilitado a dispersão passiva de ostracodes vindos dos oceanos Índico e Pacífico oeste para o Atlântico sudoeste.

Ostracodes do Atol das Rocas

O Atol das Rocas, único atol do oceano Atlântico sul ocidental, é um dos menores do mundo. Sua origem, geologia, fauna e flora têm sido tratadas em diferentes capítulos nesta mesma

obra. Aqui nos deteremos somente na Classe Ostracoda e suas 25 espécies bentônicas distribuídas em 20 gêneros e dez famílias (**Tabela 5.4**).

Tabela 5.4. Atol das Rocas: distribuição das espécies por amostra (c=carapaça; v=valva).							
Amostras Espécies	M0307 (A-10m)	M0308 (A-18m)	M0309 (A-27m)	M0311 (B-20m)	M0312 (B-30m)	M0314 (C-20m)	M0315 (C-27m)
Bairdiidae spp.	13v	2v 3c	11v	9v 2c	2v	13v 1c	15v 5c
<i>C. obliquecostatus</i>	-	1c	-	-	-	-	-
<i>C. seminudus</i>	1c	-	1v	2v	-	-	-
<i>Caudites</i> cf. <i>exmouthensis</i>	6v 5c	-	1v 1c	-	1v	-	-
<i>Cytherura</i> sp.	-	-	-	1v	-	-	-
<i>G. coronata</i>	4v	-	1v	-	-	1v	2v 2c
<i>H. bradyi</i>	-	-	1v	8v 1c	-	-	-
<i>H. transoceanicus</i>	20v	-	10v 2c	5v	2v	-	1v 1c
<i>K. amazonica</i>	6v	1v	5v	-	-	1v 1c	1v 1c
<i>K. inconspicua</i>	-	-	4v	8v 7c	-	-	1c
<i>L. (L.) tricornata</i>	6v	-	-	-	-	-	-
<i>L. (L.) tricornata</i>	10v 1c	-	12v	5v	4v	-	4c
<i>Macrocyprina</i> sp.	-	1v	2v 1c	1v	2v 1c	-	2v
<i>N. subimpressus</i>	-	-	-	-	-	-	1c
<i>Neonesidea</i> sp.	-	-	-	-	6v	3v	-
<i>O. bradyi</i>	-	-	1c	-	1c	-	-
<i>P. batei</i>	2v	1v	18v	2v	1v	-	-
<i>Pellucistoma</i> sp.	-	-	3v	-	-	-	-
<i>P. convoluta</i>	1v 1c	-	4v	2v	-	-	1c
<i>R. confragosa</i>	1v	1c	1v 2c	-	-	-	1v 1c
<i>Tenedocythere</i> ? sp.	2v 4c	1c	1c	-	1v	1c	1v 1c
<i>T.</i> cf. <i>T. sertata</i>	2v	-	1v	1v	-	-	1v 2c
<i>Xestoleberis</i> spp.	6v 1c	3v	38v 8c	24v 9c	3v 3c	3v 2c	2v 5c
Gen. et sp. indet.	-	-	1v	-	1v	-	-

A maioria das espécies encontradas em Rocas é comum à plataforma continental equatorial e/ou nordeste e pertence a gêneros muito diversificados em regiões tropicais a subtropicais. Algumas espécies são cosmopolitas de águas rasas, destacando-se *Hermanites transoceanicus*, *Kotoracythere inconspicua* e *Triebelina* cf. *T. sertata*. Outras surgiram durante o Neocenoico na região caribenha, como *Caudites obliquestatus*, *Hemicytherura bradyi* e *Radimella* ex. gr. *confragosa* (Edwards, 1944), de onde migraram para a plataforma equatorial do Brasil e daí para Rocas. Há pelo menos uma espécie que migrou de muito longe, *Caudites seminudus*, já discutida acima, uma vez que ocorre também na Ilha da Trindade.

A ostracofauna de Rocas deve ter utilizado os montes submarinos do alinhamento da Zona de Fratura de Fernando de Noronha para atingir a região do Atol. Apesar de a amostragem ter sido limitada a apenas nove estações, com profundidade restrita ao intervalo entre 10 e 30 metros,

o número de espécies identificadas pode surpreender os não afeitos ao estudo de ostracodes marinhos. Por outro lado, como está demonstrado na **Tabela 5.4**, o número de espécimes é pequeno, o que pode ser atribuído ao tipo de sedimento de fundo presente nas áreas amostradas, constituído exclusivamente por areia grossa e cascalho. Este sedimento, associado a uma declividade acentuada, cria um ambiente de muita instabilidade em torno do Atol, o que é desfavorável ao estabelecimento de grandes populações de Ostracoda.

Para efeito comparativo, foi elaborada a **Tabela 5.5**, que evidencia a grande similaridade taxonômica entre as assembléias de ostracodes da Ilha da Trindade e do Atol das Rocas.

Tabela 5.5. Comparação entre a composição da ostracofauna da Ilha da Trindade e do Atol das Rocas.

Ilha da Trindade	Atol das Rocas
<i>Auradilus costatus</i>	-----
<i>Australimoosella</i> sp.	-----
Bairdiidae spp.	Bairdiidae spp.
<i>Caudites exmouthensis</i>	<i>Caudites</i> cf. <i>exmouthensis</i>
<i>Caudites obliquecostatus</i>	<i>Caudites obliquecostatus</i>
<i>Caudites seminudus</i>	<i>Caudites seminudus</i>
-----	<i>Cytherura</i> sp.
-----	<i>Glyptobairdea coronata</i>
<i>Hemicytherura bradyi</i>	<i>Hemicytherura bradyi</i>
<i>Hermanites transoceanicus</i>	<i>Hermanites transoceanicus</i>
<i>Keijcyoidea</i> sp.	<i>Keijcyoidea amazonica</i>
<i>Kotoracythere inconspicua</i>	<i>Kotoracythere inconspicua</i>
<i>Loxoconcha bullata</i>	<i>Loxoconcha</i> (<i>Loxoconcha</i>) sp.
-----	<i>Loxoconcha</i> (L.) <i>tricornata</i>
<i>Macrocyprina</i> sp.	<i>Macrocyprina</i> sp.
<i>Nanocoquimba labyrinthica</i>	-----
-----	<i>Neocaudites subimpressus</i>
-----	<i>Neonesidea</i> sp.
-----	<i>Orionina bradyi</i>
<i>Paracypris</i> sp.	-----
<i>Paracytheridea tschoppi</i>	<i>Paracytheridea batei</i>
<i>Paranesidea parabipustulosa</i>	-----
-----	<i>Pellucistoma</i> sp.
<i>Puriana variabilis</i>	<i>Puriana convoluta</i>
-----	<i>Radimella</i> ex. gr. <i>confragosa</i>
<i>Sclerochilus</i> sp.	-----
-----	<i>Tenedocythere</i> ? sp.
<i>Triebelina sertata</i>	<i>Triebelina sertata</i>
<i>Xestoleberis</i> sp.	<i>Xestoleberis</i> spp.

Considerações finais

O presente estudo, embora preliminar, permitiu a identificação de duas comunidades de ostracodes relativamente bem diversificadas e sem espécies endêmicas. Diferente de outras ilhas oceânicas, totalmente isoladas das grandes massas continentais, tanto Trindade quanto Rocas têm uma história geológica que faz com que estejam praticamente unidas à plataforma continental do Brasil por montes submersos, os quais vêm servindo como corredores para a dispersão de ostracodes. E, como já era esperado, a maioria das espécies presente nestas duas ilhas migrou a partir da América do Sul, não obstante o reconhecimento da presença de espécies vindas de regiões muito mais distantes, como é o caso de *C. seminudus* e *C. exmouthensis*, vindas dos oceanos Índico e Indo-Pacífico, respectivamente. *Auradilus costatus*, um ostracode

tropical bem conhecido para os oceanos Índico e Pacífico e que tem registro fóssil para o Pleistoceno de Taiwan, é a única espécie do gênero com populações viventes no oceano Atlântico. *Australimoosella*, um gênero com pelo menos seis espécies descritas para o oceano Pacífico, parece ter sofrido um processo de especiação na Ilha da Trindade, onde se registra a espécie *A. polypleuron*, também conhecida no Norte-Nordeste do Brasil. Finalmente, acredita-se que a ausência de algumas espécies muito comuns ao longo do cinturão tropical e subtropical em nível mundial, como por exemplo, *Keijia demissa* e *Neomonoceratina m. mediterranea* – ambas ausentes na Ilha da Trindade e em Rocas – e *Paracytheridea tschoppi* – ausente em Rocas – esteja condicionada principalmente ao pequeno esforço amostral, já que estas três espécies também ocorrem na plataforma continental brasileira.

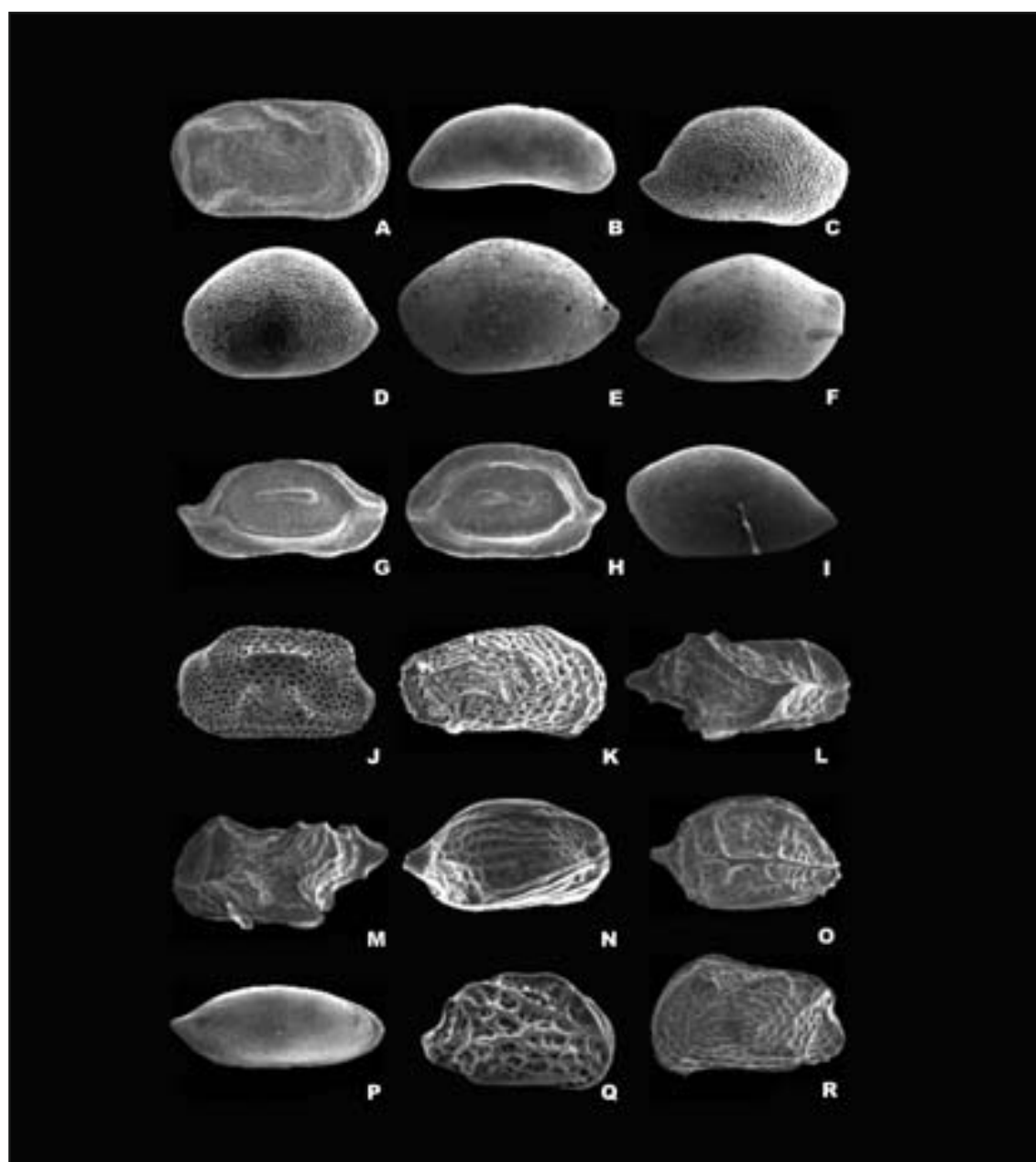


Figura 5.1. a) *Keijcyoidea amazonica*, valva direita; b) *Macrocyprina* sp., valva direita; c-d) Bairdiidae sp. indet. 1, c) valva direita, d) valva esquerda; e-f) Bairdiidae sp. indet. 2, e) valva esquerda, f) valva direita; g-h) *Glyptobairdia coronata*, g) valva direita, h) valva esquerda; i) *Neonesidea* sp., valva esquerda; j) *Triebelina sertata*, valva esquerda; k) *Kotoracythere inconspicua*, valva direita; l-m) *Paracytheridea batei*, l) valva direita, m) valva esquerda; n) *Cytherura* sp., valva direita; o) *Hemicytherura bradyi*, valva direita; p) *Pelluscistoma* sp., valva direita; q) *Radimella* ex. gr. *confragosa*, valva direita; r) *Tenedocythere?* sp., valva esquerda.

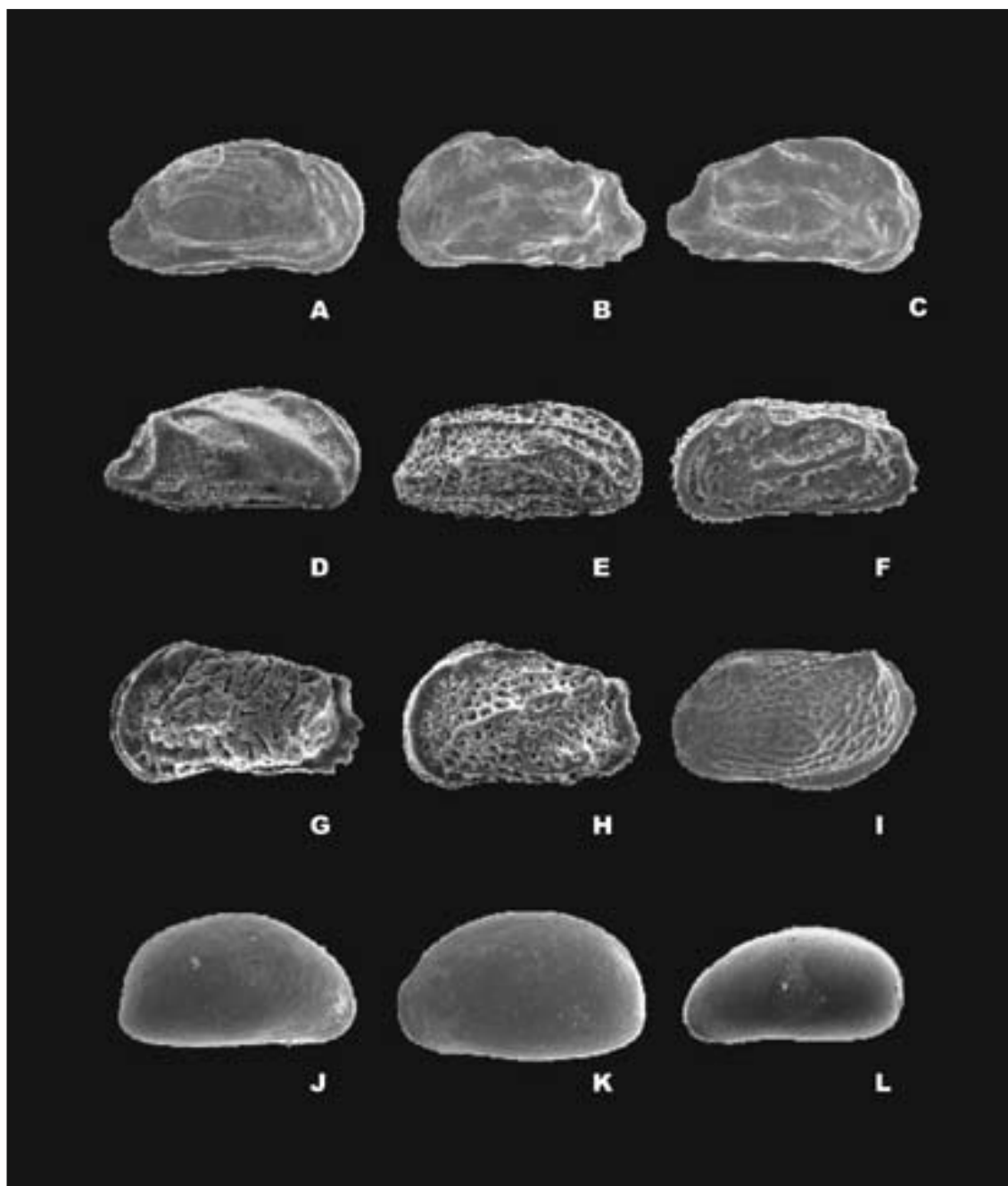


Figura 5.2. a) *Caudites seminudus*, valva direita; b-c) *Caudites* cf. *exmouthensis*, b) valva esquerda, c) valva direita; d) *Caudites obliquecostatus*, valva direita; e) *Orionina bradyi*, valva direita; f) *Neocaudites subimpressus*, valva esquerda; g) *Puriana convoluta*, valva esquerda; h) *Hermanites transoceanicus*, valva esquerda; i) *Loxoconcha (Loxocorniculum) tricornata*, valva esquerda; j-k) *Xestoleberis* sp. 1, j) valva direita, k) valva esquerda; l) *Xestoleberis* sp. 2, valva esquerda.

Referências bibliográficas

- Allison, E.C. & Holden, J.C. 1971. **Recent ostracodes from Clipperton Island, eastern tropical Pacific**. Transactions of San Diego Society of Natural History 16(7): 165-214.
- Bergue, C.T. & Coimbra, J.C. 2002. **New recent ostracode species from the Brazilian quatorial shelf**. Neues Jahrbuch Geologie und Paläontologie 202(11): 659-670.
- Coimbra, J.C. & Bergue, C.T. 2004. **Ostracodes**. In: CARVALHO, I.S. (Ed.) Paleontologia. Rio de Janeiro: Interciência. p. 355-368.
- Coimbra, J.C. & Carreño, A.L. 2002. **Sub-recent Bairdiinae (Crustacea, Ostracoda) from the Brazilian Equatorial Shelf**. Revista Española de Micropaleontología, 34(2): 187-199.
- Coimbra, J.C.; Carreño, A.L. & Michelli, M.J. 1999a. **Taxonomía e zoogeografía de la familia Cytheruridae (Ostracoda) de la plataforma continental equatorial do Brasil**. Iheringia 87: 117-142.
- Coimbra, J.C.; Costa, K.B. & Fauth, G. 2006. **Paleoenvironmental significance of allochthonous vs authochthonous late quaternary ostracodes from Imaruí Lagoon and D'una river, southern Brazil**. Revista Brasileira de Paleontologia 9(3): 295-302.
- Coimbra, J.C. & Ornellas, L.P. 1987. **The subfamily Orioninae Puri, 1973 (Ostracoda) in the Brazilian continental shelf**. Part II. *Caudites* Coryell & Fields, 1937. Pesquisas 19: 55-79.
- Coimbra, J.C.; Pinto, I.D.; Würdig, N.L. & Carmo, D.A., 1999b. **Zoogeography of Holocene Podocopina (Ostracoda) from the Brazilian equatorial margin**. Marine Micropaleontology 37: 365-379.
- Coimbra, J.C.; Ramos, M.I.F. & Sanguinetti, Y.T., 1992. **Sub-recent ostracodes of the Tamandaré Bay, Northeastern Brazil – A preliminary report on biofacies**. Pesquisas 19(1): 94-105.
- Coimbra, J.C.; Ramos, M.I.F.; Whatley, R.C. & Bergue, C.T. 2004. **Taxonomy and Zoogeography of the family Trachyleberididae (Crustacea: Ostracoda) from the Equatorial Continental Shelf of Brazil**. Journal of Micropaleontology 23: 107-118.
- Cronin, T.M., 1985. **Speciation and stasis in marine Ostracoda: climatic modulation of evolution**. Science 227: 60-63.
- . 1988. **Geographical isolation in marine species: evolution and speciation in Ostracoda**. In: HANAI, T.; IKEIA, N. & ISHIZAKI, K. (Eds.) Evolutionary biology of Ostracoda, its fundamentals and applications. Amsterdam: Elsevier. p. 871-889.
- Dingle, R.V. 2002. **Insular endemism in recent southern ocean benthic Ostracoda from Marion Island: paleozoogeographical and evolutionary implications**. Revista Española de Micropaleontología 34(2): 215-233.
- Dingle, R.V. 2003. **Recent subantarctic benthic Ostracoda faunas from the Marion and Prince Edward Islands Archipelago, southern ocean**. Revista Española de Micropaleontología 35(1): 119-155.
- Jellinek, T. 1995. **The Plio-Pleistocene genus *Mutilus* Neviani 1955 (Ostracoda) and some of its so-called Recent descendents**. Senckenbergiana Lethaea 75(1/2): 163-191.
- Larwood, J.G. & Whatley, R.C. 1993. **Tertiary to Recent evolution of ostracodes in isolation on seamounts**. In: McKenzie, K.G. & Jones, P. (Eds.) Ostracoda in Earth and Life Sciences. Amsterdam: Elsevier. p. 531-549.
- Machado, C.P.; Coimbra, J.C. & Carreño, A.L. 2005. **The ecological and zoogeographical significance of the sub-Recent Ostracoda off Cabo Frio, Rio de Janeiro State, Brazil**. Marine Micropaleontology 55(3/4): 235-253.
- Mostafawi, N.; Colin, J.P. & Babinot, J.F., 2006. **On account on the taxonomy of ostracodes from recent reefal flet deposits on Bali, Indonesia**. Revue de Micropaléontologie 48: 123-140.
- Pinto, I.D. & Purper, I. 1970. **A Neotype for *Elpidium bromeliarum* Müller, 1880 (type species for the genus) and revision of the Genus *Elpidium* (Ostracoda)**. Publicação Especial da Escola de Geologia de Porto Alegre 19: 1-23.
- Pinto, R.L.; Rocha, C.E.F. & Martens, K. 2005. **On new terrestrial ostracods (Crustacea, Ostracoda) from Brazil, primarily from São Paulo State**. Zoological Journal of the Linnean Society 145: 145-173.

- Ramos, M.I.F. 1996. **Taxonomy and zoogeography of ostracod genera *Nanocoquimba* and *Cornucoquimba* Ohmert, 1968 from recent sediments on the Brazilian continental shelf.** Revista Española de Micropaleontología 28(1): 105 -128.
- Whatley, R.C. 2000. **The zoogeographical significance of the marine ostracoda of Easter Island.** Revista Española de Micropaleontología 32(2): 147-156.
- Whatley, R.C. & Jones, R.L., 1999. **The marine podocopid ostracoda of Easter Island: a paradox in zoogeography and evolution.** Marine Micropaleontology 37: 327-343.
- Whatley, R.C.; Jones, R.L. & Wouters, K. 2000. **The marine Ostracoda of Easter Island.** Revista Española de Micropaleontología 32(1): 79-106.
- Whatley, R.C. & Keeler, N. 1989. **Recent Ostracoda from Reunión Island, Southwestern Indian Ocean.** Revista Española de Micropaleontología 30(2): 89-116.
- Whatley, R.C. & Titterton, R. 1981. **Some new Recent podocopid Ostracoda from the Solomon islands, southwest pacific.** Revista Española de Micropaleontología 13(2): 157-170.
- Whatley, R.C.; Staunton, M.; Kaesler, R.L. & Moguevsky, A. 1996. **The taxonomy of Recent Ostracoda from the southern part of the strait of Magellan.** Revista Española de Micropaleontología 28(3): 51-76.

Anexo 5.1

Filo Crustacea Pennant, 1777
Classe Ostracoda Lattreille, 1806
Ordem Podocopida G.W. Mueller, 1894
Subordem Platycopina Sars, 1866
Família Cytherellidae Sars, 1866
Gênero *Keijcyoidea* Malz, 1981
Keijcyoidea amazonica Bergue & Coimbra, 2002
Keijcyoidea sp.
Subordem Podocopina Sars, 1866
Superfamília Cypridacea Baird, 1845
Família Macrocyprididae G.W. Mueller, 1912
Gênero *Macrocyprina* Triebel, 1960
Macrocyprina sp.
Família Candonidae Kaufmann, 1900
Subfamília Paracypridinae Sars, 1923
Gênero *Paracypris* Sars, 1866
Paracypris sp.
Superfamília Bairdiacea Sars, 1888
Família Bairdiidae Sars, 1888
Subfamília Bairdiinae Sars, 1888
Gênero *Glyptobairdia* Stephenson, 1946
Glyptobairdia coronata (Brady, 1870)
Gênero *Neonesidea* Maddocks, 1969
Neonesidea sp.
Gênero *Paranesidea* Maddocks, 1969
Paranesidea parabipustulosa Coimbra & Carreño, 2002
Gênero *Triebelina* Bold, 1946
Triebelina T. sertata Triebel, 1948
Superfamília Cytheracea Baird, 1850
Família Pectocytheridae Hanai, 1957
Gênero *Kotoracythere* Ishizaki, 1966
Kotoracythere inconspicua (Brady, 1880)
Família Cytheruridae G.W. Mueller, 1894
Subfamília Cytheropterinae Hanai, 1957
Gênero *Paracytheridea* G.W. Mueller, 1894
Paracytheridea batei Purper & Ornellas, 1987
Paracytheridea tschoppi Bold, 1946
Subfamília Cytherurinae G. W. Mueller, 1894
Gênero *Cytherura* Sars, 1866
Cytherura sp.
Gênero *Hemicytherura* Elofson, 1941
Hemicytherura bradyi (Puri, 1960) emend. Coimbra, Carreño & Michelli, 1999
Família Hemicytheridae Puri, 1953

Subfamília Hemicytherinae Puri, 1953
 Gênero *Auradilus* Jellineck, 1995
Auradilus costatus (Hu, 1979)
 Gênero *Radimella* Pokorný, 1969
Radimella ex. gr. *confragosa* (Edwards, 1944)
 Gênero *Tenedocythere* Sissingh, 1972
Tenedocythere ? sp.
 Subfamília Orionininae Puri, 1973
 Gênero *Caudites* Coryell & Fields, 1937
Caudites obliquecostatus Bold, 1963
Caudites exmouthensis Hartmann, 1978
Caudites seminudus Whatley & Keeler, 1989
Caudites sp.
 Gênero *Orionina* Puri, 1954
Orionina bradyi Bold, 1963
 Subfamília Coquimbinae Ohmert, 1968
 Gênero *Nanocoquimba* Ohmert, 1968
Nanocoquimba labyrinthica Ramos, 1996
 Família Trachyleberididae Sylvester-Bradley, 1948
 Subfamília Trachyleberidinae Sylvester-Bradley, 1948
 Gênero *Hermanites* Puri, 1955
Hermanites transoceanicus Teeter, 1975
 Gênero *Neocaudites* Puri, 1960
Neocaudites subimpressus (Edwards, 1944)
 Gênero *Puriana* Coryell & Fields, 1953
Puriana convoluta Teeter, 1975
Puriana variabilis Chukewiski & Purper, 1985
 Tribo Moosellini Hartmann, 1978
 Gênero *Australimoosella* Hartmann, 1978
Australimoosella polypleuron Coimbra, Ramos, Whatley & Bergue, 2004
 Família Loxoconchidae Sars, 1925
 Gênero *Loxoconcha* Sars, 1866
Loxoconcha bullata Hartmann, 1956
Loxoconcha (Loxocorniculum) tricornata (Krutak, 1971)
Loxoconcha (Loxoconcha) sp.
 Família Paradoxostomatidae Brady & Norman, 1889
 Gênero *Pellucistoma* Coryell & Fields, 1937
Pellucistoma sp.
Sclerochilus sp.
 Família Xestoleberididae Sars, 1928
 Gênero *Xestoleberis* Sars, 1866
Xestoleberis spp.



Capítulo 6

Peixes Recifais do Complexo Insular Oceânico Trindade-Martin Vaz: Novas Ocorrências, Atividades de Pesca, Mortandade Natural e Conservação

*Hudson Tercio Pinheiro
João Luiz Gasparini*

Resumo

A ictiofauna da Ilha da Trindade, como de outras ilhas oceânicas, desperta interesse extremo, pois o isolamento geográfico propicia a especiação e padrões de comunidades ímpares. Contudo, atividades pesqueiras realizadas sem critério ou fiscalização nas ilhas oceânicas brasileiras podem comprometer a integridade da estrutura da comunidade de peixes destas regiões. O presente trabalho apresenta considerações sobre as atividades de pesca profissional e amadora realizadas em suas águas (rasas e profundas), além de 18 novas ocorrências de peixes costeiros para o complexo insular oceânico Trindade-Martin Vaz. Além disso, é apresentada uma descrição do fenômeno de mortandade natural de peixes que ocorre nos arredores da região. Trindade e Martin Vaz ainda permanecem com a ictiofauna menos conhecida entre as ilhas oceânicas brasileiras. O registro de novas ocorrências de peixes recifais na região está relacionado ao pouco esforço de amostragem realizado até o momento e à presença da cadeia de bancos submarinos Vitória-Trindade, os quais podem funcionar como trampolins. A captura de grandes peixes pelas atividades de pesca comercial e recreacional pode ocasionar mudanças significativas nos padrões da estrutura trófica da ilha. As atividades de pesca necessitam de avaliação para a elaboração de medidas de manejo que visem ao controle e ao ordenamento das atividades. O aumento de proteção, estabelecido pela efetivação de um plano de manejo e pela cooperação da Marinha do Brasil com os órgãos ambientais competentes, é visto como estratégia vital para planos e medidas de recuperação e preservação dos recursos locais.

Abstract

Reef Fishes of Trindade-Martin Vaz Oceanic Insular Complex, Brazil: New Records, Fishing Activities, Natural Mortality and Conservation

As well as other oceanic islands, the ictiofauna from Ilha da Trindade (Trindade Island) arouse extreme interest, since the geographic isolation propitiates speciation and unique community patterns. However, unregulated and unsupervised fishing activities on Brazilian oceanic islands may compromises the integrity of the fish communities in these regions. This work presents, in addition to 18 new records of coastal fishes for the insular oceanic complex of Trindade-Martin Vaz, comments about professional and amature fishing activities held in its shallow and deep waters. Besides, it presents a description of the natural phenomenon of fish mortality that occurs in the vicinity of the region. Trindade and Martin Vaz still remains as the least known ictiofauna amongst the Brazilian oceanic islands. The registry of new reef fish occurrences is related to the small sampling effort conducted to date and the presence of the Vitória-Trindade chain submarine banks, which can act as stepping stones. The capture of large fishes by commercial and recreational fishing activities can cause significant changes on trophic structure pattern of the Island. The fishing activities need to be evaluated concerning the settlement of management actions which seeks the control and the planning of these activities. The increase of protection, established by implementing a management plan, and the cooperation of the Brazilian Navy with the Brazilian environmental agencies is crucial for strategical plans and measures for the recovery and preservation of local natural resources.

Introdução

A ictiofauna das ilhas oceânicas desperta interesse extremo, pois o isolamento geográfico propicia a especiação e padrões de comunidades ímpares (GASPARINI, 2004). Entretanto, até recentemente, estudos sobre a ictiofauna recifal das ilhas oceânicas brasileiras eram escassos, devido, principalmente, à distância do continente e à ausência de infra-estrutura e apoio à pesquisa nestas regiões (SAMPAIO *et al.*, 2006).

A fauna de peixes da Ilha da Trindade e do Arquipélago Martin Vaz¹, ao contrário das demais ilhas oceânicas brasileiras e do Atlântico central, ainda permanece pouco conhecida, excetuando-se um recente *checklist* (GASPARINI & FLOETER, 2001) no qual foram registradas 97 espécies de peixes costeiros e que destaca, ao menos, seis espécies e uma subespécie endêmica. Destas, já foram descritas a donzela-de-trindade *Stegastes fuscus trinidadensis* Gasparini, Moura & Sazima, 1999; o gobi ou néon-de-trindade *Elacatinus pridisi* Guimarães, Gasparini & Rocha, 2004; e a moréia-de-trindade *Scartella poiti* Rangel, Guimarães & Gasparini, 2004. As demais espécies estão em processo de descrição.

Atualmente, cresce a expectativa de melhores condições e apoio para as atividades de pesquisa na Ilha da Trindade e Martin Vaz. Neste ínterim, as atividades pesqueiras realizadas sem critério ou fiscalização, tanto em Trindade quanto nas demais ilhas oceânicas brasileiras, já podem estar comprometendo a integridade da estrutura da comunidade de peixes destas localidades ímpares. O declínio de grandes peixes dos mais altos níveis tróficos pode causar uma significativa mudança nos padrões da estrutura trófica (FERREIRA *et al.*, 2004). Cabe ressaltar que já existem evidências de que a sobrepesca pode ter sido responsável por extinções locais de espécies recifais, tanto em ilhas oceânicas brasileiras (DEBELIUS, 1997; OLIVEIRA *et al.*, 1997) quanto na região costeira (FERREIRA *et al.*, 2005).

O presente trabalho traz, além de 18 novas ocorrências de peixes para o complexo insular oceânico Trindade-Martin Vaz, considerações sobre as atividades de pesca profissional e amadora realizadas em suas águas (rasas e profundas). Além disso, apresenta uma descrição do fenômeno de mortandade natural de peixes que ocorre há mais de dez anos nos arredores da ilha.

Material & métodos

Os novos registros ictiológicos, assim como as observações sobre as atividades pesqueiras e a mortandade natural da ictiofauna, foram realizados durante 58 dias de expedição científica (28 de fevereiro a 26 de abril de 2007). Nesta, foram realizados 46 mergulhos (38 em apnéia e oito autônomos), totalizando aproximadamente 105 horas de observação subaquática. As espécies foram identificadas com auxílio de fotografia/filmagem subaquática, observação visual e/ou por meio de coleta com arpão ou puçá. O habitat de cada espécie foi classificado segundo Gasparini & Floeter (2001). Todas as famílias das espécies são listadas em ordem filogenética segundo Froese & Pauly (2007), e as espécies dentro de cada família estão dispostas em ordem alfabética.

¹ **Nota do Editor:** o uso "Arquipélago Martin Vaz" é uma opção dos autores. Não há consenso na literatura quanto à grafia do local com "m" ou "n", e mesmo quanto à utilização da preposição "de" separando o acidente geográfico do seu nome.

Os dados sobre as atividades de pesca profissionais (espinhéis e linheiros) e espécies envolvidas foram coletados em embarques, ou, então, em entrevistas com os mestres das embarcações, via rádio-amador. As atividades de pesca recreacional foram monitoradas diariamente na Ilha da Trindade *in loco*, bem como obtidas em fontes secundárias (pesquisa em *sites* de pesca na Internet). Na ilha, quando possível, anotaram-se o número de pessoas envolvidas, o tempo gasto na atividade, a quantidade e o comprimento total (em centímetros) das espécies capturadas em cada pescaria. Foram analisados 154 peixes coligidos em caça submarina e 45 em linha e anzol. A estimativa de captura total foi calculada para duas pessoas praticando 1 h 30 min de cada atividade/dia, com exceção de finais de semana, quando a atividade de caça submarina era praticada por 4h/dia. Obteve-se a estimativa de peso dos peixes por meio de conversão comprimento-peso de cada espécie, obtidas em Froese & Pauly (2007). A categoria trófica de cada espécie seguiu Ferreira *et al.* (2004).

As observações sobre a mortandade natural ocorreram durante monitoramento diário em seis praias de Trindade (Calheta, Andradas, Tartarugas, Parcel, Túnel e Príncipe). Esporadicamente, foram percorridas outras praias da ilha, assim como costões e enseadas mais afastadas da base de apoio (Cabritas, Noroeste, Orelhas, Lixo e Eme). Informações sobre a frequência e os primeiros registros deste fenômeno foram obtidas a partir de entrevistas com militares que já haviam servido no Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade (POIT) em diferentes anos e estações do ano anteriores ao presente estudo.

Resultados

Novas ocorrências

Foram registradas 18 novas ocorrências de espécies de peixes para o complexo insular oceânico Trindade-Martin Vaz (**Tabela 6.1**), sendo Labridae a família com maior número (três espécies), seguida de Holocentridae (duas), Apogonidae (duas) e Carangidae (duas). Em relação a hábitos, nove espécies são demersais, duas bentônicas, três pelágicas e duas habitam a meia-água. A profundidade de registro, o número de indivíduos e de mergulhos em que foram observados e o método de amostragem de cada espécie são apresentados na **Tabela 6.1**. Além das 18 espécies com nova ocorrência, também registraram-se espécimes de serranídeos híbridos, resultados do cruzamento de *Cephalopholis fulva* (Linnaeus, 1758) e *Paranthias furcifer* (Valenciennes, 1828). A **Figura 6.1** apresenta imagens de seis novos registros.

Tabela 6.1. Novas ocorrências de peixes para o complexo insular oceânico Trindade-Martin Vaz

Família Espécie	Habitat	Profundidade amostrada (m)	Nº de ind./nº de mergulhos*	Método de amostragem	Local amostrado
Myliobatidae					
<i>Aetobatus narinari</i> (Euphrasen, 1790)	P	6	1/1	RF	Ponta da Calheta
Holocentridae					
<i>Plectrypops retrospi- nis</i> (Guichenot, 1853)	D	Encalhado na praia	1/-	RF	Praia do Andrada
<i>Sargocentron bullisi</i> (Woods, 1955)	D	9-25	3/2	RF	Ponta da Calheta
Aulostomidae					
<i>Aulostomus strigosus</i> Wheeler, 1955	D	8	1/1	CM	Arq. Martin Vaz
Dactylopteridae					
<i>Dactylopterus volitans</i> (Linnaeus, 1758)	D	6-8	2/2	CM	Ponta da Calheta
Serranidae					
<i>Paranthias furcifer</i> (Valenciennes, 1828)	MA	3-12	26/7	RF	Parcel
Apogonidae					
<i>Phaeoptyx pigmen- taria</i> (Poey, 1860)	D	2-3	6/2	CM	Ponta da Calheta
<i>Astrapogon stellatus</i> (Cope, 1867)	D	1,5-2	5/1	CM	Praia do Lixo
Carangidae					
<i>Caranx crysos</i> (Mitchill, 1815)	P	5	3/1	RF	Arq. Martin Vaz
<i>Alectis ciliaris</i> (Bloch, 1787)	P	6-8	1/1	RF	Pedra da Garoupa
Pempheridae					
<i>Pempheris schomburgkii</i> Müller & Troschel, 1848	D	3-6	15/2	CM	Praia das Cabritas
Cirrhitidae					
<i>Amblycirrhitus pinos</i> (Mowbray, 1927)	B	12	1/1	RV	Ponta da Calheta
Pomacentridae					
<i>Stegastes pictus</i> (Castelnau, 1855)	B	10-15	4/2	CM	Ponta da Calheta
Labridae					
<i>Clepticus brasilien- sis</i> Heiser, Moura & Robertson, 2000	MA	6	3/1	CM	Ponta da Calheta
<i>Halichoeres aff. bathyphilus</i> (Beebe & Tee-Van, 1932)	D	6-25	>50/5	CM	Arq. Martin Vaz e Ponta da Calheta
<i>Xyrichtys cf. splendens</i> (Castelnau, 1855)	B	10	4/2	CM	Ponta da Calheta
Scaridae					
<i>Sparisoma frondosum</i> (Agassiz, 1831)	D	5-12	5/3	CM	Praia das Tartarugas
Tetraodontidae					
<i>Sphoeroides spengleri</i> (Bloch, 1785)	D	7	1/1	RF	Praia do Lixo

Habitat: D=demersal; B=bentônico; P=pelágico; MA=meia-água. Método de amostragem: RV=registro visual; RF=registro fotográfico; CM=coleta manual. *=número de indivíduos avistados da espécie/número de mergulhos em que a espécie foi avistada.

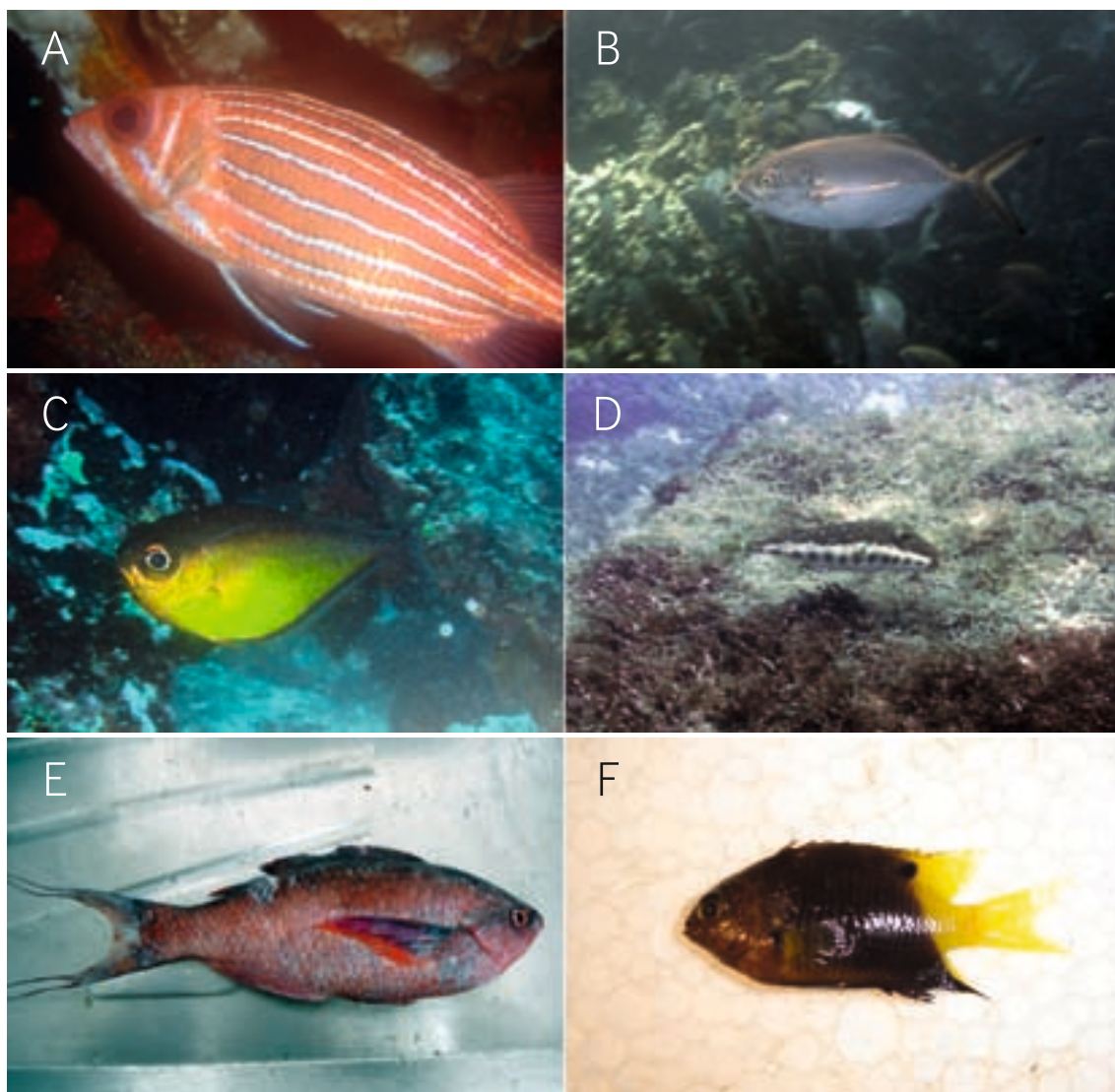


Figura 6.1. Novas ocorrências de peixes para o complexo insular oceânico Trindade-Martin Vaz. a) *Sargocentron bullisi* fotografado no Parcel das Tartarugas, Ilha da Trindade, a 10 m de profundidade, em 21/04/2007; b) *Caranx crysos* fotografado no Arquipélago Martin Vaz a 5 m de profundidade, em 03/04/2007; c) *Pempheris schomburgkii* fotografado na Praia das Cabritas, Ilha da Trindade, a 4 m de profundidade, em 25/03/2007; d) *Sphoeroides spengleri* fotografado na Praia do Lixo, Ilha da Trindade, a 7 m de profundidade, em 30/03/2007; e) *Clepticus brasiliensis* coletado na Praia da Calheta, Ilha da Trindade, a 7 m de profundidade, em 18/04/2007; f) *Stegastes pictus* coletado na Praia da Calheta, Ilha da Trindade, a 12 m de profundidade, em 18/04/2007. (Fotos: Hudson Pinheiro).

Atividades de Pesca

Espinhel Pelágico

Durante a expedição científica, foi realizada a comunicação com três barcos de espinhel pelágico, sendo uma embarcação de madeira provinda de Caravelas, Bahia, e duas embarcações de aço de Itajaí, Santa Catarina. Os barcos variavam de 14 a 25 metros e pescavam (**Figura 6.2**) a uma distância de 1,9 km das ilhas de Trindade e Martin Vaz, lançando espinhéis (*longlines*) de 20 até 55 km de extensão, visando, principalmente, à captura de tubarões-azuis *Prionace glauca* e espadartes *Xiphias gladius*. Os barcos podem comportar de 15 a 40 toneladas de pescado e permanecer entre 15 e 25 dias no mar. A produção pesqueira registrada em apenas uma noite, na menor das embarcações citadas, foi de oito tubarões-azuis e dois espadartes, sendo utilizados 550 anzóis. Além das espécies-alvo, foi reportada a captura de tartarugas ma-

rinhas *Chelonia mydas* e *Dermochelys coriacea* (respectivamente, um e dois indivíduos). Cabe ressaltar que a captura em espinhel figura como um dos maiores impactos para as espécies de tartarugas marinhas, todas ameaçadas de extinção (MMA, 2003; IEMA, 2005), sendo que este impacto pode ser potencializado no complexo insular oceânico de Trindade-Martin Vaz por Trindade figurar entre os maiores sítios de reprodução da tartaruga-verde *C. mydas* do Atlântico (MOREIRA *et al.*, 1995).



Figura 6.2. Pesca com espinhel pelágico ao largo da Ilha da Trindade. a) meca *Xiphias gladius*; b) tubarão-azul *Prionace glauca* (fotos: Hudson Pinheiro).

Espinhel de Fundo e Linheiros

Observamos, ao redor de Trindade, a presença constante de barcos de pesca de Vitória, Espírito Santo, os quais praticavam a pesca de espinhel e linha de fundo (**Figura 6.3**). A frota era constituída por barcos de madeira com 15 metros de comprimento e tração manual de recolhimento do espinhel, que media aproximadamente 2 km de comprimento e era dotado de 200 anzóis. A pesca de espinhel de fundo visa à captura de tubarões recifais (*Carcharhinus perezii*) e grandes serranídeos. O equipamento é lançado no final da tarde e recolhido na manhã do dia seguinte, nas regiões recifais rasas das ilhas, a poucos metros da linha de costa. A pesca de linha de fundo é iniciada após o trabalho com o espinhel, de noite e de dia, e visa à captura de grandes carangídeos (*Caranx lugubris*, *C. latus*, *Elagatis bipinnulata* e *Seriola* spp.) e serranídeos (*Epinephelus mystacinus*, *Mycteroperca venenosa* e *Ephinephelus adscensionis*), capturando também priacantídeos, gempylídeos e muraenídeos. Como iscas, são utilizados pequenos scombrídeos e outros peixes recifais locais como *Cephalopholis fulva*, *Holocentrus adscensionis*, *Heteropriacanthus cruentatus* e *Gymnothorax moringa*, capturados em pesca de currico ou linha de fundo.

Segundo um dos mestres de embarcação entrevistado, pescador há 12 anos no complexo Trindade-Martin Vaz, é visível o processo de sobrexplotação em que se encontra o badejo-pirajica *M. venenosa*. Eram capturados cerca de 400 a 800 kg deste peixe entre quatro e dez

anos atrás, e, atualmente, são pescados somente entre um e três exemplares por viagem. Lamentavelmente, esta espécie figura como Deficiente em Dados nas listas nacional e estadual de espécies ameaçadas de extinção, merecendo atenção para estudos de desembarques pesqueiros que possam subsidiar futuros planos de conservação ou recuperação para esta e outras espécies suscetíveis a sobreexploração neste complexo insular.

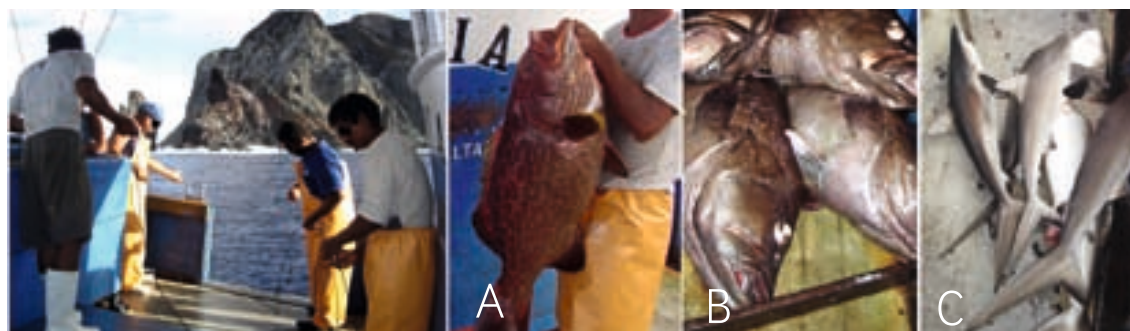


Figura 6.3. Pesca com espinhel de fundo e linheiros ao largo da Ilha da Trindade e do Arquipélago Martin Vaz. a) badejo-pirajica *Mycteroperca venenosa* capturado por linha de fundo em Martin Vaz (foto: Dione José Krise); b) chernes *Epinephelus mystacinus* capturados por linha de fundo em Trindade (foto: Hudson Pinheiro); c) tubarões recifais *Carcharhinus perezii* capturados por espinhel de fundo em Martin Vaz (foto: Hudson Pinheiro).

Pesca Recreacional

A pesca recreacional em Trindade e Martin Vaz ocorre em expedições para a prática de caça submarina (ironicamente denominadas por seus praticantes como safáris submarinos), que partem principalmente das cidades de Vitória e Rio de Janeiro. É também realizada como lazer por alguns militares que fazem a manutenção do POIT (**Figura 6.4**). Durante a coleta de dados para o presente capítulo, nenhuma embarcação de caça submarina foi avistada ou manteve contato com a estação de rádio do POIT, enquanto que a pesca recreacional, exercida por alguns militares, foi realizada de forma rotineira. As atividades de caça e pesca ocorrem em todos os turnos do dia, antes e após o término do expediente de trabalho relacionado à manutenção do POIT, além dos finais de semana, que são livres para quaisquer atividades.

Para a pesca com linha e anzol, são utilizadas iscas artificiais e sardinhas *Harengula cf. jaguana*, capturadas na própria ilha com o uso de tarrafas. Quando utilizam as sardinhas, a atividade é realizada principalmente à noite, quando os enormes cardumes do purfa ou peroá-preto *Melichthys niger* se tornam inativos. O objetivo da pescaria é a captura de carangídeos (*C. lugubris* e *C. latus*), serranídeos (*C. fulva* e *E. adscensionis*) e até mesmo tubarões (*C. perezii*). Foi registrada a apanha de nove espécies por esta atividade (**Tabela 6.2**) e uma média de 4 ($\pm 0,8$) peixes/homem/hora. As espécies mais capturadas foram *C. lugubris*, *C. fulva*, *E. adscensionis* e *H. adscensionis*. Esta pesca envolveu quatro categorias tróficas, sendo a maioria dos indivíduos carnívoros (42,2%), seguidos de piscívoros (37,8%), comedores de invertebrados móveis (15,6%) e herbívoros pastadores (4,4%).

Tabela 6.2. Espécies capturadas nas atividades recreacionais de caça submarina e pesca com linha e anzol na Ilha da Trindade.

Família Espécie	Categoria trófica	Caça submarina		Pesca com linha e anzol	
		Proporção nas capturas (%)	Tamanho médio em cm (EP)	Proporção nas capturas (%)	Tamanho médio em cm (EP)
Ginglymostomatidae					
Ginglymostoma cirratum (Bonnaterre, 1788)	C	PNM	-	-	-
Carcharhinidae					
Carcharhinus perezii (Poey, 1876)	PI	-	-	4,4	100 (0,0)
Muraenidae					
Gymnothorax moringa (Cuvier, 1829)	C	2,6	103,0 (3,3)	2,2	60
Holocentridae					
Holocentrus adscensionis (Osbeck, 1765)	CIM	0,6	33,0	11,1	29,2 (0,6)
Myripristis jacobus Cuvier, 1829	PL	0,6	22,0	-	-
Serranidae					
Cephalopholis fulva (Linnaeus, 1758)	C	0,6	32,0	28,9	30,2 (0,6)
Dermatolepis inermis (Valenciennes, 1833)	C	PNM	-	-	-
Epinephelus adscensionis (Osbeck, 1765)	C	18,2	53,2 (1,7)	11,1	39,6 (4,2)
Mycteroperca interstitialis (Poey, 1860)	PI	0,6	58,0	-	-
Priacanthidae					
Heteropriacanthus cruentatus (Lacepède, 1801)	CIM	1,3	29,5 (0,5)	-	-
Carangidae					
Caranx latus Agassiz, 1831	PI	PNM	-	PNM	-
Caranx lugubris Poey, 1860	PI	27,3	38,7 (0,7)	33,3	40,5 (2,3)
Carangoides ruber (Bloch, 1793)	PI	2,6	47,5 (1,2)	-	-
Elagatis bipinnulata (Quoy & Gaimard, 1825)	PI	PNM	-	-	-
Seriola rivoliana Valenciennes, 1833	PI	PNM	-	-	-
Haemulidae					
Anisotremus surinamensis (Bloch, 1791)	CIM	4,5	45,0 (2,5)	4,4	46,5 (1,5)
Kyphosidae					
Kyphosus sectatrix (Linnaeus, 1758).	HP	-	-	4,4	43,5 (1,5)
Labridae					
Halichoeres brasiliensis (Bloch, 1791)	CIM	1,3	40,5 (1,5)	-	-
Scaridae					
Sparisoma amplum ♀ (Ranzani, 1841)	HP	9,7	46,5 (1,1)	-	-
Sparisoma axillare ♂ (Steindachner, 1878)	HP	0,6	53,0	-	-
Sparisoma amplum ♂ (Ranzani, 1841)	HP	9,7	52,2 (1,2)	-	-
Sparisoma axillare ♀ (Steindachner, 1878)	HP	3,9	44,8 (1,7)	-	-

Continua...

... continuação

Tabela 6.2. Espécies capturadas nas atividades recreacionais de caça submarina e pesca com linha e anzol na Ilha da Trindade.

Família Espécie	Categoria trófica	Caça submarina		Pesca com linha e anzol	
		Proporção nas capturas (%)	Tamanho médio em cm (EP)	Proporção nas capturas (%)	Tamanho médio em cm (EP)
Acanthuridae					
Acanthurus coeruleus Bloch & Schneider, 1801	HP	0,6	22,0	-	-
Sphyraenidae					
Sphyraena barracuda (Edwards, 1771)	PI	6,5	95,1 (7,7)	-	-
Balistidae					
Balistes vetula Linnaeus, 1758	CIS	1,3	42,5 (2,5)	-	-
Canthidermis sufflamen (Mitchill, 1815)	O	7,1	43,6 (1,4)	-	-
EP=erro padrão; categoria trófica (segundo Ferreira <i>et al.</i> , 2004): CIM=comedores de invertebrados móveis; PI=piscívoros; PL=planctívoros; HP=herbívoros pastadores; HT=herbívoros territoriais; O=onívoros; CIS=comedores de invertebrados sésseis; CA=carnívoros. PNM=pesca não monitorada (a espécie foi capturada por determinada atividade, porém a pescaria não foi monitorada, não sendo possível determinar a proporção e o tamanho médio).					



Figura 6.4. Pesca recreacional (caça submarina) nos recifes rasos da Ilha da Trindade. a) garoupa-gato *Epinephelus adscensionis* (fotos submarinas: Hudson Pinheiro; demais fotos: Leandro Bugoni).

As capturas em caça submarina atingiram 22 espécies de peixes (Tabela 6.2), com uma média de 2,7 ($\pm 0,3$) peixes/homem/hora. As espécies mais apanhadas foram *C. lugubris*, *E. adscensionis*, *S. aplum*, *Canthidermis sufflamen* e *Sphyraena barracuda*. Esta atividade envolveu sete categorias tróficas, sendo que a maioria dos indivíduos são piscívoros (37%), seguidos de herbívoros (24,7%) e carnívoros (21,4%). A atividade de caça, apesar de seu rendimento de captura menor que a pesca de anzol, explorou os maiores peixes (Figura 6.5), com tamanhos médios de 49,7 ($\pm 1,5$) cm contra 39,6 ($\pm 2,4$) cm respectivamente.

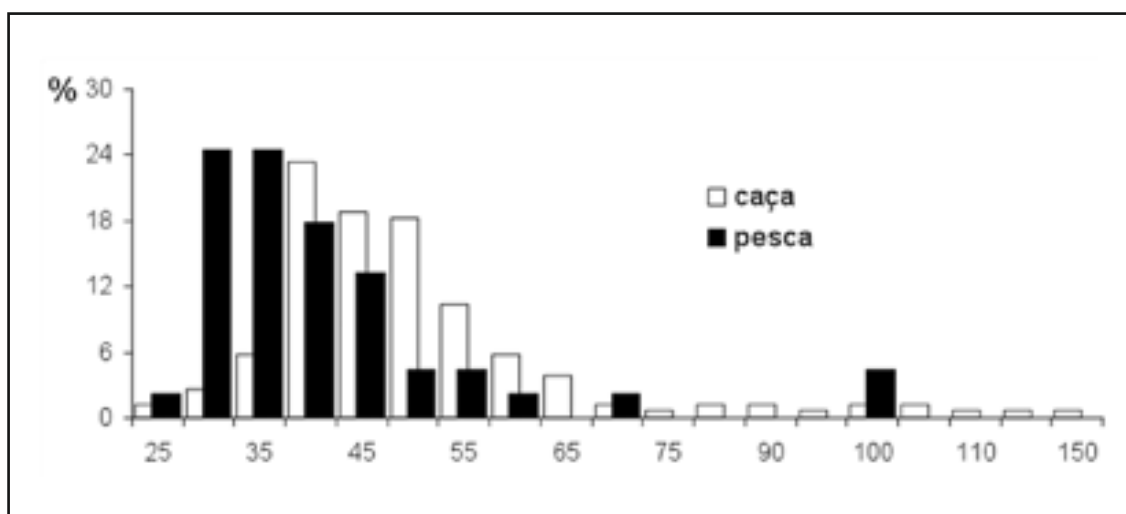


Figura 6.5. Proporção das classes de tamanho das capturas nas atividades recreacionais de caça e pesca de linha e anzol na Ilha da Trindade.

Nos 58 dias de expedição, estimamos a captura de 696 exemplares de peixes pela caça submarina e de 713 exemplares pela pesca. Analisando a relação comprimento-peso das principais espécies envolvidas, estimamos a captura de 418 kg do budião *S. amplum*, 292 kg da garoupa *E. adscensionis* e 101 kg do xaréu-preto *C. lugubris* pela atividade de caça, enquanto a atividade de pesca capturou 144 kg do xaréu-preto *C. lugubris*, 101 kg do catuá *C. fulva* e 75 kg da garoupa *E. adscensionis*.

Mortandade natural

Há mais de dez anos, vem sendo testemunhada, por militares e pesquisadores, na Ilha da Trindade, uma mortandade natural de peixes, os quais, conseqüentemente, acabam encalhados nas praias e costões (**Figura 6.6**). Não se sabe ao certo o motivo da mortandade, que parece, segundo os relatos, ter relação com os meses mais quentes do ano e, aparentemente, tem aumentado sua freqüência, quantidade de espécies e indivíduos mortos ao longo dos últimos três anos. Durante a expedição, foram identificadas 22 espécies encalhadas na região entre marés e, possivelmente, envolvidas com a mortandade natural (**Tabela 6.3**), as quais corresponderam a oito categorias tróficas. Espécies demersais corresponderam a 72,7% das envolvidas, sendo as demais pelágicas, bentônicas e de meia-água. A espécie mais abundante foi *M. niger* – os milhares de indivíduos formam grandes amontoados nas bordas das praias – seguida de juvenis de *H. adscensionis*. Ambas as espécies são consideradas, neste capítulo, como muito comuns em encalhes nas praias. Espécies comuns corresponderam a 41%, destacando-se os Tetraodontiformes (**Tabela 6.3**) e *H. cruentatus*, enquanto espécies consideradas raras corresponderam a 50% dos taxa envolvidos. Foram observados indivíduos mortos em todas as praias da ilha.

Por diversas ocasiões, observamos indivíduos agonizando na superfície da água a dezenas de metros da costa. Exemplares de *M. niger* mortos foram avistados por pescadores a 37 km de Trindade. Os pescadores profissionais atribuem a grande mortandade desta espécie, na área, à presença de uma grande mancha de óleo na superfície da água e à abundância de tubarões-azuis na proximidade de Trindade – menos de 2 km de distância.

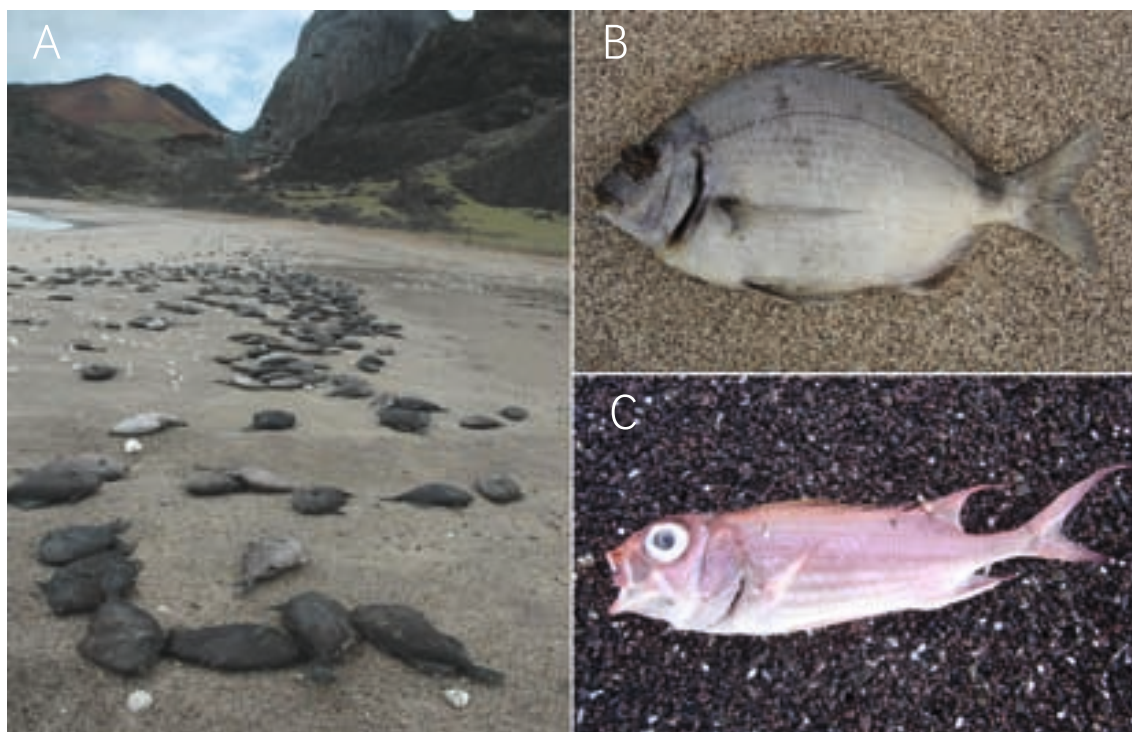


Figura 6.6. Mortandade natural de peixes na Ilha da Trindade. a) purfa *Melichthys niger* (foto: Pedro Welff Neto); b) joão-cachaça *Holocentrus adscensionis*; c) marimbá *Diplodus argenteus* (fotos: Hudson Pinheiro).

Tabela 6.3. Espécies, categoria trófica, habitat e frequência de encalhe das espécies envolvidas com a mortandade natural de peixes na Ilha da Trindade.

Família Espécie	Categoria trófica	Habitat	Frequência de encalhe
Holocentridae			
<i>Holocentrus adscensionis</i> (Osbeck, 1765)	CIM	D	MC
<i>Myripristis jacobus</i> Cuvier, 1829	PL	D	C
<i>Plectrypops retrospinis</i> (Guichenot, 1853)	CIM	D	R
Holocentridae jovem não identificado		D	C
Serranidae			
<i>Rypticus saponaceus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	CA	B	C
Priacanthidae			
<i>Heteropriacanthus cruentatus</i> (Lacepède, 1801)	CIM	D	C
Carangidae			
<i>Decapterus macarellus</i> (Cuvier, 1833)	PL	P	R
<i>Caranx latus</i> Agassiz, 1831	PI	P	R
Sparidae			
<i>Diplodus argenteus</i> (Valenciennes, 1830)	O	D	C
Kyphosidae			
<i>Kyphosus sectatrix</i> (Linnaeus, 1758)	HP	D	C
Chaetodontidae			
<i>Chaetodon striatus</i> Linnaeus, 1758	CIS	D	R
<i>Prognathodes brasiliensis</i> Burgess, 2001	CIS	D	R
Pomacanthidae			
<i>Holacanthus tricolor</i> (Bloch, 1795)	CIS	D	R
Pomacentridae			
<i>Microspathodon chrysurus</i> (Cuvier, 1830)	HT	B	R
Acanthuridae			
<i>Acanthurus bahianus</i> Castelnau, 1855	HP	D	R

Continua...

... continuação

Tabela 6.3. Espécies, categoria trófica, habitat e frequência de encalhe das espécies envolvidas com a mortalidade natural de peixes na Ilha da Trindade.

Família Espécie	Categoria trófica	Habitat	Frequência de encalhe
Balistidae			
<i>Canthidermis sufflamen</i> (Mitchill, 1815)	O	MA	C
<i>Melichthys niger</i> (Bloch, 1786)	O	MA	MC
Monacanthidae			
<i>Cantherhines pullus</i> (Ranzani, 1842)	O	D	R
<i>Cantherhines macrocerus</i> (Hollard, 1853)	O	D	C
Ostraciidae			
<i>Acanthostracion quadricornis</i> (Linnaeus, 1758)	O	D	R
Diodontidae			
<i>Diodon holocanthus</i> Linnaeus, 1758	CIM	D	C
<i>Diodon hystrix</i> (Linnaeus, 1758)	CIM	D	R

Categoria trófica: CIM=comedores de invertebrados móveis; PI=piscívoros; PL=planctívoros; HP=herbívoros pastadores; HT=herbívoros territoriais; O=onívoros; CIS=comedores de invertebrados sésseis; CA=carnívoros. Habitat: D=demersal; B=bentônico; P=pelágico; MA=meia-água. Frequência de encalhe: MC=muito comum (avistados diariamente; de centenas a milhares de indivíduos avistados durante a expedição); C=comum (avistados esporadicamente; de 10 a 100 indivíduos avistados durante a expedição); R=raro (poucos avistamentos; menos de 10 indivíduos avistados durante a expedição).

Discussão

As novas ocorrências de espécies de peixes registradas neste capítulo representam um acréscimo de cerca de 18% à lista de espécies conhecidas para a Ilha da Trindade (GASPARINI & FLOETER, 2001), que agora figura com 115 espécies. Futuras expedições científicas que aumentem o esforço amostral, principalmente em profundidades superiores a 30 metros, além de estudos genéticos, certamente resultarão em ampliação da listagem de espécies conhecidas para o complexo oceânico Trindade-Martin Vaz (GASPARINI & FLOETER, 2001).

Estas novas ocorrências podem ser atribuídas a dois fatores: a) o baixo conhecimento e pouco esforço de amostragem realizado até então na região e; b) a influência da cadeia de bancos submarinos Vitória-Trindade, que podem atuar como trampolins (*stepping stones*), colaborando para que o aporte de larvas de diferentes espécies da costa chegue ao complexo oceânico Trindade-Martin Vaz. Segundo Floeter & Gasparini (2000), estes bancos ficam a uma distância inferior a 250 km dos seus respectivos vizinhos e são responsáveis pela grande afinidade da ictiofauna da Ilha da Trindade comparativamente à costa brasileira. Um fato semelhante ocorre na cadeia de montes submarinos de Fernando de Noronha, o que explica a similaridade de espécies endêmicas entre o Atol das Rocas e o Arquipélago de Fernando de Noronha (SAMPAIO *et al.*, 2006).

O efeito de trampolins entre os bancos submarinos da cadeia Vitória-Trindade foi maior no final do Pleistoceno (16.000 a 14.000 anos atrás), quando o nível do mar era aproximadamente de 130 metros menor do que hoje, havendo maior superfície disponível para o assentamento de larvas (GASPARINI & FLOETER, 2001). Com o aumento do nível do mar, a magnitude do efeito trampolim diminuiu; porém, com a possível ocorrência de correntes e condições oceanográficas favoráveis em determinadas épocas do ano ou em anos diferentes, ainda pode colaborar para a chegada de espécies da costa até o complexo insular oceânico Trindade-Martin Vaz.

Observa-se que a grande influência da ictiofauna da margem continental brasileira sobre Trindade é suportada por um pequeno fluxo gênico (SAMPAIO *et al.*, 2006), estabelecido por entradas de larvas na ilha. A pequena chance da chegada de larvas, aliada à diminuta área rasa da ilha, limita a disponibilidade de habitats apropriados e dificulta o estabelecimento de populações das espécies providas do continente (ROBERTSON, 2001; FLOETER *et al.*, 2001). Conseqüentemente, muitas das espécies encontradas podem ser consideradas como raras ou vagantes, sem populações estabelecidas no complexo insular oceânico Trindade-Martin Vaz.

A dificuldade no estabelecimento e manutenção de novas espécies ícticas em Trindade-Martin Vaz faz com que este ambiente seja sensível a qualquer tipo de impacto ou anomalias, sejam elas antrópicas ou naturais. Esta característica torna mais provável a extinção ou perda de espécies da comunidade local de peixes do que novas colonizações por espécies diferentes, vindas da costa brasileira. Devido à tamanha peculiaridade, muitos fatores ameaçam as populações deste frágil ecossistema. Entre as principais ameaças aos peixes recifais insulares está a pressão de pesca sobre as espécies situadas em níveis mais elevados da cadeia trófica, o que afeta, em efeito cascata, as demais espécies, inclusive aquelas endêmicas (SAMPAIO *et al.*, 2006).

Uma recente lista de peixes ameaçados das ilhas oceânicas brasileiras apresenta cinco espécies de tubarões em Trindade e Martin Vaz (SAMPAIO *et al.*, 2006) e, destes, o tubarão-azul *P. glauca* vem sendo, nesta região, alvo de recente exploração por grandes barcos de Itajaí e, em menor escala, por barcos sediados na Bahia. Igualmente, o tubarão-recifal *C. perezii* e o badejo-pirajica *M. venenosa* há anos vêm sendo explorados pela frota espinheira de fundo nas zonas rasas de Trindade e Martin Vaz e, conseqüentemente, segundo os próprios mestres e tripulação destas embarcações, suas populações hoje apresentam acentuado declínio. Ambas as espécies não constam na Lista Nacional das Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes Ameaçadas de Extinção ou na Lista Nacional das Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes Sobreexploradas ou Ameaçadas de Sobreexploração (MMA, 2004), mas devido a sua distribuição restrita correm o risco, caso não manejadas corretamente, de desaparecerem, como ocorrido com tubarões do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (DEBELIUS, 1997; OLIVEIRA *et al.*, 1997). Estes exemplos ressaltam a vulnerabilidade de populações isoladas, limitadas às ilhas oceânicas, a qualquer tipo de exploração ou alteração do habitat (OLIVEIRA *ET AL.*, 1997; SAMPAIO *et al.*, 2006).

Martins *et al.* (2005) relatam o declínio na captura dos grandes peixes recifais pela frota capixaba na década de 1980, o que obrigou os pescadores a mudar o foco das pescarias. Estes autores ressaltam o grande deslocamento das frotas à procura de melhores pesqueiros, chegando a atuar na cadeia Vitória-Trindade. Porém, afirmam que a pesca de espinhel de fundo é a menos empregada no Espírito Santo. Dessa forma, verificamos que mesmo um pequeno esforço de pesca, empregado por uma diminuta frota de Vitória, tem a capacidade de ameaçar o equilíbrio da estrutura das comunidades de peixes recifais de Trindade e Martin Vaz.

Aliada à pesca comercial, ocorre, regularmente, em Trindade, a pesca recreacional de peixes recifais. Essa pesca atinge uma grande variedade de espécies de diferentes níveis tróficos, como piscívoros, herbívoros, comedores de invertebrados, planctívoros e, principalmente, espécimes adultos, responsáveis pela reprodução e manutenção de suas populações no complexo insular Trindade-Martin Vaz. De modo geral, pouco se sabe sobre o efeito da pesca artesanal sobre os

organismos. Westera *et al.* (2003) afirmam que a pesca recreacional pode ser suficiente para causar forte depleção das espécies-alvo, principalmente, devido às características do ciclo de vida das espécies envolvidas, que as tornam suscetíveis à sobrepesca. No presente trabalho, entre as espécies que necessitam de atenção está o tubarão-lixo *G. cirratum*, que figura nas listas nacional e estadual de peixes ameaçados de extinção (MMA, 2004; IEMA, 2005), a garoupa-gato *E. adscensionis* e o budião ou batata-azul *S. amplum*.

Durante os 58 dias de expedição, estimamos uma captura de 418 kg de budião e 367 kg de garoupa-azul pelas atividades recreacionais, sendo que, ao se extrapolar tais cotas para um período de 12 meses, observa-se uma depleção de 2.508 e 2.202 kg, respectivamente. As capturas de *E. adscensionis* pela pesca recreacional, em Trindade, representam praticamente 20% das capturas profissionais do principal serranídeo capturado pela frota (cerca de 53 embarcações) de Porto Seguro, Bahia, em um mesmo período de exploração (COSTA *et al.*, 2003). Estes dados são preocupantes, ainda mais considerando-se que a pesca age, principalmente, sobre os adultos – responsáveis pela reprodução e manutenção das populações – e que estas espécies apresentam lento crescimento, maturação tardia e reversão sexual com a maturidade, entre outras características (ver COLEMAN *et al.*, 2000 e HAWKINS & ROBERTS, 2003).

Felizmente, o impacto da pesca recreacional, por ser recente, ainda não afetou as espécies anteriormente citadas, uma vez que tais espécies continuam sendo comuns nos recifes rasos de Trindade e de Martin Vaz, ao contrário de muitas outras, como *C. perezii*, *M. venenosa* e *G. cirratum*. Em aproximadamente 105 horas de mergulho, avistamos somente oito indivíduos do tubarão-lixo, espécie outrora muito comum em Trindade (GASPARINI & FLOETER, 2001). Apesar de sua pequena abundância, tal espécie continua sendo alvo dos mergulhadores na ilha. Outras espécies pouco abundantes nos recifes de Trindade e que, esporadicamente, são capturadas são os serranídeos *Dermatolepis inermis*, *Mycteroperca interstitialis* e *Mycteroperca bonaci*.

Devido às características ambientais do complexo insular oceânico Trindade-Martin Vaz (isolamento e pequenas áreas rasas, que se traduzem em reduzido habitat disponível) e às características das espécies ícticas exploradas (que as tornam suscetíveis à sobrepesca), é fundamental o zelo pelos recursos naturais da região, por parte da Marinha do Brasil, principalmente quanto às espécies sobreexploradas, até porque há grande dificuldade logística (devido à distância do continente) para a ação dos órgãos ambientais competentes.

Considerando-se a responsabilidade da Marinha do Brasil pela guarda destas ilhas – incluindo o seu patrimônio natural –, a cooperação com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e com a Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Vitória (Semmam) representa a melhor forma de gestão do uso destes ambientes insulares ímpares, de forma que se inicie uma regulamentação das atividades de grande impacto, evitando assim a captura de espécies ameaçadas e sensíveis à sobrepesca.

Além do pouco conhecimento sobre a fauna íctica e a forte pressão antrópica exercida por pescadores profissionais e amadores, a mortandade natural de peixes é um fato intrigante na

região. Há relatos de que tal fenômeno ocorre há mais de dez anos, porém de forma não-cíclica. De 2005 até o presente (informação obtida com militares que já serviram no POIT diversas ocasiões), isso tem ocorrido regularmente e parece ter relação com os meses quentes.

Não há certeza sobre a causa desta mortandade, que envolve principalmente a espécie mais abundante do complexo insular Trindade-Martin Vaz – *M. niger*. A hipótese mais provável se relaciona a um *bloom* de algas tóxicas (uma ou mais espécies) ocasionada por condições propícias, principalmente no verão, com conseqüente intoxicação ao longo da cadeia trófica. Tais eventos, conhecidos em outras áreas tropicais do mundo como *ciguatera*, já têm vários registros para a costa brasileira (FERREIRA, 2004). Estudos sobre o assunto na região são fundamentais, pois as informações até agora obtidas carecem de embasamento científico, sendo comprovadas apenas por fotografias documentando enormes quantidades de peixes mortos, dispostos na linha da maré alta nas praias e costões vulcânicos de Trindade.

Considerações finais

Apesar dos novos conhecimentos adquiridos sobre os peixes recifais da Ilha da Trindade e do Arquipélago Martin Vaz, este complexo insular oceânico permanece com a ictiofauna menos conhecida entre as ilhas oceânicas brasileiras. Futuros estudos sobre a estrutura da comunidade providenciarão informações para diferentes análises e base para monitoramentos futuros. O aumento dos estudos contribuirá para a gestão da pesca na região e bancos pesqueiros adjacentes e para a compreensão de fenômenos como a mortandade natural.

As atividades de pesca profissional, principalmente linheiros e espinhel de fundo, necessitam ser avaliadas para a elaboração de medidas de manejo que visem ao seu controle e ordenamento. A Marinha do Brasil, por se tratar do órgão competente pela guarda da região, poderia colaborar com o ordenamento das atividades, como o cadastro das embarcações, características dos petrechos utilizados, lista e quantidade das espécies capturadas e estabelecimento de áreas fechadas.

Atividades de recreação, como as atividades de pesca, são importantes para a convivência e a quebra da rotina militar no POIT. Entretanto, o fato de os militares transportarem os peixes capturados ao longo de toda a expedição limpos, congelados e embalados, para o continente (cota de 30 kg de pescado limpo por militar) estimula a captura excessiva de algumas espécies-alvo. O controle da pressão de captura sobre as espécies suscetíveis, ou mesmo o encerramento destas cotas, é um primeiro passo para a manutenção dos estoques ícticos em Trindade-Martin Vaz.

Atualmente, a Ilha da Trindade e o Arquipélago Martin Vaz encontram-se enquadrados como Reserva Ecológica Municipal do município de Vitória. Contudo, devido ao abismo logístico ou esquecimento político, não há nenhum controle ou restrição às atividades de caça submarina ou pesca realizadas nas ilhas por parte da Semmam. O aumento da proteção, estabelecido pela efetivação de um plano de manejo desta Unidade de Conservação, é uma estratégia primordial para planos e medidas de recuperação e preservação dos ambientes locais. Cabe ressaltar que os bancos marinhos da cadeia Vitória-Trindade, somados à Ilha da Trindade e o Arquipélago Martin Vaz, formam um corredor ecológico marinho classificado como importância biológica extremamente alta (MMA, 2002).

Agradecimentos

Agradecemos o apoio do Projeto Tamar/ICMBio, especialmente a Luciana Moreira, Antônio de Padua Almeida (Tonim) e Rogério Penha Costa; ao apoio logístico da Marinha do Brasil, em especial aos militares Luberiaga, Baruf, Freitas, Cardoso, Fabio Ruiz Lobo, José Carlos G. Pereira, Rodrigues, Diego e Schumacher; aos companheiros amigos de pesquisa Dione Krise, Leandro Bugoni, Carlos Eduardo Stein, Pedro Welff, Victor Camilato Brilhante e Jean-Christophe Joyeux; ao Editor de Zoologia da presente publicação, Leonardo Vianna Mohr, pela oportunidade, revisão e valiosos comentários ao manuscrito; a Lorena Ribeiro, pela elaboração do *abstract*; aos companheiros de mergulho Paulo e Novaes. Somos gratos aos amigos Victor Camilato Brilhante, Raphael Macieira (Petit), Carlos Eduardo Ferreira (Cadu), Osmar Luiz Jr. (Mindú), Sergio R. Floeter (Giane), Bruno Massa, Gibran Chequer e Bruno Oliveira, pela leitura crítica e comentários ao manuscrito; a Dione Krise, Leandro Bugoni e Pedro Welff pela disponibilização de fotografias; ao incentivo da família Pinheiro e Flavia Carnelli; à parceria e apoio logístico da operadora de mergulho FLAMAR e da Associação Ambiental Voz da Natureza às atividades de mergulho e pesquisas científicas tanto em Trindade-Martin Vaz como na costa do Espírito Santo.

Referências bibliográficas

- Coleman, F.C.; Koenig, C.C.; Huntsman, G.R.; Musick, J.A.; Eklund, A.M.; McGovern, J.C.; Chapman, R.N.; Sedberry, G.R. & Grimes, C.B. 2000. **Long-lived reef fishes: the grouper-snapper complex**. Fisheries 25: 14-20.
- Costa, P.A.S.; Braga, A.C. & Rocha, L.O.F. 2003. **Reef fisheries in Porto Seguro, eastern of Brazilian coast**. Fish. Res. 60: 577-583.
- Debelius, H. 1997. **Mediterranean and Atlantic fish guide**. Frankfurt: IKAN – Unterwasserarchiv.
- Ferreira, C.E.L.; Gasparini, J.L.; Carvalho-Filho, A. & Floeter, S.R. 2005. **A recently extinct parrotfish species from Brazil**. Coral Reefs 24: 128.
- Ferreira, C.E.L.; Floeter, S.R.; Gasparini, J.L.; Ferreira, B.P. & Joyeux, J.C. 2004. **Trophic structure patterns of Brazilian reef fishes: a latitudinal comparison**. J. Biogeogr. 31: 1093-1106.
- Floeter, S.R.; Guimarães, R.Z.P.; Rocha, L.A.; Ferreira, C.E.L.; Rangel, C.A. & Gasparini, J.L. 2001. **Geographic variation in reef-fish assemblages along the Brazilian coast**. Global Ecol. Biogeogr. 10: 423-431.
- Floeter, S.R. & Gasparini, J.L. 2000. **The southwestern Atlantic reef fish fauna: composition and zoogeographic patterns**. J. Fish Biol. 56: 1099-1114.
- Froese, R. & Pauly, D. (Eds.). 2007. **FishBase. Versão 08/2007**. Disponível em <www.fishbase.org>. Acesso em: 19/09/2007.
- Gasparini, J.L. 2004. **Ilha da Trindade e Arquipélago Martin Vaz: pedaços de Vitória no azul atlântico**. Vitória: GSA.
- Gasparini, J.L. & Floeter, S.R. 2001. **The shore fishes of Trindade Island, western South Atlantic**. J. Nat. Hist. 35: 1639-1656.
- Hawkins, J.P. & Roberts, C.M. 2003. **Effects of fishing on sex-changing Caribbean Parrotfishes**. Biol. Conserv. 115: 213-226.
- IEMA – Instituto Estadual de Meio Ambiente do Espírito Santo. 2005. **Lista da Fauna e Flora Ameaçadas de Extinção no Estado do Espírito Santo**. Disponível em <http://www.ipema-es.org.br/hp/faunameacada.htm>. Acesso em: 10/09/2007.
- Martins, A.S.; Olavo, G. & Costa, P.A.S. 2005. **A pesca de linha de alto mar realizada por frotas sediadas no Espírito Santo, Brasil**, p. 35-55. In: Costa, P.A.S.; Martins, A.S. & Olavo, G. (Eds.). Pesca e potenciais de exploração de recursos vivos na região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira. Rio de Janeiro: Museu Nacional do Rio de Janeiro.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. 2002. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade das zonas costeiras e marinhas**. Brasília: MMA/SBF.
- _____. 2003. **Lista Nacional das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção**. Anexo à Instrução Normativa nº 3 do Ministério do Meio Ambiente, de 27/05/2003, publicada no D.O.U. nº 101, Seção I, de 28/05/2003.
- _____. 2004. **Lista Nacional das Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes Ameaçadas de Extinção e Lista Nacional das Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes Sobreexplotadas ou Ameaçadas de Sobreexploração**. Anexos à Instrução Normativa nº 5 do Ministério do Meio Ambiente, de 21/05/2004, publicada no D.O.U. nº 102, Seção I, de 28/05/2004.
- Moreira, L.; Baptistotti, C.; Scalfoni, J.; Thomé, J.C. & Almeida, A.P.L.S. 1995. **Occurrence of *Chelonia mydas* on the island of Trindade, Brazil**. Marine Turtle Newsletter 70: 2.
- Oliveira, G.M.; Evangelista, J.E.V. & Ferreira, B.P. 1997. **Considerações sobre a biologia e pesca no arquipélago dos penedos de São Pedro e São Paulo**. Bol. Téc. Cient. CEPENE 5: 1-16.
- Robertson, D.R. 2001. **Population maintenance among tropical reef fishes: inference from small-island endemics**. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 98: 5667-5670.
- Sampaio, C.L.S.; Carvalho-Filho, A.; Feitoza, B.M.; Ferreira, C.E.L.; Floeter, S.R.; Gasparini, J.L.; Rocha, L.A. & Sazima, I. 2006. **Peixes recifais endêmicos e ameaçados das ilhas oceânicas brasileiras e do complexo recifal dos Abrolhos**, p. 215-234. In: Alves, R.J.V. & Castro, J.W.A. (Orgs.). **Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo**. Brasília: MMA.
- Westera, M.; Lavery, P. & Hyndes, G. 2003. **Differences in recreationally targeted fishes between protected and fished areas of a coral reef marine park**. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 294: 145-168.

Capítulo 7

**Guia de Identificação
Ilustrado das Espécies
de Peixes Endêmicas
e Ameaçadas das Ilhas
Oceânicas Brasileiras e do
Banco dos Abrolhos**

Cláudio L.S. Sampaio

Alfredo Carvalho-Filho

Carlos Eduardo L. Ferreira

Bertran Miranda Feitoza

Sergio R. Floeter

João Luiz Gasparini

Osmar J. Luiz Jr.

Luiz A. Rocha

Resumo

A costa do Brasil, com cerca de 8.000 km de extensão, inclui grande diversidade de ecossistemas marinhos, banhados por correntes tropicais ao norte e nordeste e por subtropicais ao sul e sudeste. Estes ecossistemas sustentam ricas fauna e flora com altas taxas de endemismo. Os objetivos deste capítulo são: a) apresentar um guia de identificação ilustrado para auxiliar na identificação e determinação de espécies endêmicas, inclusive como apoio à fiscalização pesqueira pelos órgãos ambientais; b) retratar o atual *status* de conservação destas espécies. São ilustradas 33 espécies de peixes presentes nas ilhas oceânicas brasileiras e que estão listadas como ameaçadas de extinção na Instrução Normativa nº. 5/2004, do Ministério do Meio Ambiente, ou na Lista Vermelha da União Mundial para a Conservação (IUCN). Apresentamos também sugestões de medidas de conservação a serem tomadas, visando estimular a revisão das listas atuais das espécies de peixes marinhos brasileiros ameaçadas de extinção, ameaçadas de sobreexploração ou sobreexplotadas.

Abstract

Illustrated Field Guide of Endemics and Threatened Fishes of the Brazilian Oceanic Islands and Abrolhos Bank

The Brazilian coast, with an extension of approximately 8,000km, includes a high marine ecosystem diversity and is influenced by tropical currents in the north and northeast and by subtropical currents in the south and southeast. These ecosystems sustain a rich flora and fauna with high levels of endemism. In this chapter we aim to: a) present an illustrated field guide to help the correct identification of endemic species and, b) assess the present conservation status of these species. Here we present a total of 33 fishes that occur in the Brazilian oceanic island and either are listed in IBAMA's "Instrução Normativa nº 5/2004" as threatened or are filed under a threatened category by the World Conservation Union (IUCN). We also present suggestions and measures to be taken aiming to stimulate a revision of the present list of threatened and over-exploited Brazilian marine fishes.

Introdução

A costa do Brasil, com cerca de 8.000 km de extensão, inclui uma grande diversidade de ecossistemas marinhos banhados tanto por correntes tropicais ao norte e nordeste, quanto por subtropicais no sul e sudeste (LEÃO & DOMINGUEZ, 2000). Estes ecossistemas sustentam ricas fauna e flora com altas taxas de endemismo (FLOETER & GASPARINI 2000, 2001; MOURA *et al.*, 2001; MOURA & CASTRO, 2002; MOURA & SAZIMA, 2002; MOURA, 2003; LEÃO *et al.*, 2003, ROCHA, 2003; NEVES *et al.*, 2006) e estão compreendidos dentro de uma única província biogeográfica marinha (BRIGGS, 1995; FLOETER & GASPARINI, 2000; FEITOZA *et al.*, 2005).

Apesar da riqueza natural permitir a exploração de vários serviços e bens de consumo às populações costeiras e assumir grande importância na economia do país, menos de 1% da costa tem algum *status* de proteção (FLOETER *et al.*, 2006; FLOETER *et al.*, 2007). Assim como em outras partes do mundo, a maior parcela da população brasileira vive na costa, impingindo impactos variados aos ecossistemas costeiros. Tais impactos estão tipicamente relacionados ao cresci-

mento urbano desenfreado, à poluição generalizada, à sobrepesca, ao turismo desordenado, a modificações físicas da faixa costeira, à introdução de espécies e ao desmatamento das bacias hidrográficas, com conseqüente aporte de sedimentos e nutrientes aos sistemas estuarinos e costeiros (COUTINHO *et al.*, 1993; OLIVEIRA *et al.*, 1997; FERREIRA & GONÇALVES, 1999; COSTA *et al.*, 2003; FERREIRA, 2003; LEÃO *et al.*, 2003; DUTRA *et al.*, 2006; FLOETER *et al.*, 2006; GERHARDINGER *et al.*, 2006; SAMPAIO *et al.*, 2006; SAMPAIO & ROSA, 2006; FLOETER *et al.*, 2007; ILARRI *et al.*, 2007; MEDEIROS *et al.*, 2007; MOURA *et al.*, 2007; SOUZA *et al.*, 2007).

As ilhas oceânicas brasileiras, juntamente com o Banco dos Abrolhos, reúnem significativa parcela de peixes endêmicos e ameaçados de extinção, muitos ainda sequer descritos pela ciência. Apenas recentemente, esta riqueza foi ordenada sistematicamente em uma única obra (SAMPALIO *et al.*, 2006), onde os autores compilaram os dados disponíveis sobre a ictiofauna recifal do Atol das Rocas, Ilha da Trindade, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Arquipélago de Fernando de Noronha e do Banco dos Abrolhos. Naquele trabalho, os autores listam as espécies endêmicas, ameaçadas ou mesmo ainda não descritas, atualizando suas distribuições geográficas e sugerindo medidas para sua conservação.

Se por um lado algumas destas espécies endêmicas tenham grande importância econômica e ecológica, nada se sabe sobre as demais. Porém, muitas são alvos tradicionais de pescarias no litoral brasileiro (SAZIMA *et al.*, 1996, 1998; MONTEIRO-NETO *et al.*, 2003; GASPARINI *et al.*, 2005; NOTTINGHAM *et al.*, 2000, 2005; SAMPAIO & ROSA, 2005; ROSA *et al.*, 2006; MOURA & LINDEMAN, 2007) e várias constam na Lista Nacional das Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes Ameaçadas de Extinção ou na Lista Nacional das Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes Sobreexploradas ou Ameaçadas de Sobreexploração, publicadas pelo Ministério do Meio Ambiente (Instrução Normativa nº. 5, de 21/5/2004, complementada pela Instrução Normativa nº. 52, de 8/11/2005).

A maioria dos peixes endêmicos das ilhas oceânicas brasileiras e do Banco dos Abrolhos é formada por espécies de tamanho reduzido e de hábitos crípticos (FLOETER & GASPARINI, 2001).

Sendo estas ilhas locais afastados e com reduzida área de plataforma, grande parte destes endêmicos tem ainda distribuição restrita (GUIMARÃES *et al.*, 2004; RANGEL *et al.*, 2004; SAMPAIO *et al.*, 2004; SAMPAIO *et al.*, 2006; LUIZ JR. *et al.*, 2007). O Arquipélago de São Pedro e São Paulo, a menor e uma das mais distantes ilhas, e o Banco dos Abrolhos, a área mais extensa e mais próxima da costa, foram as áreas que apresentaram o maior número de espécies ameaçadas de sobreexploração e extinção, dentre as que constam nas listas supramencionadas (SAMPALIO *et al.*, 2006).

Tais listas representam o primeiro esforço governamental para indicar espécies aquáticas (peixes e invertebrados) que vêm sofrendo perdas em suas populações, causadas por ameaças variadas e que necessitam de manejo específico.

Entretanto, tal lista ainda não foi revista após sua publicação, e possíveis inclusões e exclusões são necessárias. Mesmo tendo sido mencionado, no ato de sua publicação, que deverão ser

realizados estudos para o manejo ótimo das espécies listadas, quatro anos se passaram com total ausência de iniciativas¹.

O Guia de Identificação Ilustrado das Espécies Endêmicas e Ameaçadas, apresentado neste capítulo, complementa os dados publicados por Sampaio *et al.* (2006), uma vez que o estudo, a conservação e a utilização da biodiversidade das ilhas oceânicas e do Banco dos Abrolhos exigem a disponibilidade de fontes de referência que permitam acessar o conhecimento atual de forma fácil e eficiente. Um guia como este era, até então, inexistente, sendo extremamente necessário para suprir a constante demanda de identificação de espécies endêmicas e ameaçadas, tanto pela comunidade científica (GASPARINI *et al.*, 2005; NOTTINGHAM *et al.*, 2005) quanto pelos órgãos fiscalizadores de meio ambiente (IBAMA, 2003).

Objetivos

- Apresentar um guia de identificação ilustrado que auxilie na correta determinação e na fiscalização pesqueira, por parte dos órgãos ambientais, das espécies listadas por Sampaio *et al.* (2006).
- Retratar o atual *status* de conservação destas espécies.
- Fornecer subsídios para a revisão da atual lista das espécies de peixes marinhos ameaçadas de extinção e sobreexplotadas, contidas nas Instruções Normativas publicadas pelo Ministério do Meio Ambiente.
- Incentivar estudos adicionais para o manejo ótimo das espécies listadas.

Material & métodos

Para a confecção do guia, foram utilizadas fotografias das espécies, preferencialmente vivas, em seu ambiente natural ou em aquário, ou ainda espécimes mortos recém-coletados.

Parte das informações aqui apresentadas baseia-se em dados ainda não publicados, obtidos durante expedições científicas desenvolvidas pelos autores. Outras informações referentes a características, hábitos e distribuição geográfica foram retiradas das obras de Carvalho-Filho (1999), Menezes *et al.* (2003), Rocha (2004), Compagno *et al.* (2005) e Froese & Pauly (2007).

1 Nota do Editor: a referida Instrução Normativa (IN), no seu Artigo 6º, estabelece que “as listas constantes dos Anexos I e II desta Instrução Normativa serão revisadas com base em critérios e procedimentos a serem definidos pelo Grupo de Trabalho criado pela Portaria nº 231, de 26 de maio de 2003”, que tem como uma de suas competências definir a periodicidade destas revisões. Este GT estabeleceu o prazo de cinco anos para a publicação de uma lista revisada, o que está, desta forma, no prazo. Tal processo já se iniciou e está agora sob a responsabilidade do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/Ministério do Meio Ambiente. Em relação às ações de manejo, para espécies sobreexplotadas ou ameaçadas de sobreexploração foram criados pelo Ibama, por exemplo, o Comitê de Gestão de Uso Sustentável de Lagostas e o Comitê de Gestão de Uso Sustentável da Sardinha Verdadeira. Em relação a peixes ameaçados, pode-se citar o mero, que mesmo antes da publicação das Listas, já era alvo de atenção, com a publicação de IN proibindo sua captura e comercialização ainda em 2002. Ver a legislação referente ao assunto na seção Recursos Pesqueiros em www.ibama.gov.br.

As informações são apresentadas sob a forma de fichas padronizadas e ilustradas, ordenadas sistematicamente segundo Nelson (2006)², contendo as seguintes informações: nome científico válido, família, nomes populares em português e em inglês (este entre parênteses), diagnose resumida, distribuição, habitat, comportamento e status de conservação, este último segundo a União Mundial para a Conservação, indicada como IUCN 2007 (IUCN, 2007) e as Instruções Normativas anteriormente citadas, referidas como MMA 2004. Em relação a estas, os Anexos I e II se referem, respectivamente, às espécies ameaçadas de extinção (captura não permitida) e espécies sobreexploradas ou ameaçadas de sobreexploração (captura permitida, mas que necessitam de planos de gestão de uso). O grau de ameaça foi (para as listas nacionais) retirado de Machado *et al.* (2005) e as seguintes siglas são utilizadas (estas também valem para a Lista Vermelha da IUCN):

CR=Criticamente Ameaçado

EN=Em Perigo

VU=Vulnerável

DD=Deficiente em Dados

Para a IUCN, existem ainda as categorias:

Near Threatened=NT

Lower Risk/Near Threatened=LR/NT

Lower Risk/Least Concern=LR/LC

A descrição das categorias é encontrada em Machado *et al.* (2005) e IUCN (2007).

Quanto à distribuição geográfica, os acrônimos utilizados são:

Arquipélago de Fernando de Noronha=NORON

Arquipélago de São Pedro e São Paulo=ASPSP

Atol das Rocas=ROCAS

Banco dos Abrolhos=ABROL

Complexo Ilha da Trindade-Arquipélago Martin Vaz=TRIMV

Ilha da Trindade=TRIND

Martin Vaz³=MAVAZ

As características apresentadas na diagnose são as mais facilmente observadas, usualmente referentes ao padrão de coloração e à morfologia externa. O comprimento refere-se ao comprimento total aproximado e é indicado ao final do item identificação. Quanto ao comportamento, foram registrados aspectos considerados mais relevantes, tais como alimentação e horário de atividade. O tópico de conservação trata não somente do seu status, mas especialmente das principais ameaças a que cada espécie está submetida, bem como as artes de pesca com as quais são freqüentemente capturadas no Brasil.

2 Nota do editor: foi necessário reordenar algumas espécies durante a montagem das pranchas fotográficas.

3 Nota do editor: o uso "Arquipélago Martin Vaz" é uma opção dos autores. Não há consenso na literatura quanto a grafia do local com "m" ou "n", e mesmo quanto a utilização da preposição "de" separando o acidente geográfico do seu nome próprio.

Resultados

Nome científico: *Rhincodon typus* Smith, 1828 (**Figuras 7.1 e 7.1a**).

Família: Rhincodontidae.

Nome popular: tubarão-baleia, pintadinho, cação-estrela (*Whale Shark*).

Identificação: Corpo robusto, de grande tamanho; focinho achatado, curto, boca transversal e quase terminal; olhos pequenos; quilhas proeminentes nos flancos; nadadeira caudal quase lunada; dentes pequeninos, curvados para trás; nadadeiras peitorais largas, bem à frente da primeira dorsal. Corpo marrom, oliva, cinza ou azulado, com linhas e manchas redondas de cor branca a amarelada; ventre branco. A maior espécie de peixe conhecida, pesando até 36 toneladas e medindo 20 metros.

Distribuição: Circunglobal, no Atlântico ocidental desde Nova York (EUA) até o Rio Grande do Sul. No Brasil, foram registrados cerca de 70 exemplares, a maioria em águas ricas em zooplâncton. Ocorre ao largo da costa e no NORON, ASPSP, ABROL e ao largo da TRIND.

Habitat e comportamento: Pelágico, é observado em águas abertas, geralmente oceânicas e freqüentemente junto a ilhas oceânicas, próximo à superfície, podendo eventualmente fazer mergulhos até 700 metros de profundidade. Solitário ou em pequenos grupos, pode alcançar áreas costeiras em certas épocas do ano e ao longo de suas migrações, que podem durar até três anos. Filtrador, alimenta-se de zooplâncton. Não é espécie perigosa, embora já tenham sido registrados 28 casos de choque com embarcações.

Conservação: MMA 2004 (Anexo I, VU); IUCN 2007 (VU). No Brasil, é capturado acidentalmente com redes de deriva e espinhéis de superfície (*longlines*), podendo sofrer *finning*, prática criminosa em que as nadadeiras são retiradas e o restante do corpo é descartado no mar com o animal ainda vivo. Colisões com embarcações em trânsito são, também, uma ameaça à espécie.

Nome científico: *Ginglymostoma cirratum* (Bonaterre, 1778) (**Figuras 7.2 e 7.2a**).

Família: Ginglymostomatidae.

Nome popular: lambaru, cação-lixo (*Nurse Shark*).

Identificação: Cabeça larga, achatada; focinho arredondado, boca transversal e quase terminal, com um par de barbilhões; olhos pequenos; nadadeira caudal longa, o lobo inferior muito pequeno; dentes pequeninos, curvados para trás, com várias pontas; nadadeiras peitorais largas, bem à frente da primeira dorsal, que é larga e arredondada, situada sobre as pélvicas. Corpo uniformemente marrom, oliva a amarelo, os jovens com pequenos ocelos escuros, marginados de branco e manchas escuras indistintas. 4 metros.

Distribuição: Porção ocidental do oceano Atlântico, desde os Estados Unidos até o Rio de Janeiro e também no NORON, ABROL, ROCAS e TRIND, incluindo os pontos mais rasos da cadeia Vitória-Trindade.

Habitat e comportamento: Demersal, noturno e gregário, ocorrendo geralmente em pequenos grupos, desde 1 até 140 metros de profundidade, mas normalmente até 70 metros no máximo. Freqüenta mangues, estuários, naufrágios, fundos rochosos e coralinos, na costa e junto à maioria de nossas ilhas oceânicas. É mais ativo à noite e, ainda que possa também ser observado durante o dia, prefere descansar neste período em cavernas e sob lajes. Não é es-

pécie perigosa, embora acidentes envolvendo mergulhadores que tentam puxar os indivíduos pela cauda sejam conhecidos. Seus dentes e mandíbula podem causar ferimentos sérios.

Conservação: MMA 2004 (Anexo I, VU); IUCN 2007 (DD). No Brasil, a espécie é capturada com redes de espera, caça submarina, linha de mão e pequenos espinhéis. Os peixes são coletados também no Nordeste, para fins ornamentais.

Nome científico: *Carcharias taurus* (Rafinesque, 1810) (**Figura 7.3**).

Família: Odontaspidae.

Nome popular: mangona (*Sandtiger Shark*).

Identificação: Corpo robusto; focinho quase cônico, um pouco achatado dorsalmente; olhos pequenos; dentes longos, pontudos, estreitos, lisos e afiados, com um dentículo de cada lado da base; nadadeiras peitorais largas, bem à frente da primeira dorsal, que é similar à segunda e à anal, em tamanho e formato. Marrom a bege, com pintas escuras esparsas. 4 metros.

Distribuição: Quase circunglobal, ausente apenas do Pacífico oriental; no Atlântico ocidental ocorre do sul do Canadá à Argentina; no Brasil, sua ocorrência está restrita às regiões Sul e Sudeste. Registros históricos são conhecidos para o ABROL.

Habitat e comportamento: Costeiro, ocorre entre 1 e cerca de 200 metros de profundidade, próximo ao fundo e junto a fundos consolidados. De nado lento mas vigoroso, é mais ativo durante a noite. Pode ser observado solitário, mas frequentemente forma cardumes de 20 a 80 indivíduos. Não é espécie considerada perigosa no Brasil, ainda que o seja na Austrália e África do Sul.

Conservação: MMA 2004 (Anexo II); IUCN 2007 (VU). No Brasil, é capturado com redes de espera, caça submarina, linha de mão e espinhéis.

Nome científico: *Carcharhinus signatus* (Poey, 1868) (**Figura 7.4**).

Família: Carcharhinidae.

Nome popular: fidalgo, tubarão-toninha (*Night Shark*).

Identificação: Corpo estreito; quilha interdorsal presente; focinho pontudo e longo; olhos grandes, com íris esverdeada; dentes superiores oblíquos, serrilhados; nadadeiras peitorais curtas e afiladas; primeira nadadeira dorsal com origem sobre as peitorais. Cinza a marrom, ventre branco, sem marcas nas nadadeiras, mas exemplares jovens podem exibir tons mais escuros nas extremidades da segunda dorsal, anal e cauda, com margem posterior ventral da peitoral mais escura também. 3 metros.

Distribuição: Atlântico tropical, no lado ocidental, desde os Estados Unidos à Argentina. No Brasil, é observado ao largo de toda costa e também no TRIMV, ASPSP e NORON.

Habitat e comportamento: De águas oceânicas, normalmente mais próximos da beira do talude, não raramente sobre a plataforma continental e junto a ilhas oceânicas, especialmente os jovens, desde a superfície até cerca de 600 metros de profundidade. Forma cardumes e migra para a superfície durante a noite. Não é considerada espécie perigosa.

Conservação: MMA 2004 (Anexo II); IUCN 2007 (VU). No Brasil, é capturada com redes de deriva, linha de mão e espinhéis de superfície (*longlines*), muitas vezes sofrendo *finning*.

Nome científico: *Carcharhinus longimanus* (Poey, 1861) (**Figura 7.5**).

Família: Carcharhinidae.

Nome popular: galha-branca (*Oceanic Whitetip Shark*).

Identificação: Corpo robusto; quilha interdorsal normalmente presente; focinho arredondado; olhos pequenos, dentes triangulares e serrilhados, principalmente os superiores; nadadeiras peitorais longas, de ponta arredondada; nadadeira dorsal arredondada. Cinza a marrom, ventre branco, muitas vezes com manchas cinzentas na face ventral do focinho; pontas das peitorais, dorsais e caudal são brancas em exemplares com mais de 1,6 metro de comprimento. Jovens com extremidade preta em algumas nadadeiras e também no pedúnculo caudal. 3 metros.

Distribuição: Circunglobal, em águas oceânicas. No Brasil, é observado ao largo de toda costa e também no TRIMV, ASPSP, NORON e ROCAS.

Habitat e comportamento: De águas abertas, geralmente oceânicas, eventualmente observado junto a paredões profundos de ilhas oceânicas, da superfície até cerca de 180 metros de profundidade. Observado solitário ou aos pares, raramente em grupos, é curioso e agressivo, podendo ser muito perigoso. Pode acompanhar grupos de tubarões lombos-pretos *Carcharhinus falciformis* e baleias-piloto *Globicephala* spp. (Delphinidae).

Conservação: MMA 2004 (Anexo II); IUCN 2007 (VU). No Brasil é capturado com redes de deriva, linha de mão e espinhéis de superfície (*longlines*), muitas vezes sofrendo *finning*.

Nome científico: *Carcharhinus galapagensis* (Snodgrass & Heller, 1905) (**Figura 7.6**).

Família: Carcharhinidae.

Nome popular: cação-do-alto (*Galapagos Shark*).

Identificação: Corpo estreito a moderadamente robusto; quilha interdorsal presente; focinho arredondado e curto; olhos grandes, dentes superiores triangulares, largos e serrilhados, os inferiores serrilhados e alongados; nadadeiras peitorais longas e retas, de ponta estreita; nadadeira dorsal com margem anterior convexa a reta. Marrom a cinza-azulado no dorso, o ventre branco; nadadeiras eventualmente com as pontas ligeiramente escurecidas. 4 metros.

Distribuição: Circunglobal; no Brasil, foi observado em águas ao redor do ASPSP, havendo ainda registros não confirmados para o NORON.

Habitat e comportamento: De águas abertas, da superfície até 180 metros de profundidade, ocorre em grande número junto a determinadas ilhas oceânicas, sendo ausente de outras por razões desconhecidas. São observados em cardumes, alguns numerosos. Os jovens preferem águas mais rasas, até os 25 metros de profundidade e se alimentam tanto no fundo como na superfície. São curiosos, agressivos e considerados perigosos, especialmente os grandes adultos.

Conservação: MMA 2004 (não consta); IUCN 2007 (NT), onde sua inclusão deve-se ao fato de, no Brasil, ter sido abundante junto ao ASPSP e hoje não mais observada, podendo estar localmente extinta na única localidade em que foi registrada no país. Era capturada acidentalmente, com redes de deriva, linhas de mão e espinhéis de superfície (*longlines*) voltados para a captura de outras espécies de maior interesse comercial (OLIVEIRA *et al.*, 1997). Há cerca de 15 anos não é registrada nas pescarias realizadas ao largo do ASPSP (VASKE-JR. *et al.*, 2005).

Nome científico: *Negaprion brevirostris* (Poey, 1868) (**Figuras 7.7 e 7.7a**).

Família: Carcharhinidae.

Nome popular: cação-limão (*Lemon Shark*).

Identificação: Corpo robusto; focinho curto e arredondado; dentes estreitos, com cúspides superiores lisas e bases finamente serrilhadas; nadadeiras peitorais curtas e largas; ambas dorsais com tamanho e forma similares. Marrom-amarelado-claro, o ventre mais pálido, sem marcas nas nadadeiras, exceto pelas bordas mais escuras em exemplares neonatos e bem jovens. 3 metros.

Distribuição: Pacífico oriental e Atlântico, sendo que, no lado ocidental, ocorre desde os Estados Unidos até São Paulo (onde possivelmente esteja extinto), incluindo o NORON, ROCAS e ABROL.

Habitat e comportamento: Observado em águas costeiras e junto a algumas ilhas oceânicas, da superfície até ao menos 90 metros de profundidade, incluindo regiões estuarinas, manguezais, rios costeiros e recifes de coral. Geralmente solitário, pode formar grupos segregados por sexo e tamanho. É mais ativo ao amanhecer e durante a noite. Pode ser potencialmente perigoso, dependendo da região. NORON, ABROL e ROCAS são as únicas áreas de reprodução conhecidas no Brasil.

Conservação: MMA 2004 (Anexo I, VU); IUCN 2007 (LR/NT). No Brasil, é capturado com redes de espera, caça submarina, linha de mão, pequenos espinhéis e em arrastos de camarão na região Norte.

Nome científico: *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) (**Figura 7.8**).

Família: Carcharhinidae.

Nome popular: tubarão-azul, mole-mole (*Blue Shark*).

Identificação: Corpo muito estreito e delgado, o focinho longo e moderadamente cônico; olhos grandes; dentes superiores triangulares, serrilhados e curvos; nadadeiras peitorais longas e falcadas, bem à frente da primeira dorsal. Dorso azul-escuro, flanco azul-claro, ventre branco. 4 metros.

Distribuição: Circunglobal, no Atlântico ocidental desde o Canadá até Argentina. No Brasil, ocorre ao largo de toda a costa, incluindo o ASPSP, NORON, TRIMV, ABROL e ROCAS.

Habitat e comportamento: Observado em águas oceânicas, não sendo comum sobre a plataforma continental e, eventualmente, encontrado próximo a ilhas oceânicas, desde a superfície até cerca de 350 metros de profundidade. Forma cardumes e é migratório. Pode chegar a áreas costeiras durante a noite, quando é mais ativo. É considerada espécie perigosa para o homem, sobretudo para naufragos em alto mar. O mais abundante de todos os tubarões oceânicos do planeta.

Conservação: MMA 2004 (Anexo II); IUCN (LR/NT). No Brasil, é capturado com redes de deriva, linha de mão e espinhéis de superfície (*longlines*), muitas vezes sofrendo *finning*.

Nome científico: *Sphyrna tiburo* (Linnaeus, 1758) (**Figura 7.9**).

Família: Sphyrnidae.

Nome popular: cação-martelo, rudela, cambeva-pata, panã-da-aba-curta (*Bonnethead Shark*).

Identificação: Cabeça em forma de martelo, mas pouco expandida lateralmente, com aspecto de meia-lua. Cinza a marrom-acinzentado no dorso, ventre claro; freqüentemente com pequenas pintas negras no corpo. 1,5 metro.

Distribuição: Pacífico oriental e Atlântico ocidental desde o sul do Canadá até São Paulo, inclusive no ABROL. Provavelmente está extinto no extremo sul de sua distribuição geográfica.

Habitat e comportamento: Pelágico-demersal e costeira, ocorre da superfície até cerca de 80 metros de profundidade, desde estuários, baías, recifes a ilhas costeiras. Forma grupos de três a 15 indivíduos. Não é considerada espécie perigosa.

Conservação: MMA 2004 (Anexo II); IUCN 2007 (LR/LC). No Brasil, é capturado, especialmente, com redes de espera, linha de mão e arrastos de camarão no Norte. Outrora abundante nos desembarques da frota artesanal do litoral norte da Bahia, hoje é extremamente raro.

Nome científico: *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) (**Figuras 7.10 e 7.10a**).

Família: Sphyrnidae.

Nome popular: cambeva-branca, tubarão-martelo (*Scalloped Hammerhead*).

Identificação: Cabeça em forma de martelo, com uma fenda central; primeira nadadeira dorsal moderadamente ereta e alta, segunda dorsal e pélvica baixas. Cinza-claro a bronze no dorso, branco no ventre; nadadeiras peitorais com pontas escuras; uma mancha escura no lobo inferior da nadadeira caudal. 4 metros.

Distribuição: Circunglobal, no Atlântico ocidental ocorre de Nova York, EUA, ao Rio Grande do Sul, inclusive no ASPSP, NORON, ABROL e TRIMV.

Habitat e comportamento: Pelágica e costeiro-oceânica, ocorre da superfície até cerca de 275 metros de profundidade, desde estuários e baías a ilhas oceânicas. Forma cardumes migratórios em determinadas épocas do ano. Considerada potencialmente perigosa, é a mais abundante espécie de tubarão-martelo da plataforma continental brasileira.

Conservação: MMA 2004 (Anexo II); IUCN 2007 (LR/NT). No Brasil é capturada com redes de deriva e espinhéis de superfície (longlines), muitas vezes sofrendo *finning*.

Nome científico: *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933 (**Figuras 7.11, 7.11a e 7.11b**).

Família: Syngnathidae.

Nome popular: cavalo-marinho-pintado, cavalo-marinho-do-focinho-longo (*Longnose Seahorse*).

Identificação: Nadadeira dorsal com 16 a 19 raios, peitoral com 15 a 17, anal com três ou quatro raios; focinho longo, cerca de 50% do tamanho da cabeça. Cor geral variando de amarelo ao vermelho, laranja, negro ou mesmo pálido, geralmente com numerosas pintas negras, de diferentes tamanhos, por todo corpo. Juvenis eventualmente apresentam filamentos dérmicos, que ajudam no mimetismo. 17 centímetros, contudo há registro de indivíduos com mais de 20 centímetros.

Distribuição: Atlântico ocidental, da Flórida, EUA, e Caribe até Santa Catarina, incluindo o NORON e ABROL.

Habitat e comportamento: Vivem em fundos rochosos, coralinos, estuarinos e de manguezais, da costa a ilhas oceânicas, entre 0,1 e 55 metros de profundidade. Utilizam a cauda preênsil para fixar-se a talos de algas, ramos de corais, esponjas e ascídias. Nadam de forma erecta, utilizando a nadadeira dorsal. Os machos incubam os ovos em bolsa abdominal. São alvo de intenso comércio aquarista, contudo é uma espécie de difícil manutenção, pois alimenta-se de organismos vivos, recusando, na maior parte das vezes, alimento industrializado. Na natureza consome larvas de peixes e crustáceos.

Conservação: MMA 2004 (Anexo II); IUCN 2007 (DD). No Brasil, são coletados vivos para fins ornamentais e quando, acidentalmente, capturados em redes de arrasto de fundo, são secos e vendidos como souvenir, amuletos e para fins medicinais populares (ROSA *et al.*, 2002).

Nome científico: *Scorpaenodes insularis* Eschmeyer, 1971 (**Figuras 7.12 e 7.12a**).

Família: Scorpaenidae.

Nome popular: beatinha-dos-penedos, peixe-pedra-dos-penedos (*Red Scorpionfish*).

Identificação: Nadadeira dorsal com 13 espinhos e 10 a 11 raios (o último raio é duplo); crista sub-orbital com três espinhos. Cor geral variando de marrom a vermelho com numerosas manchas e pintas negras ou marrom-escuras na cabeça, dorso e nadadeiras, nestas em séries de pequenas pintas; uma série de pintas escuras ao longo da linha lateral; manchas brancas esparsas por todo o corpo; flancos e ventre predominantemente uniformes; três a quatro faixas claras verticais nos flancos, nem sempre distintas, a última no pedúnculo caudal; jovens com as faixas claras mais evidentes e com menor pigmentação escura, à exceção de grande mancha negra na membrana dos espinhos da nadadeira dorsal. 10 centímetros.

Distribuição: Atlântico central, endêmico das ilhas de Santa Helena e Ascensão e no ASPSP.

Habitat e comportamento: Águas relativamente rasas, entre 3 e 35 metros de profundidade, em fundos rochosos. De hábitos crípticos, é observado somente em tocas e entre frestas do substrato. Provavelmente, se alimenta de pequenos peixes e crustáceos.

Conservação: MMA 2004 e IUCN 2007 (não consta). Contudo, sua restrita área de ocorrência e seu habitat de águas rasas torna a espécie, potencialmente, ameaçada pela perda ou modificação causadas por ações antrópicas.

Nome científico: *Anthias salmopunctatus* Lubbock & Edwards, 1981 (**Figura 7.13**).

Família: Serranidae.

Nome popular: Antias-de-são-pedro-e-são-paulo (Saint Paul's Anthias).

Identificação: Nadadeiras peitorais aproximadamente do tamanho da cabeça; caudal furcada, com extremidades em filamento discreto; maxilar e espaço inter-orbital com escamas; nadadeira dorsal com 10 espinhos e 15 raios; linha lateral interrompida, com 34-37 + 12-15 escamas tubulares. Colorido variando do laranja ao amarelo, com manchas rosa a salmão, menores que o olho, nos flancos. 6 centímetros.

Distribuição: Atlântico central, endêmica do ASPSP.

Habitat e comportamento: Ocorre junto ao recife, entre 35 e 55 metros de profundidade, geralmente em pequenos cardumes nadando a 1 metro do substrato e esconde-se em tocas quando ameaçado. Costuma formar cardumes mistos com *Chromis multilineata*, o que lhe oferece excelente camuflagem nas águas profundas e pouco iluminadas das paredes verticais dos recifes.

Conservação: MMA 2005 (Anexo I, VU); IUCN 2007 (VU). Pelo reduzido porte e hábitos, não sofre qualquer tipo de pesca, mas é atraente ao mercado ornamental internacional, sempre ávido por raridades. Cabe lembrar que, atualmente, a atividade de coleta para fins ornamentais nas ilhas e bancos oceânicos brasileiros é proibida por lei (Instrução Normativa IBAMA nº 56, de 22/11/2004).

Observações: Observada recentemente (2006), após mais de 30 anos sem qualquer registro, é considerada uma das espécies marinhas com menor distribuição geográfica de todo o mundo, porém parece ser abundante nos paredões verticais mais profundos do ASPSP (LUIZ JR. *et al.*, 2007).

Nome científico: *Epinephelus morio* (Valenciennes, 1828) (**Figura 7.14**).

Família: Serranidae.

Nome popular: Garoupa-de-são-tomé, garoupa (Red Grouper).

Identificação: Nadadeira dorsal sem incisão entre os seus 11 espinhos, com o 2º espinho maior que o 3º, este maior que o 4º e assim sucessivamente até o 8º. Nadadeira caudal convexa em jovens e truncada a ligeiramente côncava em adultos; pré-opérculo com espinhos ligeiramente maiores no ângulo inferior. Cor geral marrom-avermelhada, rosada no ventre, com manchas e/ou pintas brancas no corpo e cabeça; algumas pintas negras no focinho e face; faixas escuras e diagonais são visíveis no corpo quando o peixe está excitado. 20 kg. 90 centímetros.

Distribuição: Atlântico ocidental, da Carolina do Norte, EUA, e Bermudas até Santa Catarina, incluindo o ABROL e bancos adjacentes.

Habitat e comportamento: Costeiro. O jovem habita desde estuários a fundos rochosos e/ou coralinos, entre 1 e 25 metros de profundidade; a medida em que cresce, busca águas mais profundas, podendo chegar aos 300 metros, quando prefere fundos arenosos próximos a áreas consolidadas. Alimenta-se de peixes e crustáceos e tem hábitos diurnos. Tem grande importância para a pesca comercial e esportiva.

Conservação: MMA 2004 (Anexo II); IUCN 2007 (NT). No Brasil é capturada com pesca submarina, linha de mão e espinhéis de fundo.

Nome científico: *Epinephelus itajara* (Lichtenstein, 1822) (**Figuras 7.15 e 15a**).

Família: Serranidae.

Nome popular: mero, canapu, merote (os pequenos exemplares) (*Goliath Grouper*).

Identificação: Corpo muito robusto arredondado em corte transversal, cabeça arredondada, olhos pequeninos; nadadeira dorsal com 11 espinhos curtos e distintamente menores que os raios; anal com três espinhos e oito raios; caudal arredondada. Cor geral marrom-amarelada ou esverdeada; parte superior do corpo, cabeça e as nadadeiras com pintinhas negras. Jovens com cinco faixas diagonais escuras no flanco. A maior espécie americana da família atinge cerca de 250 centímetros e mais de 400 kg.

Distribuição: Pacífico oriental e Atlântico, no ocidental da Flórida, EUA, e Bermudas até Santa Catarina, incluindo o NORON, ASPSP, ABROL e ROCAS; ainda não registrado em TRIND.

Habitat e comportamento: Vive em fundos rochosos, coralinos, estuarinos e de manguezais, da costa a ilhas oceânicas, entre 2 e cerca de 70 metros de profundidade. Alimenta-se de peixes, tartarugas, moluscos e crustáceos, principalmente à noite. Durante o dia permanece sob lajes e em naufrágios ou cavernas, mas não é raro observá-lo nadando nas proximidades das mesmas. Permite aproximação sub-aquática e é bastante dócil.

Conservação: MMA 2004 (Anexo II); IUCN 2007 (CR). Recomendamos alteração de categoria do MMA, passando a espécie para o Anexo I.⁴ No Brasil, é capturada com caça submarina, linha de mão, espinhéis de fundo e, os pequenos exemplares, com rede de espera. Indivíduos pequenos são coletados, também, para fins ornamentais.

Nome científico: *Mycteroperca bonaci* (Poey, 1860) (**Figuras 7.16 e 7.16a**).

Família: Serranidae.

Nome popular: serigado-quadrado, badejo (*Black Grouper*).

Identificação: Nadadeira dorsal com 11 espinhos e 15 a 17 raios, anal com três espinhos e 11 a 13 raios, peitoral com 16 ou 17; margem posterior da dorsal e anal arredondada; caudal truncada; pré-opérculo com ângulo inferior arredondado, sem projeções ou depressões. Cor geral marrom-escuro a cinza, pintas metálicas separadas por linhas brancas; manchas retangulares na parte superior dos flancos; nadadeiras dorsal e anal com bordas largas de cor negra. 60 kg. 1 metro.

Distribuição: Atlântico ocidental, da Flórida, EUA, e Bermudas até Santa Catarina, incluindo o NORON, TRIMV, ROCAS e ABROL.

Habitat e comportamento: Vive em fundos rochosos, coralinos, estuarinos e de manguezais, da costa a ilhas oceânicas, entre 5 e 100 metros de profundidade. Alimenta-se de peixes e crustáceos e tem hábitos diurnos. De grande importância para a pesca comercial e esportiva.

Conservação: MMA 2004 (Anexo II); IUCN 2007 (não consta). No Brasil, é capturada pela caça submarina, linha de mão, espinhéis de fundo e, os pequenos exemplares, com rede de espera.

⁴ **Nota do Editor:** a Portaria IBAMA nº 121, de 20/09/2002, estabeleceu a proibição da captura da espécie em águas jurisdicionais brasileiras por um período de cinco anos, prazo este prorrogado por igual período (Portaria IBAMA nº 42, de 19/09/2007).

Nome científico: *Gramma brasiliensis* Sazima Gasparini & Moura, 1998 (**Figura 7.17**).

Família: Grammatidae.

Nome popular: camarotele, grama (*Brazilian Basslet*).

Identificação: Cabeça e boca grandes, o pré-maxilar ultrapassa a margem posterior do olho; primeiro espinho da dorsal nitidamente mais curto que os demais. Parte anterior do corpo púrpura a violeta, a posterior amarela a laranja; uma mancha negra e evidente na parte anterior da nadadeira dorsal. 10 centímetros.

Distribuição: Atlântico sul ocidental, endêmica do Nordeste do Brasil, do Maranhão ao Rio de Janeiro, incluindo o NORON e ABROL.

Habitat e comportamento: De fundos rochosos e coralinos, entre 1 e 25 metros de profundidade. Solitário ou em pequenos grupos, vive em pequenas cavernas ou sobre lajes, geralmente nadando de cabeça para baixo, orientado pelo teto. Alimenta-se de plâncton e, ocasionalmente, age como limpador.

Conservação: MMA 2004 (Anexo I, VU); IUCN 2007 (não consta). Por ter porte reduzido e ser colorido, o indivíduo dessa espécie, mesmo listada como ameaçada de extinção, ainda é coletado de maneira clandestina para fins ornamentais. Além disso, as águas costeiras – seu habitat – são constantemente ameaçadas pela poluição, perda ou modificação causada por ações antrópicas.

Nome científico: *Ocyurus chrysurus* (Bloch, 1791) (**Figura 7.18**).

Família: Lutjanidae.

Nome popular: guaiúba, cioba, rabo-aberto (*Yellowtail Snapper*).

Identificação: Corpo alongado; vômer com dentes em uma placa em forma de âncora, com projeção posterior. Nadadeira caudal profundamente furcada, especialmente nos adultos. Parte superior do corpo variando de verde ao rosado, vermelho, azul ou violeta, flancos e ventre brancos; uma larga faixa amarela do focinho à cauda, mais larga posteriormente; nadadeiras amarelas, à exceção da peitoral, que é rosada. 5 kg. 90 centímetros.

Distribuição: Atlântico ocidental, de Massachusetts, EUA, e Bermudas até Santa Catarina, incluindo o ABROL e adjacências.

Habitat e comportamento: Costeiro, encontrado principalmente em recifes rochosos e/ou coralinos, entre 1 e 165 metros de profundidade. Forma cardumes, sendo, frequentemente, observados aos pares ou trios, na coluna d'água. Alimenta-se de zooplâncton, peixes, moluscos e crustáceos, e tem hábitos diurnos. De grande importância para a pesca comercial e esportiva.

Conservação: MMA 2004 (Anexo II); IUCN 2007 (não consta). No Brasil, é capturada pela caça submarina, linha de mão e espinhéis de fundo.

Nome científico: *Lutjanus analis* (Cuvier, 1828) (**Figuras 7.19 e 7.19a**).

Família: Lutjanidae.

Nome popular: cioba (*Mutton Snapper*).

Identificação: Corpo moderadamente alto e comprimido lateralmente; palatinos e vômer com dentes, neste último, em uma placa em forma de "V" invertido. Nadadeira dorsal com 10 ou 11 raios e 13 ou 14 raios; anal com três espinhos e sete ou oito raios, sua porção posterior pontuada. Parte superior do corpo verde-oliva, flancos e ventre brancacentos com reflexos vermelhos. Uma pinta negra sob a parte mole da dorsal, maior nos jovens. Linhas e pintas azuis em volta do olho. Nadadeiras avermelhadas, especialmente as inferiores. Outra fase de cor apresenta barras escuras verticais no corpo. 15 kg. 80 centímetros.

Distribuição: Atlântico ocidental, de Massachusetts, EUA, e Bermudas até Santa Catarina, incluindo o ABROL e adjacências.

Habitat e comportamento: Costeiro, encontrado solitário em mangues, estuários, fundos rochosos, coralinos, bancos de algas e fundos de areia próximos, entre 1 e 110 metros de profundidade. Forma grandes cardumes durante a reprodução. Alimenta-se de peixes, moluscos e crustáceos e tem hábitos diurnos. De grande importância para a pesca comercial e esportiva.

Conservação: MMA 2004 (Anexo II); IUCN 2007 (VU). No Brasil, a espécie é capturada pela caça submarina, linha de mão, espinhéis de fundo e com rede de espera.

Nome científico: *Rhomboplites aurorubens* (Cuvier, 1829) (**Figuras 7.20 e 7.20a**).

Família: Lutjanidae.

Nome popular: realito, paramirim (*Vermillion Snapper*).

Identificação: Corpo alongado; vômer com dentes em uma placa em forma de diamante, a extensão posterior mais larga em adultos. Nadadeira caudal lunada a ligeiramente furcada. Parte superior do corpo vermelha, flancos rosados e ventre mais pálido. Linhas marrons pouco distintas e diagonais, presentes na parte superior dos flancos, a parte inferior com linhas amarelo-douradas. Nadadeiras vermelhas a rosadas, as pélvicas brancacentas. 4 kg. 65 centímetros.

Distribuição: Atlântico ocidental, de Massachusetts, EUA, e Bermudas até Santa Catarina, incluindo o ABROL e adjacências.

Habitat e comportamento: Costeiro, encontrado principalmente em recifes rochosos e/ou coralinos, entre 1 e 165 metros de profundidade. Forma cardumes na coluna d'água. Alimenta-se de zooplâncton, peixes, moluscos e crustáceos, tendo hábitos diurnos. De importância para a pesca comercial e esportiva.

Conservação: MMA 2004 (Anexo II); IUCN 2007 (não consta). No Brasil, é capturada pela caça submarina, linha de mão e espinhéis de fundo.

Nome científico: *Prognathodes obliquus* (Lubbock & Edwards, 1980) (**Figuras 7.21 e 7.21a**).

Família: Chaetodontidae.

Nome popular: borboleta-dos-penedos (*Oblique Butterflyfish*).

Identificação: Focinho alongado; membrana da nadadeira dorsal com profunda incisão entre os espinhos, o 3º e 4º maiores que os demais. Marrom-escuro com uma larga área branca e diagonal que ocupa toda a porção posterior e superior do corpo, além da cauda. Escamas da linha lateral prateadas. 15 centímetros.

Distribuição: Atlântico central, endêmica do ASPSP.

Habitat e comportamento: Ocorre em paredes verticais do recife, entre 30 e 70 metros de profundidade, aos pares ou em pequenos cardumes com até seis indivíduos. Quando ameaçados buscam proteção por entre os ramos dos corais-negros *Tanacetipathes tanacetum*.

Conservação: MMA 2004 (Anexo I); IUCN 2007 (VU), provavelmente por causa de sua distribuição limitada, porém são comuns no ASPSP. Pelo pequeno porte, colorido atraente e raridade no mercado aquarista internacional são, eventualmente e de forma clandestina, capturados para fins ornamentais.

Nome científico: *Stegastes rocasensis* (Emery, 1972) (**Figuras 7.22 e 7.22a**).

Família: Pomacentridae.

Nome popular: donzela-de-rocas (*Rocas Gregory*).

Identificação: Adultos com região superior marrom-escuro com séries de manchinhas azul-brilhantes na cabeça, dorso e nadadeira dorsal espinhosa. Região inferior amarela a laranja; face com reflexos rosados; base da peitoral com mancha azul. Uma mancha escura e azulada na região superior do pedúnculo caudal; região do ânus e margem externa da anal com pigmentação azul. Jovens com cor similar, mas bem mais brilhante, o dorso azul, o ventre amarelo e um ocelo escuro marginado de azul na base da dorsal. 10 centímetros.

Distribuição: Atlântico sul ocidental, endêmica do NORON e ROCAS, raramente observada no ASPSP.

Habitat e comportamento: Ocorre junto ao recife e em poças de maré, até cerca de 10 metros de profundidade, em territórios bem definidos. São muito ativos e defendem vigorosamente seu território contra congêneres e peixes herbívoros maiores.

Conservação: MMA 2004 e IUCN 2007 (não consta). Pelo reduzido porte, colorido atraente e raridade no mercado aquarista são conhecidos registros de capturas para fins ornamentais, porém estas são limitadas e a espécie é extremamente comum em sua área de ocorrência. Todavia, seu habitat – as águas rasas e poças de maré – é constantemente ameaçado pela perda ou modificação causadas por ações antrópicas.

Nome científico: *Stegastes sanctipauli* (Lubbock & Edwards, 1981) (**Figuras 7.23 e 7.23a**).

Família: Pomacentridae.

Nome popular: donzela-dos-penedos (*St. Paul's Gregory*).

Identificação: Adultos amarelos a alaranjados, com região superior e central do corpo marrom-escuro; base da peitoral com mancha preta a azul; região do ânus e margem externa da anal com pigmentação azul; jovens amarelos, com pequenos pontos azuis na cabeça, uma mancha preta na parte superior do pedúnculo caudal e um ocelo na base da nadadeira dorsal. 15 centímetros.

Distribuição: Atlântico sul ocidental, endêmica do ASPSP.

Habitat e comportamento: Como aquele descrito para a donzela-de-rocas, mas encontrado desde as poças de maré até os 50 metros de profundidade. Tem papel importante na comunidade local por ser a única espécie a desempenhar comportamento de limpeza em outras espécies de peixes (GASPARINI *et al.*, no prelo).

Conservação: MMA 2004 (Anexo I); IUCN (VU), devido, provavelmente, a sua distribuição geográfica limitada. Pelo reduzido porte, colorido atraente e raridade no mercado aquarista internacional são conhecidas algumas capturas para fins ornamentais. Teme-se também por seu habitat (águas rasas e poças de maré), pois está sob constante ameaça, por perda ou modificação causada por ações antrópicas.

Nome científico: *Stegastes fuscus trinidadensis* Gasparini Moura & Sazima, 1999 (**Figura 7.24**).

Família: Pomacentridae.

Nome popular: donzela-de-trindade (*Trindade Gregory*).

Identificação: 11,5 escamas em uma série a contar da 4ª escama da linha lateral até o ânus. Adultos marrom-oliváceos com o dorso mais escuro e pintas azuis na cabeça; jovens de cor azul-brilhante, o ventre acinzentado, uma linha amarela da nuca até os raios da nadadeira dorsal e um ocelo na base desta nadadeira. 12 centímetros.

Distribuição: Atlântico sul ocidental, endêmica da TRIND. Muito provavelmente ocorra, também, no MAVAZ.

Habitat e comportamento: Como descrito para a donzela-de-rocas, encontrado desde as poças de maré até os 15 metros de profundidade.

Conservação: MMA 2004 e IUCN 2007 (não consta). Pelo reduzido porte sofre pouca ou nenhuma pressão pesqueira. Todavia seu habitat – as águas rasas e poças de maré – é constantemente ameaçado pela perda ou modificação causada por ações antrópicas (GASPARINI, 2004).

Nome científico: *Scarus trispinosus* (Valenciennes, 1840) (**Figuras 7.25 e 7.25a**).

Família: Scaridae.

Nome popular: papagaio-azul, bico-verde, budião-azul (*Greenbeak Parrotfish*).

Identificação: Corpo robusto; presença de uma série com seis escamas pré-dorsais e com duas escamas na terceira série da face. Escamas grandes. Nadadeira caudal arredondada em sua porção central e com lobos alongados nos adultos. Cinza-claro a azul-marinho uniforme; nadadeiras azuis; placa dentária verde-azulada. Jovens similares aos adultos, com o dorso amarelado. O nome popular bico-verde é uma referência aos grandes exemplares, hoje raros, que portam algas epífitas em suas mandíbulas. Mais de 12 kg. Mínimo 1 metro.

Distribuição: Atlântico ocidental, endêmico de águas brasileiras, onde ocorre do Maranhão a Santa Catarina, incluindo o ABROL.

Habitat e comportamento: Costeiro, encontrado principalmente em recifes rochosos e/ou coralinos, entre 1 e 55 m de profundidade. Forma cardumes com até 40 exemplares. Alimenta-se de algas, que raspa no substrato consolidado, e tem hábitos diurnos. Outrora abundante no Sudeste do Brasil, atualmente, é bastante raro, tímido, fugindo diante da menor ameaça.

Conservação: MMA 2004 e IUCN 2007 (não consta). Recomendamos sua inclusão no Anexo I do MMA 2004 por seu rápido desaparecimento no Sudeste do Brasil. No Brasil, a espécie é capturada com caça submarina, linha de mão, armadilhas (covos) e, os pequenos exemplares, com rede de espera. Os indivíduos adultos são filetados (retirada das escamas, pele e espinhas) e vendidos como Bajejos *Mycteroperca* spp. e os recrutas são, eventualmente, coletados com fins ornamentais no litoral baiano.

Nome científico: *Bodianus insularis* Gomon & Lubbock, 1979 (**Figuras 7.26 e 7.26a**).

Família: Labridae.

Nome popular: budião-de-penedos (*Island Hogfish*).

Identificação: Machos vermelhos com o queixo branco e áreas muito escuras nos flancos posteriores, alto da cabeça e dorso; peitoral abruptamente amarelo; fêmeas mais avermelhadas, menos escuras. Os jovens são amarelos com um ocelo negro na parte anterior da dorsal. Com o passar do tempo aparecem pontuações e duas linhas escuras irradiam-se dos olhos e aos poucos vão assumindo a coloração geral avermelhada dos adultos. 30 centímetros.

Distribuição: Atlântico ocidental, endêmico das ilhas de Ascensão, Santa Helena e do ASPSP.

Habitat e comportamento: Costeiro, encontrado principalmente em recifes rochosos e/ou coralinos, entre 6 e 60 metros de profundidade. Forma cardumes com até 10 exemplares. Alimenta-se de crustáceos e pequenos peixes e tem hábitos diurnos.

Conservação: MMA 2004 (Anexo I, VU); IUCN 2007 (não consta). Pelo porte mediano, colorido atraente e raridade no mercado aquarista internacional, são conhecidas algumas capturas clandestinas para fins ornamentais. Seu habitat, as águas rasas, é constantemente ameaçado pela perda ou modificação causada por ações antrópicas.

Nome científico: *Pseudopercis numida* (Miranda-Ribeiro, 1903) (**Figuras 7.27 e 7.27a**).

Família: Pinguipedidae.

Nome popular: namorado (*Namorado Sandperch*).

Identificação: Corpo alongado, subcilíndrico; nadadeira dorsal com sete espinhos e 26 a 29 raios. Macho com os dois terços superiores escuros e de tons variáveis, do azul ao oliva, marrom ou cinza; ventre branco. Numerosas manchas pálidas, redondas, por todo corpo e na região central da dorsal, onde formam uma faixa. Há exemplares totalmente escuros; fêmea de cor marrom a marrom-amarelada, ventre e faces brancas, frequentemente com quatro a seis barras escuras indistintas nos flancos. 47 kg. 1,5 metro.

Distribuição: Endêmico das águas brasileiras entre a Bahia e Santa Catarina, incluindo o ABROL.

Habitat e comportamento: Costeiro, encontrado principalmente em fundos rochosos entre 50 e 650 metros de profundidade. Forma cardumes e alimenta-se de peixes, crustáceos e moluscos.

Conservação: MMA 2004 (Anexo II); IUCN 2007 (não consta). No Brasil, a espécie é capturada com linha de mão, espinhéis e arrastos de fundo.

Nome científico: *Enneanectes smithi* (Lubbock & Edwards, 1981) (**Figura 7.28**).

Família: Tripterygiidae.

Nome popular: macaquinho-dos-penedos (*Smith's Triplefin*).

Identificação: Linha lateral com 11 ou 12 poros; 32 a 33 séries de escamas nos flancos; duas $\frac{1}{2}$ escamas acima da linha lateral e cinco $\frac{1}{2}$ abaixo; raios da anal, 16; base da nadadeira peitoral e ventre escamados, pré-opérculo nu. Cor geral avermelhada, com cinco barras escuras verticais nos flancos; nadadeira anal com cinco barras escuras verticais; peitorais com séries de pintinhas brancas. 3 centímetros.

Distribuição: Atlântico central, endêmica do ASPSP.

Habitat e comportamento: Ocorre em fendas e tocas, desde poças de maré até, ao menos, 25 metros de profundidade. De hábitos crípticos, é de difícil observação, embora comum em sua área de ocorrência.

Conservação: MMA 2004 e IUCN 2007 (não consta). Considerando sua restrita área de ocorrência, recomendamos que seja acrescida ao Anexo I do MMA 2004 e também à IUCN, como Vulnerável. Pelo reduzido porte, não sofre qualquer tipo de pesca, contudo seu habitat, águas rasas e poças de maré, é constantemente ameaçado pela perda ou modificação causada por ações antrópicas.

Nome científico: *Storrsia olsoni* Dawson, 1982 (**Figura 7.29**).

Família: Dactyloscopidae.

Nome popular: tanduju-de-rocas (*Roca's Sand Stargazer*).

Identificação: Origem da nadadeira dorsal quase sobre a da nadadeira anal, muito afastada da nuca; maxilar inferior em arco largo quando vista de cima; nadadeira anal com 26 raios; linha lateral com 23 escamas em sua porção reta. Cor geral brancacenta, com uma linha horizontal escura nos flancos (nem sempre distinta), com oito barras verticais escuras no dorso e flancos; dorso e parte superior da cabeça com manchas, linhas e pontos marrons ou avermelhados. 6 centímetros.

Distribuição: Atlântico sul ocidental, gênero monotípico e endêmico do ASPSP e ROCAS.

Habitat e comportamento: Ocorre em fundos de areia grossa em poças de maré até pouco mais de 5 metros de profundidade. Fica oculto na areia, enterrado, com apenas os olhos e narinas expostos, hábito que, aliado à coloração, oferece excepcional camuflagem.

Conservação: MMA 2004 e IUCN 2007 (não consta). Considerando sua restrita área de ocorrência, recomendamos que seja acrescida ao Anexo I do MMA 2004 e também à IUCN, como Vulnerável. Pelo reduzido porte, não sofre qualquer tipo de pesca, contudo seu habitat, águas rasas e poças de maré, é constantemente ameaçado pela perda ou modificação causadas por ações antrópicas.

Nome científico: *Scartella poiti* Rangel, Gasparini & Guimarães, 2004 (**Figura 7.30**).

Família: Blenniidae.

Nome popular: moréia-de-trindade (*Trindade's Combtooth Blenny*).

Identificação: Tufos de cirros simples presentes na narina anterior, acima do olho e na nuca; corpo sem escamas. Cor variando de oliva a marrom, geralmente com seis faixas verticais mais escuras; numerosas pintas escuras no corpo e cabeça; cirros com bandas alternadas, marrons e amarelo-douradas. 8 centímetros.

Distribuição: Atlântico sul ocidental, endêmica do TRIMV.

Habitat e comportamento: Ocorre em fundos rochosos e de algas, além de poças de maré, até pouco mais de 1 metro de profundidade. Tolerante bem variações de salinidade e temperatura.

Conservação: MMA 2004 e IUCN 2007 (não consta). Considerando sua restrita área de ocorrência, recomendamos que seja acrescida ao Anexo I do MMA 2004 e também à IUCN, como Vulnerável. Pelo reduzido porte, não sofre qualquer tipo de pesca, contudo seu habitat, águas rasas e poças de maré, é constantemente ameaçado pela perda ou modificação causada por ações antrópicas (GASPARINI, 2004).

Nome científico: *Acyrtus pauciradiatus* Sampaio, Nunes & Mendes, 2004 (**Figura 7.31**).

Família: Gobiessocidae.

Nome popular: ventosa-de-noronha (*Noronha's Clingfish*).

Identificação: Corpo sem escamas. Nadadeira dorsal com sete a oito raios, anal com seis a oito raios, caudal com 11 a 12 raios e peitoral com 20 a 22 raios. Cor geral rosa-avermelhado claro. 2,5 centímetros.

Distribuição: Atlântico sul ocidental, endêmica do NORON e ROCAS.

Habitat e comportamento: Ocorre em águas rasas, poças de maré e em fundos duros de áreas ricas em algas calcárias, briozoários, corais e esponjas.

Conservação: MMA 2004 e IUCN 2007 (não consta). Considerando sua restrita área de ocorrência, recomendamos que seja acrescida ao Anexo I do MMA 2004 e também à IUCN, como Vulnerável. Pelo reduzido porte e hábitos, não sofre qualquer tipo de pesca; contudo seu habitat, águas rasas e poças de maré, é constantemente ameaçado pela perda ou modificação causada por ações antrópicas.

Nome científico: *Elacatinus pridisi* Guimarães, Gasparini & Rocha, 2004 (**Figura 7.32**)

Família: Gobiidae.

Nome popular: néon-de-trindade (*Trindade's Neon Goby*).

Identificação: Nadadeira peitoral geralmente com 18 raios, anal geralmente com 11. Uma larga faixa amarela e horizontal no meio do corpo, marginada por duas faixas negras; a faixa negra inferior alcança o ventre e a base da nadadeira anal; uma mancha amarela e oval no focinho. 4 centímetros.

Distribuição: Atlântico sul ocidental, endêmica da TRIND e provavelmente ocorrendo também no MAVAZ.

Habitat e comportamento: Costeiro, em fundos rochosos e de algas incrustantes entre 3 e 30 metros de profundidade. Limpador por excelência de peixes maiores que se aproximam de seu territórios.

Conservação: MMA 2004 e IUCN 2007 (não consta). Considerando sua restrita área de ocorrência, recomendamos que seja acrescida ao Anexo I do MMA 2004 e também à IUCN, como Vulnerável. Pelo reduzido porte não sofre qualquer tipo de pesca, contudo seu habitat, águas rasas e poças de maré, é constantemente ameaçado pela perda ou modificação causadas por ações antrópicas (Gasparini, 2004).

Nome científico: *Elacatinus figaro* Sazima, Moura & Rosa, 1996 (**Figura 7.33**).

Família: Gobiidae.

Nome popular: amoré-néon, néon (Barber Goby).

Identificação: Nadadeira peitoral geralmente com 17 raios, anal geralmente com dez. Uma larga faixa amarela e horizontal no meio do corpo, marginada por duas faixas negras; a faixa negra inferior não alcança o ventre e/ou a base da nadadeira anal; uma mancha amarela, alongada e em forma de losango no focinho. 4 centímetros.

Distribuição: Atlântico sul ocidental, endêmica do litoral brasileiro, do Ceará a Santa Catarina, incluindo o Arquipélago de Abrolhos.

Habitat e comportamento: Em geral como aquele do néon-de-trindade, mas não costuma ser encontrado além dos 45 metros de profundidade. Em águas mais profundas associa-se a esponjas tubulares (ROCHA *et al.*, 2000).

Conservação: MMA 2004 (Anexo I, VU); IUCN 2007 (não consta). Recomendamos a reavaliação do seu status, por ser ainda abundante ao longo de toda sua área de ocorrência. Pelo reduzido porte, colorido e hábitos limpadores, mesmo listada como ameaçada de extinção, é ainda, por vezes, coletada de maneira clandestina para fins ornamentais; além disto, seu habitat (águas costeiras e ambientes recifais) é constantemente ameaçado pela poluição, perda ou modificação causada por ações antrópicas.

Discussão

A publicação de guias de identificação não é apenas essencial para a comunidade científica, mas, particularmente, para os órgãos ambientais responsáveis pela gestão, fiscalização e educação ambiental nas Unidades de Conservação (UC). Em diversos países, são comuns os guias de identificação visual da fauna, especialmente aqueles destinados a UC, sendo um complemento quase que obrigatório ao turismo. Contudo, no Brasil, este tipo de material continua sendo raro, mas não menos útil ou necessário.

Algumas considerações podem ser feitas a respeito do *status* de conservação das espécies endêmicas das ilhas oceânicas brasileiras a partir dos dados disponíveis na literatura (LUBBOCK & EDWARDS, 1981; OLIVEIRA *et al.*, 1997; ROSA & MOURA, 1997; CARVALHO-FILHO, 1999; GASPARINI & FLOETER, 2001; FEITOZA *et al.*, 2003; MOURA, 2003; FRANCINI-FILHO, 2005; VASKEJR. *et al.*, 2005; SAMPAIO *et al.*, 2006; LUIZ JR. *et al.*, 2007) e das observações pessoais dos autores. Com exceção da Ilha da Trindade e dos arquipélagos de Martin Vaz e São Pedro e São Paulo, que são Reserva Ecológica Municipal e Área de Proteção Ambiental, respectivamente, as demais ilhas são unidades federais de proteção integral (Parques Nacionais Marinhos ou Reserva Biológica Marinha), as quais, mesmo que ainda não devidamente fiscalizadas, encontram-se em melhores condições, contudo longe da situação ideal quanto à conservação das suas diversidades biológicas e genéticas.

Uma constatação evidente disso é a atual pressão pesqueira nestas ilhas, incluindo o ASPSP e Trindade, que apesar de algum *status* de conservação, não fazem restrição à pesca praticada em suas águas. Este fato, provavelmente, levou o cação-do-alto *Carcharhinus galapagensis* à extinção na única localidade brasileira onde foi registrado (LUBBOCK & EDWARDS, 1981). Suas capturas acidentais eram em artes de pesca destinadas para outras espécies de maior valor comercial, não sendo mais encontrada há cerca de 15 anos nas pescarias realizadas ao largo do ASPSP (OLIVEIRA *et al.*, 1997; FEITOZA *et al.*, 2003; VASKE-JR. *et al.*, 2005).

Embora o comportamento de muitas espécies sobreexplotadas ou ameaçadas de extinção seja virtualmente desconhecido, exemplos comparativos de outras regiões tropicais sugerem que as UCs marinhas existentes não são suficientes para a manutenção de populações, especialmente para aquelas espécies com hábitos migratórios, a exemplo dos grandes tubarões oceânicos e de espécies recifais que costumam realizar agregações reprodutivas (HAZIN & LESSA, 2005; GERHARDINGER *et al.*, 2006, 2007).

Populações endêmicas de peixes podem ser eliminadas por anomalias oceânicas ou climáticas estocásticas, como variações da intensidade do fenômeno *El Niño*, considerada responsável pela extinção de uma espécie de Pomacentridae endêmica das ilhas Galápagos, *Azurina eupalama* Heller & Snodgrass, 1903 (HAWKINS *et al.*, 2000; FROESE & PAULY, 2007). Explosões populacionais de dinoflagelados tóxicos, fenômeno conhecido como maré vermelha, já dizimou, aproximadamente, 10.000 exemplares do peixe-borboleta-de-santa-helena *Chaetodon sanctaehelenae*, na Ilha de Santa Helena, Atlântico central (A.J. EDWARDS – comunicação pessoal). Sua restrita distribuição, conhecida apenas das ilhas de Santa Helena, Ascensão e com registros esporádicos nas Canárias (ALLEN *et al.*, 1998), é mais um fator de risco para a conservação desta espécie, que desperta cobiça no mercado internacional ornamental.

A necessidade de fortalecer as UCs marinhas já existentes, seja com equipamentos ou com pessoal qualificado, assim como a implementação dos planos de manejo e das zonas de amortecimento, é uma demanda antiga e urgente dos gestores (C.L.S. SAMPAIO – observação pessoal). Conforme recomendado por Floeter *et al.* (2007), é necessária uma ampla revisão crítica dos métodos de obtenção de dados, bem como das análises estatísticas, objetivando a padronização de futuros estudos e a integração destes dados. Todavia, enquanto isso não ocorre, é necessário que o impacto causado pela pesca seja urgentemente reduzido.

Dessa forma, sugerimos aqui que os critérios utilizados pela IUCN na confecção das listas de espécies ameaçadas de extinção sejam adotados nas próximas avaliações promovidas pelo MMA, uma vez que muitas das listas estaduais de espécies ameaçadas publicadas no Brasil seguem tais preceitos (TOSSULINO *et al.*, 1995; São Paulo, 1998; BERGALLO *et al.*, 2000; MENDONÇA & LINS, 2000; MARQUES *et al.*, 2002).⁵ Atualmente, alguns pesquisadores brasileiros participam de diversos grupos de especialistas da IUCN e até mesmo um roteiro metodológico para sua aplicação já foi publicado no Brasil (LINS *et al.*, 1997), o que poderá auxiliar bastante nas futuras avaliações.

⁵ **Nota do Editor:** as listas de peixes ameaçados de extinção, mencionadas ao longo deste capítulo, bem como a lista de fauna terrestre (Instrução Normativa nº 3, de 27/05/2003), promovidas pelo MMA, seguiram os critérios da IUCN (ver Machado *et al.*, 2005). Contudo, por falta de previsão legal, não foi possível incluir as categorias de ameaça nestes instrumentos normativos.

Apesar de carência de estudos voltados à função dos peixes nos sistemas recifais da costa brasileira (FLOETER *et al.*, 2006, 2007; BONALDO & KRAJEWSKI, 2007), a experiência mundial mostra que espécies como os grandes herbívoros desempenham papel de destaque nestas comunidades (SADOVY & VINCENT, 2002). Por que então precisamos esperar que as espécies maiores desapareçam (FERREIRA *et al.*, 2005; FLOETER *et al.*, 2007) e sua função sistêmica seja conseqüentemente perdida, para podermos considerá-las ameaçadas de extinção na costa brasileira? Já existem grupos de trabalhos atuantes nacionalmente que podem dar suporte no manejo e gerenciamento de tais espécies.

A captura, acidental ou não, é a principal ameaça para algumas espécies, sejam elas sobreexplotadas ou ameaçadas de extinção, de peixes (ROSA & MENEZES, 1996; OLIVEIRA *et al.*, 1997; SADOVY, 2001; DULVY *et al.*, 2003; VOOREN & KLIPPEL, 2005; SOUZA *et al.*, 2007), tartarugas (SAMPAIO, 1999; BARATA *et al.*, 2004; MASCARENHAS *et al.*, 2005), aves (NEVES & OLMOS, 1998; OLMOS *et al.*, 2001, NEVES *et al.*, 2007) ou mamíferos marinhos (SICILIANO, 1994; SAMPAIO & AROUCHA, 2000; IBAMA, 2001; SICILIANO *et al.*, 2002). Estas capturas podem ser reduzidas empregando medidas e alternativas relativamente simples (WALKER, 2004; VOOREN & KLIPPEL, 2005; NEVES *et al.*, 2007). Aliada a tais medidas, a educação ambiental se faz urgente nos casos de capturas acidentais envolvendo espécies ameaçadas (MOREIRA, 2001).

Como sugerido por Sampaio *et al.* (2006), o guia de identificação visual pode ser utilizado em programas futuros de monitoramento da ictiofauna marinha ameaçada, inclusive como material didático para educação ambiental. Esta iniciativa deverá ser implementada tanto nas embarcações que operam com artes de pesca pouco seletiva, onde ocorrem capturas acidentais, quanto naquelas ilhas onde há algum tipo de concentração humana, como nos arquipélagos de Fernando de Noronha, São Pedro e São Paulo e na Ilha da Trindade. A educação ambiental é uma ferramenta fundamental para que as ações de conservação realizadas nas ilhas oceânicas brasileiras, e nas embarcações que pescam em seu entorno, sejam mais eficazes.

Em geral, as principais ameaças à ictiofauna marinha brasileira são a pesca desordenada, a perda ou alteração dos habitats e a poluição, como já reportado por Sampaio *et al.* (2006). Novas avaliações e a padronização dos critérios⁶ empregados na avaliação do *status* das espécies de peixes listados pelo MMA são urgentes, bem como a discussão do fomento a programas de pesquisa voltados àquelas espécies contidas nas referidas listas⁷.

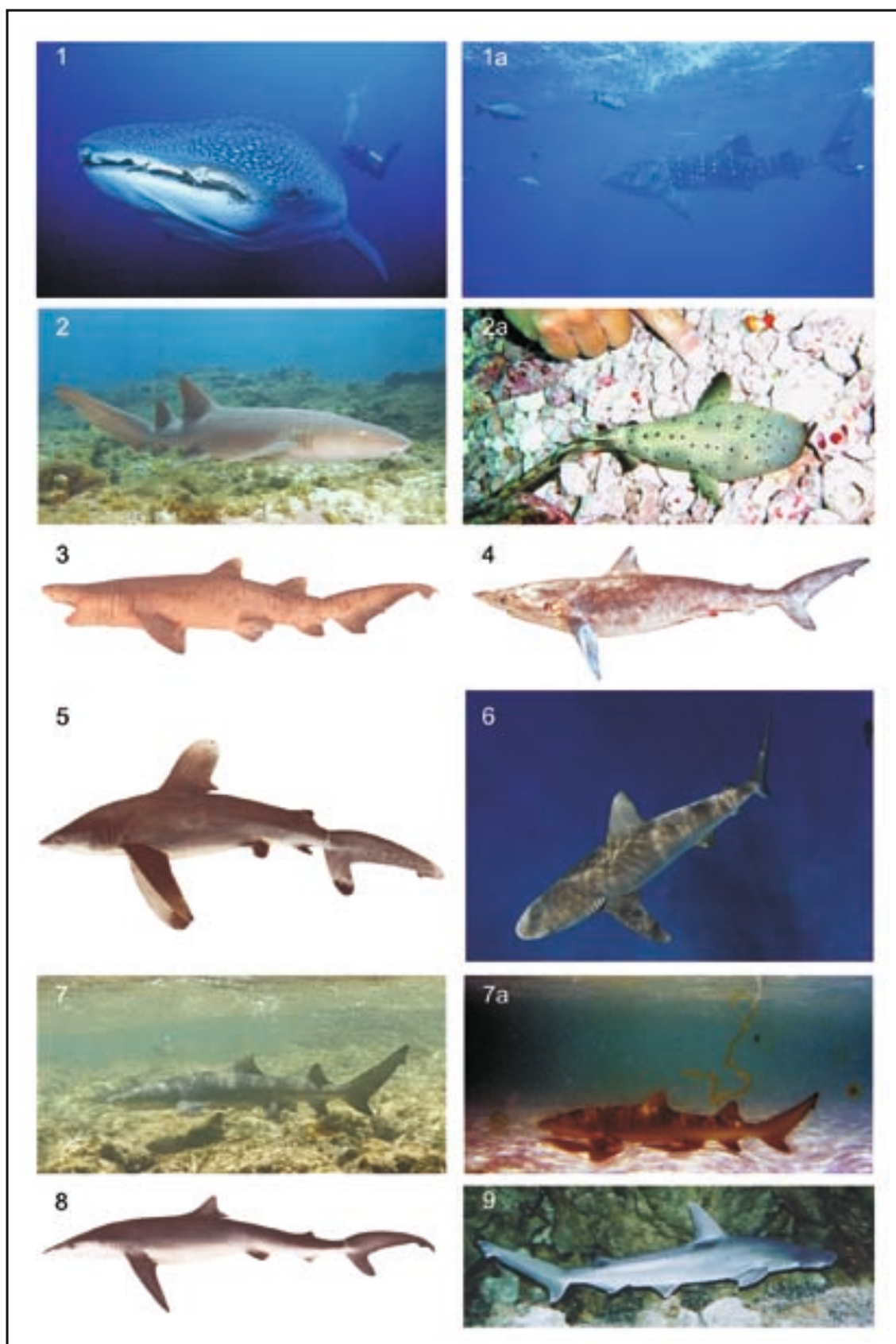
⁶ **Nota do Editor:** ver nota anterior.

⁷ **Nota do Editor:** O Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, criado em 2007 e vinculado ao MMA, estabeleceu a Coordenação-Geral de Pesquisa (vinculada à Diretoria de Conservação da Biodiversidade) que tem, entre suas atribuições, a implementação de políticas de fomento à pesquisa com espécies ameaçadas de extinção. Destaca-se também o Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO), coordenado pelo MMA, que vem fomentando pesquisas direcionadas à conservação de espécies ameaçadas (ver <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=14>).

A velocidade dos impactos e a conseqüente degradação dos sistemas costeiros é mais rápida e eficiente na desestruturação das cadeias tróficas (funcionamento destes sistemas) do que o nosso atual entendimento e capacidade de fornecer proteção aos mesmos. Assim, qualquer esforço direcionado ao entendimento e à conservação dos nossos ricos e ímpares ecossistemas recifais tropicais e subtropicais deve ser valorizado e incentivado, de modo a evitar mudanças negativas irremediáveis no seu funcionamento e, desta forma, limitar os bens múltiplos advindos às comunidades costeiras.

Agradecimentos

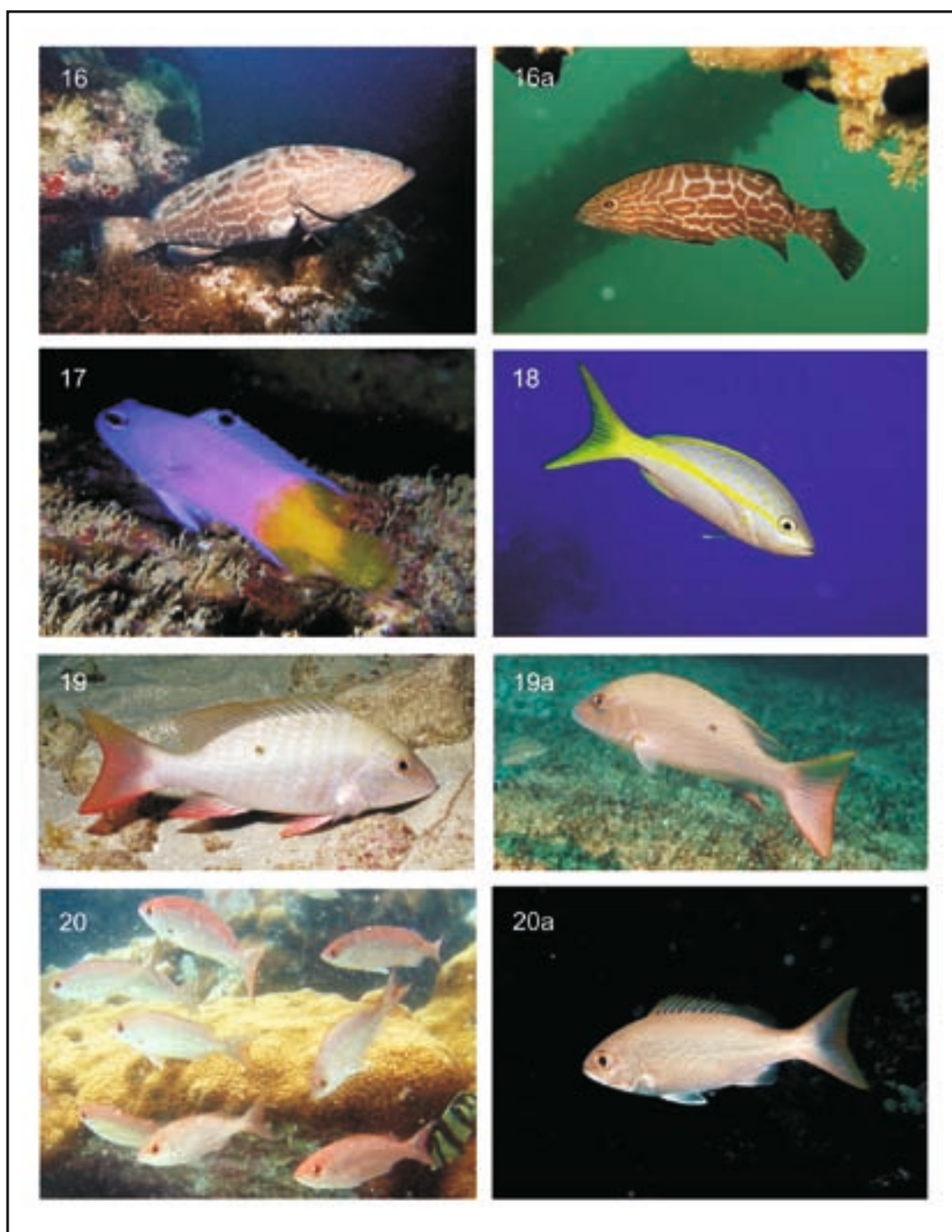
Agradecemos ao Dr. Otto Bismarck Fasano Gadig (UNESP/São Vicente), por sua inestimável colaboração na revisão das fichas referentes aos elasmobrânquios, bem como pela cessão de diversas fotos; ao João Pedro Krajewski e ao “Samuca”, da operadora Águas Claras de Fernando de Noronha, pela cessão de muitas das fotos que ilustram este trabalho; à Maria Fernanda Azevedo, pela revisão ortográfica na primeira versão do manuscrito; à Dive Bahia e ao Necton Sub, operadoras de mergulho em Salvador, Bahia, que apoiam os trabalhos de C.L.S. Sampaio; ao Ibama, Instituto Baleia Jubarte, Projeto Tamar e à Marinha do Brasil, pelo apoio em diversas expedições.



Figuras 7.1, 7.1a. *Rhincodon typus* Smith, 1828. Fotos: "Samuca"(adulto) e Fernando Moraes (juvenil). **Figuras 7.2, 7.2a.** *Ginglymostoma cirratum* (Bonaterre, 1778). Fotos: João P. Krajewski (adulto) e "Samuca" (juvenil). **Figura 7.3.** *Carcharias taurus* (Rafinesque, 1810). Foto: Otto B.F. Gadig (adulto, preservado). **Figura 7.4.** *Carcharhinus signatus* (Poey, 1868). Foto: Otto B.F. Gadig (adulto, preservado). **Figura 7.5.** *Carcharhinus longimanus* (Poey, 1861). Foto: Otto B.F. Gadig (adulto, preservado). **Figura 7.6.** *Carcharhinus galapagensis* (Snodgarss & Heller, 1905). Foto: Luiz Rocha (juvenil). **Figuras 7.7, 7.7a.** *Negaprion brevirostris* (Poey, 1868). Fotos: João P. Krajewski (adulto) e Cláudio L.S. Sampaio (juvenil). **Figura 7.8.** *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758). Foto: Otto B.F. Gadig (adulto, preservado). **Figura 7.9.** *Sphyrna tiburo* (Linnaeus, 1758). Foto: Alfredo Carvalho Filho (adulto).



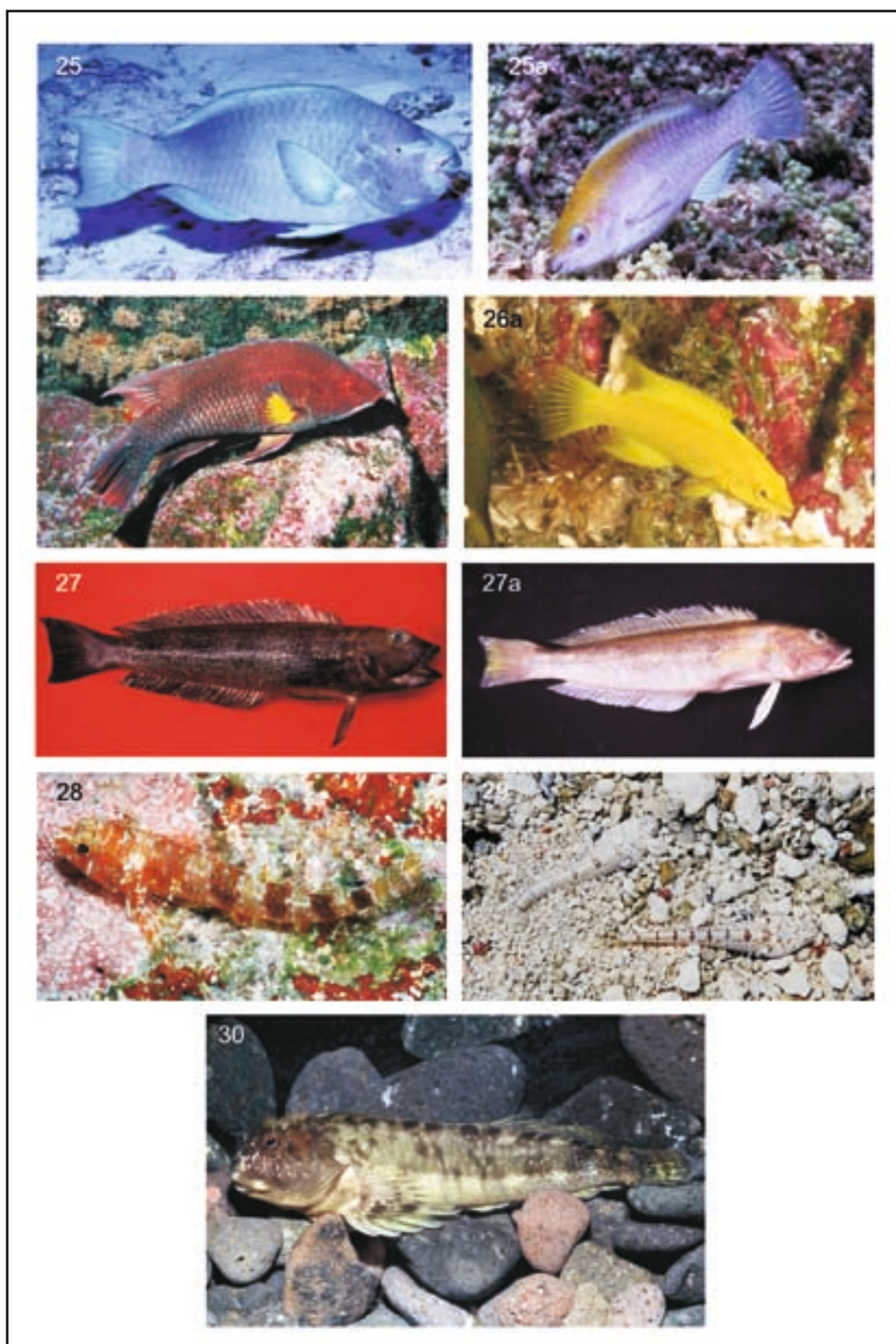
Figuras 7.10, 7.10a. *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834). Fotos: Alfredo Carvalho Filho (juvenil, recém-coletado). **Figuras 7.11, 7.11a, 7.11b.** *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933. Fotos: Cláudio L.S. Sampaio (adulto) e Bertran M. Feitoza (juvenis). **Figuras 7.12, 7.12a.** *Scorpaenodes insularis* Eschmeyer, 1971. Fotos: Osmar Luiz Jr. (adulto) e João Luiz Gasparini (juvenil). **Figura 7.13.** *Anthias salmopunctatus* Lubbock & Edwards, 1981. Foto: João Luiz Gasparini (adulto). **Figura 7.14.** *Epinephelus morio* (Valenciennes, 1828). Foto: Carlos E.L. Ferreira (adulto). **Figuras 7.15, 7.15a.** *Epinephelus itajara* (Lichtenstein, 1822). Fotos: "Samuca" (adulto) e Cláudio L.S. Sampaio (juvenil).



Figuras 7.16, 7.16a. *Mycteroperca bonaci* (Poey, 1860). Fotos: Osmar Luiz Jr. (adulto) e Cláudio L.S. Sampaio (juvenil). **Figura 7.17.** *Gramma brasiliensis* Sazima, Gasparini & Moura, 1998. Fotos: Cláudio L.S. Sampaio (adulto). **Figura 7.18.** *Ocyurus chrysurus* (Bloch, 1791). Foto: Luiz Rocha (adulto). **Figuras 7.19, 7.19a.** *Lutjanus analis* (Cuvier, 1828). Fotos: Osmar Luiz Jr. e Bertran M. Feitoza (adultos). **Figuras 7.20, 7.20a.** *Rhomboplites aurorubens* (Cuvier, 1829). Fotos: Alfredo Carvalho Filho (adultos e juvenil).



Figuras 7.21, 7.21a. *Prognathodes obliquus* (Lubbock & Edwards, 1980). Fotos: Osmar Luiz Jr. e Bertran M. Feitoza (adultos). **Figuras 7.22, 7.22a.** *Stegastes rocasensis* (Emery, 1972). Fotos: João P. Krajewski (adulto) e Bertran M. Feitoza (juvenil). **Figuras 7.23, 7.23a.** *Stegastes sanctipauli* (Lubbock & Edwards, 1981). Fotos: Osmar Luiz Jr. (adulto) e João Luiz Gasparini (jovem). **Figura 7.24.** *Stegastes fuscus trinidadensis* Gasparini Moura & Sazima, 1999. Foto: João Luiz Gasparini (juvenil).



Figuras 7.25, 7.25a. *Scarus trispinosus* (Valenciennes, 1840). Fotos: Bertran M. Feitoza (adulto e juvenil).

Figuras 7.26, 7.26a. *Bodianus insularis* Gomon & Lubbock, 1979. Fotos: João Luiz Gasparini (adulto) e Bertran M. Feitoza (juvenil). **Figuras 7.27, 7.27a.** *Pseudopercis numida* (Miranda-Ribeiro, 1903). Fotos: Alfredo Carvalho Filho (macho e fêmea, ambos adultos e recém-coletados). **Figura 7.28.** *Enneanectes smithi* (Lubbock & Edwards, 1981). Foto: João Luiz Gasparini (adulto). **Figura 7.29.** *Storrsia olsoni* Dawson, 1982. Foto: Cláudio L.S. Sampaio (adultos). **Figura 7.30.** *Scartella poiti* Rangel, Gasparini & Guimarães, 2004. Foto: João Luiz Gasparini (adulto).

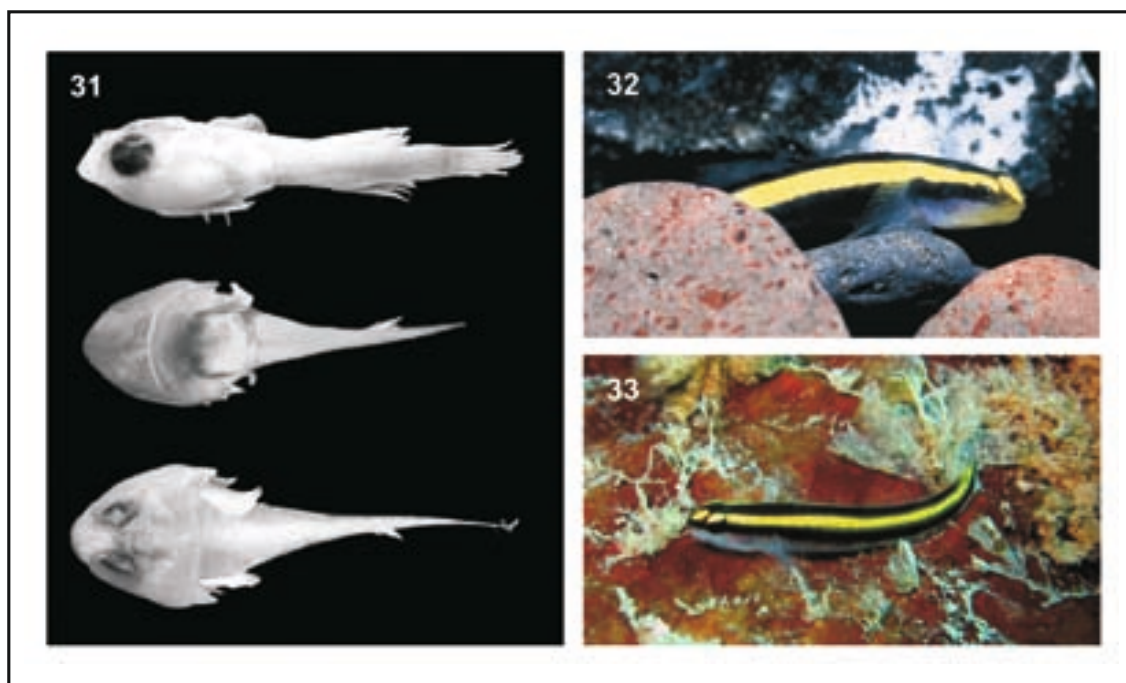


Figura 7.31. *Acyrtus pauciradiatus* Sampaio, Nunes & Mendes, 2004. Foto: Cláudio L.S. Sampaio (adulto).

Figura 7.32. *Elacatinus pridisi* Guimarães, Gasparini & Rocha, 2004. Foto: João Luiz Gasparini (adulto).

Figura 7.33. *Elacatinus figaro* Sazima, Moura & Rosa, 1996. Foto: Cláudio L.S. Sampaio (adulto).

Referências bibliográficas

- Allen, G.R.; Steene, R. & Allen, M. 1998. **A Guide to Angelfishes & Butterflyfishes**. Sydney: Odissey Publishing.
- Barata, P.C.R.; Lima, E.H.S.M.; Borges-Martins, M.; Scalfoni, J.T.; Bellini, C. & Siciliano, S. 2004. **Records of the leather-back sea turtle (*Dermochelys coriacea*) on the Brazilian coast, 1969-2001**. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 84: 1233-1240.
- Bergallo, H.G.; Rocha, C.F.D., Alves, M.A.S. & Van Sluys, M. (Orgs.). 2000. **A Fauna ameaçada de extinção do estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Ed. UERJ.
- Bonaldo, R.M. & Krajewski, J.P. 2007. **Peixes-papagaio: os bons de bico**. Ciência Hoje 40: 68-70.
- Briggs, J.C. 1995. **Global Biogeography, Developments in Paleotology and Stratigraphy**, 14. Amsterdam: Elsevier Science.
- Carvalho Filho, A. 1999. **Peixes, Costa Brasileira**. São Paulo: Melro.
- Compagno, L.; Dando, M. & Fowler, S. 2005. **Sharks of the World. Collins Field Guide**. Londres: Harper Collins Publishers.
- Costa, P.A.S.; Braga, A.C. & Rocha L.O.F. 2003. **Reef fisheries in Porto Seguro, eastern Brazilian coast**. Fish. Res. 60: 577-583.
- Coutinho, R.; Villaça, R.C.; Magalhães, C.A.; Guimarães, M.A.; Apolinario, M. & Muricy, G. 1993. **Influência antrópica nos ecossistemas coralinos da região de Abrolhos, Bahia, Brasil**. Acta Biol. Leopoldensia 15: 133-144.
- Dulvy, N.K.; Sadovy, Y. & Reynolds, J.D. 2003. **Extinction vulnerability in marine populations**. Fish and Fisheries 4: 25-64.
- Dutra, G.F.; Allen, G.R.; Werner, T. & McKenna, S.A. 2006. **A Rapid marine Biodiversity Assessment of the Abrolhos Bank, Brazil**. RAP Bulletin of Biological Assessment 38. Washington, DC: Conservation International.
- Feitoza, B.M.; Rocha, L.A.; Luiz Jr., O.J.; Floeter, S.R. & Gasparini, J.L. 2003. **Reef fishes of St. Paul's Rocks: new record and notes on biology and zoogeography**. Aqua, J. Ichthyol. Aqua. Biol. 7: 61-82.
- Feitoza, B.M., Rosa, R.S. & Rocha, L.A. 2005. **Ecology and zoogeography of deep-reef fishes in Northeastern Brazil**. Bull. Mar. Sci. 76: 725-742.
- Ferreira, C.E.L. 2003. **Non-indigenous coral at marginal sites**. Coral Reefs 22: 498.
- Ferreira, C.E.L. & Gonçalves, J.E.A. 1999. **The unique Abrolhos reef formation (Brazil): need for specific management strategies**. Coral Reefs 18: 352.
- Ferreira, C.E.L.; Gasparini, J.L.; Carvalho-Filho, A. & Floeter, S.R. 2005. **A recently extinct parrotfish species from Brazil**. Coral Reefs 24: 128.
- Floeter, S. R. & Gasparini, J. L. 2000. **The southwestern Atlantic reef-fish fauna: composition and zoogeographic patterns**. J. Fish Biol. 56: 1099-114.
- _____. 2001. **Brazilian endemic reef fishes**. Coral Reefs 19: 292.
- Floeter, S.R.; Halpern, B.S. & Ferreira, C.E.L. 2006. **Effects of fishing protection on Brazilian reef fishes**. Biol. Conserv. 128: 391-402.
- Floeter, S.R.; Ferreira, C.E.L. & Gasparini, J.L. 2007. **Os efeitos da pesca e da proteção através de UC's marinhas: Três estudos de caso e implicações para os grupos funcionais de peixes recifais no Brasil**, p. 183-199. In: Prates, A.P. & Blanc, D. (Eds.). Áreas Aquáticas Protegidas como Instrumento de Gestão Pesqueira. Serie Áreas Protegidas 4. Brasília: MMA.
- Francini-Filho, R.B. 2005. **Estrutura e dinâmica das assembleias de peixes recifais no Banco dos Abrolhos, Bahia: subsídios para conservação e manejo**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Froese, R. & Pauly, D. (Ed.) 2007. **FishBase**. Disponível em <<http://www.fishbase.org>> Acesso em: 12/10/2007.
- Gasparini, J.L. 2004. **Ilha da Trindade e Arquipélago Martin Vaz: pedaços de Vitória no azul Atlântico**. Vitória: Gráfica e Editora GSA.
- Gasparini, J.L. & Floeter, S.R. 2001. **The shore fishes of Trindade Island, western South Atlantic**. J. Nat. Hist. 35: 1639-1656.

- Gasparini, J.L.; Floeter, S.R.; Ferreira, C.E.L. & Sazima, I. 2005. **Marine ornamental trade in Brazil**. Biodiv. Conserv. 14: 2883-2899.
- Gasparini, J.L.; Luiz-Jr, O. & Sazima, I. (no prelo). **Cleaners from the underground**. Coral Reefs.
- Gerhardinger, L.C.; Andrade, A.B. & Hostim-Silva, M. 2006. **Local ecological knowledge and Goliath grouper spawning aggregations in the South Atlantic Ocean: Goliath grouper spawning aggregations in Brazil**. Traditional Marine Resource Management and Knowledge - Information Bulletin 20: 33-34.
- Gerhardinger, L.C.; Freitas, M.O.; Andrade, A.B. & Rangel, C.A. 2006. ***Omobranchus punctatus* (Teleostei: Blenniidae), an exotic blenny in the Southwestern Atlantic**. Biol. Invasions 8: 941-946.
- Gerhardinger, L.C.; Medeiros, R.P.; Marenzi, R.C.; Godoy, E.A.; Freitas, M.O.; Andrade, A.B. & Hostim-Silva, M. 2007. **Conhecimento Ecológico Local no Planejamento e Gestão de Áreas Marinhas Protegidas e na Conservação de Agregações Reprodutivas de Peixes: A Experiência do Projeto Meros do Brasil**, p. 107-129. In: Prates, A.P. & Blanc, D. (Eds.). Áreas Aquáticas Protegidas como Instrumento de Gestão Pesqueira. Série Áreas Protegidas 4. Brasília: MMA.
- Guimarães, R.Z.P.; Gasparini, J.L. & Rocha, L.A. 2004. **A new cleaner goby of the genus *Elacatinus* (Teleostei: Gobiidae) from Trindade Island, off Brazil**. Zootaxa 770: 1-8.
- Hawkins, J.P.; Roberts, C.M. & Clark, V. 2000. **The threatened status of restricted-range coral reef fishes species**. Anim. Conserv. 3: 81-88.
- Hazin, F.H.V. & Lessa, R.P.T. 2005. **Synopsis of biological information available on blue shark, *Prionace glauca*, from the southwestern Atlantic Ocean**. Collective Volume of Scientific Papers, International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas 58: 1179-1187.
- IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2001. **Mamíferos Aquáticos do Brasil: Plano de Ação, versão II**. Brasília: Edições IBAMA.
- _____. 2003. **Relatório da reunião nacional sobre regulamentação específica para a exploração de peixes ornamentais marinhos**. Fortaleza: IBAMA.
- Ilari, M.D.I.; Souza, A.T.; Medeiros, P.R.; Grempel, R.G. & Sampaio, C.L.S. 2007. **Aquário natural ameaçado**. Ciência Hoje 41: 70-72.
- IUCN – The World Conservation Union. 2007. **IUCN Red List of Threatened Species**. Disponível em <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 24/01/2007.
- Leão, Z.M.A.N. & Dominguez, J.M.L. 2000. **Tropical coast of Brazil**. Mar. Pollut. Bull. 41: 112-122.
- Leão, Z.M.A.N.; Kikuchi, R.K.P. & Testa, V. 2003. **Corals and coral reefs of Brazil**, p. 9-17. In: Cortés, J. (Ed.). Latin American Coral Reefs. Amsterdam: Elsevier Science.
- Lins, L.V.; Machado, A.B.M.; Costa, C.M.R. & Herrmann, G. 1997. **Roteiro metodológico para elaboração de listas de espécies ameaçadas de extinção (contendo a lista oficial da fauna ameaçada de extinção de Minas Gerais)**. Publicações Avulsas da Fundação Biodiversitas, 1. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas.
- Lubbock, R. & Edwards, A.J. 1981. **The fishes of Saint Paul's Rocks**. J. Fish Biol. 18: 135-157.
- Luiz Jr., O.; Joyeux, J.C. & Gasparini, J.L. 2007. **Rediscovery of *Anthias salmopunctatus*, Lubbock & Edwards, 1981, with comments on its natural history and conservation**. J. Fish Biol. 70: 1283-1286.
- Machado, A.B.M.; Martins, C.S. & Drummond, G.M. 2005. **Lista da fauna brasileira ameaçada de extinção: incluindo as espécies quase ameaçadas e deficientes em dados**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas.
- Marques, A.A.B.; Fontana, C.S.; Vélez, E.; Bencke, G.A.; Schneider, M. & Reis, R.E. 2002. **Lista das espécies da fauna ameaçadas de extinção no Rio Grande do Sul**. Decreto nº 41.672, de 11 de junho de 2002. Publicações Avulsas FZB, nº11. Porto Alegre: FZB/MCTPUCRS/PANGAEA.
- Mascarenhas, R.; Santos, R. & Zeppelini, D. 2005. **Stranded Sea Turtles on the Coast of Paraíba - Brazil**. Marine Turtle Newsletter 107: 13-14.
- Medeiros, P. R.; Grempel, R.G.; Souza, A.T.; Ilari, M.D.I. & Sampaio, C.L.S. 2007. **Effects of recreational activities on the fish assemblage structure in a northeastern Brazilian reef**. Pan-American Journal of Aquatic Sciences 2: 288-300.
- Mendonça, M.P. & Lins, L.V. 2000. **Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas e Fundação Zoo-Botânica de Belo Horizonte.

- Menezes, N.A.; Buckup, P.A.; Figueiredo, J.L. & Moura, R.L. 2003. **Catálogo das espécies de peixes marinhos do Brasil**. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente 2004. **Lista Nacional das Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes Ameaçados de Extinção e Lista Nacional das Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes Sobreexplorados ou Ameaçados de Sobreexploração**. Anexos à Instrução Normativa nº 5 do Ministério do Meio Ambiente, de 21/05/2004, publicada no D.O.U. nº 102, Seção I, de 28/05/2004.
- Monteiro-Neto, C.; Cunha, F.E.A.; Nottingham, M.C.; Araújo, M.E.; Rosa, I.L. & Barros, G.M.L. 2003. **Analysis of the marine ornamental fish trade at Ceará State, northeast Brazil**. Biodiv. Conserv. 12: 1287-1295.
- Moreira, E.H.S. 2001. **Helping the People Help the Turtles: The Work of Projeto TAMAR-IBAMA in Almofala, Brazil**. Marine Turtle Newsletter 91: 7-9.
- Moura, R.L. 2003. **Riqueza de espécies, diversidade e organização de assembleias de peixes em ambientes recifais: um estudo ao longo do gradiente latitudinal da costa brasileira**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Moura, R.L.; Figueiredo, J.L. & Sazima, I. 2001. **A new parrotfish (Scaridae) from Brazil, and revalidation of *Sparisoma amplum* (Ranzani, 1842), *Sparisoma frondosum* (Agassiz, 1831), *Sparisoma axillare* (Steindachner, 1878) and *Scarus trispinosus* Valenciennes, 1840**. Bull. Mar. Scie 3: 505-524.
- Moura, R.L. & Castro, R.M.C. 2002. **Revision of Atlantic sharpnose pufferfishes (Tetraodontiformes: Tetraodontidae: *Canthigaster*) with description of three new species**. Proc. Biol. Soc. Wash. 115: 32-50.
- Moura, R.L. & Sazima, I. 2002. **Species richness and endemism levels of the Southwestern Atlantic reef fish fauna**. Proceedings of the International Coral Reef Symposium 9 (1): 481-486.
- Moura, R.L.; Dutra, G.F.; Francini-Filho, R.B.; Mente-vera, C.V.; Curado, I.B.; Guimarães, F.J.; Oliveira, R.F. & Alves, D.C. 2007. **Gestão do uso de recursos pesqueiros na Reserva Extrativista marinha de Corumbau – Bahia**, p. 169-181. Áreas Aquáticas Protegidas como Instrumento de Gestão Pesqueira. Série Áreas Protegidas 4. Brasília: MMA.
- Moura, R.L. & Lindeman, K.C. 2007. **A new species of snapper (Perciformes: Lutjanidae) from Brazil, with comments on the distribution of *Lutjanus griseus* and *L. apodus***. Zootaxa 1422: 31-43.
- Nelson, J. S. 2006. **Fishes of the World**. New York: John Wiley and Sons.
- Neves, E.; Johnsson, R.; Sampaio, C.L.S. & Pichon, M. 2006. **The occurrence of *Scolymia cubensis* in Brazil: revising the problem of the Caribbean solitary mussids**. Zootaxa 1366: 45-50.
- Neves, T. & Olmos, F. 1998. **Albatross mortality in fisheries off coast of Brazil**, p. 214-219. In: Robertson, G. & Gales, R. (Eds.). Albatross: Biology and Conservation. Chipping, Norton: Survey Beatty & Sons.
- Neves, T.; Olmos, F.; Peppes, F. & Mohr, L.V. 2007. **Plano de Ação Nacional para a Conservação de Albatrozes e Petréis**. Brasília: Edições IBAMA.
- Nottingham, M.C.; Cunha, F.E.A. & Monteiro-Neto, C. 2000. **Captura de peixes ornamentais marinhos no Estado do Ceará**. Arq. Cienc. Mar 33: 119-124.
- Nottingham, M.C.; Barros, G.M.L.; Araújo, M.E.; Rosa, I.L.; Ferreira, B.P. & Mello, T.R.R. 2005. **O ordenamento da exploração de peixes ornamentais marinhos no Brasil**. Bol. Tec Cient. CEPENE 13: 75-107.
- Oliveira, G.M.; Evangelista, J.E.V. & Ferreira, B.P. 1997. **Considerações sobre a biologia e a pesca no Arquipélago dos Penedos de São Pedro e São Paulo**. Bol. Tec Cient. CEPENE 5: 1-16.
- Olmos, F.; Bastos, G.C.C. & Neves, T.S. 2001. **Pesca no céu: a morte de aves em espinhéis no Brasil**. Ciência Hoje 171: 25-32.
- Rangel, C.A.; Gasparini, J.L. & Guimarães, R.Z.P. 2004. **A new species of combtooth blenny *Scartella* Jordan, 1886 (Teleostei: Blenniidae) from Trindade Island, Brazil**. Aqua, J. Ichthyol. Aqua. Biol. 8: 89-96.
- Rocha, L. A. 2003. **Patterns of distribution and processes of speciation in Brazilian reef fishes**. J. Biogeogr. 30: 1161-1171.
- Rocha, L.A. 2004. **Mitochondrial DNA and color pattern variation in three western Atlantic *Halichoeres* (Labridae), with the revalidation of two species**. Copeia 2004: 770-782.
- Rocha, L.A.; Rosa, I.L. & Feitoza, B.M. 2000. **Sponge dwelling fishes of northeastern Brazil**. Environ. Biol. Fishes 59 (4): 453-458.

- Rosa, R.S. & Menezes, N.A. 1996. **Relação preliminar das espécies de peixes (Pisces, Elasmobranchii, Actinopterygii) ameaçadas no Brasil.** Rev. Bras. Zool. 13: 647-667.
- Rosa, R.S. & Moura, R.L. 1997. **Visual assessment of reef fish community structure in Atol das Rocas Biological Reserve, off northeastern Brazil.** Proceedings of the International Coral Reef Symposium 8: 983-986.
- Rosa, I.L.; Dias, T.L. & Baum, J.K. 2002. **Threatened fishes of the world: *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933 (Syngnathidae).** Environ. Biol. Fishes 64: 378.
- Rosa, I.L.; Sampaio, C.L.S. & Barros, A.T. 2006. **Collaborative monitoring of the ornamental trade of seahorses and pipefishes (Teleostei: Syngnathidae) in Brazil: Bahia State as a case study.** Neotrop. Ichthyol. 4: 247-252.
- Sadovy, Y. 2001. **The threat of fishing to highly fecund fishes.** J. Fish Biol. 59A: 90-108.
- Sadovy, Y.J. & Vincent, A.C.J. 2002. **Ecological issues and the trades in live reef fishes.** In: Sale, P.F. (Ed.). Coral Reef Fishes: Dynamics and Diversity in a Complex Ecosystem, p. 391-420. San Diego: Academic Press.
- Sampaio, C.L.S. 1999. ***Dermochelys coriacea* (Leatherback sea turtle). Accidental Capture.** Herpetol. Rev. 30: 39-40.
- Sampaio, C.L.S. & Aroucha, E.C. 2000. **Registro de Cachalote Anão, *Kogia simus* (Owen, 1866) no litoral da Bahia, Nordeste do Brasil.** Bioikos 14: 28-33.
- Sampaio, C.L.S.; Nunes, J.A.C.C. & Mendes, L.F. 2004. ***Acyrtus pauciradiatus*, a new species of clingfish (Teleostei: Gobiesocidae) from Fernando de Noronha Archipelago, Pernambuco state, Northeastern Brazil.** Neotrop. Ichthyol. 2: 205-208.
- Sampaio, C.L.S. & Rosa, I.L. 2005. **A coleta de peixes ornamentais marinhos na Bahia, Brasil: técnicas utilizadas e implicações conservacionistas.** Bol. Tec Cient. CEPENE 13: 39-51.
- Sampaio, C.L.S.; Carvalho-Filho, A.; Feitoza, B.M.; Ferreira, C.E.L.; Floeter, S.R.; Gasparini, J.L.; Rocha, L.A. & Sazima, I. 2006. **Peixes Recifais Endêmicos e Ameaçados das Ilhas Oceânicas Brasileiras e do Complexo recifal dos Abrolhos: Uma Síntese.** In: Alves, R.J.V. & Castro, J.W.A. (Orgs.). Ilhas Oceânicas Brasileiras: da Pesquisa ao Manejo, p. 217-234. Brasília: MMA.
- Sampaio, C.L.S. & Rosa, I.L. 2006. **Predation of an alien species of crab (*Charybdis hellerii* Milne Edwards) by a native Octopus species on NE Brazilian reefs.** Coral Reefs 25: 58.
- São Paulo. 1998. **Fauna Ameaçada no Estado de São Paulo.** Secretaria do Meio Ambiente, Documentos Ambientais - Série PROBIO/SP: São Paulo: Gráfica Cetesb.
- Sazima, I.; Moura, R.L. & Rosa, R.S. 1996. ***Elacatinus figaro* sp. n. (Perciformes: Gobiidae), a new cleaner goby from the coast of Brazil.** Aqua, J. Ichthyol. Aqua. Biol. 2: 33-38.
- Sazima, I.; Gasparini, J.L. & Moura, R.L. 1998. ***Gramma brasiliensis*, a new basslet from the western South Atlantic (Perciformes: Grammatidae).** Aqua, J. Ichthyol. Aqua. Biol. 3: 39-43.
- Siciliano, S. 1994. **Review of small cetaceans and fishery interactions in coastal waters of Brazil.** Report of the International Whaling Commission 15: 241-250.
- Siciliano, S.; Dibeneditto, A.P.M. & Ramos, R.M.A. 2002. **A toninha, *Pontoporia blainvillei* (Gervais & d'Orbigny, 1844) (Mammalia, Cetacea, Pontoporiidae), nos Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, Costa Sudeste do Brasil: caracterização dos habitats e fatores de isolamento das populações.** Bol. Mus. Nac. Zool. 476: 1-15.
- Souza, A.T.; Ilarri, M.D.I.; Medeiros, P.R.; Gempel, R.G.; Rosa, R.S. & Sampaio, C.L.S. 2007. **Fishes (Elasmobranchii and Actinopterygii) of Picãozinho reef, Northeastern Brazil, with notes on their conservation status.** Zootaxa 1608: 11-19.
- Tossulino, M.G.P.; Margarido, T.C.C.; Straube, F.C.; Leite, J.C.M.; Morato, S.A.A.; Bérnils, R.S.; Casagrande, M.M. & Mielke, O.H.H. 1995. **Lista Vermelha de Animais Ameaçados de Extinção no Estado do Paraná.** Curitiba: SEMA/GTZ. 177p.
- Vaske-Jr., T.; Lessa, R.P.; Nobrega, M.; Montealegre-Quijano, S.; Marcante-Santana, F. & Bezerra, J.L. 2005. **A checklist of fishes from Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil.** J. Appl. Ichthyol. 21: 75-79.
- Vooren, C.M. & Klippel, S. 2005. **Ações para a conservação de tubarões e raias no sul do Brasil.** Porto Alegre: Igaré.
- Walker, T. I. 2004. **Elasmobranch fisheries management techniques.** In: Musick, J.A. & Bonfil, R. (Eds). Elasmobranch fisheries management techniques, p. 285-321. Singapura: APEC.



Capítulo 8

**Conservação e Pesquisa das
Tartarugas Marinhas nas
Ilhas Oceânicas de Fernando
de Noronha, Atol das Rocas
e Trindade, Brasil**

Alice Grossman

Luciana Magnabosco de Paula Moreira

Claudio Bellini

Antonio de Pádua Almeida



Resumo

As ilhas oceânicas de Fernando de Noronha, Atol das Rocas e Trindade são área de desova da tartaruga-verde *Chelonia mydas* e de alimentação da tartaruga-de-pente *Eretmochelys imbricata*. Neste capítulo, realizou-se uma síntese dos trabalhos do Projeto Tamar em mais de 20 anos de atuação nestes locais, com dados sobre monitoramento da praia, coleta dos dados biométricos, classificação do comportamento, marcação das fêmeas, monitoramento e análise dos ninhos e biologia reprodutiva. Trindade desponta como a maior colônia reprodutiva de *C. mydas* do Brasil, com 4.808 ninhos estimados em 1999/2000, seguida pelo Atol das Rocas, com registro máximo de 640 ninhos/ano e Fernando de Noronha, com um máximo de 153 ninhos/ano. A sazonalidade reprodutiva em Fernando de Noronha e no Atol das Rocas é semelhante, com início a partir da segunda quinzena de dezembro, prolongando-se até junho. O pico reprodutivo ocorre entre fevereiro e março. Na Ilha da Trindade, as desovas têm início em outubro, apresentando uma maior intensidade de ocorrências em janeiro, prolongando-se também até junho. As desovas apresentam uma média de 122 ovos, com pequenas variações entre os sítios reprodutivos. Os ninhos apresentam uma taxa de eclosão entre 75% e 80%. Os intervalos entre desovas em uma mesma temporada variam de sete a 20 dias, com a maioria dos registros oscilando entre dez e 14 dias. O intervalo médio para os três sítios reprodutivos é de 12-13 dias. O intervalo de remigração reprodutiva é bastante similar para as três ilhas oceânicas, com predomínio de retorno reprodutivo em intervalos de três anos. O comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) das tartarugas-verdes variou de 0,96 metro a 1,43 metro. Eventuais estudos especiais foram realizados no Atol das Rocas, como, por exemplo, a descrição do perfil hormonal sérico de esteróides sexuais de machos e fêmeas e morfometria de indivíduos adultos da tartaruga-verde em reprodução, ambos na Reserva Biológica Marinha do Atol das Rocas. A população de adultos obteve comprimento com moda em 100 e 115 centímetros, sendo os machos menores que as fêmeas e ambos com baixa associação para a relação peso-comprimento. O Arquipélago de Fernando de Noronha e o Atol das Rocas são consideradas áreas mistas por abrigarem colônias reprodutivas de *C. mydas* e ainda constituírem importantes áreas de alimentação para as populações jovens desta espécie e de *E. imbricata*. As informações morfométricas para indivíduos juvenis de *E. imbricata* e *C. mydas* revelam que ambas aportam em Noronha e Rocas com um CCC entre 27-30 centímetros, permanecendo associadas a estas áreas de alimentação até atingirem 84-86 centímetros. A continuidade dos estudos de médio e longo prazo são fundamentais para a pesquisa e para a conservação das populações remanescentes de tartarugas marinhas.

Abstract

Research and Conservation of Marine Turtles in Oceanic Islands of Fernando de Noronha, Atol da Rocas and Trindade, Brazil

*The oceanic islands of Fernando de Noronha, Atol das Rocas (Rocas Atoll) and Trindade are nesting areas of Green Turtle (*Chelonia mydas*) and feeding areas of Hawksbill (*Eretmochelys imbricata*). This work establishes a summary of Projeto TAMAR in more than 20 years with data of beach surveys, collection of biometric data, behavior data, tagging of females, nests monitoring and analysis of nests and reproductive biology. Trindade arises as the biggest nesting ground for the Green Turtle in Brazil, with 4,808 estimated nests in 1999/2000, followed by Atol das Rocas with a maximum of*

640 nests/year and Fernando de Noronha with a maximum of 153 nests/year. The reproductive sazonalidade in Fernando de Noronha and Atol das Rocas is similar, beginning in the second fortnight of December and continuing until June. The peak of the reproductive activity is between February and March. In Trindade Island the reproductive activity begins in October, reaching its peak in January and continuing until June. The average clutch size has 122 eggs, with little variations between the nesting areas. The hatchling success was of 75% and 80%. The nesting intervals in the same season were between 7 and 20 days, with the most of the data records oscillating from 10-14 days. The average nesting intervals for the three areas was of 12-13 days. The reproductive remigration interval is very similar to the three oceanic islands, with intervals of 3 years. The carapace length of Green Turtles nesting ranged from 0.96m to 1.43m. Eventual special studies were carried out in Atol das Rocas, like the description of the seric hormonal profile of sexual of males and females steroids and morfometric of adult Green Turtle in reproduction, both in the Marine Biological Reserve of Atol das Rocas. The adult population had a carapace length with a mode of 100 and 115 cm, being the males smaller than the females and both with low association for the weight-length relation. The islands of Fernando de Noronha and Atol das Rocas were considered mixed because they have nests sites of *C. mydas* and are important feeding areas to the juvenile of this species and of *E. imbricata*. The morfometric informations for individuals juvenile of *E. imbricata* and *C. mydas* show that both dock in Noronha and Rocas, with a length curved carapace CCC between 27-30 cm, remaining associated with these feeding areas until they reach 84-86 cm. The continuity of the medium and long term studies is a priority to the research and conservation of the remanescent populations of marine turtles.

Introdução

Nestas pequenas porções de terra erodidas pelo tempo, repousam, no meio do oceano Atlântico, verdadeiros oásis para espécies marinhas. Tão isoladas e temidas pelos navegadores, mudaram de vocação ao longo dos séculos: foram visitadas por exploradores e cientistas, serviram de presídio, de guarnições militares e estações de pesca. Mais recentemente, tornaram-se bases para pesquisas científicas, mesmo a Ilha da Trindade, de responsabilidade da Marinha do Brasil, e em Fernando de Noronha, um cobiçado destino turístico.

Apesar das peculiaridades de cada ilha, duas evidências são comuns a todas: trata-se de excepcionais locais para investigações científicas e foi ali que nasceu a conservação marinha brasileira.

Até o final da década de 1970, o Brasil não tomou iniciativas que garantissem a proteção de ambientes marinhos e de suas espécies, apesar de o país ser signatário de convenções internacionais relacionadas ao meio ambiente, como a Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies da Flora e Fauna Silvestres em Perigo de Extinção (CITES), desde 1975.

Com a crescente necessidade de expandir experiências conservacionistas para espécies exclusivamente marinhas e, conseqüentemente, de seus ecossistemas, o Projeto Tartarugas Marinhas (Projeto Tamar) foi criado pelo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF)¹ em

¹ **Nota do Editor:** em 1989, o IBDF se fusionou com a Superintendência do Desenvolvimento da Pesca (SUDEPE) e a Secretaria Especial de Meio Ambiente (SEMA) para a criação do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Parte das competências do IBAMA foi absorvida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), criado em 2007.

1979. Nasceu “no meio do oceano” pela inspiração de uma expedição de jovens estudantes universitários ao Atol das Rocas, antes mesmo deste local se tornar a primeira Unidade de Conservação marinha brasileira, decretada em 1979.

Neste capítulo, abordamos uma síntese dos trabalhos do Projeto Tamar em mais de 20 anos de atuação, desde a identificação de áreas prioritárias para a conservação das tartarugas-marinhas-verdes, ao final da década de 1970, até os estudos comparativos e especiais proporcionados pelo avanço tecnológico, como hematologia e bioquímica.

As tartarugas marinhas nas ilhas oceânicas brasileiras

Arquipélago de Fernando de Noronha

O Arquipélago de Fernando de Noronha (cerca de 03°51'S–32°24'W) está localizado a 345 km a nordeste do Cabo de São Roque, no estado do Rio Grande do Norte, e a 545 km de Recife, em Pernambuco (**Figura 8.1**). De origem vulcânica, é composto por 18 ilhas, ilhotas e rochedos, ocupando uma área de 2.600 hectares. O local abriga duas Unidades de Conservação federais: uma Área de Proteção Ambiental (APA), criada em 1986, e um Parque Nacional Marinho, estabelecido em 1988.

Fernando de Noronha, além de ser uma importante área de alimentação de juvenis da tartaruga-de-pente *Eretmochelys imbricata* e da tartaruga-verde *Chelonia mydas*, tem a menor população de tartarugas-verdes que desovam nas ilhas oceânicas brasileiras, resultado de um passado predatório de mais de 480 anos. A proteção efetiva destas espécies no local teve início em 1984, ano em que os trabalhos de conservação de tartarugas marinhas se iniciaram. Anualmente, não mais do que 150 desovas são registradas. A Praia do Leão é a principal área de desova, concentrando cerca de 80% dos ninhos; o restante se distribui entre a Praia do Sancho, Cacimba do Padre, Praia do Bode, Americano e Boldró, e mais recentemente, Praia da Conceição.

Reserva Biológica do Atol das Rocas

O Atol das Rocas está localizado no mar territorial brasileiro, a cerca de 270 km da cidade de Natal, Rio Grande do Norte (**Figura 8.1**), e a aproximadamente 150 km a oeste do Arquipélago de Fernando de Noronha (03°45' a 03°56'S–33°37' a 33°56'W), região banhada pela corrente Sul Equatorial, originada na costa da África. A formação do Atol das Rocas pertence ao alinhamento dos montes submarinos, de direção leste-oeste, conhecido como Zonas de Fratura de Fernando de Noronha.

Por ser o único atol em todo o Atlântico sul, por abrigar importante população de tartarugas-verdes e a maior colônia de aves marinhas do Brasil, o governo brasileiro criou, em 1979, a Reserva Biológica do Atol das Rocas. Devido à distância do continente, à falta de água doce e à fragilidade do seu ecossistema (recife de algas coralíneas, corais verdadeiros, colônias de aves marinhas e área de desova de tartarugas marinhas), foi enquadrado na categoria mais restritiva do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (ver Lei nº 9.985/2000), sendo que a única atividade permitida é a pesquisa científica. A área da Reserva Biológica abrange 36.000 hectares, tendo como limite a isóbata de 1.000 metros. Este recife, de forma elíptica, tem como base o topo de uma montanha submarina, que se eleva a partir de cerca de 3.000 metros de

profundidade até a superfície do mar. Na sua formação predominam algas calcárias e moluscos coloniais, associados a corais verdadeiros e foraminíferos.

Em seu anel, existem dois canais, ou interrupções, chamadas de barretas – conexão entre a laguna interna e o oceano. No interior deste anel encontram-se duas pequenas porções de terra permanentemente emersas, a Ilha do Cemitério e a Ilha do Farol (perímetros aproximados de 1 km e 1,4 km, respectivamente), totalizando uma área de 7,2 Km². Estas ilhas são formadas por material biodetrítico e cobertas por vegetação natural. O Atol das Rocas está sob a influência de marés semidiurnas. As marés de sizígia atingem em média 2,5 metros, enquanto que, na quadratura, a amplitude é reduzida para 1,3 metro.

O Atol das Rocas é o segundo maior sítio reprodutivo de *C. mydas* no Brasil, agregando cerca de 500 ninhos por ano (GROSSMAN, 2001). Além desta população, *E. imbricata* e *C. mydas* utilizam Rocas como área de alimentação.

Ilha da Trindade

A Ilha da Trindade está localizada na porção leste da cadeia submarina Vitória-Trindade (20°30'S–29°20'W), distando cerca de 1.140 km da costa do Estado do Espírito Santo e 48 km do Arquipélago de Martin Vaz (**Figura 8.1**). Possui 5 km de comprimento e uma área de 8 km² fortemente acidentada, com elevações que atingem 600 metros no Pico do Desejado. Suas rochas são lavas e intrusões sódico-alcálinas e subsaturadas em sílica, e piroclastos diversos. Recifes de algas, estreitas praias e dunas com reduzidos depósitos fluviais à beira-mar e diversos cones e aventais de talude compõem a formação desta ilha, quase inteiramente constituída de rochas vulcânicas e subvulcânicas. É o único local em território brasileiro em que ainda se pode reconhecer parte de um cone vulcânico (ALMEIDA, 2002); estima-se que a última erupção ocorreu há aproximadamente 50 mil anos. A origem de Trindade data de cerca de 3 a 3,5 milhões de anos (ALMEIDA, 1961; GREENWOOD, 1998).

Trindade é o maior sítio reprodutivo de *C. mydas* no Brasil (FILIPINI & BULHÕES, 1988; MOREIRA *et al.*, 1995; MOREIRA & BJORNDAAL, 2006) e se enquadra na definição de sítio reprodutivo primário (mais de 500 ninhos por ano) (SEMINOFF, 2002), situado dentre os maiores do Atlântico.

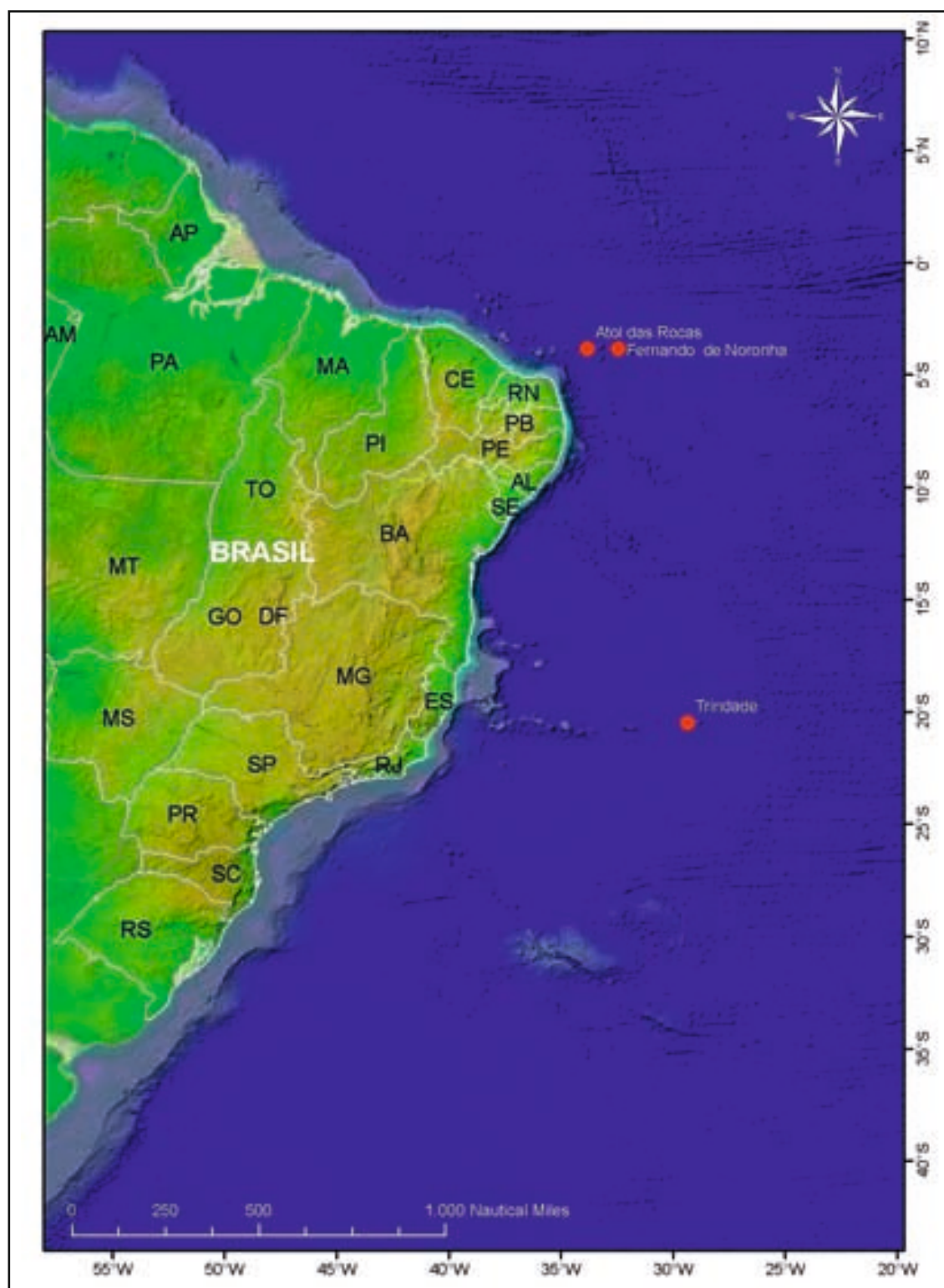


Figura 8.1. Localização dos três principais sítios reprodutivos de *Chelonia mydas* no Brasil.

Áreas de reprodução

Atol das Rocas, Trindade e Fernando de Noronha representam áreas de reprodução da tartaruga-verde, agregando sazonalmente indivíduos adultos em comportamento de corte, cópula e desova (**Figura 8.2**). O Projeto Tamar desenvolve atividades básicas de monitoramento das praias e ninhos, marcação e biometria das fêmeas, de acordo com os padrões metodológicos adotados para as demais bases de operação do projeto (MARCOVALDI & MARCOVALDI, 1999). Entretanto, as diferenças

logísticas entre as áreas ocasionam variações no esforço de monitoramento, principalmente na Ilha da Trindade, onde a distância do continente e a ausência de uma base física (no sentido de uma edificação destinada ao apoio à pesquisa) trazem dificuldades adicionais à presença constante de uma equipe. Eventuais estudos específicos vêm sendo desenvolvidos nas diferentes ilhas.

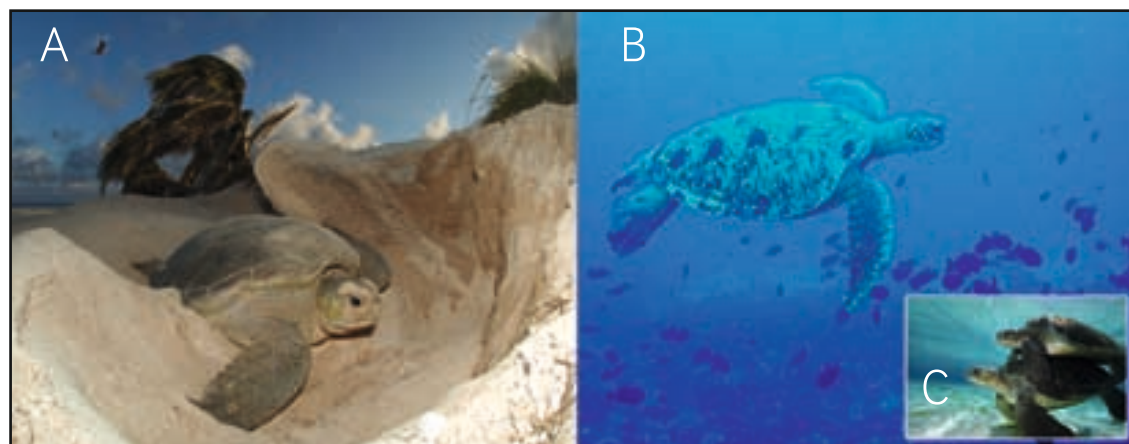


Figura 8.2. Indivíduos adultos de *Chelonia mydas*. a) fêmea desovando (foto: Marta Granville); b) macho (foto: Claudio Bellini); c) cópula (foto: Zaira Matheus).

Arquipélago de Fernando de Noronha

As tartarugas-verdes desovam na ilha principal do Arquipélago de Fernando de Noronha, que é considerada uma Área de Estudo Integral, com monitoramento diário pela equipe do Projeto Tamar ao longo de toda a temporada. Todos os ninhos são mantidos *in situ*, exceto aquelas desovas ameaçadas pela ação do mar ou de riachos sazonais que se formam na estação das chuvas. Nestes casos, as desovas são transferidas para pontos próximos na mesma praia. A Praia do Leão (470 metros de extensão) é a principal área de reprodução da tartaruga-verde no arquipélago, com 80% dos ninhos (**Figura 8.3a**). O restante das tartarugas distribui suas desovas ao longo do Mar de Dentro, entre as praias do Sancho e Boldró, totalizando cerca de 2 km de extensão. A temporada reprodutiva tem início em dezembro e prolonga-se até junho.

A partir do primeiro registro reprodutivo, iniciam-se as rondas noturnas (denominadas de tartarugadas), entre o pôr-do-sol e o amanhecer, atividade que se concentra na Praia do Leão. As praias do Mar de Dentro são monitoradas nas primeiras horas da manhã. Eventualmente, em noites com probabilidade de retorno de fêmeas, são realizadas excursões noturnas também nestas áreas.

Reserva Biológica do Atol das Rocas

A presença de pesquisadores do Projeto Tamar no Atol das Rocas está vinculada à sazonalidade da temporada reprodutiva, que tem início em dezembro, prolongando-se até meados de julho. A ênfase dos trabalhos de campo está na marcação, na biometria e no acompanhamento do comportamento reprodutivo das tartarugas-verdes. No Atol das Rocas, a presença da zona de recifes, exposta durante a maré seca, limita o período de emergência das tartarugas às marés enchente e cheia; o monitoramento da praia está vinculado a esta característica, com o horário de início da tartarugada variando conforme a maré. As rondas noturnas têm duração aproximada de três horas. Como complemento do monitoramento, são realizadas rondas matinais. As desovas ocorrem principalmente na Ilha do Farol (**Figura 8.3b**), onde todos os ninhos são mantidos *in situ*. São realizados estudos específicos sobre a morfometria das fêmeas e dos machos em reprodução, estudos de dosagem hormonal e observação do comportamento de corte e cópula.

Ilha da Trindade

Na Ilha da Trindade, assim como na Reserva Biológica (Rebio) do Atol das Rocas, os trabalhos estão relacionados à sazonalidade da temporada reprodutiva – que se inicia em novembro e estende-se até junho – e à disponibilidade de vagas na ilha determinada pela Marinha do Brasil, responsável pela gestão do local, tendo em vista o Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade ser de sua responsabilidade². A ênfase dos trabalhos está na estimativa de ninhos, marcação e biometria das fêmeas e no acompanhamento do comportamento reprodutivo. Em Trindade, as tartarugas não são limitadas por barreiras, com exceção de alguns locais nas praias com costões rochosos que permitem o acesso somente na maré alta. O esforço de monitoramento nas praias da ilha variou nas diferentes temporadas. Desde a temporada de 1999/2000, o monitoramento é realizado durante toda a noite (das 18 às 6 horas) nas quatro principais praias de desova: Tartarugas (**Figura 8.3c**), Andradadas, Túnel e Príncipe. O número de rastros é conferido, diariamente, também nas outras cinco praias durante o dia, totalizando nove praias com ocorrências de desovas. O acesso às praias é acidentado e ocasionalmente impedido por chuvas e erosões. Todos os ninhos são mantidos *in situ*.



Figura 8.3. Principais praias de desova de *Chelonia mydas* em ilhas oceânicas brasileiras. a) Praia do Leão, Arquipélago de Fernando de Noronha; b) Ilha do Farol, Atol das Rocas (foto: Zaira Matheus); c) Praia das Tartarugas, Ilha da Trindade.

² **Nota do Editor:** A Marinha do Brasil publicou a Portaria MB nº 319, de 27/12/2006, a qual estabelece o Comitê Executivo do Programa de Pesquisas Científicas na Ilha da Trindade (PROTRINDADE). Este comitê tem a finalidade de promover e gerenciar o desenvolvimento de pesquisas científicas nas ilhas de Trindade e Martin Vaz e área marítima adjacente. As pesquisas serão aprovadas por este Comitê, assessorado por um Subcomitê Científico coordenado pelo CNPq e com a participação do Ministério do Meio Ambiente, o qual irá sugerir as prioridades de embarque de acordo com a logística oferecida pela Marinha do Brasil.

Biologia reprodutiva das tartarugas-verdes no Brasil

As colônias reprodutivas de *C. mydas* têm ampla distribuição, concentrando-se entre os trópicos. No Atlântico, as principais áreas de desova encontram-se na Costa Rica (BJORNDAL *et al.*, 1999), Ilha de Ascensão, pertencente ao Reino Unido e localizada no oceano Atlântico sul (MORTIMER & CARR, 1987), Suriname (SCHULZ, 1975), Ilha Aves, Venezuela (SOLE & MEDINA, 1989) e Poilão, Guiné Bissau (FORTES *et al.*, 1998).

As três áreas de desova das tartarugas-verdes no Brasil apresentam semelhanças na maioria dos aspectos estudados relativos à biologia reprodutiva da espécie, diferindo, essencialmente, na magnitude do sítio reprodutivo, onde Trindade desponta como a maior colônia do Brasil, com 4.808 ninhos estimados em 1999/2000 (MOREIRA & BJORNDAL, 2006), seguida pelo Atol das Rocas, com registro máximo de 640 ninhos/ano (GROSSMAN, 2001) e Fernando de Noronha, com um máximo de 153 ninhos/ano.

Ao redor do mundo, a fenologia reprodutiva das tartarugas-verdes é influenciada pela localização geográfica do sítio reprodutivo, normalmente estando associada às estações de chuva e aos meses mais quentes do ano. Em algumas praias, as desovas ocorrem durante o ano inteiro (HIRTH, 1980; MILLER, 1997).

No Brasil, a sazonalidade reprodutiva em Fernando de Noronha e no Atol Rocas é bem semelhante, com início a partir da segunda quinzena de dezembro, prolongando-se até maio, com as últimas desovas no mês de junho. A distribuição das ocorrências ao longo do tempo caracteriza um pico reprodutivo único entre fevereiro e março (BELLINI & SANCHES, 1996; GROSSMAN *et al.*, 2002). Na Ilha da Trindade, as desovas têm início mais cedo, em outubro, apresentando uma maior intensidade de ocorrências em janeiro (MOREIRA *et al.*, 1995) (**Figura 8.4**).

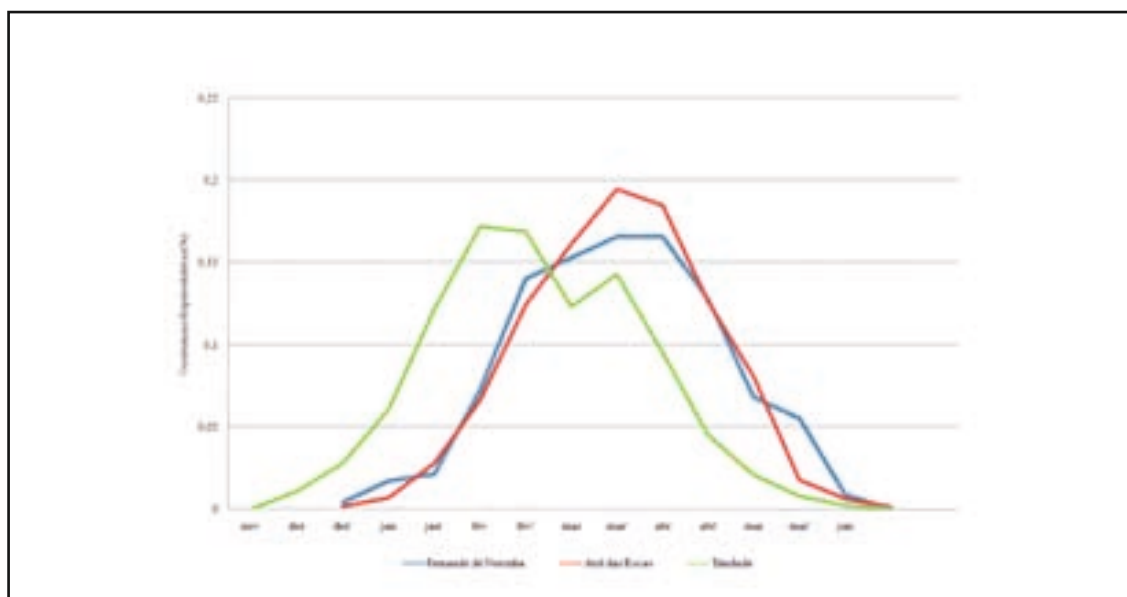


Figura 8.4. Sazonalidade reprodutiva de *Chelonia mydas* em ilhas oceânicas brasileiras.

A tartaruga-verde tem como característica do comportamento reprodutivo realizar diversas investidas à praia antes da desova. No Atol das Rocas, por exemplo, Grossman (2001) identificou que aproximadamente 50% das ocorrências não resultam em ninhos. A tartaruga inicia a sua

construção, mas não há desova, ou sai do mar deixando um rastro de subida e descida na areia, não manifestando nenhuma etapa de construção do ninho (meia lua).

As desovas apresentam em média 122 ovos, com pequenas variações entre os sítios reprodutivos. Os ninhos apresentam uma taxa de eclosão entre 75% e 80% (Tabela 8.1).

Tabela 8.1. Análise dos ninhos de <i>Chelonia mydas</i> nos sítios reprodutivos.			
Categorias	Atol das Rocas ¹	Fernando de Noronha ²	Ilha da Trindade ³
Média de ovos por ninho	122,4	122,5	121,47
Filhotes (%)			
Vivos	73,39	77,07	78,21
Natimortos	1,48	3,81	4,91
Total (%)	74,88	80,88	78,50
Ovos fechados (%)	25,12	19,12	16,84
Fontes: ¹ Grossman <i>et al.</i> (2002); ² este capítulo; ³ Moreira (2003).			

Ao longo da temporada reprodutiva, as fêmeas realizam mais de uma desova, variando de uma a 13 posturas (Figura 8.5). Existem inúmeras variações deste parâmetro entre diferentes populações, provavelmente reflexo das diferenças biológicas e metodológicas em cada sítio reprodutivo (JOHNSON & EHRHART, 1996; GROSSMAN *et al.*, 2002).

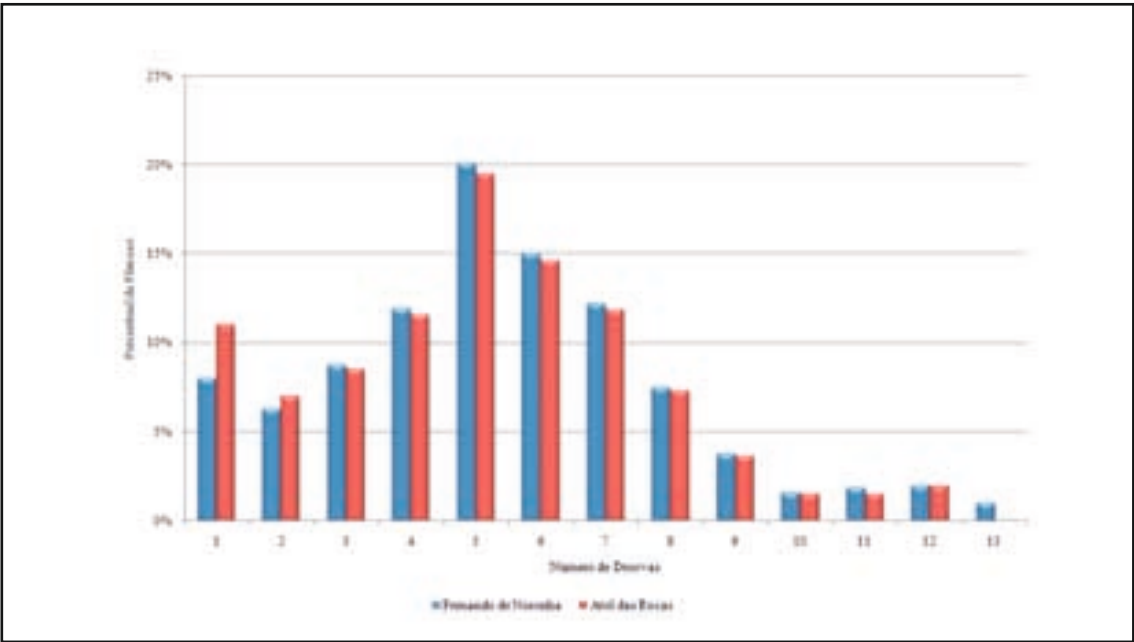


Figura 8.5. Frequência relativa do número de desovas por fêmeas de *Chelonia mydas* em ilhas oceânicas brasileiras.

Os intervalos entre desovas em uma mesma temporada variam de sete a 20 dias, com a maioria dos registros oscilando entre dez e 14 dias. O intervalo médio para os três sítios reprodutivos é de 12-13 dias (GROSSMAN, 2001; MOREIRA, 2003) (Tabela 8.2).

Tabela 8.2. Intervalos internidais realizados por fêmeas de *Chelonia mydas* em ilhas oceânicas brasileiras

Intervalo internidal	Local	Fonte
12 dias	Atol das Rocas	Grossman <i>et al.</i> (2002)
12 dias	Fernando de Noronha	Este capítulo
13 dias	Ilha da Trindade	Moreira (2003)

O intervalo de remigração reprodutiva calculado para a população de *C. mydas* no Atol das Rocas, Trindade e Fernando de Noronha é bastante similar, com predomínio de retorno reprodutivo em intervalos de três anos (GROSSMAN *et al.*, 2002; MOREIRA, 2003), embora em Trindade o esforço amostral não permita conclusões definitivas (Figura 8.6). O padrão registrado na migração inter-reprodutiva, para a maioria das populações desta espécie em distintos sítios reprodutivos, tem intervalos de dois e três anos. Intervalos de remigração de um ano são pouco comuns para a tartaruga-verde, e intervalos maiores que cinco anos estão associados principalmente à perda das marcações individuais e monitoramento incompleto dos sítios reprodutivos (LIMPUS *et al.*, 1994; VAN BUSKIRK & CROWDER, 1994; MILLER, 1997; GROSSMAN, 2001).

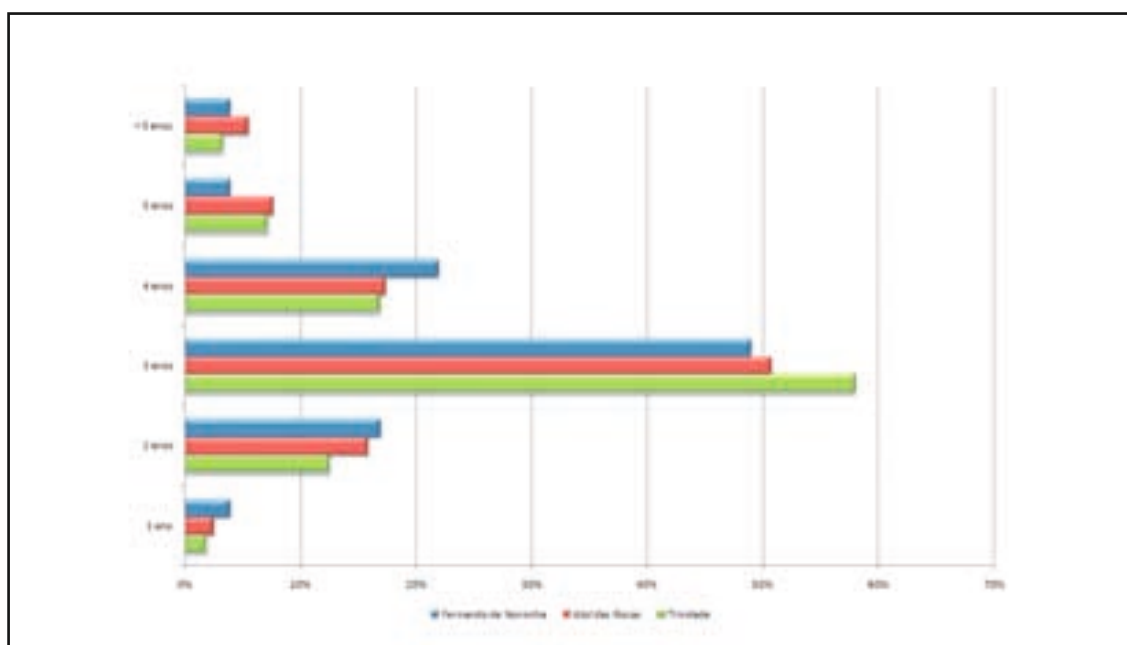


Figura 8.6. Frequência relativa de fêmeas de *Chelonia mydas* em relação ao intervalo de remigração reprodutiva em ilhas oceânicas brasileiras.

As tartarugas-verdes que se reproduzem no Brasil apresentam o comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) variando de 0,96 metro (menor valor para a espécie, registrado no Atol das Rocas) a 1,43 metro (valor máximo, registrado na Ilha da Trindade [MOREIRA, 2003]). O valor médio para o comprimento da carapaça nas três ilhas oceânicas é semelhante (Tabela 8.3), com a maior parte das fêmeas apresentando comprimento curvilíneo entre 1,12 e 1,20 metro (BELLINI & SANCHES, 1996; MENDONÇA *et al.*, 2007).

Tabela 8.3. Comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) em fêmeas de *Chelonia mydas* em ilhas oceânicas brasileiras.

Local	CCC (m)	Fonte
Atol das Rocas	1,135	Mendonça et al. (2007)
Fernando de Noronha	1,160	Bellini & Sanches (1996)
Ilha da Trindade	1,168	Moreira 2003

Estudos especiais em áreas de reprodução

Descrição do perfil hormonal sérico de esteróides sexuais de machos e fêmeas de *Chelonia mydas*, durante a estação reprodutiva no Atol das Rocas

O objetivo deste estudo é descrever e analisar os perfis hormonais séricos de esteróides sexuais (estrógenos, progesterona e testosterona) em fêmeas e machos adultos de *C. mydas* em reprodução (Figura 8.7). Pretende-se também analisar os perfis hormonais das fêmeas, imediatamente após a postura, e de um mesmo indivíduo nas diferentes posturas de uma mesma estação reprodutiva. Trata-se de um trabalho descritivo, que visa aumentar os conhecimentos sobre a endocrinologia reprodutiva da espécie, gerando dados referentes às populações que se reproduzem em território brasileiro.



Figura 8.7. Coleta de sangue de macho de *Chelonia mydas* em reprodução na Reserva Biológica do Atol das Rocas. (foto: Marta Granville).

Morfometria de indivíduos adultos da tartaruga-verde em reprodução.

Este trabalho foi conduzido na Reserva Biológica Marinha do Atol das Rocas, estando o universo amostral vinculado à sazonalidade do período reprodutivo. As fêmeas foram amostradas sempre após a postura dos ovos, enquanto os machos foram capturados, manualmente, por meio de mergulho livre ou autônomo, entre profundidades que variaram de 0,5 a 25 metros. Os dados biométricos da carapaça foram tomados a partir de medidas curvilíneas e retilíneas, utilizando-se de fita métrica flexível (Figura 8.8a) e régua (Figura 8.8b), ambas com precisão de 0,1 centímetro. As tartarugas adultas foram pesadas com dinamômetro digital com capacidade para 500kgf e precisão de 200gf, configurado para uso em cargas vivas (Figura 8.8c).

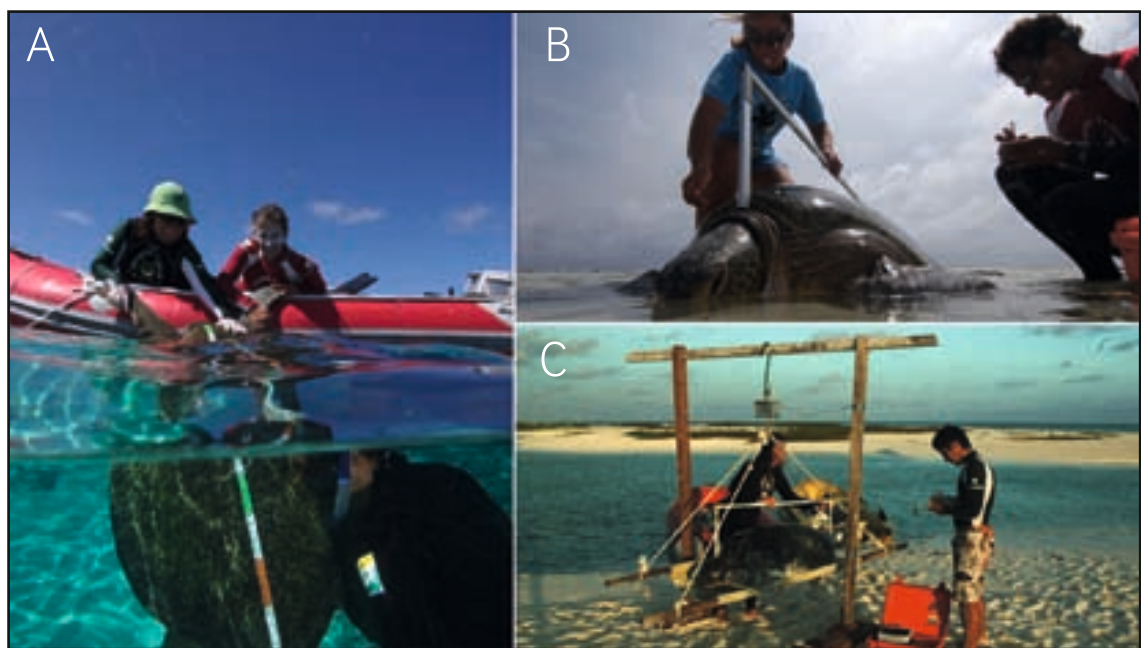


Figura 8.8. Coleta de dados biométricos de adultos de *Chelonia mydas* na Reserva Biológica Marinha do Atol das Rocas. a) medidas curvilíneas da carapaça (foto: Zaira Matheus); b) retilíneas da carapaça (foto: Zaira Matheus); c) peso (foto: Marta Granville).

A partir da distribuição das freqüências de tamanho (**Tabela 8.4**), pode-se caracterizar a população de adultos com moda em 100 e 115 centímetros, sendo os machos menores que as fêmeas e ambos com baixa associação para a relação peso-comprimento (MENDONÇA *et al.*, 2007).

Tabela 8.4. Amplitude, média e desvio padrão dos parâmetros morfométricos de *Chelonia mydas* capturadas no Atol das Rocas.

Parâmetros Mensurados	<i>Chelonia mydas</i>							
	Machos				Fêmeas			
	Mínimo-Máximo	Média	± D.P.	n	Mínimo-Máximo	Média	± D.P.	n
CCC	94-118 cm	106 cm	± 4 cm	113	96-130 cm	113 cm	± 5 cm	331
LCC	76.5-109.5 cm	97 cm	± 5 cm	113	92-117.5 cm	105.5 cm	± 5 cm	331
CRC	71-107 cm	99 cm	± 6 cm	62	92-115 cm	105.5 cm	± 5 cm	51
LRC	69-96 cm	79 cm	± 6 cm	62	73-92.5 cm	83.5 cm	± 4.5 cm	51
Peso	95-176 kg	134 kg	±14 kg	62	121-191 kg	147 kg	±18 kg	51

CCC=comprimento curvilíneo da carapaça; LCC=largura curvilínea da carapaça; CRC=comprimento retilíneo da carapaça; LRC=largura retilínea da carapaça; D.P.=desvio padrão; n=número de capturas (adaptado de MENDONÇA *et al.* [2007]).

Relações entre as colônias reprodutivas e as agregações de juvenis nas diferentes ilhas oceânicas

Os trabalhos de marcação de fêmeas em ilhas oceânicas brasileiras tiveram início em 1983 e, apesar do esforço de monitoramento variável, vêm sendo realizados desde então. Algumas informações importantes foram obtidas a partir da recaptura de algumas destas fêmeas: a) fêmeas marcadas em Trindade foram recapturadas em diversos pontos da costa do Brasil, sendo dois espécimes no Ceará, um em Pernambuco, um na Bahia e dois indivíduos no Espírito Santo; b) uma fêmea foi recapturada no Senegal, África, cinco meses após sua marcação em Trindade; c) dois indivíduos juvenis de *E. imbricata*, marcados no Atol das Rocas, foram recapturados um no Senegal e outro no litoral do Ceará (MARCOVALDI *et al.*, 2000), e outros dois juvenis marcados em Fernando de Noronha foram recapturados na África, o primeiro no Gabão

(BELLINI *et al.*, 2000) e o segundo na Guiné Equatorial (GROSSMAN *et al.* 2007). O avanço das técnicas de estudos moleculares permitiu novas abordagens a respeito da composição genética das populações nas áreas de reprodução e alimentação. Bjorndal *et al.* (2006) compararam as populações de tartarugas-verdes das ilhas oceânicas brasileiras por meio da análise de DNA mitocondrial, relatando que a frequência de haplótipos em Fernando de Noronha e no Atol das Rocas não apresenta diferenças estatisticamente significativas, mas que as duas áreas diferem da Ilha da Trindade. Desta forma, os estudos ressaltam a importância das diferentes áreas para a manutenção da variabilidade genética da espécie.

Estudo semelhante foi desenvolvido com indivíduos juvenis e subadultos de diferentes áreas de alimentação de *C. mydas* no Brasil: Atol das Rocas, Ilha da Trindade, Almofala (Ceará) e Ubatuba (São Paulo), (BJORNDAL *et al.*, 2006; NARO-MACIEL *et al.*, 2006). Os resultados mostram que as agregações das áreas de alimentação envolvem indivíduos originários de diferentes sítios reprodutivos, muitas vezes distantes milhares de quilômetros. A maior contribuição para as agregações do Atol e de Noronha vem da Ilha de Ascensão, com mais de 50% dos animais amostrados, havendo também a presença de indivíduos do Caribe e do oeste da África. Nas áreas de alimentação estudadas na costa do Brasil (Almofala e Ubatuba), a maior parte dos indivíduos amostrados também tem origem em Ascensão, mas espécimes originários do Suriname, Venezuela, Atol das Rocas e Trindade também foram registrados.

Portanto, evidencia-se a complexidade da estruturação das populações de tartarugas marinhas que se reproduzem ou se alimentam nas ilhas oceânicas brasileiras, sendo que a conservação destas áreas terá reflexos a milhares de quilômetros distantes.

Estudo das tartarugas marinhas no ambiente aquático: áreas de alimentação

As ilhas oceânicas brasileiras representam espaços característicos sob o ponto de vista geomorfológico, biológico, histórico, os quais definem a importância da conservação destas áreas. A proteção e o estudo destes ecossistemas estão diretamente associados a suas relações interespecíficas, que contribuem demasiadamente para o fluxo genético impulsionado, principalmente, pelas correntes marinhas. Portanto, estes locais propiciam condições ímpares para o desenvolvimento de fauna e flora bastante rica e com altas taxas de endemismo, principalmente em relação às espécies subaquáticas. As características oceanográficas destes ambientes constituem um dinamismo de correntes intensas para a região, principalmente a influência de diversas massas de água relacionadas à ação dos ventos alísios de sudeste, que se dirigem ao Equador.

As tartarugas marinhas, assim como outros animais marinhos de ampla distribuição geográfica, realizam grandes jornadas migratórias para as áreas de reprodução ou alimentação, que podem ser regiões costeiras específicas ou pequenas ilhas oceânicas (CARR, 1978). Tais migrações, normalmente, seguem o movimento das correntes oceânicas, e as tartarugas utilizam percepções químicas e magnéticas para se orientarem, conforme observado por Luschi *et al.* (1998) quando inferiu sobre as rotas migratórias das populações de *C. mydas* nascidas na Ilha de Ascensão. No entanto, os padrões de distribuição e abundância das tartarugas marinhas, em ambiente oceânico, ainda

são pouco compreendidos. Sabe-se que, em seus ciclos de vida, a fase oceânica de migração está relacionada ao recrutamento dos juvenis, o que é de fundamental importância para a manutenção das populações em níveis seguros contra o declínio (BJORNDAL *et al.*, 2003).

Observar tendências na abundância das populações de tartarugas marinhas e buscar compreender os padrões de distribuição dos indivíduos juvenis torna-se importante para o estudo da dinâmica e estrutura destas comunidades, que utilizam determinadas áreas para o desenvolvimento e alimentação ao longo do seu ciclo de vida. A aquisição de dados bioecológicos, em monitoramentos de médio-longo prazo, permite uma estimativa do crescimento e, quando possível, obter dados das taxas de sobrevivência, disponibilizando informações relevantes para medidas mais eficazes para a proteção destes organismos. Apresentando uma grande variação na escala espacial e temporal do ciclo de vida, a maior parte das informações obtidas sobre as tartarugas-verdes e as tartarugas-de-pente é resultante do monitoramento das fêmeas em atividade reprodutiva (SEMINOFF *et al.*, 2003). No entanto, apesar do evidente aumento nos esforços de pesquisa e conservação, a demografia das populações destas espécies em suas áreas de alimentação no Brasil ainda é pouco conhecida.

Neste sentido, o programa de marcação e recaptura do Projeto Tamar constitui uma ferramenta essencial na perspectiva desta estratégia conservacionista. As primeiras capturas intencionais foram realizadas em 1987, inicialmente em Fernando de Noronha, com o estudo das populações de juvenis de *E. imbricata* (Figura 8.9a) e *C. mydas* (Figura 8.9b), as quais encontram, neste arquipélago, as condições ideais para crescimento e repouso (SANCHES & BELLINI, 1999). Desde então, esta atividade vem sendo mantida regularmente, tanto no seu local de origem quanto no Atol das Rocas, utilizando-se do mergulho livre, mas também do mergulho autônomo e do rodeio de tartaruga (captura com auxílio de um bote inflável). A partir de 2000, tais atividades foram estendidas ao litoral norte de São Paulo – principalmente no município de São Sebastião (GALLO *et al.*, 2001; GALLO *et al.*, 2002) – e litoral do Espírito Santo, ao norte de Vitória e próximo à Companhia Siderúrgica de Tubarão (BAPTISTOTTE *et al.*, 2002). Na Praia do Forte, no litoral norte baiano, este esforço amostral vem sendo realizado desde 2003 (TAMAR, 2004).



Figura 8.9. Indivíduos juvenis das espécies: a) *Eretmochelys imbricata*; b) *Chelonia mydas*. Fotos: Zaira Matheus.

O Arquipélago de Fernando de Noronha e o Atol das Rocas são considerados áreas mistas, por abrigarem colônias reprodutivas de *C. mydas* e ainda constituírem importantes áreas de alimentação para as populações jovens desta espécie e de *E. imbricata* (MARCOVALDI & MARCOVALDI, 1999). Assim, estas duas ilhas apresentam atividades de estudo das tartarugas por meio do mergulho livre (**Figura 8.10a**) e autônomo (**Figura 8.10b**), sendo as tartarugas capturadas manualmente entre profundidades que variaram de 0,5 a 30 metros.

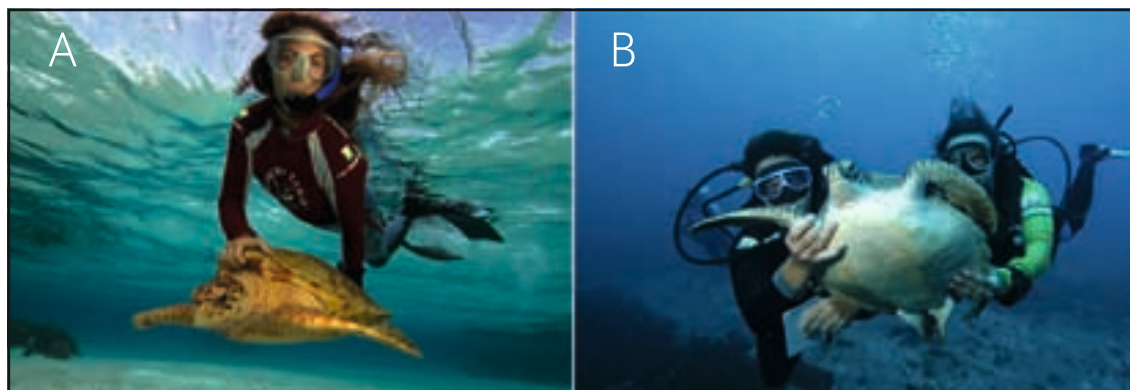


Figura 8.10. Captura de indivíduos juvenis de tartarugas marinhas por meio de mergulho: a) livre; b) autônomo. Fotos: Zaira Matheus.

Nestas duas ilhas, os trabalhos de captura-marcação-recaptura desenvolvidos por longos períodos (mais de 15 anos) permitem conhecer o tempo de permanência das tartarugas juvenis nas áreas de alimentação e possíveis rotas migratórias, identificando assim os países com quem o Brasil compartilha esta biodiversidade (MARCOVALDI & FILIPPINI, 1991; BELLINI *et al.*, 2000; GROSSMAN *et al.*, 2007).

A partir destes trabalhos, diversos estudos relacionados às tartarugas marinhas, no ambiente aquático, vêm sendo conduzidos ao longo dos anos. Os dados biométricos da carapaça são obtidos a partir de medidas curvilíneas e retilíneas, utilizando-se de fita métrica flexível e régua, ambas com precisão de 0,1 centímetro. Para o peso, atualmente é utilizado dinamômetro digital com capacidade de 100 kgf e precisão de 50gf, configurado para uso em cargas vivas (**Figura 8.11**). As informações morfométricas para *E. imbricata* e *C. mydas* revelam que ambas aportam em Noronha e Rocas com um CCC entre 27-30 centímetros, permanecendo associadas a estas áreas de alimentação até atingirem 84-86 centímetros (SANCHES & BELLINI, 1999; MENDONÇA *et al.*, 2007). Estudos biométricos (MENDONÇA *et al.*, 2007) descreveram alguns aspectos morfométricos das populações de *C. mydas* que ocorrem no Atol das Rocas, determinando suas relações peso-comprimento curvilíneo e largura-comprimento curvilíneo para jovens. As informações preliminares sobre o crescimento relativo fornecerão subsídios para análises futuras, além de permitir comparações com outras populações e ambientes, contribuindo para o maior conhecimento sobre a biologia da tartaruga-verde no Atlântico sul equatorial.



Figura 8.11. Coleta de dados biométricos de tartarugas marinhas jovens no Atol das Rocas. a) medidas curvilíneas da carapaça; b) retilíneas da carapaça; c) peso. Fotos: Marta Granville.

Hematologia e bioquímica em tartarugas marinhas

Os trabalhos com hematologia e bioquímica de tartarugas marinhas no Atol das Rocas e em Fernando de Noronha (**Figura 8.12**) têm como objetivo determinar os valores hematológicos e bioquímicos para definir padrões para avaliação de saúde dos animais, possibilitando conhecer melhor a fisiologia e a patologia clínica das espécies estudadas em diferentes fases da vida. Além disso, tais parâmetros podem fazer parte de estudos de avaliação da saúde ambiental. Os resultados obtidos são inéditos no Brasil e demonstraram haver diferenças interespecíficas entre *C. mydas* e *E. imbricata*, que devem ser levados em consideração na avaliação da saúde de diferentes espécies. É necessário expandir os estudos e melhorar a coleta de dados para estabelecer correlações com características ambientais e climáticas (GUIMARÃES *et al.*, 2005; SANTOS *et al.*, 2004).



Figura 8.12. Coleta de sangue de tartarugas marinhas jovens no Atol das Rocas. Foto: Marta Granville.

Estudos de comportamento

Aproveitando a transparência da água e a excelente condição de mergulho na Reserva Biológica do Atol das Rocas e no Arquipélago de Fernando de Noronha, é possível observar diversos comportamentos das tartarugas marinhas no ambiente natural e reunir informações que complementam o conhecimento da biologia destes animais. Estudos envolvendo longos períodos de observação e registros de imagens permitem compreender aspectos da história natural e da ecologia de jovens de *C. mydas* e *E. imbricata* e agregar informações que fortalecem a necessidade de proteção destes animais e do ambiente em que vivem (SAZIMA *et al.*, 2004a, b; SAZIMA & GROSSMAN, 2006; GROSSMAN *et al.*, 2006).

O registro destas ocorrências não reprodutivas, associado ao monitoramento constante das prováveis áreas de alimentação, quando cruzados com os estudos de telemetria por satélite e investigação dos padrões genéticos, permite ampliar a compreensão das eventuais rotas migratórias e do uso de habitats ao longo do desenvolvimento ontogenético (BJORNDAL & BOLTEN, 1997; MUSICK & LIMPUS, 1997). Estas avaliações são complementadas por investigações relativas à interação das tartarugas marinhas com a pesca. Dessa forma, podem-se observar, inclusive, os potenciais de interações entre as diferentes populações e indicar áreas prioritárias para a proteção tanto em escala nacional quanto internacional, esta por meio de acordos de conservação multilaterais. A identificação dos países que compartilham e interagem com estas espécies facilita a proposição de parcerias e acordos de cooperação para pesquisa, conservação e reabilitação das tartarugas marinhas em diferentes regiões do planeta.

Todavia, a sobrevivência das sete espécies de tartarugas marinhas existentes no mundo encontra-se ameaçada por uma série de ações antrópicas em praticamente todos os oceanos (ORAVTEZ, 1999; MORTIMER, 1999; WITHERINGTON, 1999; GIBSON & SMITH, 1999). Apesar de muitos programas atuarem no sentido de minimizar os principais riscos, muitas populações continuam sofrendo declínio e, em alguns locais, estão sendo extintas ecológica e economicamente³ (MARCOVALDI *et al.*, 2003).

No Brasil, todas as cinco espécies de tartarugas marinhas estão incluídas na Lista Nacional das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção (MMA, 2003) e também estão globalmente ameaçadas, figurando na Lista Vermelha da União Mundial para a Conservação (IUCN, 2007).

Diante deste grave problema conservacionista, o Brasil vem atuando de forma significativa na construção de redes nacionais e internacionais de cooperação, bem como na elaboração de estratégias e acordos multilaterais que permitam o intercâmbio de experiências, informações e a divulgação de dados científicos. A partir da união destes esforços surgiram acordos mais efetivos para o monitoramento e proteção das populações remanescentes. Atualmente, o Brasil é signatário de três importantes convenções relacionadas a este tema:

³ **Nota do Editor:** refere-se ao uso econômico das tartarugas e seus subprodutos, em algumas regiões do planeta (principalmente regiões litorâneas pobres), nas quais as mesmas são consideradas recursos pesqueiros. No Brasil, tal prática é proibida pela legislação ambiental.

Convenção sobre a Diversidade Biológica (CDB): aborda, de forma global, a conservação da diversidade biológica, a utilização sustentável de seus componentes e a repartição justa e equitativa dos benefícios derivados da utilização dos seus recursos genéticos.

Convenção Interamericana para a Proteção e a Conservação das Tartarugas Marinhas (IAC): objetiva a proteção, a conservação e a recuperação das populações de tartarugas marinhas e de seus habitats a partir de informações científicas consistentes e considerando as características ambientais, socioeconômicas e culturais das partes envolvidas. É um modelo para o desenvolvimento de outros acordos multilaterais voltados à conservação.

Convenção sobre o Comércio Internacional das Espécies da Fauna e da Flora Selvagens em Perigo de Extinção (CITES): tem como propósito assegurar que o comércio internacional de plantas e animais silvestres não ameace sua sobrevivência. As espécies da Convenção são incluídas em um dos três apêndices, de acordo com o grau de perigo em que se encontram. As tartarugas marinhas estão no apêndice I, ou seja, estão ameaçadas de extinção e a Convenção proíbe que os países-membros realizem o seu comércio, excetuando-se quando o objetivo não é comercial (por exemplo, pesquisas científicas).

Além destas convenções, o Projeto Tamar também atua em conjunto com outros fóruns de discussão importantes, como a Rede de Cooperação sobre Tartarugas Marinhas do Atlântico Sul – Rede ASO, o Grupo de Especialistas em Tartarugas Marinhas da IUCN e o Simpósio Anual de Biologia e Conservação das Tartarugas Marinhas.

Apesar dos estudos envolvendo tartarugas marinhas constituírem um desafio de dimensões oceânicas – por se tratar de espécies migratórias com ciclo de vida bastante longo e alternância de fases terrestres e marinhas –, o aperfeiçoamento e o uso integrado das ferramentas de pesquisas, bem como o intercâmbio deste aprendizado, estão permitindo grandes avanços para o preenchimento de muitas lacunas sobre a vida destes animais. Os resultados obtidos, associados às técnicas mais acuradas, vêm permitindo não só ampliar o volume de informações circulantes, mas também a conseqüente adoção de medidas mais adequadas à proteção das tartarugas marinhas. Neste contexto, os estudos de médio e longo prazo são fundamentais para a real avaliação do sucesso, das falhas e das prioridades das atuais propostas de pesquisa e conservação das populações remanescentes.

Mesmo depois de tanto tempo de convívio, ainda há muito que aprender com as ilhas oceânicas e com as espécies que nelas habitam. Além da permanente admiração, todo respeito e cuidado será pouco, pois a natureza insular, seus ecossistemas e sua delicada fauna são extremamente frágeis à presença e às modificações promovidas pelo homem.

Agradecimentos

A Cecília Baptistotte, Marcelo Renan e Marcelo V. Guimarães, coordenadores dos trabalhos de coleta de sangue das tartarugas marinhas nas ilhas oceânicas; ao Luciano Soares, pela ajuda na revisão do texto sobre genética; às fotógrafas Marta Granville e Zaira Matheus, pela imensa contribuição nos estudos das tartarugas marinhas; à Zélia Brito (Chefe da Reserva Biológica

Marinha do Atol das Rocas/ICMBio), pelo apoio logístico; à Marinha do Brasil – 1º Distrito Naval, pela oportunidade de permanência na Ilha da Trindade e apoio logístico fornecido; ao Augusto Marques dos Reis, pela cessão da foto da Praia das Tartarugas. O Projeto Tamar é oficialmente patrocinado pela Petrobras.

Referências bibliográficas

- Almeida, F.F.M. 1961. **Geologia e Petrologia da Ilha da Trindade**. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia/ Divisão de Geologia e Mineralogia.
- Almeida, F.F.M. 2002. **Ilha de Trindade - Registro de vulcanismo cenozóico no Atlântico Sul**. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T.; Winge, M. & Berbert-Born, M.L.C. (Eds.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*, p. 369-377. Volume 1. Brasília: DNPM/CPRM/Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos – SIGEP. Disponível em <<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio092/sitio092.pdf>>. Acesso em: 19/10/2007.
- Baptistotte, C.; Agrizzi, E.J.; Moreira, L.M.P.; Torezani, E.; Coelho, B.B.; Scalfoni, J.T. & Barata, P.C.R. 2002. **Marcação e biometria de tartarugas marinhas *Chelonia mydas* juvenis no efluente da Companhia Siderúrgica de Tubarão, Vitória, Estado do Espírito Santo, Brasil**. In: Livro de resumos do XXIV Congresso Brasileiro de Zoologia, Itajaí, Santa Catarina, 17-22 de fevereiro de 2002.
- Baptistotte, C.; Moreira, L.M.; Becker, J.H.; Lopez, G.; Castilhos, J.C.; Lima, E.H.S.; Grossman, A.; Wanderlinde, J. & Marcovaldi, M.A. 2005. **Frequency of occurrence of tumors in green turtles, *Chelonia mydas* record by Projeto TAMAR-IBAMA in the Brazilian coast from years 2000 to 2004**. In: Resumos do XIX Annual Meeting of the Society for Conservation Biology, p. 14-15. Brasília, DF, 15-19 de julho de 2005.
- Bellini, C.; Sanches, T.M. 1996. **Reproduction and feeding of marine turtles in the Fernando de Noronha Archipelago, Brazil**. Marine Turtle Newsletter 74: 12-13.
- Bellini, C.; Sanches, T.M. & Formia, A. 2000. **Hawksbill turtle tagged in Brazil captured in Gabon, Africa**. Marine Turtle Newsletter 87: 11-12.
- Bjorndal, K.A. & Bolten, A.B. 1997. **Developmental migrations of juvenile green turtles in the Bahamas**, p. 338. In: Keinath, J.A.; Barnard, D.E.; Musick, J.A. & Bell, B.A. (Orgs.) *Proceedings of the 15th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*, Carolina do Sul, EUA, 20-25 de fevereiro de 1995.
- Bjorndal, K.A.; Wetherall, J.A.; Bolten, A.B. & Mortimer, J.A. 1999. **Twenty-six years of green turtle nesting at Tortuguero, Costa Rica: an encouraging trend**. *Conserv. Biol.* 13: 126-134.
- Bjorndal, K.A.; Bolten, A.B. & Martins, H.R. 2003. **Estimates of survival probabilities for oceanic-stage Loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in the North Atlantic**. *Fish. Bull.* 101: 732-736.
- Bjorndal, K.A.; Bolten, A.B.; Moreira, L.; Bellini, C. & Marcovaldi, M.A. 2006. **Population Structure and Diversity of Brazilian Green Turtle Rocheries Based on Mitochondrial DNA Sequences**. *Chelon. Conserv. Biol.* 5: 262-268.
- Carr, A.; Carr, M.H. & Meylan, A.B. 1978. **The ecology and migration of sea turtles, 7. The West Caribbean green turtle colonies**. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 162: 1-42.
- Fortes, O.; Pires, A.J. & Bellini, C. 1998. **Green Turtle, *Chelonia mydas* in the Island of Poilão, Bolama-Bijagós Archipelago, Guinea-Bissau, West Africa**. Marine Turtle Newsletter 80: 8-10.
- Fillippini, A. & Bulhões, H.A. 1988. **Estudo da ecologia da tartaruga marinha *Chelonia mydas* Linnaeus, na Ilha da Trindade**. *Bras. Florest.* 65: 5-15.
- Gallo, B.M.G.; Campos, F.P.; Chagas, C.A. & Becker, J.H. 2001. **Levantamento preliminar de ocorrência de tartarugas marinhas no Arquipélago de Alcatrazes, litoral norte do estado de São Paulo**. In: *Anais da XIV Semana Nacional de Oceanografia*, Rio Grande, Rio Grande do Sul, 7-12 de outubro de 2001.
- Gallo, B.M.G.; Campanha, R.A.C.; Campos, F.P.; Chagas, C.A.; Paludo, D.; Giffoni, B.B. & Becker, J.H. 2002. **Levantamento preliminar da ocorrência de tartarugas marinhas nas ilhas do litoral do estado de São Paulo**. In: *Resumos do I Simpósio Brasileiro de Oceanografia*, São Paulo, São Paulo, 26-30 de agosto de 2002.
- Gibson, J. & Smith, G. 1999. **Reducing threats to foraging habitats**. In: Eckert, K.L.; Bjorndal, K.A.; Abreu-Grobois, F.A. & Donnelly, M. (Eds.) *Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles*, p. 184-188. Washington: IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group, Publication no. 4.
- Greenwood, J.C. 1998. **Barian-titanian micas from ilha da Trindade, South Atlantic**. *Mineral. Mag.* 62: 687-695.
- Grossman, A. 2001. **Biologia Reprodutiva de *Chelonia mydas* na Reserva Biológica do Atol das Rocas**. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

- Grossman, A.; Bellini, C. & Marcovaldi, M.A. 2002. **Reproductive biology of the green turtle at the Biological Reserve of Atol das Rocas off northeast Brazil**, p. 136. In: Proceedings of the XXIIth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation, Miami, Florida, EUA, 4-7 April 2002.
- Grossman, A.; Sazima, C.; Bellini, C. & Sazima, I. 2006. **Cleaning Symbiosis Between Hawksbill Turtles and Reef Fishes at Fernando de Noronha Archipelago, off Northeast Brazil**. *Chelon. Conserv. Biol* 5: 284-288.
- Grossman, C.; Bellini, A.; Fallabrino, A.; Formia, A.; Mba, J.M.; Nassau, C.E.; Mba, J.N. & Obama, C. 2007. **Second TAMAR-tagged hawksbill recaptured in Corisco Bay, West Africa**. *Marine Turtle Newsletter* 116: 26.
- Guimaraes, M.A.V.; Batistote, C.; Baldassin, P.; Werneck, M.R.; Grossman, A.; Bellini, C. & Oliveira, C.A. 2005. **Serum steroid levels associated with oviposition in the green sea turtle (*Chelonia mydas*), in Atol das Rocas, state of Rio Grande do Norte, Brazil**, p.311. In: Annual Conference of the American Association of Zoo Veterinarians, Omaha, Nebraska, EUA, 14 a 21 de outubro de 2005.
- Hirth, H.F. 1980. **Some aspects of the nesting behaviour and reproductive biology of sea turtles**. *Amer. Zool.* 20: 507-523.
- IUCN – The World Conservation Union. 2007. **2007 IUCN Red list of Threatened Species**. Disponível em <<http://www.redlist.org>>. Acesso em: 11/10/2007.
- Johnson, S.A. & Ehrhart, L.M. 1996. **Reproductive ecology of the Florida green turtle: clutch frequency**. *J. Herpetol.* 30: 407-410.
- Limpus, C.J.; Couper, P.J. & Read, M.A. 1994. **The Green Turtle, *Chelonia mydas*, in Queensland: population structure in a warm temperature feeding area**. *Mem. Queensland Mus.* 35: 139.
- Luschi, P.; Hays, G.C.; Seppia, C.D.; Marsh, R. & Papi, F. 1998. **The navigational feats of Green sea turtles migrating from Ascension Island investigated by satellite telemetry**. *Proc. R. Soc. Lond.. B. Biol. sci.* 265: 2279-2284.
- Marcovaldi, G.M.F. & Filippini, A. 1991. **Avaliação populacional e aspectos ecológicos da tartaruga aruanã, *Chelonia mydas*, nas ilhas oceânicas brasileiras**. In: Resumos do XVIII Congresso Brasileiro de Zoologia, Salvador, Bahia, 24 de fevereiro a 1 de março de 1991.
- Marcovaldi, M.A. & Marcovaldi, G.G.D. 1999. **Marine Turtles of Brazil: the history and structure of Projeto Tamar-Ibama**. *Biol. Conserv.* 91: 35-41.
- Marcovaldi M.A.; Silva, A.C.C.D.; Gallo, B.M.G.; Baptistote, C.; Lima, E.P.; Bellini, C.; Lima, E.H.S.M.; Castilhos, J.C.; Thomé, J.C.A.; Moreira, L.M.P. & Sanches, T.M. 2000. **Recaptures of tagged turtles from nesting and feeding grounds protected by Projeto TAMAR-IBAMA, Brasil**, p. 164-166. In: Proceedings of the 19th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation, Texas, EUA, 2-6 March 1999.
- Marcovaldi, M.A.; Thomé, J.C. & Frazier, J.G. 2003. **Marine turtles in Latin America and Caribbean: A regional perspective of success, failures and priorities for the future**. *Marine Turtle Newsletter* 100: 38-42.
- Mendonça, P.; Grossman, A.; Da Costa, M.R. & Bellini, C. 2007. **Morfologia da Tartaruga Verde (*Chelonia Mydas*) na reserva Biológica do Atol das Rocas - RN, Brasil**. In: Resumos do XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar, Florianópolis, Santa Catarina, 15-19 de abril de 2007.
- Miller, J.D. 1997. **Reproduction in sea turtles**. In: Lutz, P.L. & Musick, J.A. (Eds). *The Biology of Sea Turtles*, p. 51-81. Boca Raton: CRC Press.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. 2003. **Lista Nacional das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 11/10/2005.
- Moreira, L.M.P. & Bjordal, K.A. 2006. **Estimates of green turtle (*Chelonia Mydas*) nests on Trindade island, Brazil, South Atlantic**. In: **Proceedings of the 23th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation**, p. 174, Kuala Lumpur, Malásia, 17-21 de março de 2003.
- Moreira, L.M.P.; Batistote, C.; Thomé, J.C. & Almeida, A.P.L.S. 1995. **Occurrence of *Chelonia mydas* on the island of Trindade, Brazil**. *Marine Turtle Newsletter* 70: 2.
- Moreira, L.M.P. 2003. **Ecologia reprodutiva e estimativa de ninhos da tartaruga verde- aruanã - *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) (Testudines, Reptilia) na ilha da Trindade – Espírito Santo – Brasil**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo.
- Mortimer, J.A. 1999. **Reducing Threats to Eggs and Hatchlings: Hatcheries**, p. 175-178. In: Eckert, K.L.; Bjorndal, K.A.; Abreu-Grobois, F.A. & Donnelly, M. (Eds.) *Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles*. Washington DC: IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group, Publication no. 4.

- Mortimer, J.A. & Carr, A. 1987. **Reproduction and migration of the Ascension Island green turtle (*Chelonia mydas*)**. Copeia 1987 103-113.
- Musick, J.A. & Limpus, C.J. 1997. **Habitat utilization and migration in juvenile sea turtle, p. 137-165.** In: Lutz, P.L. & Musick, J.A. (Eds.). The Biology of Sea Turtles. Boca Raton: CRC Press.
- Naro-Maciel, E.; Becker, J.H.; Lima, E.H.S.M.; Marcovaldil, M.Â. & Desalle, R. 2006. **Testing dispersal hypotheses in foraging green sea turtles (*Chelonia mydas*) of Brazil.** J. Heredity 98: 29-39.
- Oravetz, C.A. 1999. **Reducing incidental catch in fisheries.** In: Eckert, K.L.; Bjorndal, K.A.; Abreu-Grobois, F.A. & Donnelly, M. (Eds.) Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles, p. 189-193. Washington: IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group, Publication no. 4.
- Sanches, T. M. & Bellini, C. 1999. **Juvenile *Eretmochelys imbricata* and *Chelonia mydas* in the Archipelago of Fernando de Noronha, Brazil.** Chelon. Conserv. Biol. 3: 308-311.
- Santos, M.R.D.; Ferreira, L.S.; Batistote, C.; Grossman, A. & Bellini, C. 2004. **Determinação de valores de referência para hemograma de tartarugas verdes, *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) juvenis selvagens do arquipélago de Fernando de Noronha, Pernambuco, Brasil.** In: VIII Congresso e Encontro da Associação Brasileira de Veterinários de Animais Selvagens, p. 56, Jaboticabal, São Paulo, abril de 2004.
- Sazima, C.; Grossman, A.; Bellini, C. & Sazima, I. 2004a. **The moving gardens: reef fishes grazing, cleaning, and following green turtles.** Cybium 28: 47-53.
- Sazima, I.; Grossman, A. & Sazima, C. 2004b. **Hawksbill turtles visit moustached barbers: cleaning symbiosis between *Eretmochelys imbricata* and the shrimp *Stenopus hispidus*.** Biota Neotrop. 4: 1-6.
- Sazima, I. & Grossman, A. 2006. **Turtle riders: remoras on marine turtles in Southwest Atlantic.** Neotropical Ichthyology 4: 123-126.
- Schulz, J.P., 1975. **Sea turtles nesting in Surinam.** Zoologische Verhandelingen 143: 1-143.
- Seminoff, J.A. 2002. **Global Status Assessment of the Green Turtle (*Chelonia mydas*)**. Species Survival Commission, Marine Turtle Specialists Group, 2002 IUCN Red List. Gland: IUCN. Manuscrito não publicado.
- Seminoff, J.A.; Jones, T.T.; Resendiz, A.; Nichols, W.J. & Chaloupka, M. 2003. **Monitoring green turtles (*Chelonia mydas*) at a coastal foraging area in Baja California, Mexico, using multiple indices to describe population status.** J. Mar. Biol. Ass. 83: 1355-1362.
- Sole, G. & Medina, G. 1989. **The green sea turtles of Aves Island.** In: Eckeret, S. A.; Eckeret, K.A. & Richardson, T.H. (Orgs). Proceedings of the IXth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation, p. 171-173. Jekyll Island, Georgia, EUA, 7-11 de fevereiro de 1989.
- TAMAR. 2004. **Projeto Tamar/Ibama – Fundação Pró-Tamar. Relatório técnico anual. Temporada 2003/2004 – Coordenação Regional Bahia.** Salvador: IBAMA.
- Van Buskirk, J. & Crowder, 1994. **Life-history variation in marine turtles.** Copeia 1994: 66-81
- Witherington, B.E. 1999. **Reducing threats to Nest Habitat.** In: Eckert, K.L.; Bjorndal, K.A.; Abreu-Grobois, F.A. & Donnelly, M. (Eds.). Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles, p. 179-183. Washington DC: IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group, Publication no. 4.



Capítulo 9

**Biologia e Conservação
do Petrel-de-Trindade
Pterodroma arminjoniana
(Aves: *Procellariidae*) na
Ilha da Trindade, Atlântico
sul, Brasil**

Giovannini Luigi

Leandro Bugoni

Francisco Pedro Fonseca-Neto

Dante M. Teixeira

Resumo

O petrel-de-trindade *Pterodroma arminjoniana* é o único representante do gênero a se reproduzir no Brasil. Esta ave foi estudada na Ilha da Trindade, Atlântico sul (20°30'S–29°19'W), por pesquisadores do Museu Nacional/UFRJ (1988 a 1993), Projeto Tamar/ICMBio (1994 a 2000) e Projeto Albatroz e *University of Glasgow* (2006 e 2007). Segundo dados obtidos após 25 meses de trabalho de campo, determinou-se que *P. arminjoniana* apresenta um extenso período de incubação, filhotes de lento crescimento e frequência bastante irregular de alimentação das crias. Foi estimado que a colônia do petrel-de-trindade constitui-se de cerca de 1.130 casais e que a reprodução ocorre durante todo o ano. A postura consiste de um único ovo, que é incubado por ambos os sexos ao longo de 52 dias. O filhote nasce completamente coberto por uma espessa camada de neóptilas e torna-se independente ao redor dos 100 dias de vida. Observou-se fidelidade ao ninho, à colônia e ao parceiro. O caranguejo terrestre *Gecarcinus lagostoma* é um importante predador de ovos e filhotes recém-nascidos. Embora *P. arminjoniana* ainda seja comum em Trindade, sua população pode ter sido afetada pela ocupação humana da ilha, já que parte de seus sítios de nidificação teria estado sujeita à ação predatória de porcos e gatos introduzidos no passado.

Abstract

Biology and Conservation of Trindade Petrel *Pterodroma arminjoniana* (Aves: Procellariidae) at Ilha da Trindade, South Atlantic, Brazil

Trindade Petrel Pterodroma arminjoniana is the only representative of its genus to breed in Brazil. It was studied at the oceanic island Ilha da Trindade (Trindade Island), South Atlantic (20°30'S–29°19'W) by scientists of the Museu Nacional/UFRJ (1988 to 1993), Projeto TAMAR/ICMBio (1994 to 2000), and Projeto Albatroz and University of Glasgow (2006 and 2007). According to the results obtained after 25 months of field work, it was stated that Trindade Petrel has an extensive incubation period and the chicks grow slowly and are fed irregularly by the parents. It was also estimated that the colony of Trindade Petrel has, roughly, 1,130 breeding pairs, and nesting activities take place throughout the year. The clutch is composed of a single egg which is incubated by both parents for 52 days. The chick is born fully covered by a thick layer of down, and becomes independent after 100 days. Inter-year nest fidelity, colony and partner fidelity were observed. The land crab Gecarcinus lagostoma is the main predator of eggs and recently hatched birds. Although Trindade Petrel is currently a common bird on the island, it may have been adversely affected by human occupation, since some of its breeding grounds were quite vulnerable to pigs and cats introduced in the past.

Introdução

Dentre os mais variados gêneros da família Procellariidae, *Pterodroma* Bonaparte, 1856 revela-se um dos menos estudado. Das 32 espécies que o integram (BROOKE, 2004), existe limitada informação sobre o petrel-de-trindade *Pterodroma arminjoniana* (GIGLIOLI & SALVADORI, 1869), sobretudo no que se refere aos aspectos reprodutivos, áreas de forrageamento, movimentos de dispersão após o período reprodutivo e relações taxonômicas com espécies afins.

de janeiro a março, outubro e dezembro, o vento predominante é de nordeste, com força 2 na escala Beaufort. De abril a setembro, predomina o de sudeste, com força 3 e, em novembro, o de norte, com força 2 (DHN, 1998).

Alves (2006) identificou 124 espécies de plantas vasculares em Trindade, das quais 11 são endêmicas. Em Martin Vaz, ocorrem apenas três espécies, das quais duas são endêmicas do conjunto Trindade-Martin Vaz (*Cyperus atlanticus* e *Bulbostylis nesiotis*) e recobrem o platô da ilha. Das espécies vegetais encontradas em Trindade, 28 também são encontradas na Ilha de Fernando de Noronha e quatro no Arquipélago dos Abrolhos. Atualmente, a vegetação arbórea de Trindade encontra-se restrita a uma pequena área entre os picos do Desejado e Trindade (590 metros), onde pode ser encontrada a samambaia-gigante *Cyathea copelandii* (Cyatheaceae). Entretanto, no passado, 85% da superfície de Trindade era coberta por *Colubrina glandulosa*, espécie que foi extinta em 1965 e reintroduzida com sucesso entre 1999 e 2002 por uma equipe do MNRJ/UFRJ, em cooperação com a Marinha do Brasil. A formação herbácea autóctone recobre grandes extensões da ilha e inclui variado conjunto de espécies de Pteridophyta, Cyperaceae (*Cyperus atlanticus* e *Kyllinga brevifolia*), Convolvulaceae (*Evolvulus pusillus*, *Ipomea batatas* e *I. digitata*), Fabaceae (*Canavalia obtusifolia*), Sterculiaceae (*Waltheria indica*), dentre outras, a maioria das quais é endêmica (LOBO, 1919; ALVES, 2006).

Em relação à avifauna de Trindade, foram constatadas espécies residentes, migrantes setentrionais e meridionais, visitantes ocasionais e elementos introduzidos do continente (NACINOVIC *et al.*, 1989; LUIGI & CARVALHO, 1990; LUIGI, 1992a,b, 1993; FONSECA-NETO, 2004), embora atualmente nenhuma das espécies de aves introduzidas ocorra na ilha. Duas subespécies de fragatas (*Fregata minor nicolli* e *Fregata ariel trinitatis*) são endêmicas, muito embora seu status taxonômico como espécies plenas ou subespécies possa sofrer alterações no futuro.

Material & métodos

As atividades de campo realizadas entre 1987 e 1993 na Ilha da Trindade vincularam-se ao projeto de inventariamento avifaunístico das ilhas oceânicas brasileiras iniciado em 1983 pelo Setor de Ornitologia do MNRJ/UFRJ. Na primeira etapa, foram realizadas sete expedições, que transcorreram entre 13 e 14 de outubro de 1987, 5 e 6 de fevereiro de 1988, 6 e 7 de junho de 1988, 6 e 8 de agosto de 1988, 9 e 10 de outubro de 1988, 20 e 21 de junho de 1989 e 7 e 8 de outubro de 1989.

A segunda etapa de atividades de campo ocorreu em 1992, entre 9 de abril e 9 de junho, e em 1993, entre 9 de outubro e 14 de dezembro, totalizando 1.270 horas de observações. Entre 3 e 7 de dezembro de 1993, as investigações foram conduzidas a bordo de embarcação sem desembarque em terra.

A terceira etapa referiu-se às atividades de campo de F.P. Fonseca-Neto, as quais estiveram vinculadas aos trabalhos de monitoramento da tartaruga-verde *Chelonia mydas* pelo Projeto Tamar/ICMBio entre 6 de agosto e 9 de outubro de 1994, 13 de dezembro de 1995 e 9 de fevereiro de 1996, 4 de dezembro de 1998 e 6 de fevereiro de 1999, 8 e 9 de outubro de 1999 e 6 de fevereiro e 12 de abril de 2000. Nesse período, foram utilizados, ainda, dados de campo

de P.L. Santos Júnior, coletados entre 9 de outubro a 9 de dezembro de 1994, e de C.G. Duca, entre 6 de outubro e 13 de dezembro de 1995.

Os dados mais recentes foram obtidos por L. Bugoni como parte da tese de doutorado na *University of Glasgow*, Grã-Bretanha, em junho de 2006 e entre 15 de dezembro de 2006 e 25 de abril de 2007.

Os estudos em Martin Vaz¹ foram realizados por G. Luigi em 10 de outubro de 1988 e por J.B. Nacinovic (Setor de Ornitologia/MNRJ/UFRJ) em 8 de agosto de 1988, a bordo de um helicóptero da Marinha do Brasil. Entre 21 e 26 de novembro de 1993, as observações tiveram prosseguimento a bordo de embarcação e incluíram desembarques na Ilha de Martin Vaz no dia 24 e na Ilha do Sul nos dias 25 e 26. Entre os dias 2 e 4 de abril de 2007, L. Bugoni esteve em Martin Vaz utilizando embarcação, tendo desembarcado na ilha principal e pernoitado entre os dias 2 e 3.

Os trabalhos de campo foram realizados com o auxílio de binóculos 7-10x50mm e luneta 30x65mm. Os nomes, posição relativa e altitude dos principais acidentes geográficos mencionados ao longo do texto foram obtidos na 3ª edição da Carta 21 (Ilha da Trindade) do DHN/RJ de 2 de fevereiro de 1965.

As aves em nidificação foram acessadas com base em um roteiro previamente definido, no qual as trilhas eram percorridas sempre na mesma seqüência a cada 2-3 dias. A extremidade sul e sudeste da ilha – por concentrar a maioria dos ninhos mapeados até então – foi a mais visitada, correspondendo à região onde estão localizados os picos do Pão-de-Açúcar, do Vigia e de Nossa Senhora de Lourdes, além do Morro do Paredão. Os filhotes encontrados em ninhos com acesso viável foram medidos e pesados regularmente, sendo apanhados diretamente com as mãos ou com auxílio de puçá; ninhos de difícil acesso ou inacessíveis foram monitorados à distância, com auxílio de binóculos e luneta. Durante 2006 e 2007, também se deu ênfase aos locais mencionados acima, porém realizaram-se expedições com duração de vários dias aos picos do Monumento, Desejado e Ilha do Sul.

Para o monitoramento da fidelidade interanual ao ninho, colônia e parceiro, os ninhos foram marcados com pequenas estacas de madeira contendo um código de locais de anilhamento, e foram visitados ao menos duas vezes por semana e em distintas temporadas reprodutivas. As aves capturadas foram marcadas com anilhas de alumínio fornecidas pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação das Aves Silvestres (Cemave), vinculado ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.

O censo populacional resultou da contagem direta dos indivíduos em vôo e em solo (tendo por base os ninhos mapeados) e foi realizado nos principais sítios de reprodução na ilha.

As medidas dos exemplares de *P. arminjoniana* foram obtidas conforme Sick (1985), por intermédio de régua milimetrada e paquímetro com precisão de 0,05mm. A massa corporal foi

¹ **Nota do Editor:** o uso “Arquipélago de Martin Vaz” é uma opção dos autores. Não há consenso na literatura quanto à grafia do local com “m” ou “n”, e mesmo quanto à utilização da preposição “de” separando o acidente geográfico do seu nome próprio.

obtida com balanças de precisão com capacidade de 50, 100 e 300g e precisão de 0,5g, ou de balanças com capacidade de 500 e 1.000g e precisão de 1,0g.

Todos os espécimes estudados no período de 1983 a 1993 tiveram as cores das partes nuas registradas segundo o catálogo de cores de Villalobos & Villalobos (1947). Espécimes e material relevante foram obtidos em campo ou acessados na coleção do Setor de Ornitologia do MNRJ/UFRJ, onde foram também depositados os exemplares de *P. arminjoniana* ou suas partes (incluindo ovos) coligidos entre 1998 e 2003 e em 2007. O material coletado no período de 1994 a 2000 encontra-se depositado na coleção de aves do Museu de Zoologia da Universidade Federal da Bahia (MZUFBA) e na coleção particular de Rolf Grantsau. Parte do material (peles) utilizado neste trabalho foi acessada no *American Museum of Natural History* (AMNH, Nova Iorque, EUA).

Os conteúdos estomacais foram analisados com o auxílio de uma lupa estereoscópica e o material triado foi encaminhado a especialistas para identificação.

Os ectoparasitos foram coletados vivos durante a manipulação das aves em campo e imediatamente preservados em formalina 10% ou etanol para posterior identificação.

A nomenclatura utilizada no presente trabalho segue a revisão do gênero *Pterodroma* elaborada por Imber (1985); porém, as populações de Trindade e da ilha Round são por nós consideradas como pertencentes à mesma espécie, ao que nos alinhamos com Murphy & Pennoyer (1952). Alternativamente, Brooke *et al.* (2000) registraram duas espécies reproduzindo na ilha Round (*P. arminjoniana* e *P. neglecta*) e, portanto, as menções ao longo do texto referentes às aves deste local podem incluir ambas as espécies.

Resultados e discussão

Taxonomia

O gênero *Pterodroma* é o maior e um dos mais complexos da Ordem Procellariiformes, compreendendo 32 espécies (BROOKE, 2004) e congregando aves essencialmente oceânicas, encontradas ao longo de uma ampla faixa tropical/subtropical em ambos os hemisférios, além da zona subantártica, onde algumas espécies se reproduzem (WARHAM, 1990). Neste cenário, destaca-se o petrel-de-trindade *P. arminjoniana*, cujo polimorfismo da plumagem, distribuição geográfica e relação de parentesco com espécies afins a situam entre as espécies do gênero com maiores níveis de incerteza de ordem taxonômica.

Pterodroma arminjoniana foi descrita pelo naturalista Henry H. Giglioli e seu assistente Thomas Salvadori, do Museu Zoológico Real de Turim (Itália) em 1868 (GIGLIOLI & SALVADORI, 1869), com base em um exemplar coletado nas proximidades da Ilha da Trindade. Adicionalmente, J. Vinson descobriu, em 27 de novembro de 1949, uma população da espécie na ilha Round, oceano Índico, ao largo das ilhas Maurício (MURPHY & PENNOYER, 1952). Este petrel foi também registrado na ilha North Keeling, Austrália, na década de 1980 (STOKES & GOH, 1987), onde ao menos 25 indivíduos em atividades de reprodução foram localizados posteriormente (GARNETT & CROWLEY, 2000).

Tradicionalmente, *P. arminjoniana* é considerada como estreitamente aparentada a *P. heraldica*, que habita ilhas do Pacífico sul, e a *P. neglecta*, que habita os oceanos Índico e Pacífico (IMBER, 1985; BROOKE & ROWE, 1996; BROOKE *et al.*, 2000). Estas espécies apresentam elevado grau de variação de plumagem (polimorfismo), ocorrendo aves de ventre claro (morfo claro) e escuro (morfo escuro), assim como diversas plumagens com padrões de coloração intermediários entre estes dois extremos (MURPHY & PENNOYER, 1952), que comporiam o morfo intermediário. Centro de um intenso debate (BROOKE & ROWE, 1996; IMBER, 2004, 2005; BOURNE, 2005; TOVE, 2005), a relação taxonômica entre *P. arminjoniana*, *P. heraldica* e *P. neglecta*, porém, permanece por ser adequadamente estabelecida, o que se deve, em parte, ao polimorfismo da plumagem e ao acentuado grau de desconhecimento acerca do movimento de dispersão que ocorre após o período reprodutivo destas aves (MARCHANT & HIGGINS, 1990).

Com relação a *P. arminjoniana* e *P. heraldica*, Imber (1985, 2005) admite tratar-se de dois *taxa* distintos, cuja diferenciação residiria no tamanho do corpo e bico, plumagem, em tipos específicos de ectoparasitos, distribuição geográfica, vocalização e anatomia dos intestinos, sendo esta posição endossada por Brooke & Rowe (1996), que atestaram variabilidade genética significativa entre ambas as espécies. Warham (1990), por sua vez, admite haver certa independência entre os *taxa*, mas apenas no nível subespecífico (*P. arminjoniana arminjoniana* e *P. a. heraldica*). No que diz respeito à espécie da ilha Round, Murphy & Pennoyer (1952) consideram-na indistinguível de *P. arminjoniana* da Ilha da Trindade. Por outro lado, Brooke *et al.* (2000) consideram que a ilha Round seria habitada por duas espécies: *P. arminjoniana* e *P. neglecta*. É importante ressaltar, pois, que as comparações feitas ao longo do texto e que dizem respeito aos artigos de Gill *et al.* (1970), Vinson (1976) e Gardner *et al.* (1985) devem ser interpretadas com restrições, uma vez que ambas as formas são simpátricas na ilha Round.

Com relação à Ilha da Trindade, Imber (2005) sugere também a ocorrência de *P. neglecta*, o que, entretanto, não foi confirmado em trabalhos de campo de J. Nacinovic, G. Luigi, F.P. Fonseca-Neto e L. Bugoni ao longo das últimas duas décadas. O *status* taxonômico das formas de *P. arminjoniana* da Ilha da Trindade e de *P. arminjoniana* e *P. neglecta* da ilha Round está sendo investigado atualmente por L. Bugoni e equipe, da *University of Glasgow*.

Distribuição geográfica

Pterodroma arminjoniana é uma ave de hábitos essencialmente pelágicos, apresentando restrita relação com ambientes terrestres, similar aos demais Procellariiformes. Via de regra, utiliza ilhas oceânicas apenas para fins reprodutivos, retornando ao alto-mar tão logo cessem as atividades relacionadas à reprodução.

Os registros da espécie em águas do oceano Atlântico fora de Trindade cobrem considerável área geográfica. O primeiro registro no Atlântico norte refere-se a um exemplar capturado em alto-mar em 31 de dezembro de 1905, no ponto equidistante entre as Pequenas Antilhas e as ilhas de Cabo Verde (c. 21°51'S—43°35'W; ver LOWE, 1911). Um espécime de *P. arminjoniana* do morfo escuro foi também encontrado na localidade de Ithaca, Nova Iorque, em 24 de agosto de 1933, após a passagem de um furacão que teve origem a sudeste das ilhas de Cabo Verde (ALLEN, 1934). Em 20 de agosto de 1978, um exemplar do morfo escuro foi coletado no mar ao

largo da Carolina do Norte, EUA (LEE, 1979), ao passo que um terceiro foi observado em Porto Rico, em julho de 1986 (GOCHFELD *et al.*, 1988). Há ainda um exemplar do morfo claro que foi capturado no sudeste do Estado da Virgínia, EUA, em 2003, após a passagem do furacão Isabel (PATTESON & BRINKLEY, 2004), além de outros indivíduos mencionados para a mesma localidade em julho e setembro de 1996 por Lee (2000) e, no verão do mesmo ano, por Brinkley *et al.* (1997). Furacões e ciclones comumente deslocam aves do gênero *Pterodroma* para áreas interiores distantes da costa, como também observado no sul do Brasil durante o ciclone Catarina em 2004 e que afetou *P. incerta* (BUGONI *et al.*, 2007).

Estudos conduzidos ao largo da Carolina do Norte entre 1994 e 2004 indicam, entretanto, que *P. arminjoniana* ocorre com regularidade em águas do Atlântico norte. Segundo Patteson & Brinkley (2004), durante os meses de primavera e verão, particularmente entre meados de maio e setembro, são avistadas de três a 18 aves por temporada, o que resulta em uma média de dez indivíduos a cada estação. Este fenômeno encontra respaldo em observações conduzidas por Lee (2000), que registrou indivíduos de *P. arminjoniana* na borda da plataforma continental do Estado da Carolina do Norte, EUA, (c. 35°40'N–74°50'W) entre 21 de maio e 26 de setembro, em águas da corrente do Golfo. Este período corresponderia, aproximadamente, ao de máxima ocorrência da maioria das aves marinhas tropicais mais comuns na região (LEE, 1995).

Nos arredores do Arquipélago de Açores, um petrel foi fotografado forrageando a cerca de cinco ou seis quilômetros ao norte de Faial, em 17 de maio de 2006, sendo identificado como um exemplar do morfo claro de *P. arminjoniana* (PINGUINHAS, 2006; BIRDING AZORES, 2007); a análise das imagens somente parece ser inconclusiva, mas, se confirmado, este seria o segundo registro da espécie para o arquipélago, uma vez que um outro exemplar teria sido fotografado por Roland e Julia Seitre a cerca de 16 km ao sul da Ilha de Pico, em 18 de julho de 1997 (DUBOIS & SEITRE, 1997).

Adicionalmente, há um exemplar de *P. arminjoniana* de origem duvidosa – porém muito provavelmente fruto de uma captura ocorrida em águas do Atlântico norte – o qual apareceu no *Leadenhall Market* de Londres e que, posteriormente, passou a integrar o acervo ornitológico do *British Museum* (Londres) em 26 de dezembro de 1889 (BOURNE, 1967). Além deste, existem registros fotográficos de *P. neglecta* para a Pensilvânia (HEINTZELMAN, 1961), mas que muitos acreditam tratar-se de um exemplar do morfo escuro de *P. arminjoniana*, além de outros dois registros ocorridos no final do século XIX no Reino Unido, suspeitos de pertencerem ao petrel-de-trindade e não a *P. leucoptera* (CRAMP & SIMMONS, 1977). Por fim, Lee (1984) acredita que diversos registros visuais de aves escuras do gênero *Pterodroma* efetuados a oeste do Atlântico norte seriam, de fato, evidência da presença de *P. arminjoniana* na região, ainda que a distância e outros fatores tenham impedido a identificação precisa de tais exemplares.

Para o Atlântico sul, as poucas referências disponíveis atestam a presença do petrel-de-trindade a 25°00'S–30°40'W (MURPHY, 1936) e ao “norte da Convergência Subtropical” (RUMBOLL & JEHL, 1977), ao passo que Bourne & Curtis (1985) encontraram ao menos oito indivíduos entre 3°28'S–16°31'W, e outros sete a cerca de 290 km a sul-sudoeste da Ilha de Ascensão.

Em 21 de julho de 2003, Savigny *et al.* (2005) registraram um exemplar do morfo escuro de *P. arminjoniana* no golfo San Matías, na península Valdés, durante um censo de aves e mamíferos

marinhos, o qual consta como o primeiro registro da espécie para a Argentina. O autor relata, ainda, a ocorrência de um exemplar de morfo intermediário observado por B. Curtis em 1994 a cerca de 322 km a sudeste das ilhas Malvinas/Falklands (54°01'S– 54°46'W). Nesta mesma região, S. Imberti (comunicação pessoal) observou, em 2005, outros três indivíduos, sendo o primeiro em 13 de março (52°38'S–48°25'W) e os demais (ambos do morfo claro) em 14 de março (52°16'S–51°58'W), estando estes últimos acompanhados de diversos exemplares de *P. mollis* e de um par de *P. brevirostris*.

Curiosamente, *P. arminjoniana* não era registrada próxima à costa brasileira, mas foi fotografada recentemente por F. Peppes (Projeto Albatroz) em águas internacionais ao largo de Santa Catarina (30°10'S–44°10'W) em 14 de outubro de 2006. Ademais, o rastreamento com geolocalizadores indica que alguns indivíduos se aproximam da costa brasileira (L. BUGONI & R.W. FURNESS, obs. pess.).

Uma vez que a identificação de *P. arminjoniana* é particularmente difícil em alto-mar e que esta espécie guarda uma semelhança morfológica grande com *P. neglecta*, deve-se levar em consideração a possibilidade da ocorrência desta última no oceano Atlântico, o que, para Imber (2005) em particular, é fato irrefutável. É importante mencionar que não há nenhum local de reprodução confirmado para *P. neglecta* no Atlântico, apesar da afirmação deste autor sobre a sua presença e possível reprodução em Trindade.

Tamanho da população e status

O tamanho da população de *P. arminjoniana* na Ilha da Trindade vem sendo estimado ao longo das últimas décadas por diferentes expedições científicas. Os resultados obtidos, porém, não são consensuais. Com referência a expedições do século XIX e àquelas efetuadas até 1990, o tamanho da população não é discriminado em termos numéricos, mas tão somente por meio de expressões vagas e com pouco conteúdo informativo. Murphy (1936) atesta que *P. arminjoniana* era abundante à época em que visitou o local, ao passo que A. Fillipini, do Cemave, com base em uma expedição realizada à Trindade entre fevereiro e abril de 1986, indicou se tratar da espécie mais comum na ilha (FILLIPINI, 1986).

Nacinovic *et al.* (1989) estimaram cerca de 2.000 indivíduos em Trindade, ao passo que Luigi (1995) indicou que a ilha pudesse abrigar um número maior de exemplares, possivelmente algo em torno de 5.000 aves. Fonseca-Neto (2000 *in litt.* apud BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2006) corrobora tais números, estimando entre 2.000 e 5.000 espécimes na ilha. Recentemente, a população do petrel-de-trindade foi estimada em cerca de 6.500 indivíduos por Fonseca-Neto (2004) e 15.000 aves por Brooke (2004). Porém, nenhum dos trabalhos faz referência à metodologia utilizada pelos autores na quantificação, tampouco os locais exatos e o modo de censos. Em 2006 e 2007, L. Bugoni, utilizando-se dos ninhos mapeados por F.P. Fonseca-Neto e após exaustivas buscas e sucessivas visitas a locais remotos da ilha e pouco investigados anteriormente, mapeou 377 ninhos ativos, isto é, com adultos, filhotes ou ovos, os quais estavam assim distribuídos (número de ninhos entre parêntesis): Morro das Tartarugas (1); Pico Nossa Senhora de Lourdes (50); Pico do Vigia (30); Morro do Pão-de-Açúcar (5); Cratera (13); Morro do Paredão (60); Ilha do Sul (180); Farilhões (15); e Pico do Monumento e Praia do Noroeste (23). Esta contagem não inclui os ninhos

inacessíveis ou que não puderam ser observados com binóculo; ninhos com estas características existem em todos os locais mencionados, além da Ilha da Racha, ponta Norte, Vale do “M” e morros em frente à Praia dos Cabritos. Além disso, mais de um casal pode ocupar o mesmo ninho ao longo do ano ou mesmo o ninho ser ocupado por um filhote grande e por um casal em prospecção ou incubando, durante o qual o filhote em geral se desloca alguns metros do local de nascimento. Em contrapartida, o mesmo indivíduo ou casal pode efetuar prospecção em vários ninhos antes de decidir o local da postura.

Por outro lado, nenhum vestígio de reprodução de *P. arminjoniana* foi observado em Martin Vaz, sendo que o platô do alto da ilha principal não reúne as características físicas dos sítios de reprodução utilizados pela espécie em Trindade. Embora existam alguns locais potencialmente propícios à nidificação em Martin Vaz e ilhas próximas (do Norte e do Sul), estes parecem ser reduzidos e em quantidade inferior aos ambientes vagos na Ilha da Trindade. De fato, apenas um único exemplar da espécie foi observado próximo ao arquipélago durante três dias de estudo no local, executados por L. Bugoni, o que corrobora as observações de G. Luigi, que em raras ocasiões observou a espécie nos arredores das ilhas de Martin Vaz.

Desta forma, considerando o total de 377 ninhos mapeados para Trindade e supondo que: a) os ninhos não mapeados correspondem ao dobro deste valor, o que parece ser uma aproximação razoável considerando que algumas colônias foram totalmente mapeadas, outras parcialmente e outras apenas localizadas sem contagem dos ninhos; b) o período reprodutivo da espécie dura sete meses (prospecção, deserção pré-incubatória, incubação e alimentação dos filhotes) e que metade dos ninhos é ocupada por dois casais ao longo de um ano; e c) o ciclo reprodutivo da espécie é anual, foi possível estimar a população reprodutiva de *P. arminjoniana* em 1.130 casais. Admitindo-se ainda que o percentual de indivíduos imaturos seja razoável, a população estimada por meio deste método e da busca exaustiva por locais de nidificação sugere uma população de aves da ordem de 3 mil a 5 mil indivíduos, valor superior ao estimado por Nacinovic *et al.* (1989), condizente com o valor proposto por Fonseca-Neto (*apud* BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2006) e Luigi (1995), mas inferior àquele sugerido por Fonseca-Neto (2004) e Brooke (2004).

De acordo com as Listas Vermelhas da União Mundial para a Conservação – IUCN (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2006) e do Brasil (MMA, 2003), *P. arminjoniana* é classificada como “Vulnerável” devido aos limitados locais de reprodução e ao pequeno tamanho populacional. Deste modo, a espécie necessita de atenção especial quanto à sua conservação.

Morfologia

A população de *P. arminjoniana* em Trindade apresenta acentuado polimorfismo no que se refere ao colorido da plumagem, havendo desde aves totalmente anegras até indivíduos predominantemente brancos nas partes inferiores, bem como uma série de intermediários. De maneira geral, os exemplares mais escuros apresentam marcada tendência a uma diminuição da área clara na face inferior das asas, que assume tonalidades acinzentadas.

Com base em uma série de exemplares do *British Museum*, Lowe & Kinnear (1930) distinguiram um morfo claro, um morfo escuro e um terceiro intermediário, que foram efetivamente

descritos seis anos mais tarde por Murphy (1936). Murphy teria reconhecido, entretanto, nada menos que seis formas distintas entre indivíduos totalmente anegrados e aqueles com as partes inferiores brancas. Embora muito difundido, o arranjo inicial proposto por Lowe & Kinnear (1930) revelou-se pouco satisfatório face à grande diversidade de cor observada sobretudo no chamado morfo intermediário, que acabou sendo definido de forma bastante distinta pelos diferentes autores (comparar MURPHY & PENNOYER, 1952, e HARRISON, 1983), pois engloba todas as plumagens exceto as que pertencem aos morfos claro e escuro. Segundo 151 espécimes examinados por G. Luigi, J. Nacinovic, D. Teixeira e M. Raposo nas coleções do MNRJ/UFRJ, Museu da Fauna (Rio de Janeiro), *British Museum* e AMNH, esses três morfos poderiam ser assim definidos:

Morfo claro (Figura 9.2): cabeça variando entre o anegrado e o marrom acinzentado com a região periocular, loros e auriculares anegrados, embora haja exemplares que apresentam estes dois últimos ligeiramente vermiculados de branco devido à abrasão da extremidade das penas. Metade superior do pescoço, dorso e coberteiras superiores das asas desde marrom anegrado até um cinza amarronzado, cauda marrom anegrado. Mento, garganta e restante das partes inferiores brancas, exceto por um colar peitoral acinzentado pouco definido. Coberteiras inferiores desde brancas com a extremidade vermiculada de marrom escuro até anegradas com a base branca. Face inferior das asas marrom escura ou marrom acinzentada com diversos graus de invasão de branco ao longo da borda carpal e nas secundárias; grandes e médias coberteiras inferiores das asas brancas, passando a cinza prateado em alguns indivíduos; rêmiges marrom anegrado com a raque anegrada e uma área basal branca de extensão variável, que tanto pode ocupar 2/3 da pena como estar restrita a uma pequena porção do vexilo interno. Bico preto, íris marrom escura (B.2°.4); tarso, base dos dígitos e da membrana interdigital brancacenta (CCV 3°.19), azul pálida (C.12°.19) ou rosa clara (RS.6°.19); restante dos pés preto.

Morfo escuro (Figura 9.3): cabeça, corpo, face superior das asas e cauda inteiramente marrom acinzentada, marrom escuro ou anegrado. Face inferior das asas variando do branco ao cinza anegrado, apresentando a base do vexilo interno das primárias invadida de branco ou cinza prateado em proporção muito variável; borda carpal e base do vexilo interno das secundárias por vezes também invadido de branco. Íris marrom escura, bico preto e pés anegrados (SSO.1°.4).

Morfo intermediário (Figura 9.4): bico e íris, coloração do tarso e pés como no morfo claro. Plumagem ao extremo variável, havendo desde indivíduos inteiramente anegrados como os do morfo escuro, mas com os tarsos e dígitos rosados em vez de negros, até exemplares semelhantes às aves do morfo claro, mas com o colar peitoral bem definido. Por outro lado, o típico morfo intermediário da espécie mencionado por autores como Murphy & Pennoyer (1952) e Harrison (1983) diz respeito a indivíduos com dorso, uropígio, face superior das asas e cauda como no morfo claro que, entretanto, apresentam cabeça inteiramente anegrada, mento e garganta brancos, colar peitoral anegrado muito largo e bem definido, flancos e coberteiras inferiores da cauda anegrados e resto das partes inferiores marrom ou marrom anegrado com diversos graus de invasão de branco. Face inferior das asas muito variável, incluindo desde um padrão idêntico ao do morfo claro, até indivíduos em que o branco ou cinza prateado encontra-se limitado à base do vexilo interno das primárias.



Figura 9.2. Morfo claro de *Pterodroma arminjoniana* com filhote. Foto: Leandro Bugoni.



Figura 9.3. Casal de morfo escuro de *Pterodroma arminjoniana* com filhote de um dia de vida. Foto: Leandro Bugoni.



Figura 9.4. Morfo intermediário de *Pterodroma arminjoniana* incubando. Foto: Leandro Bugoni.

Conforme assinalado por Wilson (1904), Nicoll (1906; 1908) e Novaes (1952), as aves com as partes inferiores brancas – contingente que inclui tanto os indivíduos do morfo claro quanto os do morfo intermediário – são nitidamente mais numerosas em Trindade do que o conjunto formado pelos representantes do morfo escuro e os exemplares mais anegrados do morfo intermediário. De um total de 435 adultos e filhotes com plumagem definitiva amostrados entre 1998 e 2000, 60,2% pertenciam ao morfo claro, 31,7% ao morfo escuro e apenas 8,1% ao morfo intermediário. Essa proporção se repetiu para a análise de 278 adultos e filhotes em 2006 e 2007, quando 65,1% pertenciam ao morfo claro, 22,7% ao escuro e 12,2% ao intermediário. Na ilha Round, entretanto, o morfo escuro de *P. arminjoniana* parece superar o claro, segundo avaliações de Gill *et al.* (1970) e Vinson (1976), mas nesta ilha encontra-se *P. neglecta* (BROOKE *et al.*, 2000), espécie cujo morfo predominante é o escuro (M. IMBER, *in litt.*) e que, à época dos dois primeiros autores, ainda não era reconhecida como tal. Não obstante os percentuais semelhantes para cada morfo em Trindade obtidos por distintos pesquisadores, é importante destacar que a exata proporção dos morfos de *P. arminjoniana* revela-se difícil de ser avaliada, haja vista as dificuldades de observação em um terreno muito acidentado, a existência de uma ampla gama de plumagens intermediárias e a própria discordância na literatura científica quanto à natureza de cada morfo.

A notável variação do colorido de *P. arminjoniana* e uma visão essencialmente tipológica bastante corrente na década de 1950 contribuíram para que os diferentes morfos da espécie fossem por longo tempo considerados *taxa* independentes. Não surpreende, portanto, que Giglioli & Salvadori (1869) tenham nomeado os morfos claro e escuro destes Procellariidae respectivamente como *Oestrelata arminjoniana* e *Oestrelata trinitatis* Giglioli & Salvadori, 1869, enquanto que Sharpe (1904) descreveu uma fêmea do morfo claro (BM 1886.21.80) como *Oestrelata wilsoni* Sharpe, 1904. Segundo o trabalho original, este último *taxa* compreenderia uma fase clara de partes inferiores inteiramente brancas (= morfo claro) e uma fase cinza (= morfo intermediário), que se distinguiria de *O. arminjoniana* pelo maior porte, assim como pela presença de um colar peitoral acinzentado e partes superiores mais escuras. Por fim, vale destacar a descrição de *Oestrelata chionophara*, posteriormente reconhecida pelo próprio autor (MURPHY, 1936) como um caso pouco comum de leucismo. Cabe destacar ainda que a extrema variabilidade de colorido de *P. arminjoniana* só encontra paralelo em *P. neglecta* do Pacífico e Índico, embora outros representantes do gênero, como *P. brevipes* e *P. hasitata*, também apresentem certo grau de polimorfismo na plumagem (MURPHY & PENNOYER, 1952; WARHAM, 1990).

Dimorfismo sexual

De acordo com uma série de 151 indivíduos adultos oriundos de Trindade e arredores, o comprimento total, envergadura, corda da asa (*flat*), cúlmen, cauda, tarso e massa corporal de ambos os sexos de *P. arminjoniana* não apresentam qualquer diferença significativa ($P < 0,05$). Tal resultado contradiz a afirmativa de Murphy & Pennoyer (1952) de que os machos de *P. arminjoniana* seriam maiores que as fêmeas, ainda que estes autores tenham reconhecido que uma amostra de 20 exemplares não poderia ser considerada significativa para esta análise. Na **Tabela 9.1** encontram-se as medidas e massa corporal de aves mensuradas e pesadas em campo e em espécimes depositados em coleções científicas do Brasil e exterior.

Tabela 9.1. Medidas de adultos do petrel-de-trindade *Pterodroma arminjoniana* (machos e fêmeas em conjunto) obtidos em campo na Ilha da Trindade e de espécimes depositados no MNRJ/UFRJ, MF e AMNH.

	Média	Desvio- padrão	Mínimo	Máximo	Tamanho da amostra (n)
Cúlmen exposto (mm)	29,6	1,3	26,0	32,9	445
Cabeça (mm)	75,0	2,0	68,0	81,3	322
Tarso (mm)	37,7	1,5	31,3	42,3	443
Asa (mm)	286,7	8,8	207,0	309,0	496
Cauda (mm)	114,8	4,7	99,0	130,0	480
Massa corporal (g)	370,6	34,4	300,0	475,0	127
Envergadura (mm)	987,1	26,0	895,0	1.040,0	69
Comprimento total (mm)	388,9	15,9	369,0	475,0	69

Vocalizações

O repertório vocal de *P. arminjoniana* consiste essencialmente de variantes de uma mesma vocalização básica. As vozes anotadas em campo podem ser assim descritas:

Vocalização básica: consiste de uma monótona estrofe principal composta por 15 ou mais notas “qué-qué-qué...” proferidas em rápida seqüência. Frequentemente, esta estrofe é imediatamente secundada por uma série de notas bastante distintas que muitas vezes soam como um gutural, grave, melodioso e descendente “glô-glô-glô...”. Esta voz costuma ser proferida nas mais diversas situações, como, por exemplo, durante perseguições aéreas, na etapa da corte efetuada no solo ou por indivíduos em defesa do ninho. Em ocasiões de conflito ou iminente confronto entre adultos, a segunda estrofe adquire um tom intensamente melodioso, agudo e quase lamurioso. Por vezes, nestas oportunidades, pode-se observar a retomada da primeira estrofe em uma seqüência do tipo “qué-qué-qué...glô-glô-glô...qué-qué-qué...”.

Canto: um ronco gutural, monótono e grave “rrrôôôô...” que se prolonga, via de regra, por períodos de 15 a 45 segundos. Observada unicamente durante a etapa da corte que se passa no solo, esta vocalização parece ser emitida apenas pelo macho da espécie.

Chamado: trata-se de uma vocalização simples sob o ponto de vista estrutural, que compreende um anasalado e sonoro “haác” ou “huéc”, assim como um dissilábico “urreeennn-quíc” ou “eeenn-nhác”, cuja primeira nota é ascendente e algo prolongada, ao passo que a segunda é curta e aguda. O “chamado” parece estar relacionado à defesa territorial, tendo sido proferido por adultos que guardam ovos ou filhotes e por aves que se encontravam nos arredores de seus ninhos.

Comportamento alimentar e dieta

O petrel-de-trindade costuma permanecer muito tempo planando próximo à superfície da água, acompanhando os movimentos das ondas com grande desenvoltura. Quando atraídos por uma presa ou qualquer objeto flutuante, as aves sustentam-se no ar intensificando o ritmo de batimento das asas e mantendo os pés abaixados enquanto colhem objetos ou presas com rápidos golpes de bico (**Figura 9.5**). A apreensão de pedaços de plástico e outros objetos flutuantes também foram registradas entre indivíduos que descansavam pousados na água. Denominado

pattering por Warham (1990) e Ashmole (1971), este comportamento em muito se assemelha ao *stooping*, descrito por Murphy (1936), considerado por este autor como o mais usual dos métodos empregados por aves do gênero *Pterodroma* para a obtenção de alimento. Por outro lado, a captura de lulas vivas envolveria métodos mais ativos, como mergulhos de asas fechadas a partir da superfície da água (WARHAM, 1990).

Cabe notar que não logramos observar, até o momento, *P. arminjoniana* empregando outros métodos utilizados por diversos representantes do gênero na obtenção de alimento, que incluem a perseguição aérea de peixes-voadores, curtos mergulhos próximos à superfície, coleta de pequenas presas durante o voo e submersão parcial da cabeça e do pescoço feita por aves pousadas na superfície da água (ASHMOLE & ASHMOLE, 1967; HANEY, 1987).

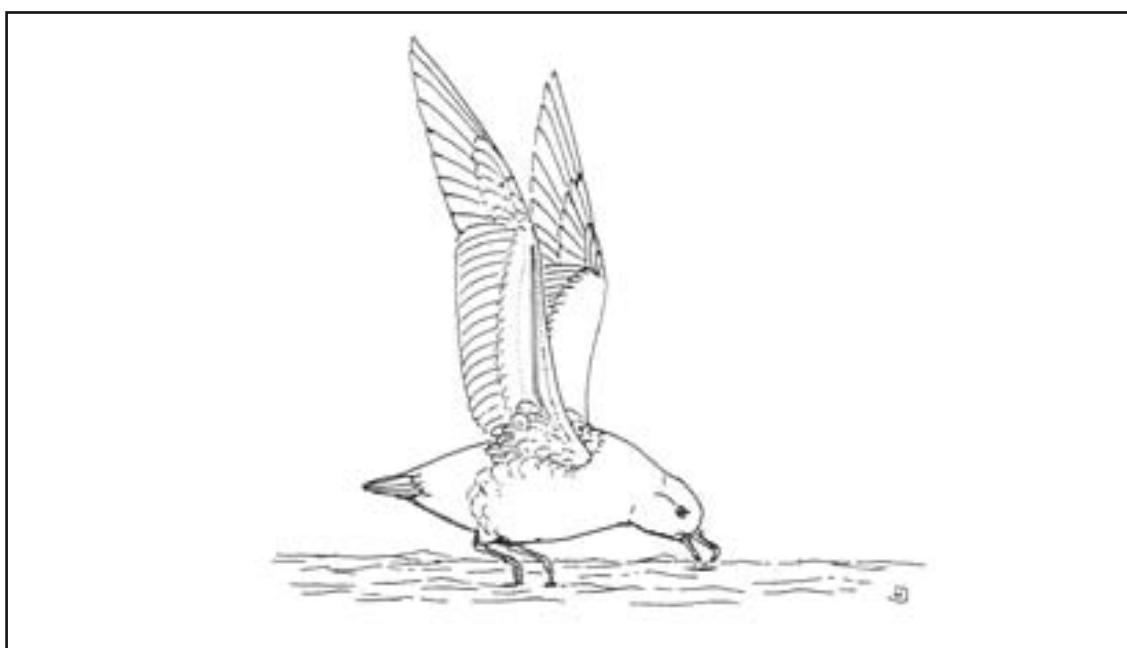


Figura 9.5. Postura corporal assumida por *Pterodroma arminjoniana* para pescar na superfície da água. Ilustração: Jorge B. Nacinovic.

As evidências disponíveis indicam que os Procellariiformes também capturam suas presas durante a noite (MURPHY, 1936; ASHMOLE, 1971; IMBER, 1973, 1976; IMBER & RUSS, 1975), quando vários organismos de diferentes profundidades do oceano migram em direção à superfície (migração nictimeral). Este é o caso dos Ommastrephidae registrados na maioria dos conteúdos estomacais de *P. arminjoniana* em Trindade e de vários outros Cephalopoda que executam movimentos verticais circadianos, os quais são encontrados em cardumes próximos à superfície durante a noite e em profundidades entre 100 e 500 metros durante o dia (CLARKE, 1966). Neste sentido, vale notar que 25 das 28 espécies de cefalópodos capturados por diversos representantes de *Pterodroma* nas ilhas Prince Edward e 90% das lulas assinaladas nos conteúdos estomacais de *P. mollis* apresentavam órgãos bioluminescentes (ROPER, 1969; IMBER, 1973; HERRING, 1977). A alimentação de *P. arminjoniana* em Trindade inclui apenas certos representantes bioluminescentes do gênero *Histioteuthis* e uma grande quantidade de Ommastrephidae sem tal capacidade. Cumpre mencionar que *P. arminjoniana* raramente se aproxima de embarcações em busca de alimento.

A análise do conteúdo estomacal de 70 adultos e 29 filhotes de *P. arminjoniana* obtidos em Trindade entre 1987 e 1993 revelou que 93 das 99 aves examinadas ingeriram lulas (Cephalopoda), sendo que a maioria das peças bucais, cristalinos e outras estruturas pertencia a *Ommastrephes bartrami* (Ommastrephidae). Os demais restos observados foram atribuídos a espécies de lulas do gênero *Histioteuthis* e a um pequeno polvo pelágico, possivelmente *Japetella diaphana*.

Embora pequenos peixes estivessem presentes em 17 conteúdos, a maioria das amostras estava tão macerada que apenas em uma única ocasião foi possível reconhecer os restos de um Labridae não identificado.

Os estômagos de 15 indivíduos, incluindo sete filhotes, apresentavam fragmentos de *Halobates* sp. (Gerridae), Hemiptera pelágico com apenas 6 milímetros de comprimento que vive em estreita associação com massas flutuantes de sargaços observadas nos mares tropicais e subtropicais de todo o mundo (LIMA, 1940). Esses hemípteros também foram registrados em conteúdos estomacais de *P. alba* (ASHMOLE & ASHMOLE, 1967).

Os conteúdos das *P. arminjoniana* de Trindade também incluíam uma espécie de falsa medusa (*Porpita* sp.) (Porpitidae, Hydroida) (um conteúdo) e pequenos gastrópodes não identificados (oito conteúdos).

A análise de seis conteúdos estomacais de *P. arminjoniana* obtidos por Vinson (1976) na ilha Round revelou a presença de pequenas conchas de gastrópodos, pedrinhas e, sobretudo, de bicos de lulas. Lulas parecem ser o principal alimento de diversas espécies do gênero, como *P. lessonii*, *P. hypoleuca*, *P. cookii*, *P. nigripennis*, *P. inexpectata*, *P. externa*, *P. incerta*, *P. alba*, *P. cahow*, *P. phaeopygia*, *P. hasitata*, *P. mollis* e *P. leucoptera*. Vale lembrar ainda que os crustáceos também constituem um item pouco significativo na dieta destas aves, embora tenham sido assinalados para certas espécies como *P. mollis*, *P. phaeopygia*, *P. solandri*, *P. cahow* e *P. alba* (MOUGIN, 1969; HARRIS, 1970; IMBER, 1971; SERVENTY *et al.*, 1971; WINGATE, 1972; ASHMOLE & ASHMOLE, 1967) e tenham sido considerados importantes na dieta de jovens de *P. neglecta* (OLIVER, 1930 *apud* ASHMOLE & ASHMOLE, 1967).

Lulas foram também encontradas em conteúdos estomacais de *P. arminjoniana* do Índico (VINSON, 1976). De acordo com Imber (1971, 1973) e Furness *et al.* (1984), *P. mollis* e *P. arminjoniana* afiguram capturar sobretudo lulas com cerca de 200 gramas, embora as poucas análises existentes sejam muito prejudicadas pela falta de material de comparação ou mesmo pela fácil digestão dos bicos menores, o que levaria a uma superestimativa da importância dos exemplares mais avantajados.

Cabe destacar ainda a presença de itens cuja ingestão parece ser acidental, como restos de formigas (Hymenoptera, Formicidae) obtidos em um conteúdo de um único filhote (MN 1665), fato até o momento sem paralelo entre as espécies do gênero. Outro item presente no conteúdo estomacal de 13 *P. arminjoniana* foram filamentos de algas pardas, um dos quais se refere a um regurgito obtido em 1994; filamentos de algas pardas foram igualmente observados no estômago de *P. hasitata* (HANEY, 1987). Pedrinhas e areia (16 conteúdos) também foram observadas neste estudo e supostamente ingeridas acidentalmente em pequenas quantidades. Pequenos fios e nódulos de náilon de variadas cores ou placas de plástico branco com cerca de 2x1mm também estiveram presentes em 29 amostras.

Assinalamos, por fim, a presença de protóptilas e mesóptilas junto ao bolo alimentar nos conteúdos de 16 filhotes e seis adultos que cuidavam da ninhada, os quais, supõe-se, teriam engolido-as graças ao contato íntimo com as crias. Registros semelhantes foram realizados para *P. macroptera* e *P. hasitata*, sendo sugerido que o acúmulo destas plumas no estômago favoreceria a formação de *pellets* em torno dos bicos de lulas não digeridos, que terminariam sendo regurgitados posteriormente (IMBER, 1973; HANEY, 1987).

No que se refere à busca de alimento, dados preliminares recentes obtidos com base no uso de geolocalizadores (L. BUGONI & R.W. FURNESS, não publicados) demonstram que as aves deslocam-se por longas distâncias, em concordância com os grandes intervalos entre as alimentações entregues aos filhotes.

Parasitos

Segundo Imber (1985) e Vinson (1976), *P. arminjoniana* é parasitada por diversos piolhos-das-penas (Mallophaga), como *Halipeurus kermadecensis*, *H. heraldicus* e *Trabeculus fuscoclypeatus*. Como resultado de observações mais recentes, Imber (2004) identificou igualmente espécies do gênero *Ancistroneura* em *P. arminjoniana* e *P. neglecta*. Ademais, Timmermann (1960 *apud* IMBER, 1985) alega que *H. heraldicus* parasitaria especificamente *P. arminjoniana* (amostras provenientes da ilha Round) e *P. heraldica*. De acordo com Pilgrim & Palma (1982) e Imber (1985), os representantes de *Halipeurus* e *Trabeculus* seriam os parasitos mais comuns em espécies do gênero *Pterodroma*.

Nos exemplares adultos de *P. arminjoniana* obtidos em Trindade entre 1987 e 1993, foram identificados *Esthiotermum* sp. (Philopteridae, Mallophaga) e *Olfersia* sp. (Hippoboscidae, Diptera). Adicionalmente, Valim *et al.* (2006) encontraram *Naubates* sp. em peles do petrel-de-trindade coletados no Brasil e depositados na coleção científica do MNRJ/UFRJ, além de confirmar a presença de exemplares de *Trabeculus* sp. em alguns destes mesmos exemplares. Palma & Pilgrim (2002) reportam duas fêmeas de *Naubates (Guenterion) damma* obtidos de pele de *P. arminjoniana* proveniente da Ilha da Trindade (sem data) e depositadas no British Museum. De um conjunto de dez indivíduos de *P. arminjoniana* amostrados em junho de 2006 em Trindade, cujos ectoparasitas foram identificados por R. Palma (*Museum of New Zealand Te Papa Tongarewa*), três apresentavam *Austromenopon popellus*, cinco possuíam *Trabeculus fuscoclypeatus* e dez tinham *Halipeurus kermadecensis*. A presença de *H. kermadecensis* em exemplares do petrel-de-trindade foi uma das evidências utilizadas por Imber (2004) para sugerir a existência de *P. neglecta* em Trindade. Porém, a confirmação da presença de *H. kermadecensis* em *P. arminjoniana* atesta que este piolho não é exclusivo de *P. neglecta* e, portanto, não pode ser usado como evidência da ocorrência de *P. neglecta* na ilha.

Reprodução e muda

Durante as atividades de campo conduzidas entre 1992 e 1993, obtiveram-se evidências diretas de posturas efetuadas nos meses de abril, outubro e novembro, enquanto que inferências realizadas a partir da idade de filhotes e/ou do tempo gasto na incubação e de dados de Fonseca-Neto (2004) demonstraram que as posturas ocorrem em todos os meses do ano.

Recentes observações conduzidas por Fonseca-Neto (2004) oferecem evidências de um ciclo reprodutivo composto por dois períodos: o primeiro estaria compreendido entre julho e janeiro, com picos de postura em setembro e outubro, ao passo que o segundo ocorreria entre janeiro e julho, com picos de postura em fevereiro e março. Por outro lado, a maior colônia da ilha (180 ninhos ativos na Ilha do Sul) tem seu pico de postura em abril e um número reduzido de ninhos ativos nos meses anteriores.

Considerando-se que a muda das aves oceânicas ocorre sobretudo fora do período reprodutivo (MARSHALL & SERVENTY, 1956; HARRIS, 1970) e que a maioria das espécies aproxima-se da terra apenas para nidificar (MURPHY, 1936), não surpreende que apenas 13 (15,1%) dos 86 adultos de *P. arminjoniana* obtidos entre 1997 e 2003 e depositados na coleção do MNRJ estivessem em muda, sendo que não mais de cinco (5,8%) trocavam rêmiges ou retrizes. Porém, sete destes indivíduos (8,1%) estavam envolvidos em diversas etapas da reprodução, caso do macho MN 39135, que apresentava muda nas penas de contorno e havia estabelecido um ninho na Ilha do Sul entre 18 de novembro e 1º de dezembro; do macho MN 39121, que mudava as penas do alto dorso enquanto incubava um ovo há 49 dias; e do macho MN 39142, que apresentava sinais de muda no corpo e na cabeça, embora permanecesse no ninho junto a um filhote de 84 dias de idade. De um total de 59 indivíduos adultos amostrados em 2006 e 2007 (exceto indivíduos incubando o ovo, pois se evitou amostrá-los durante esta fase, de modo a evitar a deserção do ninho), 33,9% exibiam muda nas penas de contorno, estando a maioria das aves em período de prospecção e corte (embora indivíduos alimentando filhotes grandes também apresentassem muda de contorno); 3,4% exibiam muda nas rêmiges e 11,9% nas retrizes, dos quais todos estavam em prospecção e sem placa de incubação. Dessa forma, pode-se concluir que as penas de contorno podem ser trocadas durante o período reprodutivo, embora a maioria das aves chegue às colônias para a reprodução com as penas novas. Por outro lado, a muda das rêmiges e retrizes não ocorre comumente em indivíduos reprodutivos e, quando acontece, tende a ser no período de prospecção (o que eventualmente poderia incluir indivíduos imaturos que freqüentam as colônias) ou no final do período de alimentação dos filhotes. Como reprodução e muda da plumagem são duas atividades com alto gasto de energia, os Procellariiformes tendem a evitar a sobreposição destas atividades e, assim, reduzir a demanda energética em um mesmo período (WARHAM, 1990).

Pterodroma arminjoniana é uma das poucas espécies do gênero encontrada em seus sítios reprodutivos ao longo de todo ano, o que parece indicar a inexistência de migrações regulares e a ausência de um processo de dispersão pós-reprodutiva realizado em bloco pelo conjunto da população (MURPHY, 1936; MURPHY & PENNOYER, 1952). Entretanto, segundo estudos mais recentes conduzidos por Cramp & Simmons (1977), Lee (1995, 2000) e Patteson & Brinkley (2004), há registros rotineiros suficientes que apontam uma dispersão que ocorreria durante o período não reprodutivo por parte da população de *P. arminjoniana*, possivelmente a partir da Ilha da Trindade em direção ao Atlântico noroeste. O destino final destas aves ainda é incerto, mas parece existir uma tendência de concentração de registros na borda da plataforma marinha do Estado da Carolina do Sul, na costa leste dos EUA.

Com relação à fidelidade aos sítios de reprodução, as únicas informações disponíveis até o momento resultam dos trabalhos conduzidos por Fonseca-Neto (2004) e L. Bugoni (não publi-

cados). Tendo como referência o anilhamento de 219 aves em dezembro de 1988 e janeiro de 1999 e de outras 400 entre fevereiro e abril de 2000, foram recuperados nove indivíduos em outubro de 1999, nove em fevereiro e março de 2000 e 63 entre dezembro de 2006 e abril de 2007, o que indica que Trindade é, de fato, um ponto de referência regular para fins reprodutivos de *P. arminjoniana* no Atlântico sul, confirmando o padrão geral de alta fidelidade aos sítios reprodutivos pelos petréis (BROOKE, 2004). Fidelidade ao parceiro também foi observada em estações reprodutivas sucessivas. Além dos dados divulgados por Fonseca-Neto (2004) sobre um casal reproduzindo junto em diferentes anos, outros quatro casais que já haviam acasalado entre 1998 e 2000 foram localizados na temporada 2006-2007.

Acasalamento

Segundo nossas observações, a corte de *P. arminjoniana* transcorre inicialmente no ar e depois no solo junto aos locais destinados à nidificação. Em sua fase inicial, os indivíduos dispendem diversas horas voando em torno dos principais sítios de reprodução.

Os rituais aéreos de *P. arminjoniana* envolvem trajetórias ao extremo irregulares, com eventual predominância de circuitos elípticos ou circulares de 30 a 50 metros de diâmetro, muito embora eventualmente sejam observados circuitos com mais de 100 metros de diâmetro. Em geral, macho e fêmea perseguem-se mutuamente guardando uma distância de cerca de um metro um do outro (Figura 9.6) e realizando vôos planados que se alternam com vigorosos batimentos de asas, sobretudo quando a trajetória é ascendente. A primeira e a segunda estrofes da vocalização básica são utilizadas com frequência nestas ocasiões e, via de regra, pela ave que persegue. As perseguições têm início nas primeiras horas do dia e perduram até o anoitecer, com picos de atividade em torno de 8h e 16h.

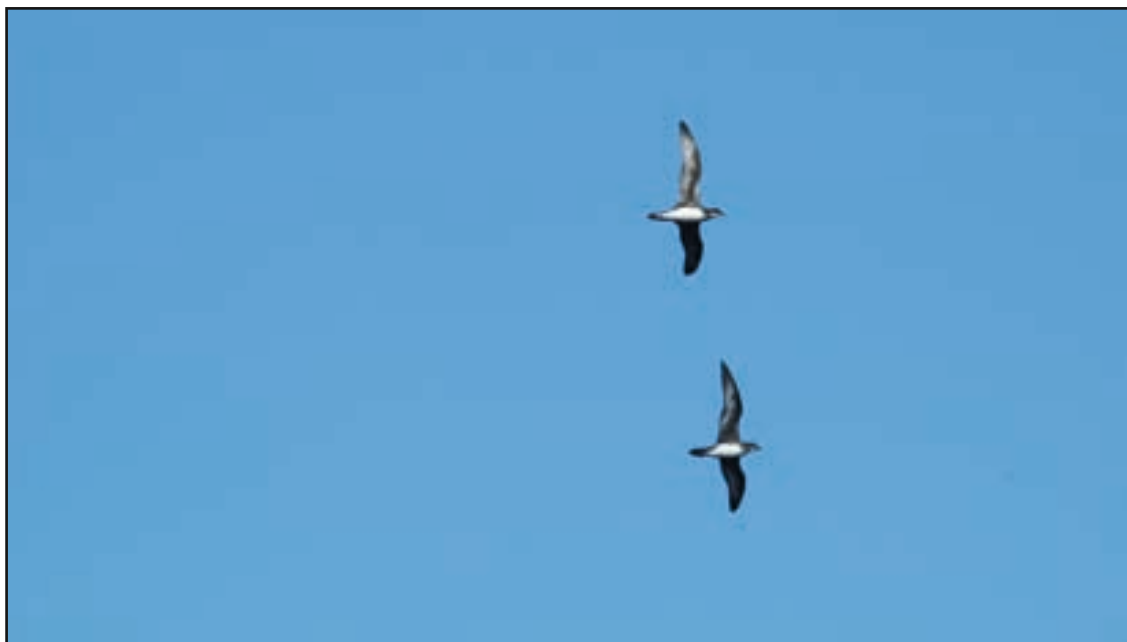


Figura 9.6. Corte aérea de casal de *Pterodroma arminjoniana* no momento em que emite vocalização (bico aberto). Foto: Leandro Bugoni.

Junto ao ninho, a corte tem continuidade com uma série de carícias mútuas, efetuadas quase sempre por uma ave mais ativa, possivelmente o macho; pousado na perpendicular, este indi-

víduo bica levemente seu companheiro ao redor dos olhos, bico, pescoço e parte anterior da asa, ao passo que a ave acariciada mantém os olhos fechados e a cabeça ligeiramente inclinada para baixo e para frente (**Figura 9.7**).

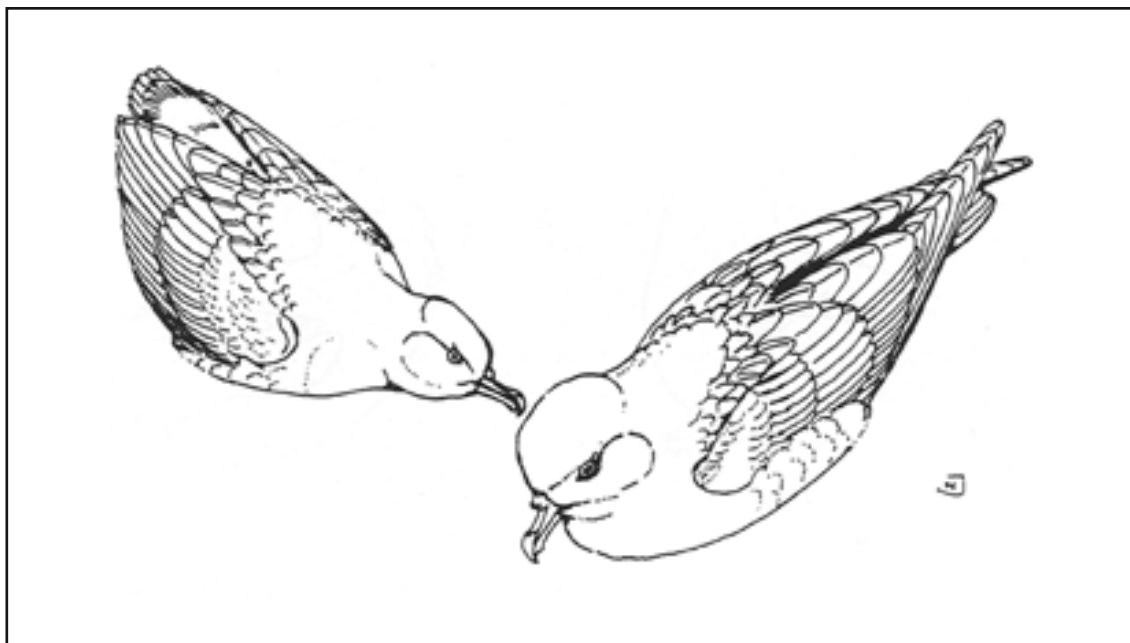


Figura 9.7. Corte de casal de *Pterodroma arminjoniana* em solo. Ilustração: Jorge B. Nacinovic.

A vocalização básica sem o típico complemento gutural é proferida em várias circunstâncias durante a corte, sendo quase sempre acompanhada de uma postura peculiar que indica o estado de excitação do casal (**Figura 9.8**). Por seu turno, o “canto de corte” foi registrado ocasionalmente durante sessões de carícias, tendo sido proferido apenas pela ave mais ativa, de forma isolada ou como uma variante do complemento gutural da vocalização básica. No que diz respeito à postura correspondente, notamos que a ave que “canta” mantém o corpo apoiado sobre os pés, a região anterior do corpo elevada, a cabeça alta e o papo ligeiramente inflado com as penas do pescoço anterior e alto peito eriçadas (**Figura 9.9**).

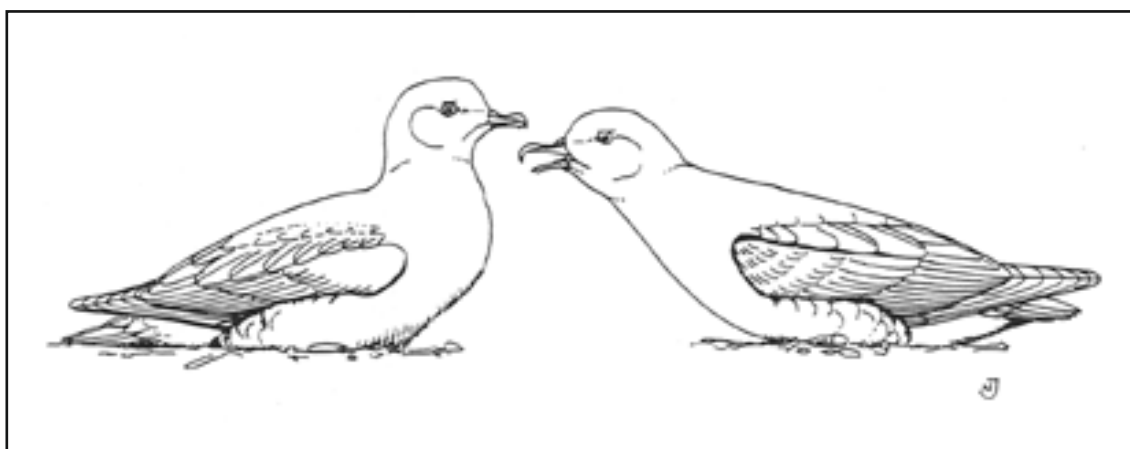


Figura 9.8. Postura corporal assumida pelo casal de *Pterodroma arminjoniana* durante a emissão da vocalização básica na corte. Ilustração: Jorge B. Nacinovic.

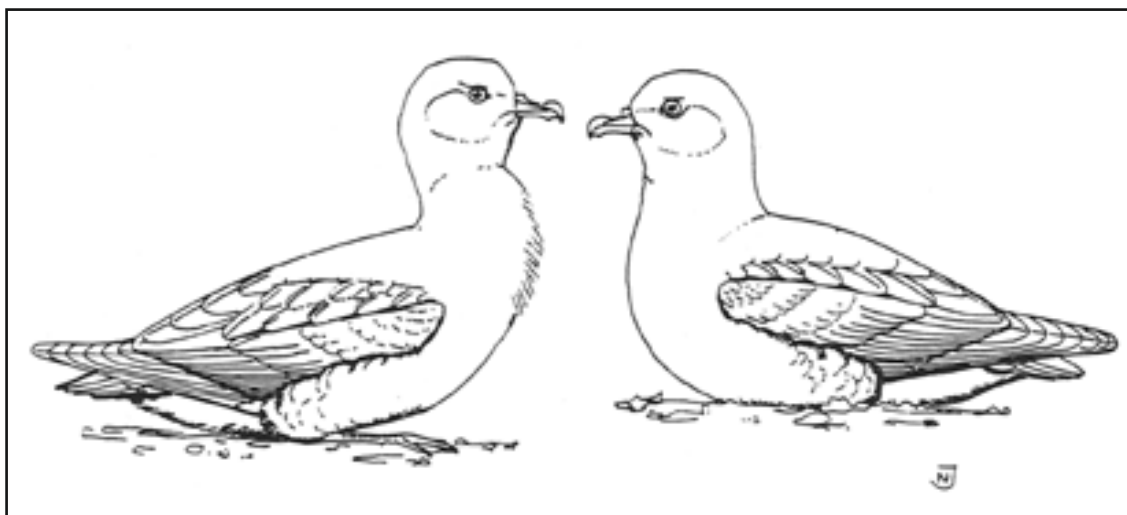


Figura 9.9. Postura corporal assumida pelo casal de *Pterodroma arminjoniana* durante a emissão do "canto da corte". Ilustração: Jorge B. Nacinovic.

Observamos que a fase da corte passada no solo pode perdurar por até 25 dias, havendo a ocupação intermitente do local do futuro ninho por uma ou ambas as aves durante todo o período.

Os movimentos aéreos registrados durante a corte de *P. arminjoniana* em Trindade também foram observados na população do Índico, embora a literatura nada mencione sobre a fase do acasalamento que transcorre no solo (GILL *et al.*, 1970; VINSON, 1976; GARDNER *et al.*, 1985). Ainda que movimentos aéreos tenham sido registrados na corte de outros representantes do gênero, como *P. inexpectata* (*apud* WARHAM *et al.*, 1977), o acasalamento do petrel-de-trindade assemelha-se sobretudo ao de *P. macroptera*, que também apresenta um ritual de vôos preliminares seguido por uma segunda etapa de interações realizada pelo casal no interior do ninho (WARHAM, 1956). Ao que parece, a falta de informações sobre a corte em *Pterodroma* decorre do fato de a maioria das espécies ser ativa apenas durante a noite (MURPHY, 1936; WARHAM, 1990).

Deserção pré-incubatória

Representa uma das fases menos conhecidas da reprodução no gênero *Pterodroma*, durando, em dias, 90 em *P. lessonii* (WARHAM, 1956), de 53 a 80 em *P. macroptera* (IMBER, 1976), ao menos 60 em *P. hasitata* (BENT, 1964), cerca de 30 em *P. cooki* (IMBER, 1976) e de nove a 16 em *P. inexpectata* (WARHAM *et al.*, 1977). Na Ilha da Trindade, foram registradas duas aves em fase de prospecção em janeiro de 2007 e posteriormente incubando em março e abril. O intervalo entre estes dois eventos foi de 55 e 85 dias, respectivamente. O acompanhamento dos ninhos não foi contínuo e por isso o início da deserção pré-incubatória (= final da prospecção) e final da deserção (= início da incubação) não pôde ser determinado com precisão. Todavia, a deserção pré-incubatória em *P. arminjoniana* é certamente longa, com duração aproximada de dois meses.

Locais de nidificação

Os sítios reprodutivos de *P. arminjoniana* estudados em 1992 e 1993 na Ilha da Trindade concentravam-se sobretudo na vertente oeste e na extremidade sul, sendo o Paredão do Túnel e o Pão-de-Açúcar os locais onde havia o maior número de aves. Entre 1994 e 2000,

os principais sítios estudados foram o Morro do Paredão, o pico Nossa Senhora de Lourdes e do Vigia e Pão-de-Açúcar. Em 2007, o principal local de reprodução (Ilha do Sul) abrigava um número de ninhos similar ao total de ninhos mapeados para todo o restante da Ilha. Embora os morros do Túnel e do Paredão constituam dois dos mais conhecidos sítios reprodutivos de *P. arminjoniana* (NICOLL, 1906; MURPHY, 1915), os ninhos destas formações geológicas revelaram-se quase inacessíveis devido à acentuada declividade das encostas. A Ilha do Sul e o pico Nossa Senhora de Lourdes são também locais muito importantes. Os demais sítios reprodutivos observados foram a enseada dos Portugueses, Pico do Monumento, Ponta do Norte, Ilha da Racha, os vales dos Farilhões e do “M” e os morros em frente à Praia dos Cabritos.

As constantes referências à nidificação de *P. arminjoniana* em Martin Vaz (MURPHY, 1936; MURPHY & PENNOYER, 1952; HARRISON, 1983; ANTAS, 1991) parecem não proceder, pois são baseadas em vagos relatos formulados por Nicoll (1906, 1908) e pelos integrantes da expedição do *Cleveland Museum of Natural History* (EUA) (SIMMONS, 1927; ROCKWELL, 1932), que não forneceram qualquer evidência concreta de reprodução no Arquipélago. Segundo os resultados de nossas investigações, *P. arminjoniana* não se reproduz atualmente em quaisquer das ilhas de Martin Vaz.

Ninho

Em Trindade, *P. arminjoniana* nidifica sobretudo em grutas, fendas e outros tipos de reentrâncias encontradas nas grandes superfícies rochosas de acentuada declividade ou entre aglomerados irregulares de matações dispersos sobre o solo. Há também a ocupação de pequenas tocas formadas pela ação do vento e da chuva em terrenos de solo muito friável, as quais se concentram principalmente no alto do Morro do Paredão e arredores.

Os ninhos geralmente apresentam uma distribuição espacial irregular ao extremo, sendo encontrados no solo em pontos muitos devassados ou, pelo contrário, em locais bem resguardados, providos apenas de uma estreita abertura na frente ou no teto; neste caso, o acesso é feito por um estreito e longo túnel que serpenteia por entre as pedras. Os ninhos situados em grutas encontram-se geralmente assentados ao longo da base das paredes ou ao redor das colunas de pedra que acaso existam em seu interior. As dimensões de cada um destes espaços variam muito, havendo desde pequenas tocas com 40 centímetros de profundidade, que mal permitem uma ave adulta se movimentar, até grutas muito amplas e semidescobertas, com 4 metros de altura e 5 metros de profundidade, cujo interior é ocupado por apenas dois casais, ou grutas amplas ocupadas por até 21 casais.

Raramente são encontrados ninhos isolados. Ao contrário, existem áreas com adensamentos que vão de dois a mais de 20 ninhos. A distância entre os ninhos de dois aglomerados e grutas do pico Nossa Senhora de Lourdes, três do Morro do Paredão e uma do Pão-de-Açúcar variou de 0,8 metro a 6,0 metros, com média de 2,8 metros entre cada ninho (**Tabela 9.2**). Um caso atípico é a Ilha do Sul, onde o ninhal encontra-se estabelecido no nível do mar e o adensamento é muito elevado, estando muitos ninhos distantes entre si menos de 0,5 metro.

Tabela 9.2. Análise da distância entre ninhos de *Pterodroma arminjoniana* na Ilha da Trindade, Atlântico sul.

Localização dos ninhos	Nº da gruta ou aglomerado de ninhos	Nº de ninhos em cada gruta ou aglomerado	Nº de medições de distâncias entre ninhos (n)	Distância média (m)	Menor e maior distância (m)
Pico Nossa Senhora de Lourdes	2	7	21	1,7	0,8-3,7
	3	19	17	3,8	1,5-6,0
Morro do Parredão	4	3	3	2,4	1,3-3,6
	7	4	6	2,5	1,2-4,0
Pão-de-Açúcar	9	10	16	3,1	1,0-5,0
	2	5	3	3,3	0,9-4,9

Os 68 ninhos de *P. arminjoniana* monitorados em 1992 e 1993 foram construídos sobre solo compacto coberto por lascas de pedra de diversos tamanhos, sendo que 56 (82,4%) consistiam apenas de uma pequena depressão elíptica no solo – na maior parte rasa e finamente granulada, com pequenas lascas de pedras na superfície – enquanto que os demais se encontravam delimitados por pequenas pedras dispostas ao redor da depressão. Quando presente, a forração do ninho costuma ser bastante simples e composta sobretudo de pequenas pedras (**Figura 9.10**) e torrões de solo, assim como de fragmentos de penas e ossos dos próprios petréis. Alguns ninhos ocupados por filhotes e localizados em grutas apresentavam-se forrados com uma rala camada de protóptilas e mesóptilas. Pedras, fragmentos de ossos e outros materiais utilizados são sempre obtidos nas imediações do ninho, não havendo qualquer esforço dos adultos em procurá-los em lugar mais afastado. Em vários locais (como nos Farilhões, Pão-de-Açúcar e Pico do Vigia), foram encontrados ninhos com forração vegetal (capim ou samambaia), coletada nas imediações ou já presente no próprio local onde o ninho estava assentado (**Figura 9.11**).



Figura 9.10. Ninho de *Pterodroma arminjoniana* com pequenas pedras. Foto: F.P. Fonseca-Neto.



Figura 9.11. Ninho de *Pterodroma arminjoniana* com forração vegetal. Foto: Leandro Bugoni.

Na ilha Round, com exceção de um único ninho encontrado em meio à vegetação herbácea densa, os ninhos de *P. arminjoniana* ocupavam o interior de cavidades naturais formadas por irregularidades do terreno (VINSON, 1949, 1976; GILL *et al.*, 1970), o que parece ser hábito pouco comum entre os representantes do gênero. De fato, das 29 espécies de *Pterodroma* reconhecidas por Imber (1985), apenas *P. ultima*, *P. arminjoniana*, *P. alba* e *P. neglecta* aninham entre amontoados de rochas ou no interior de cavidades naturais pouco profundas situadas na superfície do solo (MURPHY, 1936; MURPHY & PENNOYER, 1952), enquanto as demais nidificam no interior de buracos no solo fofo ou friável, que pode ser entremeado de blocos de rochas ou entrecortado pelo sistema radicular da vegetação eventualmente existente. Além de escavar seus próprios buracos, estas aves utilizam cavidades naturais do terreno ou possivelmente apropriam-se de tocas vazias de outras aves marinhas (WARHAM, 1956; BOERSMA, 1982). Há, ainda, casos de espécies que fazem ninho tanto na superfície quanto no interior de buracos no solo, a exemplo de *P. macroptera* e *P. leucoptera* (WARHAM, 1956, 1990). *Pterodroma arminjoniana* do Índico também utiliza folhas secas e gravetos para forrar o ninho, havendo exemplos em que o material foi acumulado em quantidade suficiente para encobrir o próprio ovo (VINSON, 1949). O mesmo foi observado para outras espécies do gênero, como *P. macroptera*, que utiliza gravetos e folhas secas ou frescas da vegetação circundante para delinear o ninho (WARHAM, 1956; FALLA, 1934).

Com relação à fidelidade aos ninhos, Fonseca-Neto (2004) observou que, dos 18 indivíduos recuperados em um programa de anilhamento conduzido em 1998 e 1999, sete retornaram para o mesmo ninho e outros oito para a mesma gruta, com ninhos estabelecidos a menos de dois metros do ninho original. Os restantes três indivíduos estabeleceram-se em grutas diferentes daquelas onde teriam sido anilhados, as quais, porém, distavam entre si menos de cinco metros. Dentre as recuperações efetuadas em 2006-2007, todas as aves se encontravam nas proximidades do local de marcação ou no próprio ninho, com exceção de um indivíduo com filhote em junho de 2006, que incubava um ovo em abril de 2007, em ninho distando pelo menos 200 metros do local de marcação.

Ovo, postura e incubação

O ovo de *P. arminjoniana* é branco imaculado, subelíptico e de casca lisa na maioria dos exemplares estudados. Em uma série de 156 ovos medidos, os valores variaram entre 53,4 e 70,0 milímetros de comprimento (média = 62,2mm) e entre 40,9 e 53,0 milímetros de largura (média = 45,9mm), enquanto que a massa de 121 ovos variou de 52,0 a 97,0 gramas (média = 73,2g). A relação entre a massa corporal da ave e a massa do ovo foi de 5,5, isto é, a massa do ovo corresponde a 18,2% da massa corporal média de uma fêmea adulta.

Como é regra entre os Procellariiformes (MURPHY, 1936; VOOREN & FERNANDES, 1989), a postura de *P. arminjoniana* é composta por um único ovo. A presença de dois ovos em um único ninho foi verificada em apenas uma ocasião, fato provavelmente associado à postura realizada por duas fêmeas distintas.

O revezamento dos sexos durante a incubação envolve um ritual muito pouco elaborado, já que o indivíduo recém-chegado limita-se a emitir uma única vocalização básica sem o complemento gutural, logo secundada pelo adulto no ninho, que procura se afastar de imediato sem demonstrar qualquer comportamento específico.

O tempo gasto na incubação de cinco posturas variou de 52 ± 1 a 54 ± 1 dias (média = 52,5 dias). Ambos os adultos participam na rotina de incubação, logo após a postura até o nascimento do filhote, adotando um revezamento irregular ao extremo.

Durante o período de incubação, ambos os sexos apresentam placas incubatórias muito vascularizadas, que se estendem da base do esterno até quase a cloaca. O tamanho das placas atingiu valores bastante próximos em ambos os sexos, oscilando entre 47,0 e 80,0 milímetros de comprimento e 36,0 e 50,0 milímetros de largura (média = $56,3 \times 43,4$ mm) em 19 machos, ou 50,0 a 70,0 milímetros de comprimento e 38,0 a 50,0 milímetros de largura (média = $60,0 \times 44,6$ mm) em 16 fêmeas examinadas entre 1992 e 1993. Até o momento, as informações disponíveis sobre placa incubatória para *Pterodroma* resumiam-se ao trabalho de Warham *et al.* (1977), que obtiveram uma média de $57,0 \times 47,0$ milímetros para as placas de cinco exemplares de *P. inexpectata* nas ilhas Snares, no Pacífico sul.

Vários aspectos relativos à postura de *P. arminjoniana* revelam-se muito semelhantes aos observados em outras espécies do gênero, que também põem um único ovo de cor branca imaculada como os demais Procellariiformes (MURPHY, 1936). No que concerne às medidas e à massa, os ovos de *P. arminjoniana* da Trindade são bastante parecidos com os da população do Índico (VINSON, 1976; GARDNER *et al.*, 1985) e com os de outras espécies, como *P. inexpectata*, *P. phaeopygia* e *P. macroptera* (RICHDALÉ, 1964; HARRIS, 1970; IMBER, 1976; WARHAM *et al.*, 1977), apresentando também uma proporção em relação à massa corporal da fêmea muito próxima à encontrada em *P. macroptera* (15,5%), *P. inexpectata* (16,8 a 18,6%) e *P. phaeopygia* (17,0 a 20,0%) (HARRIS, 1970; IMBER, 1976; WARHAM *et al.*, 1977). O período de incubação de *P. arminjoniana* em Trindade (52,5 dias) também se aproxima daquele assinalado para outras espécies do gênero, que varia de 48 dias em *P. macroptera* (ELLIOT, 1957) a 60 dias em *P. arminjoniana* na ilha Round (GARDNER *et al.*, 1985), embora atualmente se saiba que *P. neglecta* também nidifica na ilha e pode ter sido incluída na amostra deste último autor. De fato, o pe-

ríodo de incubação da maioria dos representantes do gênero *Pterodroma* está entre os mais longos de todos os Procellariidae (LACK, 1968), atingindo o dobro do tempo registrado em outras espécies que apresentam ovos de tamanho similar (HEINROTH, 1922; RAHN & AR, 1974; WHITTHOW, 1980; BOERSMA, 1982). Segundo Imber (1976) e Boersma (1982), estes longos períodos de incubação permitiriam aos adultos forragear longe dos sítios reprodutivos, alcançando assim fontes de alimento dispersas, distribuídas de modo irregular ou concentradas em determinadas áreas durante certas épocas do ano.

Filhotes

Eclosão

Nos momentos finais da incubação, o filhote trinca a casca do ovo com o auxílio do diamante, entrando em contato com o exterior por uma pequena abertura que se amplia progressivamente ao longo das 48 horas anteriores à eclosão (**Figuras 9.12, 9.13**). Neste período, o ninhego emite suas primeiras vocalizações, pouco conspícuas, mas bem definidas, que soam como um “quép-quép-quép...” ou por vezes “rac-rac-rac...”. Mesmo em ovos recém-trincados, pode-se ouvir com clareza um terceiro tipo de voz monótona e melodiosa “pic-pic-pic...”, proferida apenas eventualmente.

Segundo uma amostragem de sete ovos, o tempo transcorrido entre o primeiro trincado da casca e a definitiva eclosão do filhote varia de cinco a nove dias (média = 6,4 dias).



Figura 9.12. Momento da eclosão de filhote de *Pterodroma arminjoniana*. Foto: F.P Fonseca Neto.



Figura 9.13. Nascimento de filhote de *Pterodroma arminjoniana* com adulto no ninho. Foto: Leandro Bugoni.

Coloração das partes nuas

A coloração das partes nuas dos filhotes de *P. arminjoniana* assemelha-se muito àquela exibida pelos adultos. De um modo geral, a região perioftálmica nua é cinza (U.1°.10) e a pálpebra azul claro (CCV.7°.14), enquanto que a epiderme é rosa claro (M.12°.19) na maior parte do corpo e acinzentada nas ptérlas. O bico apresenta-se preto, uniforme na maioria dos filhotes observados. A coloração do recto dos recém-nascidos é rosa sujo (R.3°.5) ou rosa pálido (M.12°.13), enquanto que o interior da boca é rosa claro como o dos adultos, mesmo durante as primeiras semanas de vida. O diamante é translúcido ao nascimento, passando a branco giz em 24 ou no máximo 48 horas.

A coloração do tarso dos filhotes de *P. arminjoniana* apresentou marcada variação individual, embora o padrão de distribuição das cores claras e escuras seja, em geral, muito semelhante ao dos adultos. Filhotes dos morfos claro e intermediário de partes inferiores claras apresentam, via de regra, os dígitos cinza (U.1°.10) ou cinza escuro (UUV.1°.4), tarso variando entre o rosa azulado (UV.12°.16) e o rosa claro (MMV.12°.18) e membrana interdigital rosa clara (MMV.12°.18) manchada de preto ou rosa azulada (UV.12°.16). A despeito das variações existentes, o padrão de colorido típico dos adultos pode ser observado em filhotes com apenas cinco dias de vida, conforme observado no exemplar de número MN 38523.

Em filhotes do morfo escuro e do morfo intermediário de partes inferiores anegradadas, foi constatado que os dígitos e a membrana interdigital apresentam-se coloridos de cinza (U.1°.10) nas mais diversas tonalidades. O tarso da maioria destes filhotes oscilou entre o preto e o cinza, embora no exemplar MN 39132 esta estrutura fosse rosa claro (MMV.12°.18) manchada de preto desde o nascimento.

As escassas referências disponíveis sobre a plumagem natal dos filhotes de *Pterodroma* mencionam o cinzento como colorido dominante, haja vista que os filhotes de *P. arminjoniana* do Índico foram descritos como de um “pálido cinza arroxado” ao nascer (GARDNER *et al.*, 1985), enquanto

que os de *P. phaeopygia* seriam cinzentos com a fronte, lados do pescoço e ventre quase brancos (HARRIS, 1970) e os de *P. inexpectata* cinza médio, algo mais claro no ventre e com “matizes de marrom sob certos ângulos de incidência de luz” (WARHAM *et al.*, 1977). Nesse sentido, observa-se que as informações disponíveis sobre o colorido das partes nuas dos filhotes de *Pterodroma* são bastante raras. Em *P. inexpectata* e outras espécies que apresentam os pés bicolores, a porção distal das interdigitais torna-se escura com o passar dos dias (WARHAM *et al.*, 1977).

Plumagem

À semelhança de diversos Procellariidae (BOERSMA, 1982 e BROOKE, 1986), os filhotes de *P. arminjoniana* nascem com uma densa camada de protóptilas que cobre todo o corpo (Figura 9.14).



Figura 9.14. Filhote de *Pterodroma arminjoniana* com um dia de vida. Foto: Leandro Bugoni.

As mesóptilas, que constituem a segunda geração de plumas (e ao ápice das quais ficam aderidas as protóptilas), surgem ao redor do décimo dia de vida. Inicialmente, despontam na região escapular e rapidamente se espalham por todo o corpo, atingindo, por fim, o antebraço, braço e mãos ao redor do 15º dia de vida. Entre o 15º e o 30º dia, as mesóptilas atingem seu máximo desenvolvimento.

Em Trindade, as protóptilas dos filhotes de *P. arminjoniana* variaram do branco puro ao cinza (U.1º.10), via de regra sendo algo mais claras na cabeça e mais escuras no dorso, enquanto que as mesóptilas apresentaram-se uniformemente acinzentadas, de tons mais claros a mais escuros.

Os primeiros canhões das teleóptilas (= plumagem definitiva ou de adulto) surgem na região escapular ao final do primeiro mês de vida. Entre o 35º e 40º dia, despontam as retrizes, ao passo que em torno do 40º dia surgem as penas da álula, as secundárias e as teleóptilas da região perioftálmica, losos e fronte, que formam uma máscara anegrada conspícua. As primárias e as penas do alto da cabeça surgem logo em seguida, por volta do 45º dia.

Entre o 46° e o 75° dia, as mudanças no aspecto externo dos filhotes são relativamente acentuadas, tendo em vista as teleóptilas estarem cada vez mais expostas pela contínua perda de protóptilas e mesóptilas por abrasão. Em torno do 95° dia de vida, as teleóptilas encontram-se plenamente desenvolvidas e as aves apresentam a envergadura dos adultos. É comum os filhotes abandonarem o ninho ainda com mesóptilas aderidas na extremidade distal das teleóptilas (**Figura 9.15**). Nesta mesma idade, a asa e, em particular, a cauda, que surge ao redor do 35° dia de vida, atingem seu máximo desenvolvimento, praticamente igualando o comprimento médio observado nos adultos (**Figura 9.16**).



Figura 9.15. Filhote de *Pterodroma arminjoniana* com aproximadamente 100 dias de vida. Foto: F.P Fonseca-Neto.

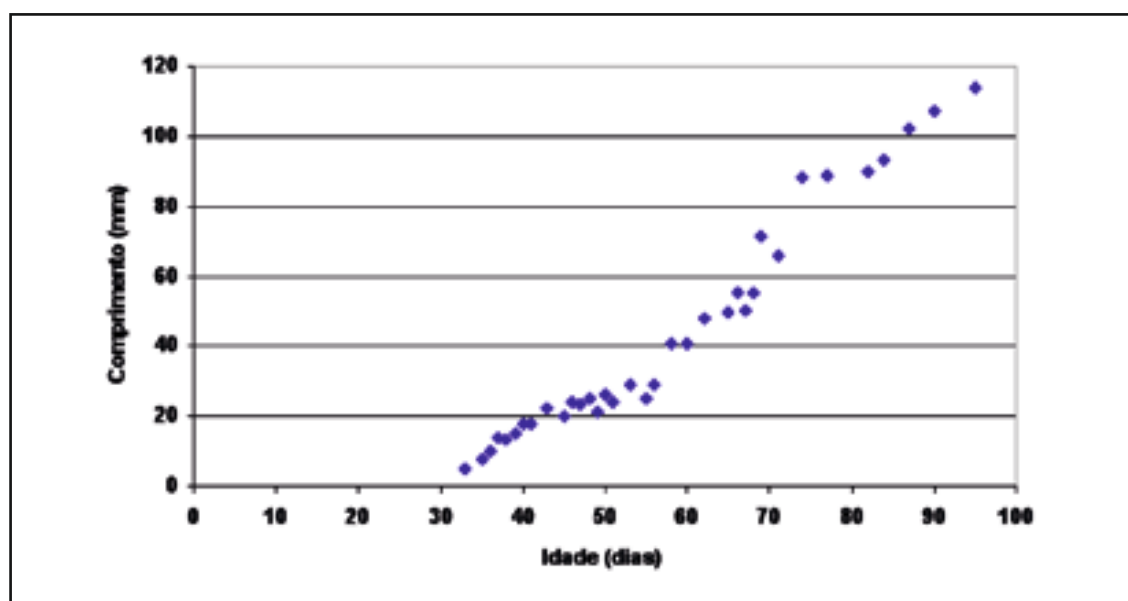


Figura 9.16. Curva do crescimento da cauda de filhotes de *Pterodroma arminjoniana* na Ilha da Trindade, Atlântico sul.

Assim como observado em Trindade, o aparecimento das mesóptilas também ocorre ao redor do 10° dia de vida tanto nos filhotes de *P. arminjoniana* da ilha Round (GARDNER *et al.*, 1985) quanto nos de *P. phaeopygia* (HARRIS, 1970). Segundo Harris (1970), as primeiras teleóptilas surgiriam ao redor da 5ª semana de vida em *P. phaeopygia*, sete dias mais tarde, portanto, do que ocorre em Trindade para *P. arminjoniana*.

Comportamento no ninho

Mesmo que não receba qualquer estímulo específico, o filhote procura esconder-se sob o adulto a maior parte do tempo, mantendo o corpo inteiro ou ao menos a cabeça oculta entre a plumagem. A partir da segunda semana de vida, o filhote limita-se a permanecer ao lado dos pais, pois se tornou muito grande face ao rápido crescimento observado na semana anterior. Filhotes e adultos passam a maior parte do tempo dispendido no ninho dormindo, embora os últimos possam permanecer em vigília por períodos irregulares, durante os quais afagam o ninhego com o bico ou mantêm afastados os caranguejos terrestres *Gecarcinus lagostoma* que estejam rondando as imediações. Em ninhos estabelecidos em locais abertos, é comum que o adulto proteja sua cria dos fortes ventos com o próprio corpo, pois os filhotes sempre evitam as correntes de ar abrigoando-se nos locais menos expostos.

Filhotes com dois ou três dias de vida já apresentam um claro comportamento agonístico, assumindo a postura básica de manter o corpo apoiado sobre os pés, o peito ligeiramente elevado do chão e o bico aberto enquanto a cabeça recua para trás. Neste momento, podem emitir um sonoro “qué-qué-qué...” algo mais agudo que a vocalização típica dos adultos, uma única nota ascendente e prolongada, ou ainda sons semelhantes a espirros, que parecem ser produzidos pela expulsão do ar pelas narinas. Ninhegos manipulados com muita frequência tornam-se irritadiços e vocalizam antes mesmo de serem apanhados no solo. Entretanto, raramente regurgitam o conteúdo estomacal e tampouco defecam como atitude defensiva, a menos que sejam grosseiramente manipulados.

Cuidado parental

Ainda que possa variar segundo o casal considerado, de modo geral os cuidados parentais em *P. arminjoniana* apresentam-se mais intensos ao longo dos primeiros dias de vida do filhote, que quase sempre conta com a presença de pelo menos um adulto ao seu lado.

A frequência com que os adultos foram observados ao lado dos filhotes durante a primeira semana de vida variou ao extremo. Em sete dos dez ninhos em que foi possível determinar o dia exato do nascimento do filhote, ao menos um dos adultos permaneceu ao lado de sua cria por um período contínuo que variou de dois a sete dias. A partir da segunda semana, contudo, o filhote permanece a maior parte do tempo sozinho, pois normalmente os pais não retornam ao ninho sequer para passar a noite. Progressivamente, o número de visitas escasseia e o tempo de permanência do adulto no ninho diminui, embora os dados indiquem que ambos os pais continuam alimentando os filhotes até muito próximo de sua emancipação, que ocorre entre o 95º e o 100º dia de vida. Este mesmo quadro tem sido observado em diversas outras espécies do gênero, sendo que em *P. macroptera* os adultos permanecem em média apenas 1,7 dias continuamente ao lado de suas crias após o nascimento (variando de 12 horas a três dias), frequência que se torna ainda mais reduzida e irregular durante a segunda e terceira semana de vida do filhote (IMBER, 1976). Em Trindade, todavia, em uma ocasião foi observado o abandono do ninho pelo filhote e seu vôo para o mar após um período de jejum de 15 dias. Vários autores (WARHAM, 1996) têm sugerido que os pais abandonam o filhote logo antes deste deixar o ninho, tema todavia controverso, pois nenhum estudo foi desenvolvido para checar se os pais retornam ao ninho após o vôo do filhote ou se de fato o abandonam.

Desenvolvimento dos filhotes

A massa corporal dos filhotes de *P. arminjoniana* apresenta um aumento extremamente acentuado nos dez primeiros dias de vida, ocorrendo casos (MN 39127) de o indivíduo quadruplicar sua massa inicial, atingindo entre 83 e 240 gramas (média = 174,6g para nove indivíduos examinados). O crescimento prossegue acelerado até o final da segunda semana de vida, sendo que alguns indivíduos alcançaram de quatro (MN 39132) a quase sete (MN 39150) vezes a massa observada no primeiro dia. A massa corporal média dos adultos de *P. arminjoniana* (370,8g, n = 128) foi alcançada por sete filhotes entre o 23º e o 35º dia, aumentando em todos os filhotes monitorados até atingir cerca de 550 gramas entre o 55º e o 75º dia de vida. A partir daí ocorre uma perda progressiva da massa que tende a igualar o valor médio encontrado nos adultos ao redor do 95-100 dia (Figura 9.17), período em que as aves já se encontram aptas a abandonar o ninho.

As freqüentes oscilações no ganho da massa corporal dos filhotes de *P. arminjoniana* do Atlântico e Índico e dos ninhegos de *P. macroptera* e *P. phaeopygia* parecem refletir a irregularidade da alimentação recebida dos pais e a variação no volume de alimento fornecido. Os filhotes de *P. macroptera* chegam a receber de 40 a 225 gramas de alimento por vez, o que pode corresponder a até 91,8% de sua própria massa (IMBER, 1976), enquanto que a quantidade fornecida aos ninhegos de *P. phaeopygia* oscilou de 20 a 95 gramas segundo Harris (1970). Algo semelhante ocorreu com os filhotes de *P. arminjoniana* da ilha Round, que receberam desde quantidades pouco expressivas até 138 gramas de alimento de uma só vez, o correspondente a cerca de 52% da massa do filhote em um dos casos analisados (GARDNER *et al.*, 1985).

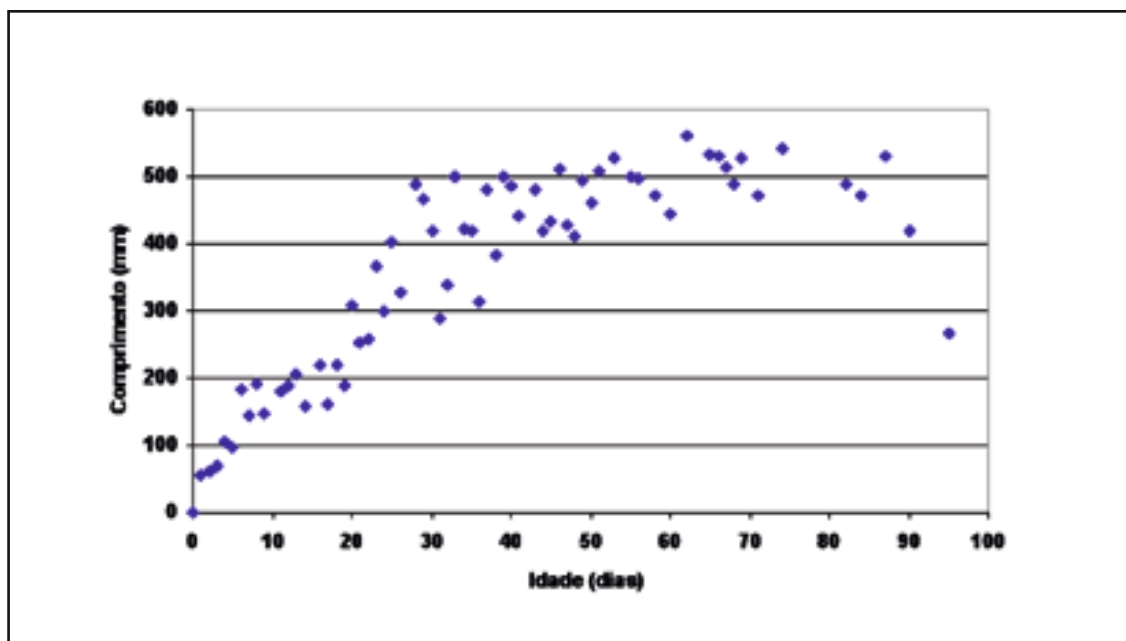


Figura 9.17. Curva composta da aquisição de massa corporal de 35 filhotes de *Pterodroma arminjoniana* na Ilha da Trindade, Atlântico sul.

Os registros de Gardner *et al.* (1985) sobre o crescimento de dez filhotes de *P. arminjoniana* na ilha Round são similares aos resultados obtidos em Trindade, embora a amostra deste autor possa ter incluído também *P. neglecta*. Neste caso, foram verificadas freqüentes oscilações no ganho de massa corporal dos filhotes ao longo de todo o período de desenvolvimento e sua estabilização em torno de um máximo de 550 gramas por volta do 50º-55º dia de vida, seguido de um posterior declínio até valores próximos à massa média dos adultos. Tais observações pouco diferem do relato de Harris (1970) sobre três filhotes de *P. phaeopygia* que apresentaram acentuado aumento de massa até o 45º dia de vida, seguido de um período de crescimento menos intenso que se estabilizou em torno de 520 gramas entre o 65º e o 85º dia para, enfim, regredir a um valor próximo à massa dos adultos nos 20 dias seguintes. Neste sentido, cabe notar que o ninhego de *P. macroptera* atinge sua massa corporal máxima (490 a 622g) ao redor do 75º dia de vida, enquanto que a maioria dos filhotes abandona o ninho entre o 108º e o 128º dia de vida com massa entre 505 e 560 gramas, valores similares aos registrados para os adultos da espécie (IMBER, 1976).

O bico (cúlmen exposto) atinge seu desenvolvimento máximo após 65 dias em média (**Figura 9.18**), ao passo que, para o tarso, este período é de apenas 35 dias (**Figura 9.19**). O desaparecimento do diamante ocorreu entre o 8º e o 15º dia em 6 filhotes (média = 13º dia).

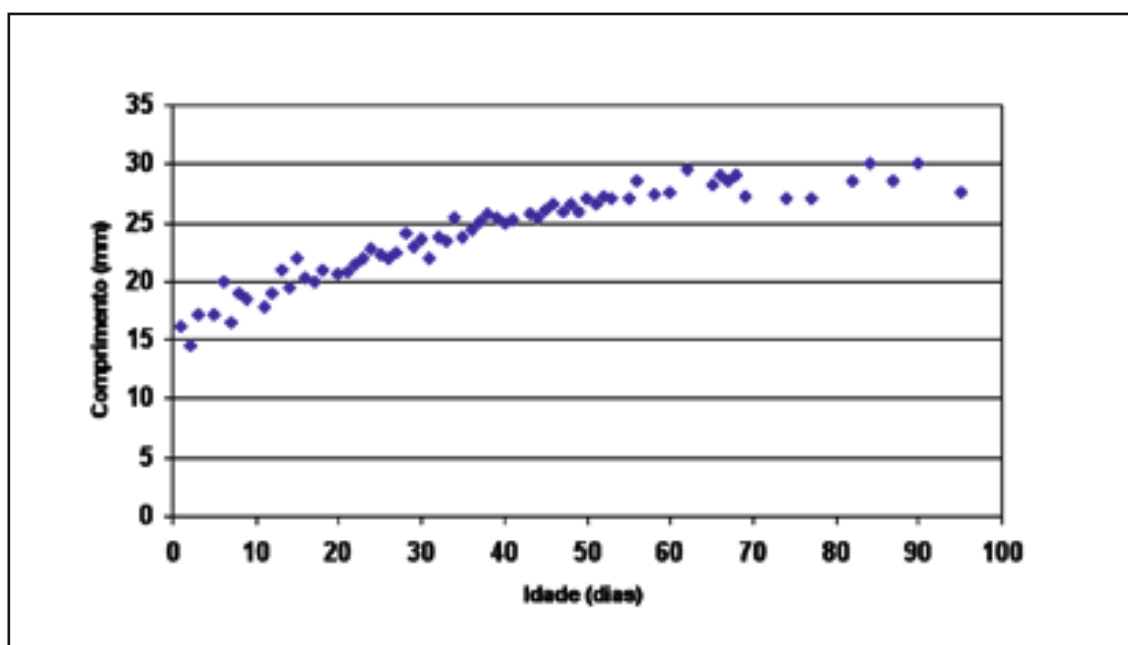


Figura 9.18. Curva composta para o crescimento do bico de 33 filhotes de *Pterodroma arminjoniana* na Ilha da Trindade, Atlântico sul.

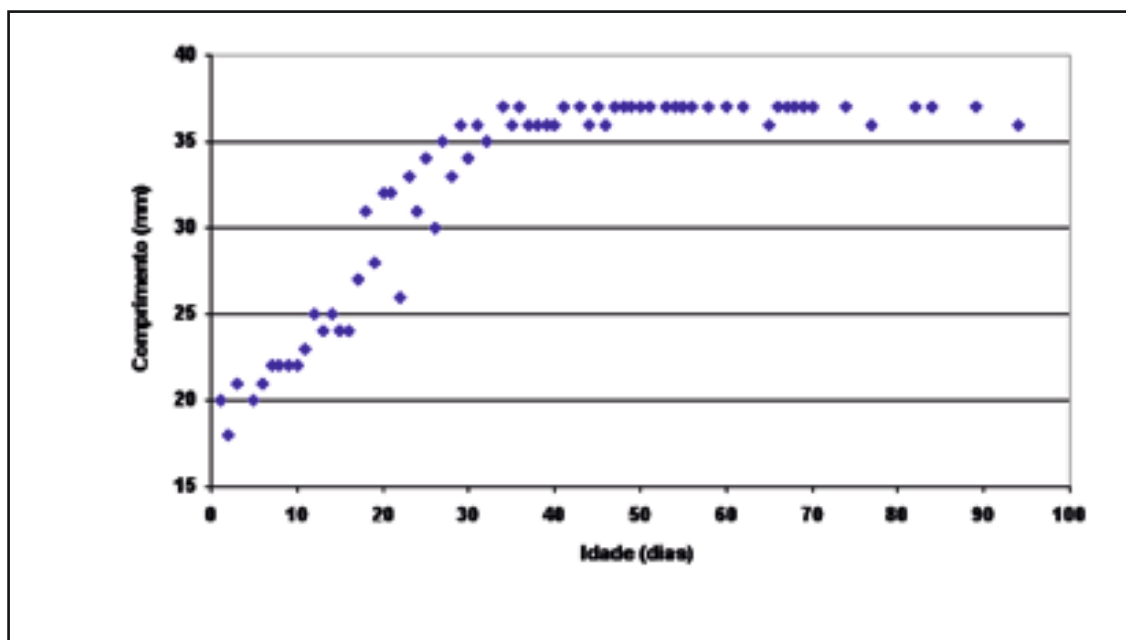


Figura 9.19. Curva composta para o crescimento do tarso de 12 filhotes de *Pterodroma arminjoniana* na Ilha da Trindade, Atlântico sul.

Abandono do ninho

Os dados obtidos em Trindade sugerem que os filhotes de *P. arminjoniana* abandonam o ninho por volta do 100º dia de vida, o que concorda com os valores obtidos para a espécie na ilha Round (GARDNER *et al.*, 1985). Segundo informações disponíveis, o período necessário para a emancipação dos filhotes em diversas espécies de *Pterodroma* oscila ao redor de 100 dias, sendo que o menor tempo (cerca de 80 dias) refere-se a *P. pycrofti*, enquanto que o maior (134 dias) diz respeito a *P. macroptera* (WARHAM *et al.*, 1977; IMBER, 1985).

Especula-se que o longo período de crescimento dos filhotes de *Pterodroma* poderia estar associado ao fato de os adultos obterem alimento muito longe dos sítios reprodutivos, o que levaria à digestão excessiva das presas capturadas e à conseqüente perda do valor protéico do alimento fornecido aos filhotes, que receberiam sobretudo quantidades expressivas de lipídios (IMBER, 1976). Por se tratar de ambiente tropical, que tem águas de baixa produtividade, o alimento parece estar distribuído em vastas áreas e em pequenas quantidades, em concordância com as viagens de alimentação irregulares observados na espécie. Adicionalmente, uma dieta composta por lulas – que têm conteúdo calórico reduzido em comparação a crustáceos ou peixes (CROXALL & PRINCE, 1982) – parece reduzir a taxa de crescimento dos filhotes, como demonstrado, por exemplo, no albatroz-de-cabeça-cinza *Thalassarche chrysostoma* na Geórgia do Sul (RICKETTS & PRINCE, 1981).

Predação de ovos e filhotes

A perda de posturas encontra-se relacionada sobretudo à predação do caranguejo terrestre *G. lagostoma*, que dirige seus ataques sobretudo a ovos (**Figura 9.20**) e filhotes temporariamente desguarnecidos, com até uma semana de vida. Presente desde a linha de arrebentação até as mais altas elevações da ilha, esta espécie tornou-se conhecida por sua extrema voracidade, sendo um dos maiores predadores dos ovos e filhotes da tartaruga-verde *Chelonia mydas*, bem como dos ovos, filhotes e adultos feridos de várias espécies de aves, como *Sula dactylatra*, *Sterna fuscata*, *Anous stolidus* e *Fregata* spp. (LOBO, 1919;

TEIXEIRA *et al.*, 1991; FONSECA-NETO, 2004). Em Trindade, pudemos constatar que *G. lagostoma* é capaz de matar e arrastar filhotes de *P. arminjoniana* com até 180 gramas para locais por vezes distantes até 4 metros do ninho, onde passam a devorá-los fora do alcance dos adultos.



Figura 9.20. *Gecarcinus lagostoma* predando ovo de *Pterodroma arminjoniana*. Foto: Leandro Bugoni.

Com relação aos ovos, este caranguejo abraça-os com as quelas e os conduz pelo terreno pedregoso até que se choquem com uma pedra e quebrem, para que possa consumir o seu conteúdo. Cabe destacar ainda que *G. lagostoma* e outros Gecarcinidae, como *G. malpilensis* e *G. planatus*, foram observados predando ovos, filhotes ou aves feridas em várias outras localidades do Atlântico, Índico e Pacífico (DREW, 1876; WOLDA, 1975; PRAHL & MANJARRÉS, 1984; EHRHARDT & NIAUSSAT, 1970).

Conclusões

O repertório comportamental envolvido na obtenção de alimento, bem como a predominância de lulas sobre os demais itens alimentares de *P. arminjoniana*, demonstram uma estreita afinidade entre esta e as demais espécies do gênero *Pterodroma* no que diz respeito aos hábitos e dieta (compare com FALLA, 1934; HAGEN, 1952; ASHMOLE & ASHMOLE, 1967; MOUGIN, 1969; HARRIS, 1970; DESPIN *et al.*, 1972; WINGATE, 1972; IMBER, 1973, 1985; BARRÉ, 1976; WILLIAMS & IMBER, 1982; HARRISON, 1983; SCHRAMM, 1986; HANEY, 1986).

Segundo as informações obtidas, a biologia reprodutiva de *P. arminjoniana* nas ilhas da Trindade e Round (GILL *et al.*, 1970; VINSON, 1976; GARDNER *et al.*, 1985) revela-se muito semelhante, sendo particularmente evidente a grande similaridade quanto às exibições aéreas relativas à corte, escolha dos locais de nidificação, tempo de incubação do ovo, período gasto na criação dos filhotes e o crescimento destes.

As diferenças observadas entre a reprodução de *P. arminjoniana* e dos demais representantes do gênero residiram, sobretudo, na localização do ninho e na inexistência de um período repro-

duto definido. Considerado típico de espécies de *Pterodroma* não migratórias e que habitam ambientes tropicais (WARHAM, 1990), este último fenômeno foi também verificado para a população de *P. arminjoniana*/*P. neglecta* da ilha Round (GILL *et al.*, 1970; VINSON, 1976; GARDNER *et al.*, 1985). Em geral, tais aspectos comportamentais são compartilhados apenas por um pequeno número de espécies de *Pterodroma*, como *P. heraldica*, *P. alba* e *P. ultima* (MURPHY, 1936; MURPHY & PENNOYER, 1952).

Devido à maioria dos indivíduos de *P. arminjoniana* estudados em Trindade encontrar-se envolvida em distintas fases dos processos de corte, incubação de ovos e criação de filhotes, aliado ao fato de em sua maioria não ostentar muda, a Ilha da Trindade seria, em princípio, utilizada apenas para fins reprodutivos.

Embora as informações disponíveis não permitam detectar tendências populacionais claras de *P. arminjoniana* ao longo das últimas décadas, existem evidências concretas de que esta e outras aves marinhas em Trindade tiveram suas populações reduzidas consideravelmente e deixaram de nidificar em diversas partes da ilha. De fato, relatos do início do século (WILSON, 1904; MURPHY, 1915; SIMMONS, 1927; ROCKWELL, 1932) dão conta de uma abundância significativa das mais diversas populações de aves de Trindade. Entretanto, as expedições realizadas após 1950 forneceriam as primeiras evidências de uma sensível redução no tamanho das populações de algumas espécies de aves, inclusive no que diz respeito a *Sula sula* e *Gygis alba*, cuja abundância causou perplexidade aos pesquisadores que por lá aportaram (NOVAES, 1952; BARTH, 1958; OLSON, 1981). As alterações nos tamanhos das populações podem estar diretamente relacionadas ao desmatamento secular ocorrido em Trindade à época da ocupação pelos açorianos e à presença de cabras a partir de 1700, que contribuíram sobremaneira para a destruição da vegetação.

É interessante observar que foram justamente as espécies de aves que utilizam árvores como substrato para reprodução as que experimentaram redução no tamanho de suas respectivas populações (caso, por exemplo, de *S. sula* e *Fregata ariel*), à exceção de *Gygis alba*, cuja população estimada em cerca de 800 aves (FONSECA-NETO, 2004) também faz uso dos paredões rochosos da ilha para fins reprodutivos. Ao contrário, *S. dactylatra*, considerada visitante esporádica em Trindade pelos primeiros pesquisadores que visitaram a ilha, parece ter estabelecido sua colônia de reprodução após o desmatamento, beneficiando-se do aumento de superfície exposta na face oeste e noroeste da ilha. O efeito da perda de cobertura vegetal sobre a população de *P. arminjoniana* é, porém, desconhecido, não sendo possível determinar se teria sido negativo ou positivo para a espécie.

Segundo pudemos constatar, a população de *P. arminjoniana* em Trindade não foi afetada diretamente pela presença de cabras que habitaram a ilha nos séculos XVIII a XX, mas pode ter deixado de se reproduzir em algumas grutas ou abrigos entre as rochas, que passaram a ser utilizados como abrigo pelas cabras. A erradicação destes mamíferos teve início em 1999, com o abate de cerca de 200 indivíduos de um total estimado em 530, sendo que os dois últimos exemplares foram abatidos em fevereiro de 2005, segundo relatos de militares que presenciaram a erradicação. Cabe notar, entretanto, que as cabras, assim como o fogo, possivelmente contribuíram para a alteração da vegetação da ilha. Porcos e gatos, atualmente também erra-

dicados, podem ter constituído ameaça direta aos sítios reprodutivos de *P. arminjoniana* situados em locais mais acessíveis, à semelhança do que se verifica em diversos representantes do gênero que nidificam em ilhas oceânicas de todo o mundo. Vale ressaltar, entretanto, que, segundo Alves & Martins (2004) e Martins & Alves (2007), durante e logo após a remoção das cabras, o monitoramento da vegetação de Trindade revelou a recuperação de várias espécies endêmicas que antes se encontravam ameaçadas pelo excesso de pastoreio. Como exemplo, menciona-se o morro Vermelho, que num período de seis anos recuperou 90% da cobertura de *Cyperus atlanticus* que havia sido totalmente erradicada da área. Outras espécies botânicas também vêm aumentando sua população, como *Pityrogramma calomelanos*, *Achyrocline disjuncta*, *Bulbostylis nesiotis* e *Plantago trinitatis* (ALVES et al., 2004).

O aprofundamento dos estudos sobre a biologia e ecologia de *P. arminjoniana* poderá trazer contribuições significativas para a conservação de sua colônia em Trindade, a maior conhecida para a espécie, uma vez que espécies insulares são reconhecidamente vulneráveis e que o ambiente da Ilha da Trindade tem sofrido profundas alterações ao longo dos últimos séculos.

Agradecimentos

Ao Almirante Ibsen Gusmão Câmara, ao DHN e ao 1º Distrito Naval do Rio de Janeiro, pela oportunidade oferecida de integrar as comissões de abastecimento do Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade (POIT) entre 1988 e 2007; ao Jorge B. Nacinovic e Marcos A. Raposo, do Setor de Ornitologia do Museu Nacional do Rio de Janeiro, e a Inge M. Schloemp e Frieda M. Marti, pelo auxílio prestado nas mais diversas fases deste trabalho; à Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza (FBCN), que financiou parte das atividades de campo em Trindade entre 1998 e 1993; à Marinha do Brasil, pela oportunidade de realizar este estudo e pelo imprescindível apoio logístico; a Hudson Pinheiro, Dione Krise, Augusto dos Reis e Pedro Welff, pelo auxílio em campo; ao Projeto Tamar/ICMBio e Fundação Pró-Tamar, em especial à oceanógrafa Luciana Magnabosco, por possibilitar as atividades de campo entre 1994 e 2000, e à Associação Vila Velhense de Proteção Ambiental (Avidepa), na pessoa de Cesar Musso, pelo apoio logístico no mesmo período; a Patrick Gould, Ralph D. Morris e Joanna Burger, pelo fornecimento de vasta e preciosa bibliografia entre 1994 e 1998; ao Cemave, pelo apoio logístico e fornecimento de anilhas entre 1998 e 2000 e em 2006/2007; aos biólogos Paulo de Lima Santos Júnior e Charles Gladstone Duca, por disponibilizarem seus dados de campo dos períodos de 9 de outubro a 9 de dezembro de 1994 e de 6 de outubro a 13 de dezembro de 1995, respectivamente; a Santiago Imberti e Fabiano Peppes, por fornecerem registros não publicados da espécie em alto-mar; à *University of Glasgow*, pelo financiamento de parte das atividades em 2006 e 2007; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão de bolsa de doutorado a L. Bugoni; a tantos outros pesquisadores e amigos que acompanharam nossas atividades ao longo destes anos de pesquisa, contribuindo com sugestões e discussões importantes para o resultado final do trabalho.

Referências bibliográficas

- Allen, A.A. 1934. **A new bird for North America**. N. Y. Bull. Sch. 20: 134-135.
- Almeida, F.F.M. 1961. **Geologia e petrologia da Ilha de Trindade**. Monografia nº 18. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Produção Mineral/Divisão de Geologia e Mineralogia.
- Alves, R.J.V. 2006. **Terrestrial vascular floras of Brazil's oceanic archipelagos, p. 83-104. In: Alves, R.J.V. & Castro, J.W.A. (Orgs.). Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- Alves, R.J.V. & Martins, L.S.G. 2004. **Restabelecimento de espécies endêmicas da ilha da Trindade**. Albertoa Ser. Prot. Amb. 3: 45-52.
- Antas, P.T.Z. 1991. **Status and conservation of seabirds breeding in Brazilian waters**. In: Croxall, J.P. (Ed.). Seabirds. Status and conservation: a supplement, p. 141-158. Cambridge: International Council for Bird Preservation.
- Ashmole, N.P. 1971. **Sea bird ecology and marine environment**. In: Farner, D.S., King, J.R. & Parkes, K.C. (Eds.). Avian Biology. Vol. 1, p. 224-286. Nova Iork & Londres: Academic Press.
- Ashmole, N.P. & Ashmole, M.J. 1967. **Comparative feeding ecology of sea-birds of a tropical oceanic island**. Bull. Peabody Mus. Nat. Hist. 24: 1-131.
- Barros, J.A.L. 1950. **Relatório prévio sobre a Expedição João Alberto à ilha da Trindade**. Rio de Janeiro: Museu Nacional do Rio de Janeiro. Manuscrito não publicado.
- Barré, H. 1976. ***Pterodroma lessonii* (Garnot) a l'île de Possession (Îles Crozet)**. Com. natn. Fr. Rech. Antarct. 40: 61-75.
- Barth, R. 1958. **Observações biológicas e meteorológicas feitas na Ilha de Trindade**. An. Hidrogr. 17: 121-149.
- Bent, A.C. 1964. **Life histories of North American petrels and pelicans and their allies**. Nova Iork: Dover Publics.
- BirdLife International. 2006. ***Pterodroma arminjoniana***. In: IUCN 2007. 2007 IUCN Red List of Threatened Species. Disponível em <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 13/09/2007.
- Birding Azores. 2007. **Trindade [Herald] Petrel *Pterodroma arminjoniana***. Disponível em <<http://azores.seawatching.net/index.php?page=trindade>>. Acesso em: 25/08/2007.
- Boersma, P.D. 1982. **Why some birds take so long to hatch?** Am. Natur. 120: 733-750.
- Bourne, W.R.P. 1967. **Long-distance vagrancy in petrels**. Ibis 109: 141-167.
- _____. 2005. **Kermadec Petrels in the Atlantic Ocean**. Notornis 52: 121-122.
- Bourne, W.R.P. & Curtis, W.F. 1985. **South Atlantic seabirds**. Sea Swallow 34: 18-28.
- Brinkley, E.S.; Hass, T. & Lockyer, J. 1997. **The storms of '96**. Natl. Audubon Soc. Field Notes 51: 819-829.
- Brooke, M.L. 1986. **Manx Shearwater chicks: seasonal, parental and genetic influences on the chick's age and weight at fledging**. Condor 88: 324-327.
- _____. 2004. **Albatrosses and petrels across the world**. Bird families of the world. Nova Iork: Oxford University Press.
- Brooke, M.L. & Rowe, G. 1996. **Behavioural and molecular evidence for specific status of dark and light morphs of the Herald Petrel *Pterodroma heraldica***. Ibis 138: 420-432.
- Brooke, M.L.; Imber, M.J. & Rowe, G. 2000. **Occurrence of two surface-breeding species of *Pterodroma* on Round Island, Indian Ocean**. Ibis 142: 154-158.
- Bugoni, L.; Sander, M. & Costa, E.S. 2007. **Effects of the first Southern Atlantic hurricane on Atlantic Petrels (*Pterodroma incerta*)**. Wilson J. Ornithol. 119: 727-731.
- Clarke, M.R. 1966. **A review of the systematics and ecology of oceanic squids**. Adv. Mar. Biol. 4: 91-300.
- Cramp, S. & Simmons, K.E.L. 1977. **Handbook of the Birds of Europe, the Middle East, and North Africa: The Birds of the Western Palearctic. Vol. 1: Ostrich to Ducks**. Oxford: Oxford University Press.
- Croxall, J.P. & Prince, P.A. 1982. **Calorific content of squid (Mollusca: Cephalopoda)**. Bull. Br. Antarct. Surv. 55: 27-31.

- Despin, B.; Mougin, J.L. & Segonzac, M. 1972. **Oiseaux et mammifères de l'île de l'Est, Archipel Crozet (46°25'S, 52°12'W)**. Com. natn. Fr. Rech. Antarct. 31: 1-106.
- DHN. 1998. **Ilha da Trindade e ilhas Martin Vaz, p. 197-200**. In: Roteiro: Costa Leste—do Cabo Calcanhar ao Cabo Frio. 11ª ed. Niterói: Ilhas Oceânicas/Diretoria de Hidrografia e Navegação.
- Drew, S.B. 1876. **On a land crab of Ascension**. Proc. Zool. Soc. Lond. 1876: 464-465.
- Dubois, P. & Seitre, R. 1997. **Herald Petrel: a new species for the Western Palearctic**. Birding World 10: 456-459.
- Ehrhardt, J.P. & Niauxsat, P. 1970. **Écologie et physiologie du brachyoure terrestre *Gecarcinus planatus* Stimpson (d'après les individus de l'atoll de Clipperton)**. Bull. Soc. Zool. Fr. 95: 41-54.
- Elliott, H.F.A. 1957. **Contribution to the ornithology of the Tristan da Cunha group**. Ibis 99: 545-586.
- Falla, R.A. 1934. **The distribution and breeding habits of petrels in Northern New Zealand**. Rec. Auckl. Inst. Mus. 1: 245-259.
- Fillipini, A.C. 1986. **Relatório sobre a visita à ilha da Trindade**. Brasília: CEMAVE/IBAMA. Manuscrito não publicado.
- Fonseca-Neto, F.P. 2004. **Aves Marinhas da ilha Trindade**. In: Branco, J.O. (Org.). Aves marinhas e insulares brasileiras: bioecologia e conservação, p. 119-146. Itajaí: UNIVALI Editora.
- Furness, B.L.; Laugsch, R.C. & Duffy, D.C. 1984. **Cephalopod beaks and studies of seabird diets**. Auk 101: 619-620.
- Gardner, A.S.; Duck, C.D. & Greig, S. 1985. **Breeding of the Trindade Petrel *Pterodroma arminjoniana* on Round Island, Mauritius**. Ibis 127: 517-522.
- Garnett, S.T. & Crowley, G.M. 2000. **The Action Plan for Australian Birds 2000**. Canberra: Environment Austrália.
- Gill, F.B.; Jouanin, C. & Storer, R.W. 1970. **Notes on the sea birds of Round Island, Mauritius**. Auk 87: 514-521.
- Giglioli, H.H. & Salvadori, T. 1869. **On some new Procellariidae collected during a voyage round in the world in 1865-68 by H.I.M.'S "Magenta"**. Ibis 5: 61-68.
- Gochfeld, M.; Burger, J.; Saliva, J. & Gochfeld, G. 1988. **Herald Petrel new to West Indies**. Am. Birds 45: 1254-1258.
- Hagen, Y. 1952. **The Birds of Tristan da Cunha**. Res. Norweg. Sci. Exped. Tristan da Cunha 1937-1938, 20: 1-248.
- Haney, J.C. 1986. **Seabird patchness in tropical oceanic waters: the influence of *Sargassum* "reefs"**. Auk 103: 141-151.
- _____. 1987. **Aspects of the pelagic ecology and behavior of the Black-capped Petrel (*Pterodroma hesitata*)**. Wilson Bull. 99: 153-312.
- Harris, M.P. 1970. **The biology of an endangered species, the Dark-rumped Petrel (*Pterodroma phaeopygia*), in the Galapagos Islands**. Condor 72: 76-84.
- Harrison, P. 1983. **Seabirds: an identification guide**. Londres: Christopher Helm.
- Heinroth, O. 1922. **Die Beziehungen zwischen Vogelgewicht, Eigewicht, Gelegewicht und Brutdauer**. J. Ornithol. 70: 172-285.
- Heintzelman, D.S. 1961. **Kermadec Petrel in Pennsylvania**. Wilson Bull. 73: 262-267.
- Herring, P.J. 1977. **Luminescence in cephalopods and fish**. Symp. Zool. Soc. Lond. 38: 127-159.
- Imber, M.J. 1971. **Filoplumes of petrels and shearwaters**. New Zealand J. Mar. Freshw. Res. 5: 396-403.
- _____. 1973. **The food of Grey-faced Petrel, *Pterodroma macroptera gouldi* (Hutton), with special reference to diurnal vertical migration of their prey**. J. Anim. Ecol. 42: 645-662.
- _____. 1976. **Breeding biology of the Gray-faced Petrel *Pterodroma macroptera gouldi***. Ibis 118: 51-64.
- _____. 1985. **Origins, phylogeny and taxonomy of the gadfly Petrels *Pterodroma* spp.** Ibis 127: 197-229.
- _____. 2004. **Kermadec Petrels (*Pterodroma neglecta*) at Ilha da Trindade, South Atlantic Ocean, and in the North Atlantic**. Notornis 51: 33-40.
- _____. 2005. **A response to M. Tove's rebuttal of Imber (2004)**. Notornis 52: 58-59.
- Imber, M.J. & Russ, R. 1975. **Some food of Wandering Albatross (*Diomedea exulans*)**. Notornis 22: 27-36.
- Lack, D. 1968. **Ecological adaptations for breeding in birds**. Londres: Methuen.
- Lee, D.S. 1979. **Second record of the South Trinidad [sic] Petrel (*Pterodroma arminjoniana*) for North America**. Am. Birds 33: 138-139.

- _____. 1984. **Petrels and storm-petrels in North Carolina's offshore waters: including species previously unrecorded for North America.** *Am. Birds* 38: 151-163.
- _____. 1995. **Marine birds off the Coast of North Carolina.** *Chat* 59: 113-171.
- _____. 2000. **Color morph bias and conservation concerns for a tropical *Pterodroma*.** *Chat* 64: 15-20.
- Lima, A.C. 1940. **Insetos do Brasil.** Tomo 2. Série Didática 3, Escola Nacional de Agronomia. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional.
- Lobo, B. 1919. **Conferência sobre a ilha da Trindade.** *Arc. Mus. Nac.* 22: 107-158.
- Lowe, P.R. 1911. **A naturalist on desert islands.** Londres: Witherby.
- Lowe, P.R. & Kinnear, N.B. 1930. **British Antarctic ("Terra Nova") Expedition, 1910.** *Nat. Hist. Rep. Zool.* 4: 103-193.
- Luigi, G. 1992a. **Considerações sobre a avifauna da ilha de Trindade, ES.** In: Resumos do II Congresso Brasileiro de Ornitologia, p. 85. Campo Grande, MS.
- _____. 1992b. **Aspectos da biologia do petrel-de-Trindade *Pterodroma arminjoniana* (Giglioli & Salvadori, 1869) na ilha de Trindade, ES.** In: Resumos do II Congresso Brasileiro de Ornitologia, p. 86. Campo Grande, MS.
- _____. 1993. **Sobre a presença de *Fregata minor* e *Fregata ariel* na ilha de Trindade, ES.** In: Resumos do III Congresso Brasileiro de Ornitologia, p. 53. Pelotas, RS.
- _____. 1995. **Aspectos da biologia reprodutiva de *Pterodroma arminjoniana* (Giglioli & Salvadori, 1869) (Aves: Procellariidae) na ilha de Trindade, Atlântico sul.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.
- Luigi, G. & Carvalho, M.R. 1990. **Aspectos da biologia reprodutiva de *Sterna fuscata* (Aves, Laridae) nas ilhas de Trindade e Martin Vaz.** In: Resumos do XVII Congresso Brasileiro de Zoologia, p. 182. Londrina, PR.
- Marchant, S. & Higgins, P.J. 1990. **The Handbook of Australian, New Zealand and Antarctic Birds. Vol. 1.** Melbourne: Oxford University Press.
- Marshall, A.J. & Serventy, D.L. 1956. **Moult adaptation in relation to long-distance migration in petrels.** *Nature* 177: 1943.
- Martins, L.S.G. & Alves, R.J.V. 2007. **Regeneração natural do Morro Vermelho, Ilha da Trindade.** *Rev. Bras. Biociênc.* 5: 39-41.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. 2003. **Lista Nacional das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção.** Anexo à Instrução Normativa nº 3 do MMA, de 27/05/2003, publicada no Diário Oficial da União nº 101, de 28/05/2003, Seção 1, p. 88.
- Mougin, J.L. 1969. **Notes écologiques sur le Petrel de Kerguelen *Pterodroma brevirostris* de l'île de la Possession (archipel Crozet).** *Oiseau* 39: 58-81.
- Murphy, R.C. 1915. **The bird life of Trinidad [sic] Islet.** *Auk* 32: 332-348.
- _____. 1936. **Oceanic birds of South America. Vols. 1 e 2.** Nova Iorque: Macmillan e American Museum of Natural History.
- Murphy, R.C. & Pennoyer, J.M. 1952. **Larger petrels of the genus *Pterodroma*.** *Am. Mus. Novit.* 1580: 1-43.
- Nacinovic, J.B.; Luigi, G.; Teixeira, D.M.; Kischlat, E. & Novelli, R. 1989. **Observações sobre a avifauna da ilha de Trindade e Martin Vaz.** In: Resumos do XVI Congresso Brasileiro de Zoologia, p. 135. João Pessoa, PB.
- Nicoll, M.J. 1906. **On the birds collected and observed during the voyage of the *Valhalla*, R.Y.W., from November 1905 to May 1906.** *Ibis* 6: 666-712.
- _____. 1908. **Three voyages of a naturalist.** Londres: Witherby. 246 pp.
- Novaes, F.C. 1952. **Resultados ornitológicos da "Expedição João Alberto" à ilha da Trindade.** *Rev. Bras. Biol.* 12: 219-228.
- Olson, S. 1981. **Natural history of vertebrates on the Brazilian islands of the mid South Atlantic.** *Nat. Geogr. Soc. Res. Rep.* 13: 481-492.
- Palma, R. L. & Pilgrim, R. L. C. 2002. **A revision of the genus *Naubates* (Insecta: Phthiraptera: Philopteridae).** *J. R. Soc. N. Zeal.* 32:7-60.
- Patterson, J.B. & Brinkley, E.S. 2004. **A petrel primer. The gadflies of North Carolina.** *Am. Birds* 36: 586-596.

- Pilgrim, R.L. & Palma, R.L.A. 1982. **List of the chewing lice (Insecta: Mallophaga) from birds in New Zealand.** Notornis 29: 1-32.
- Pinguinhas, M.A. 2006. **Pale morph Trinidad [sic] Petrel in the Azores.** Birding World 19: 210-211.
- Prahl, H. & Manjarrés, G. 1984. **Cangrejos carcínidos (Crustacea, Gecarcinidae) de Colombia.** Caldasia 14: 149-68.
- Rahn, H. & Ar, A. 1974. **The avian egg: incubation time and water loss.** Condor 76: 147-152.
- Richdale, R.E. 1964. **Notes on the Mottled Petrel *Pterodroma inexpectata* and other petrels.** Ibis 106: 110-114.
- Ricketts, C. & Prince, P.A. 1981. **Comparison of growth of albatrosses.** Ornith. Scand. 12: 120-124.
- Roper, C.F.E. 1969. **Systematics and zoogeography of the worldwide bathypelagic squid *Bathyteuthis* (Cephalopoda: Oegopsida).** Bull. U. S. Natl. Mus. 29: 1-210.
- Rockwell, R.H. 1932. **Southward through the doldrums.** Nat. Hist. 32: 424-436.
- Rumboll, M.A. & Jehl, J.R. 1977. **Observation on pelagic birds in the South Atlantic Ocean in the austral spring.** Trans. San Diego Soc. Nat. Hist. 19: 1-16.
- Savigny, C.; Caille, G.; González, R. & Harris, G. 2005. **The Trinidad [sic] Petrel (*Pterodroma arminjoniana*) at Golfo San Matías: a new species for Argentina.** Hornero 20: 183-186.
- Schramm, M. 1986. **The diet of chicks of Great-winged, Kerguelen and Soft-plumaged Petrels at Prince Edward Islands.** Ostrich 57: 9-15.
- Serventy, D.L.; Serventy, V.N. & Warham, J. 1971. **The Handbook of Australian Seabirds.** Sydney: Reed.
- Sharpe, R.B. 1904. **Report on the birds obtained by the National Antarctic Expedition at the Island of South Trinidad [sic].** Ibis 4: 214-217.
- Sick, H. 1985. **Ornitologia brasileira: uma introdução. Vols. 1 e 2.** Brasília: Editora UnB.
- Simmons, G.F. 1927. **Sindbads of science: the narrative of a windjammer's voyage among islands of high adventure in the South Atlantic.** Nat. Geog. Mag. 52: 1-75.
- Stokes, T. & Goh, P. 1987. **Record of Herald Petrels and the Christmas Island frigatebird from North Keeling Island, Indian Ocean.** Aust. Bird Watcher 12: 132-133.
- Teixeira, D.M.; Luigi, G. & Schloemp, I.M. 1991. **Aves brasileiras como presas de artrópodes.** Ararajuba 2: 69-74.
- Tove, M.H. 2005. **Kermadec Petrels (*Pterodroma neglecta*) in the Atlantic Ocean – a rebuttal.** Notornis 52: 58-59.
- Valim, M.P.; Raposo, M.A. & Serra-Freire, N.M. 2006. **Associations between lice (Insecta, Phthiraptera) and albatrosses and petrels (Aves, Procellariiformes) collected in Brazil.** Revta. Bras. Zool. 23: 1111-1116.
- Villalobos, C.D. & Villalobos, J. 1947. **Atlas de los colores.** Buenos Aires: Ateneo.
- Vinson, J.M. 1949. **L'île Ronde et l'île aux Serpents.** Proc. r. Soc. Arts Sci. Mauritius 1: 32-54.
- Vinson, J.M. 1976. **Notes sur les procellariens de l'île Ronde.** Oiseau 46: 1-24.
- Vooren, C.M. & Fernandes, A.C. 1989. **Albatrozes e petréis do sul do Brasil.** Porto Alegre: Editora Sagra.
- Warham, J. 1956. **The breeding of the Great-winged Petrel *Pterodroma macroptera*.** Ibis 98: 171-185.
- _____. 1990. **The petrels. Their ecology and breeding systems.** Londres: Academic Press.
- _____. 1996. **The behaviour, population biology and physiology of the petrels.** Londres: Academic Press.
- Warham, J.; Keeley, B.R. & Wilson, G.J. 1977. **Breeding of the Mottled Petrel.** Auk 94: 1-17.
- Whitthow, G.C. 1980. **Physiological and ecological correlates of prolonged incubation in seabirds.** Am. Zool. 20: 427-436.
- Williams, A.J. & Imber, M.J. 1982. **Ornithological observations at Gough Island in 1979, 1980 and 1981.** S. Afr. J. Antarctic Res. 10-11: 27-28.
- Wilson, E. 1904. **The birds of the island of South Trinidad [sic].** Ibis 4: 208-213.
- Wingate, D.B. 1972. **First successful hand-rearing of an abandoned Bermuda petrel chick.** Ibis 114: 97-101.
- Wolda, H. 1975. **The ecosystem on Malpelo Island.** Smithson. Contrib. Zool. 176: 21-26.



Capítulo 10

**Variabilidade Genética em
Atobás (Aves: Sulidae) em
Ilhas Oceânicas e Costeiras
do Brasil**

*Melina Martha Baumgarten
Adriana Barzotti Kohlrausch
Cristina Yumi Miyaki*

Resumo

Os atobás são aves marinhas pertencentes à família Sulidae. Entre as dez espécies de sulídeos existentes, três utilizam a costa do Brasil para reprodução: o atobá-marrom *Sula leucogaster*, o atobá-mascarado *S. dactylatra* e o atobá-de-pé-vermelho *S. sula*. No presente estudo, utilizou-se a técnica de DNA *fingerprinting* para estimar a variabilidade genética no atobá-de-pé-vermelho, comparando-a com a das outras duas espécies. Adicionalmente, estimou-se a variabilidade genética nas colônias reprodutivas de atobá-marrom do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, do Atol das Rocas e das ilhas Moleques do Sul. As análises dos padrões de DNA *fingerprinting* das três espécies de atobás mostram que a baixa variabilidade genética, encontrada principalmente no atobá-marrom, não é uma característica da família Sulidae, uma vez que o atobá-de-pé-vermelho apresenta um nível de variabilidade semelhante ao de outras espécies de aves. Isso sugere que efeitos de gargalo tenham levado à baixa variabilidade no atobá-marrom e no atobá-mascarado. Adicionalmente, embora o nível de variação genética seja extremamente baixo nas populações do atobá-marrom – sendo mais marcante na população do Arquipélago de São Pedro e São Paulo –, as populações apresentam-se estruturadas geneticamente.

Abstract

Genetic Variability in Boobies (Aves: Sulidae) on Oceanic and Coastal Islands of Brazil

*The Boobies are seabirds belonging to the family Sulidae. Among all existing Sulidae species, three breed on the Brazilian coast: the Brown Booby *Sula leucogaster*, the Masked Booby *S. dactylatra* and the Red-footed Booby *S. sula*. In this work, the genetic variability and the genetic structure of some booby populations were investigated by DNA fingerprinting. The results show that the Brown Booby presents the lowest level of genetic variation, comparable to the level found in endangered or bottlenecked species. The Masked Booby presents an intermediate level of variation, and the Red-footed Booby presents the highest level of genetic variability. In addition, despite the extremely low level of genetic variability that has been detected in Brown Booby populations, especially in the Arquipélago de São Pedro e São Paulo (St. Peter and St. Paul Rocks), the colonies are genetically structured.*

Introdução

Os atobás

Os atobás são aves marinhas pertencentes à família Sulidae, ordem Pelecaniformes, e apresentam vasta distribuição mundial, excetuando-se a Antártica (CARBONERAS, 1992; SICK, 1997). Existem dez espécies de sulídeos em todo o mundo (NELSON, 1978; PITMAN & JEHL, 1998). No Brasil, são registradas cinco espécies de atobás: atobá-grande ou atobá-mascarado *Sula dactylatra*, atobá-de-pé-vermelho *S. sula*, atobá-pardo ou atobá-marrom *S. leucogaster*, atobá-do-cabo *Morus capensis* e atobá-australiano *M. serrator* (CBRO, 2007), sendo que apenas as três primeiras utilizam a costa brasileira para reprodução (SICK, 1997; BRANCO, 2004a); há documentação fotográfica atestando a presença de *M. capensis* na costa do Rio Grande do Sul (OLMOS, 1997; BENCKE, 2001) e um único registro de um indivíduo de *M. serrator* na costa de Santa Catarina (BEGE & PAULI, 1989).

Neste estudo, foram consideradas três espécies: o atobá-marrom *Sula leucogaster* (Boddaert, 1783), o atobá-branco *S. dactylatra* Lesson, 1831 e o atobá-de-pé-vermelho *S. sula* (Linnaeus, 1766).

Atobá-marrom *Sula leucogaster*

O atobá-marrom (**Figura 10.1**) é uma espécie tropical e subtropical, amplamente distribuída por todos os oceanos do planeta (SICK, 1997). Nelson (1978) aponta mais de 150 colônias reprodutivas em todo o mundo. Na América do Sul, meridionalmente atinge o Paraná e Santa Catarina, com limite de ocorrência na Argentina. A colônia reprodutiva das ilhas Moleques do Sul (litoral de Santa Catarina) é considerada o local mais ao sul da América do Sul onde ocorre reprodução (BEGE & PAULI, 1989); neste estado, igualmente nidificam nas ilhas Tamboretes (BRANCO, 2004b). Ao norte, ocasionalmente ocorrem na Flórida, EUA (SICK, 1997). No Brasil, também há nidificação (atual ou pretérita) no Arquipélago de Currais e Ilha da Figueira, no Paraná (KRULL, 2004); Arquipélago dos Alcatrazes, Laje de Santos; ilhas Queimada, da Cagadinha, do Castilho (CAMPOS *et al.*, 2004), das Cabras, Guaraú, Sumítica e Bom Abrigo (OLMOS *et al.*, 1995), em São Paulo; ilhas de Santana, do Francês, de Cabo Frio, do Jorge Grego, Cagarra, Palmas, Comprida, Alfavaca, Grande e Ilhote do Sul, no Rio de Janeiro (ALVES *et al.*, 2004a); e nos arquipélagos de Fernando de Noronha, dos Abrolhos e de São Pedro e São Paulo e no Atol das Rocas (NELSON, 1978).



Figura 10.1. Atobá-marrom *Sula leucogaster*. Foto: Fabio B. Pereira

O atobá-marrom apresenta comportamento reprodutivo bastante elaborado. O estabelecimento dos pares e sua manutenção é extremamente ritualizado (SIMMONS, 1967). Ribeiro *et al.* (1991), em um trabalho realizado no arquipélago de Abrolhos, Bahia, com *S. leucogaster* e *S. dactylatra*, identificaram 85 padrões comportamentais; notaram que os machos são mais ativos na corte, com elenco comportamental mais amplo quando comparados às fêmeas e que estas se mostram mais ativas na defesa do ninho. Durante o período reprodutivo, macho e fêmea permanecem juntos. Possuem um território muito bem definido e respondem agressivamente quando é invadido, seja por indivíduos da mesma espécie ou não (BEGE & PAULI, 1989).

A fêmea coloca geralmente dois ovos por ninhada, que são incubados por aproximadamente 43 dias (COELHO *et al.*, 2004); contudo, em regra, apenas um filhote sobrevive. Conforme Simmons (1967), o segundo ovo é o “ovo de segurança”, pois se o primeiro ovo ou filhote é perdido, a tentativa de reprodução pode continuar com uma pequena ou nenhuma interrupção e sem necessidade de recomeçar todo o processo. Após o nascimento do primeiro filhote, em alguns dias o segundo ovo é posto para fora do ninho por aquele, caracterizando o fratricídio. Tanto *S. leucogaster* quanto *S. dactylatra* apresentam o comportamento de fratricídio obrigatório; no entanto, nas outras espécies de atobás, este comportamento está relacionado com a quantidade de recursos alimentares (ANDERSON, 1990). A reprodução desta espécie está diretamente relacionada com a abundância do recurso alimentar (SIMMONS, 1967).

Os atobás-marrons são bastante fiéis ao sítio de reprodução, embora juvenis dispersem-se para grandes distâncias antes de atingir a maturidade sexual (NELSON, 1978). Bege & Pauli (1989), por meio de anilhamento nas ilhas Moleques do Sul, observaram que os espécimes nascidos neste arquipélago se deslocam ao sul até 29°30'S (praia de Curumim, município de Capão da Canoa, litoral norte do Rio Grande do Sul) e ao norte até 22°50'S (Cabo Frio, Rio de Janeiro); os atobás nascidos nestas ilhas deixam o local quando jovens, retornando somente quando estão aptos para a reprodução, aos três anos de idade. Baumgarten (1998) registrou 15 recuperações de indivíduos na colônia reprodutiva deste arquipélago entre 1996 e 1997, anilhados no local a partir de 1981.

Efe *et al.* (2005), ao analisarem recuperações de anilhas, confirmam a amplitude dos deslocamentos de *S. leucogaster* no Brasil, que predominaram nas regiões Sul e Sudeste; contudo, duas aves adultas anilhadas em Santa Catarina foram recuperadas no Atol das Rocas, fora da costa do Rio Grande do Norte.

Mohr (2005) registrou um espécime de *S. leucogaster* no litoral médio do Rio Grande do Sul, em praia do município de Tavares, sendo este o registro mais austral para a espécie no Brasil.

Atobá-mascarado *Sula dactylatra*

O atobá-mascarado (**Figura 10.2**) é também uma espécie de vasta distribuição no mundo. Apresenta hábitos mais pelágicos quando comparado ao atobá-marrom e não é muito observado na região costeira (NELSON, 1978; GILARD, 1992). No Brasil, a espécie nidifica em Fernando de Noronha, Atol das Rocas, Abrolhos, Trindade e Cabo Frio (SICK, 1997). O atobá-mascarado, assim como o atobá-marrom, também pratica o comportamento de fratricídio obrigatório. Esta espécie também apresenta um comportamento reprodutivo elaborado, com o estabelecimento dos pares bem ritualizado, sendo uma espécie monogâmica e com o cuidado parental realizado pelo casal.



Figura 10.2. Atobá-mascarado *Sula dactylatra*. Foto: Luciano Saraceni.

Sula dactylatra apresenta igualmente um território bem definido e reage agressivamente quando invadido. No entanto, em um trabalho realizado no Arquipélago dos Abrolhos com ovos artificiais (ALVES *et al.*, 2004b), os autores observaram que a espécie nem sempre reconhece eficazmente seus ovos, preferindo incubar ovos artificiais de tamanho maior, o que os autores relacionam à correlação positiva existente entre o tamanho dos ovos e a viabilidade do filhote.

Atobá-de-pé-vermelho *Sula sula*

O atobá-de-pé-vermelho (**Figura 10.3**) é a menor espécie de atobá e a mais abundante no mundo. Apresenta distribuição pantropical, como as duas espécies anteriores, entretanto esta é restrita a ambientes que tenham árvores ou pequenos arbustos, que são o seu substrato para reprodução (NELSON, 1978). Carboneras (1992) indica haver registros de nidificação também em paredões e mesmo no chão. Assim como *S. dactylatra*, apresenta hábitos mais pelágicos. No Brasil, há uma numerosa colônia no Arquipélago de Fernando de Noronha e outra mais ao sul, na Ilha da Trindade. Alguns indivíduos podem ser observados no Atol das Rocas e no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.



Figura 10.3. Atobá-de-pé-vermelho *Sula sula*. Foto: Lisandro de Almeida.

Sula sula não apresenta dimorfismo sexual, mas alto polimorfismo na coloração dos adultos (NELSON, 1978); há seis morfos descritos (CARBONERAS, 1992). A espécie põe apenas um ovo. Nelson (1978) descreve um movimento de indivíduos (principalmente jovens) entre ilhas nas colônias do oceano Pacífico, sugerindo a existência de um grande *pool* gênico.

Variabilidade genética em atobás avaliada pela técnica de *DNA fingerprinting*

Medir o grau de variabilidade genética de populações naturais tem sido um dos principais objetivos da genética de populações, pois isso pode auxiliar na compreensão da atuação da seleção natural, deriva genética e outras forças evolutivas. A genética de populações especula os processos e mecanismos pelos quais as mudanças evolutivas ocorrem, fazendo uso de modelos matemáticos e estatísticos para descrever e entender as populações de organismos (SLATKIN, 1994). Além disso, as estimativas de variabilidade genética das populações têm fundamental importância para o estabelecimento de estratégias para a conservação das espécies (CAUGHLEY, 1994).

Com o desenvolvimento de técnicas bioquímicas, tornou-se possível acessar o DNA, o que mostrou a riqueza de informações que marcadores moleculares podem revelar em estudos sobre sistema de cruzamentos, estrutura da população e sistemática (HAIG & AVISE, 1996). Uma destas técnicas, a de *DNA fingerprinting* (JEFFREYS *et al.* 1985a), tem sido usada para medir a variabilidade genética mesmo em espécies ameaçadas, devido ao grande polimorfismo encontrado nos minissatélites (BRUFORD & BURKE, 1991; GEYER *et al.*, 1993). A técnica gera rapidamente uma grande quantidade de dados porque acessa muitos locos simultaneamente e foi utilizada nos mais diversos organismos e sob variados aspectos: em estudos sobre sistemas de cruzamentos (CHOULDHURY *et al.*, 1993; HAIG *et al.*, 1993; GALEOTTI *et al.*, 1997), estimativas e organização da variabilidade genética (KAPPE *et al.*, 1995; ARDERN & LAMBERT, 1997; PRODÖHL *et al.*, 1997), sexagem em espécies com ausência de dimorfismo sexual (MIYAKI *et al.*, 1992; GRAVES *et al.*, 1993), análises filogenéticas (AGGARWAL *et al.*, 1994), entre outros. Adicionalmente, a técnica de *DNA fingerprinting* é um método bastante útil quando não se tem nenhum conhecimento prévio sobre a genética molecular da espécie que está sendo investigada.

Os padrões de *DNA fingerprinting* são produzidos pela fragmentação do DNA genômico e o fracionamento destes fragmentos por tamanho em gel de agarose. Os fragmentos são então transferidos para uma membrana e expostos a uma sonda de minissatélite. Estas sondas marcadas hibridam em seqüências complementares no DNA, revelando um padrão de bandas. A variação no tamanho das bandas reflete o alto polimorfismo encontrado no comprimento dos minissatélites.

No entanto, a análise dos resultados pode ser dificultada por razões inerentes ao método (LYNCH, 1990). Uma dificuldade na interpretação dos padrões de *DNA fingerprinting* está na identificação dos alelos. Por esta razão, os dados não são transformados em medidas clássicas de genética de populações (CALL *et al.*, 1998). Os pesquisadores têm assumido que as bandas são alelos dominantes e, para descrever a estrutura de populações e a diversidade genética, utilizam o número de bandas que são compartilhadas entre indivíduos dentro e entre sub-

populações (JIN & CHAKRABORTY, 1993). Tais análises requerem que o tamanho das bandas seja analisado com precisão. No entanto, as estimativas exatas dos tamanhos dos alelos não são possíveis por causa de irregularidades na eletroforese, na transferência do DNA e na baixa resolução da agarose. Uma das soluções é agrupar bandas que estão na mesma altura do gel dentro de um limite de, por exemplo, 0,5 milímetros. Desse modo, bandas que estão fora deste limite são consideradas como alelos distintos.

Uma vez que as bandas estão classificadas, podem ser testadas hipóteses sobre a estrutura das populações pela comparação do padrão de bandas compartilhadas entre as amostras. Porém, quando este procedimento é feito com todas as amostras do gel, deve-se considerar a dependência dos dados. Neste sentido, testes de permutação devem ser realizados para a comparação das amostras de subpopulações (DANFORTH & FREEMAN-GALLANT, 1996; CALL *et al.*, 1998; BERTORELLE *et al.*, 1999).

A técnica de DNA *fingerprinting* foi utilizada para estimar a variabilidade genética de populações de *S. leucogaster* e *S. dactylatra* na costa do Brasil (BAUMGARTEN *et al.*, 2001), sendo encontrado um nível de variação genética extremamente baixo, sobretudo para *S. leucogaster*, quando comparado ao de espécies ameaçadas de extinção. Tal resultado não era esperado, pois essas aves marinhas apresentam ampla distribuição tropical (NELSON, 1978).

No presente estudo, utilizou-se DNA *fingerprinting* para estimar a variabilidade genética em *S. sula* comparativamente à *S. leucogaster* e *S. dactylatra*. Adicionalmente, estimou-se a variabilidade genética em outras colônias reprodutivas destas duas últimas espécies para avaliar se a falta de variação genética é encontrada em outras colônias.

Material & métodos

Durante o ano de 1999, visitaram-se colônias reprodutivas do atobá-marrom nas ilhas Moleques do Sul, na costa de Santa Catarina (27°51'S–48°26'W) e no Atol das Rocas (03°55'S–33°31'W) e Arquipélago de São Pedro e São Paulo (00°56'N–29°20'W), ambos fora da costa do Rio Grande do Norte; e colônias do atobá-mascarado e do atobá-de-pé-vermelho no Arquipélago de Fernando de Noronha (03°54'S–32°25'W), fora da costa de Pernambuco (**Figura 10.4**). Em cada colônia reprodutiva, os atobás foram capturados com o auxílio de um puçá e marcados com anilhas metálicas de identificação fornecidas pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação das Aves Silvestres (CEMAVE/Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). Amostras de aproximadamente 300 µl de sangue foram coletadas de indivíduos adultos, armazenadas temporariamente em álcool absoluto em temperatura ambiente e posteriormente em freezer a –20°C. Estas amostras estão depositadas no acervo do Laboratório de Genética e Evolução Molecular de Aves (LGEMA) da Universidade de São Paulo, Brasil.

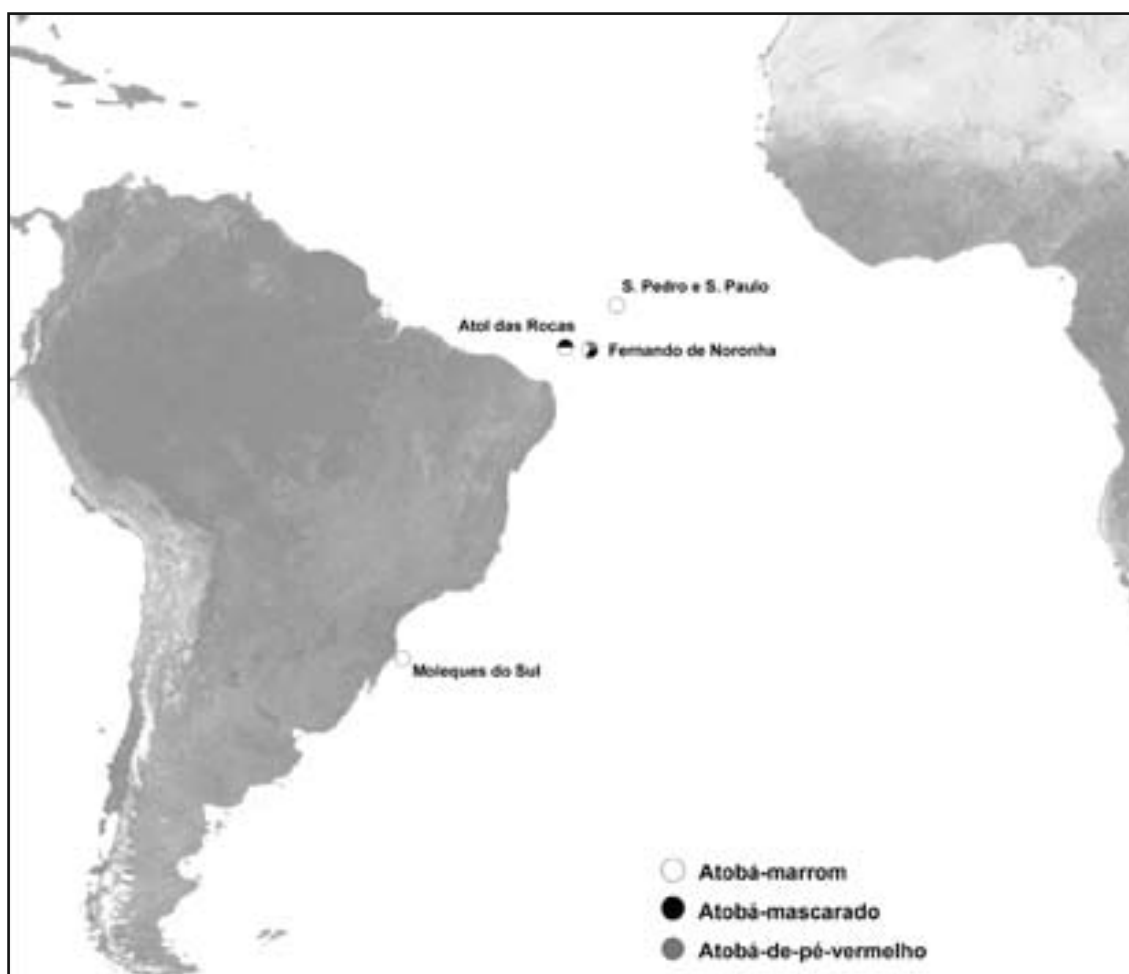


Figura 10.4. Localidades amostradas.

Métodos de laboratório

Os procedimentos de laboratório aqui utilizados foram descritos por Bruford *et al.* (1992). Resumidamente, 5 µg do DNA genômico de cada ave foi digerido com a enzima de restrição *Hae* III. Os fragmentos foram separados por eletroforese em gel de agarose 1% com 30 centímetros de comprimento, a uma voltagem de 40v, por aproximadamente 65 horas. Os fragmentos de DNA foram transferidos para uma membrana de náilon por transferência capilar (*Southern blotting*) (SAMBROOK *et al.*, 1989). A membrana foi hibridada com sondas de minissatélites multilocais humanas 33.6 e 33.15, as quais estavam marcadas com nucleotídeo radioativo α - ^{32}P dCTP (JEFFREYS *et al.*, 1985a, 1985b).

Montagem do gel

Foram montados dois géis, cada qual composto por amostras de: a) *S. sula* (n=6) e *S. dactylatra* (n=13) das colônias reprodutivas do Arquipélago de Fernando de Noronha; b) *S. leucogaster* das colônias reprodutivas do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (n=6), Atol das Rocas (n=6) e ilhas Moleques do Sul (n=6). Os indivíduos amostrados possivelmente não eram aparentados, pois foram capturados em ninhos diferentes.

Com o objetivo de se estimar a variabilidade genética do atobá-de-pé-vermelho e do atobá-mascarado, foi confeccionada a membrana contendo amostras de indivíduos supostamente não aparentados (**Figura 10.5**). Já para estimar a variabilidade genética em colônias geografia-

mente distantes de atobá-marrom, foi analisada a membrana contendo amostras de indivíduos das colônias reprodutivas das ilhas Moleques do Sul, do Atol das Rocas e do Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

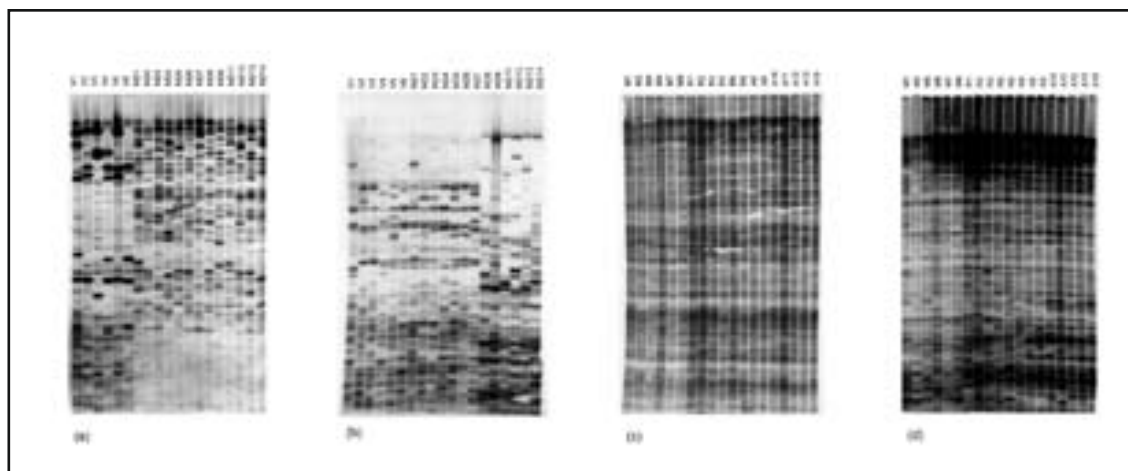


Figura 10.5. Auto-radiografias evidenciando o padrão de bandas após hibridação com sondas de minissatélites multilocais. a-b) amostras de seis indivíduos de *Sula sula* (V1-6) e *Sula leucogaster* (ND1-14) hibridadas com as sondas 33.6 e 33.15, respectivamente; c-d) amostras de indivíduos de três colônias reprodutivas de *Sula leucogaster* hibridadas com as sondas 33.6 e 33.15, respectivamente. M=ilhas Moleques do Sul; R=Atol das Rocas; A=Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

Análises

Para a análise do padrão das bandas, foi utilizada apenas a região de melhor definição da radiografia. O centro de cada banda na radiografia foi marcado em folha de acetato de retroprojeter fixada sobre aquela, com o auxílio de um transluminador de luz branca. Foram consideradas bandas iguais em diferentes indivíduos quando apresentavam migração eletroforética e intensidade semelhantes. Somente indivíduos amostrados no mesmo gel foram comparados.

O Coeficiente de Bandas em Comum (CBC), ou índice de similaridade entre dois indivíduos, foi calculado pela fórmula:

$$x = \frac{2 \text{ Nab}}{\text{Na} + \text{Nb}} \quad (\text{Wetton et al., 1987})$$

Onde **x** é o coeficiente de bandas em comum entre os indivíduos **a** e **b**, **Nab** é o número de bandas em comum entre **a** e **b**, e **Na** e **Nb** são o número total de bandas em **a** e **b**, respectivamente. Este índice varia de 0 (quando não existe nenhum fragmento em comum) a 1 (quando todos os fragmentos detectados estão presentes nos dois indivíduos analisados). Os cálculos dos CBCs foram feitos no programa FITOPAC 1 (SHEPERD, 1994), fazendo uso de matrizes tipo ausência/presença de bandas. Este índice, ou distância, é utilizado para testes de paternidade e também para estimativas de variabilidade genética da população, sendo 1–CBC uma estimativa de variabilidade.

Uma vez que os coeficientes de bandas em comum são calculados a partir de combinações de pares de indivíduos, existe dependência entre os dados (DANFORTH & FREEMAN-GALLANT, 1996). Neste sentido, sugere-se o uso de testes de permutação para as análises populacionais que utilizam dados gerados pela

técnica de DNA *fingerprinting* (BERTORELLE *et al.*, 1999). Dessa forma, para se testar se as médias de dissimilaridade (1–CBC) diferem entre as três colônias estudadas de atobá-marrom (Moleques do Sul, Rocas e São Pedro e São Paulo), foi realizado o teste *Multi-response Permutation Procedures (MRPP)* implementado no programa PC-Ord versão 2.0 (MCCUNE & MEFFORD, 1995). O *MRPP* é um teste não-paramétrico que tem a vantagem de não requerer premissas, como normalidade multivariada e homogeneidade de variâncias (BIONDINI *et al.*, 1985). Os dados obtidos por meio do cálculo de dissimilaridade permutando os indivíduos da amostra dois a dois apresentam uma distribuição de distâncias (dissimilaridade) com uma determinada média. Fornecidos dois grupos a comparar (Moleques do Sul e Rocas), estima-se uma média ponderada dos grupos; esta média será comparada com um valor obtido a partir de uma distribuição teórica baseada em permutação (Tipo III de Pearson).

Resultados

Análise dos Fingerprints

A Tabela 10.1 contém os resultados das análises obtidas dos padrões de bandas de amostras das três espécies de atobás com o uso das duas sondas de minissatélites, além dos resultados obtidos em um estudo anterior.

Tabela 10.1. Resultados da análise dos padrões de bandas obtidos entre indivíduos de três espécies de atobá de diferentes colônias reprodutivas.

Espécie	Colônia	Sonda	N	n ± DP	X ± DP
<i>Sula sula</i>	NORON	33.6	6	25,33 ± 4,27	0,343 ± 0,120
	NORON	33.15	6	22,17 ± 1,72	0,184 ± 0,086
<i>Sula dactylatra</i>	NORON	33.6	13	22,46 ± 2,18	0,384 ± 0,094
	ABROL *		12	31,83 ± 3,92	0,489 ± 0,09
	NORON	33.15	13	19,31 ± 2,43	0,309 ± 0,109
	ABROL *		12	20,06 ± 3,06	0,476 ± 0,13
<i>Sula leucogaster</i>	MOLEQ	33.6	6	13,67 ± 1,51	0,726 ± 0,083
	QUEIM *		6	13,50 ± 2,07	0,557 ± 0,16
	ABROL *		7	15,57 ± 2,70	0,603 ± 0,13
	ROCAS		6	13,00 ± 0,89	0,688 ± 0,089
	ASPSP		7	13,00 ± 0,79	0,887 ± 0,040
	MOLEQ	33.15	6	17,03 ± 2,66	0,571 ± 0,134
	QUEIM *		6	27,00 ± 3,74	0,588 ± 0,080
	ABROL *		7	32,43 ± 2,64	0,589 ± 0,08
	ROCAS		6	15,83 ± 2,64	0,608 ± 0,069
	ASPSP		7	17,86 ± 2,54	0,814 ± 0,053

N=número de comparações entre indivíduos; n=número médio de bandas analisadas; DP=desvio padrão; X=CBC médio; *Resultados obtidos por Baumgarten (1998); ABROL=Arquipélago dos Abrolhos, costa da Bahia; ASPSP=Arquipélago de São Pedro e São Paulo, fora da costa do Rio Grande do Norte; MOLEQ=ilhas Moleques do Sul, costa de Santa Catarina; NORON=Fernando de Noronha, fora da costa de Pernambuco; QUEIM=ilha Queimada Grande, costa de São Paulo; ROCAS=Atol das Rocas, fora da costa do Rio Grande do Norte.

O resultado do teste *MRPP* com os dados obtidos das amostras de diferentes colônias reprodutivas do atobá-marrom de um mesmo gel é mostrado na **Tabela 10.2**.

Tabela 10.2. Múltiplas comparações entre os valores médios de dissimilaridade (1–CBC) das três populações de atobá-marrom analisadas (teste *MRPP*).

	Local	Local	Significância
33.6	MOLEQ	ROCAS	p=0,0005
		ASPSP	p=0,0003
	ROCAS	ASPSP	p=0,0005
33.15	MOLEQ	ROCAS	p=0,0023
		ASPSP	p=0,0005
	ROCAS	ASPSP	p=0,0002

ASPSP=Arquipélago de São Pedro e São Paulo, fora da costa do Rio Grande do Norte; MOLEQ=ilhas Moleques do Sul, costa de Santa Catarina; ROCAS=Atol das Rocas, fora da costa do Rio Grande do Norte.

Os resultados do teste *MRPP* mostram que os padrões de bandas das amostras de indivíduos de diferentes colônias reprodutivas do atobá-marrom são diferentes, considerando as duas sondas multilocais. Tais resultados sugerem a existência de estruturação genética destas populações.

Discussão

Ao detectar baixa variabilidade genética para *S. leucogaster* e *S. dactylatra* da costa do Brasil, Baumgarten (1998) sugeriu que estas espécies poderiam ter sofrido efeitos de gargalo, ou que a falta de variação poderia ser uma característica da família Sulidae. O resultado mostrando que a variabilidade genética no atobá-mascarado é maior do que a encontrada no atobá-marrom já era um indício de que a falta de variação não se constituía uma característica dos sulídeos. Entretanto, uma vez que as duas espécies são bastante simpátricas ao longo da sua distribuição (NELSON, 1978), poderiam apresentar níveis de variação semelhantes por estarem sujeitas a pressões seletivas semelhantes. Estudos sobre os hábitos de vida das duas espécies sugerem que elas apresentam diferenças, entre outras, no modo de forragear, nos locais escolhidos para a confecção do ninho e no tempo de duração da estação reprodutiva (GILARD, 1992; O'NEIL *et al.*, 1996; KOHLRAUSCH, em prep.). Isso sugere que as populações do atobá-mascarado e do atobá-marrom devem ter sofrido efeitos de gargalo e que estes efeitos podem ter afetado diferentemente as duas espécies.

Os resultados aqui apresentados, indicando que o nível de variação genética no atobá-de-pé-vermelho da colônia reprodutiva de Fernando de Noronha é mais alto comparado com o dos atobás marrom e mascarado, descartam a possibilidade de que a falta de variação genética é uma característica da família Sulidae. Mesmo não sendo possível avaliar estatisticamente as diferenças entre valores médios de CBCs provenientes de géis diferentes, o valor dos CBCs médios para *S. sula* foi semelhante ao de outras espécies de aves não ameaçadas de extinção (SMITH & VON SCHANTZ, 1993; MARIN *et al.*, 1994; BIRKHEAD *et al.*, 1990; BURKE *et al.* 1991; MIYAKI *et al.* 1995). Ressalta-se, contudo, que comparações de CBCs vindos de diferentes estudos devem ser tomadas com cautela, uma vez que a interpretação do padrão de bandas pode variar dependendo da escolha do pesquisador (CALL *et al.*, 1998).

É importante ressaltar que o atobá-de-pé-vermelho apresenta hábitos muito diferentes das duas outras espécies (NELSON, 1978), bem como sua colônia reprodutiva em Fernando de

Noronha é numerosa; uma estimativa feita na década de 1980 (OREN, 1984) sugere que 4.000 aves habitem o arquipélago. Schulz-Neto (2004) estimou 1.513 espécimes, entre adultos e jovens, em contagem realizada em 1991.

Para o atobá-mascarado de Fernando de Noronha, os índices dos CBCs mostraram que esta colônia apresenta um nível de variabilidade genética maior do que a estimada para a população de Abrolhos por Baumgarten (1998) (**Tabela 10.1**). Outros dados genéticos (não mostrados no presente trabalho) sugerem que as colônias desta espécie em Fernando de Noronha e no Atol das Rocas formam uma única população. Cabe ressaltar que a colônia reprodutiva do atobá-mascarado em Rocas é mais numerosa quando comparada à de Abrolhos, respectivamente 5.000 (SCHULZ-NETO, 1998) e 1.000 indivíduos (BAUMGARTEN, obs. pess.) adultos.

Para o atobá-marrom, o nível de variação genética da população do Arquipélago de São Pedro e São Paulo e do Atol das Rocas foi especialmente baixo. É interessante notar que, para a sonda 33.15, há um discreto gradiente norte-sul com aumento no grau de variabilidade. A mesma tendência não se observa para a outra sonda, possivelmente devido ao pequeno número de bandas analisadas na hibridação com a sonda 33.6 das amostras das ilhas Moleques do Sul.

O resultado do teste *MRPP* mostrou que, para as duas sondas, as populações de São Pedro e São Paulo, Rocas e Moleques do Sul apresentam padrões distintos de variabilidade genética, ou seja, foi observada estruturação genética, ainda que o nível desta seja baixo. Tal resultado está de acordo com a filopatria já descrita para a espécie (NELSON, 1978).

Em conclusão, as análises dos padrões de DNA *fingerprinting* das três espécies de atobás mostram que a baixa variabilidade genética encontrada principalmente em *S. leucogaster* não é uma característica da família Sulidae, uma vez que *S. sula* apresenta um nível de variabilidade semelhante ao de outras espécies de aves. Isso sugere que efeitos de gargalo tenham levado à baixa variabilidade nos atobás marrom e mascarado. Um outro resultado interessante é que, embora o nível de variação genética seja extremamente baixo nas populações do atobá-marrom – sendo mais marcante na população do Arquipélago de São Pedro e São Paulo –, as populações apresentam-se estruturadas geneticamente.

Aparentemente, a falta de variação genética no atobá-marrom e no atobá-mascarado parece não influenciar a conservação destas populações, uma vez que seu tamanho vem se mantendo estável (KOHLRAUSCH *et al.*, em prep.), sendo que diferenças nas suas características reprodutivas podem ser responsáveis pela menor variação na primeira. Para esta, observou-se que na colônia de São Pedro e São Paulo poucos indivíduos têm sucesso reprodutivo e, desta forma, a contribuição genética à próxima geração é feita por poucos exemplares, mantendo a variação em níveis baixos (KOHLRAUSCH, em prep.). No entanto, é necessário o monitoramento de longo prazo destas populações.

Agradecimentos

Agradecemos às seguintes instituições que contribuíram para este estudo: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp); Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes); Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); Marinha do Brasil; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Reserva Biológica do Atol das Rocas, Parque Nacional Marinho dos Abrolhos e Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha); Fundação do Meio Ambiente (FATMA/SC) e operadoras de mergulho Águas Claras e Atlantis Divers, de Fernando de Noronha.

Referências bibliográficas

- Aggarwal, R.K.; Majudar, K.C.; Lang, J.W. & Singh, L. 1994. **Genetic affinities among crocodilians as revealed by DNA fingerprinting with BKM-derived probe.** Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 91: 10601-10605.
- Alves, V.S.; Soares, A.B.A. & Couto, G.S. 2004a. **Aves marinhas e aquáticas das ilhas do litoral do estado do Rio de Janeiro.** In: Branco, J.O. (Org.). *Aves Marinhas e Insulares Brasileiras: Bioecologia e Conservação*, p. 83-100. Itajaí: Univali Editora.
- Alves, V.S.; Soares, A.B.A.; Couto, G.S.; Efe, M.A. & Ribeiro, A.B.B. 2004b. **Aves marinhas de Abrolhos – Bahia, Brasil.** In: Branco, J.O. (Org.). *Aves Marinhas e Insulares Brasileiras: Bioecologia e Conservação*, p. 213-232. Itajaí: Univali Editora.
- Anderson, D.J. 1990. **Evolution of obligate siblicide in boobies. 2: Food limitation and parent-offspring conflict.** Evolution 44: 2069-2082
- Ardern, S.L. & Lambert, D.M. 1997. **Is the black robin in genetic peril?** Mol. Ecol. 6: 21-28.
- Baumgarten, M.M. 1998. **Sistema de Cruzamentos e Variabilidade Genética em *Sula leucogaster* e *Sula dactylatra* (Aves: Pelecaniiformes), Através de “DNA fingerprinting”.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.
- Baumgarten, M.M.; Kohlrausch, A.B.; Miyaki, C.Y.; Freitas, T.R.O. & Araújo, A.M. 2001. **DNA fingerprinting and parentage in Masked (*Sula dactylatra*) and Brown (*S. leucogaster*) boobies.** Ornitol. Neotrop. 12: 319-326.
- Bege, L.A.R. & Pauli, B.T. 1989. **As aves das ilhas Moleques do Sul – Santa Catarina: Aspectos da ecologia, etologia e anilhamento das aves marinhas.** Florianópolis: FATMA.
- Bencke, G.A. 2001. **Lista de referência das aves do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do RS.
- Bertorelle, G.; Bucchini, L.; Pilastro, A. & Matessi, C. 1999. **DNA fingerprinting data and the analysis of population genetic structure by comparing band-sharing patterns.** Mol. Ecol. 8: 1851-1866.
- Biondini, M.E.; Bonham, C.D. & Redente, E.F. 1985. **Secondary successional patterns in a sagebrush (*Artemisia tridentata*) community as they relate to soil disturbance and soil biological activity.** Vegetatio 60: 25-36.
- Birkhead, T.R.; Burke, T.; Zann, R.; Hunter, F.M. & Krupa, A. P.1990. **Extra-pair paternity and intraspecific brood parasitism in wild zebra finches *Taeniopygia guttata*, revealed by DNA fingerprinting.** Behav. Ecol. Sociobiol. 27: 315-324.
- Branco, J.O. (Org.). 2004a. **Aves Marinhas e Insulares Brasileiras: Bioecologia e Conservação.** Itajaí: Univali Editora.
- Branco, J.O. 2004b. **Aves marinhas das ilhas de Santa Catarina.** In: Branco, J.O. (Org.). *Aves Marinhas e Insulares Brasileiras: Bioecologia e Conservação*, p. 15-36. Itajaí: Univali Editora.
- Bruford, M.W. & Burke, T. 1991. **Hypervariable DNA markers and their applications in the chicken.** In: Burke, T.; Doll, G.; Jeffreys, A.J. & Wolff, A.R. (Eds.) *DNA Fingerprinting: Approaches and Applications*, p. 230-242. Basel: Birkhauser Verlag.
- Bruford, M.W.; Hanotte, O.; Brookfield, J.F.Y. & Burke, T. 1992. **Single-locus and multilocus DNA fingerprinting.** In: Hoelzel, A.R. (Ed.) *Molecular Genetics Analysis of Populations: A Practical Approach*, p. 225-269. Nova Iork: Oxford Press.
- Burke, T.; Hanotte, O.; Bruford, M.W. & Cairns, E. 1991. **Multilocus and single locus minisatellite analysis in population biological studies.** In: Burke, T.; Doll, G.; Jeffreys, A.J. & Wolff, A.R. (Eds.). *DNA fingerprinting: Approaches and Applications*, p. 154-168. Basel: Birkhauser Verlag.
- Call, D.R.; Hallett, J.G.; Mech, S.G. & Evans. 1998. **Considerations for measuring genetic variation and population structure with multilocus fingerprinting.** Mol. Ecol. 7: 1337-1346.
- Campos, F.P.; Paludo, D.; Faria, P.J. & Martuscelli, P. 2004. **Aves insulares marinhas, residentes e migratórias, do litoral do Estado de São Paulo.** In: Branco, J.O. (Org.). *Aves Marinhas e Insulares Brasileiras: Bioecologia e Conservação*, p. 57-82. Itajaí: Univali Editora.
- Carboneras, C. 1992. **Family Sulidae.** In: del Hoyo, J.; Elliot, A. & Sargatal, J. (Eds.). *Handbook of the Birds of the World* - Vol. 1, p. 312-325. Barcelona: Lynx Edicions.
- Caughley, G. 1994. **Directions in conservation biology.** J. Anim. Ecol. 63: 215-244.

- CBRO – Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. 2007. **Listas das aves do Brasil. Versão 16/8/2007**. Disponível em <<http://www.cbro.org.br>>. Acesso em: 21/08/2007.
- Chouldhury, S.; Jones, C.S. Black, J.M. & Prop, J. 1993. **Adoption of young and intraspecific nest parasitism in barnacle geese**. Condor 95: 860-868.
- Coelho, E.P.; Alves, V.S.; Soares, A.B.A.; Couto, G.S.; Efe, M.A.; Ribeiro, A.B.B.; Vielliard, J. & Gonzaga, L.P. 2004. **O atobá-marrom (*Sula leucogaster*) na ilha de Cabo Frio, Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, Brasil**. In: Branco, J.O. (Org.). Aves Marinhas e Insulares Brasileiras: Bioecologia e Conservação, p. 233-254. Itajaí: Univali Editora.
- Danforth, B.N. & Freeman-Gallant, C.R. 1996. **DNA fingerprinting data and the problem of non-independence among pairwise comparisons**. Mol. Ecol. 5: 221-228.
- Efe, M.A.; Oliveira, A.C.; Kanegae, M.F.; Alves, V.S.; Rosário, L.A. & Neto, P.S. 2006. **Análise dos dados de recuperação de *Sula* spp. (Pelecaniformes, Sulidae) ocorridas no Brasil entre 1981 e 2000**. Ornithologia 1: 125-133.
- Galeotti, P.; Pilastro, A.; Tavecchia, G.; Bonneti, A. & Congiu, L. 1997. **Genetic similarity in long-eared owl communal winter roosts: A DNA fingerprinting study**. Mol. Ecol. 5: 429-436.
- Geyer, C.J.; Ryder, D.A.; Chemnick, L.G. & Thompson, E.A. 1993. **Analysis of relatedness in the California condors from DNA fingerprinting**. Mol. Biol. Evol. 10: 571-589.
- Gilard, J.D. 1992. **Sex-specific foraging distributions of brown boobies in the eastern tropical pacific**. Colon. Waterbirds 15: 148-151.
- Graves, J.; Ruano, J.O. & Slater, P.J.B. 1993. **Sex ratio of chicks in the shag *Phalacrocorax aristotelis* determined by a female-specific band in DNA fingerprinting**. Ibis 135: 470-472.
- Haig, S.M.; Belthoff, J.R. & Allen, D.H. 1993. **Examination of population structure in red-cockaded woodpeckers using DNA profiles**. Evolution 47: 185-194.
- Haig, S.M. & Avise, J.C. 1996. **Avian Conservation Genetics**. In: Avise, J.C. & Hamrick, J.L. (Eds.). **Conservation Genetics: Case histories from nature**, p. 160-184. Nova Iorque: Chapman & Hall.
- Jeffreys, A.J.; Wilson, V. & Thein, S. L. 1985a. **Hypervariable "minisatellite" regions in human DNA**. Nature 314: 67-73.
- _____. 1985b. **Individual-specific "fingerprinting" of human DNA**. Nature 316: 76-79.
- Jin, L. & Chakraborty, R. 1993. **Estimation of genetic distance and coefficient of gene diversity from single-probe multilocus DNA fingerprinting data**. Mol. Biol. Evol. 11: 120-127.
- Kappe, A.L.; Van de Zande, L. Vedder, E.J.; Bijlsma, R. & Van Delden, W. 1995. **Genetic variation in *Phoca vitulina* (the harbour seal) revealed by DNA fingerprinting and RAPDs**. Heredity 74: 647-653.
- Krull, R. 2004. **Aves Marinhas Costeiras do Paraná**. In: Branco, J.O. (Org.). Aves Marinhas e Insulares Brasileiras: Bioecologia e Conservação, p. 37-56. Itajaí: Univali Editora.
- Lynch, M. 1990. **The similarity index and DNA fingerprinting**. Mol. Biol. Evol. 7: 478-484.
- Marin, G.; Marchesini, M.; Tiloca, G. & Pagano, A. 1994. **DNA fingerprinting fail to reveal inbreeding in small, closed population of Bearded Tits (*Panurus biarmicus* L.)**. Ethol. Ecol. Evol. 6: 243-248.
- McCune, B. & Mefford, M.J. 1995. **PC-ORD: Multivariate analysis of ecological data. Version 2.0**. Gleneden Beach: MjM Software Design.
- Miyaki, C.Y.; Hanotte, O.; Wajntal, A. & Burke, T. 1992. **Sex-typing of *Aratinga* parrots using the human minisatellite probe 33.15**. Nucl. Acids Res. 20: 5235-5236.
- _____. 1995. **DNA fingerprinting in the endangered parrot *Aratinga guarouba* and other *Aratinga* species**. Rev. Bras. Genet. 18: 405-411.
- Mohr, L.V.; Souza, F.J. & Santos, J.C.G. 2005. **Novo registro do atobá-pardo *Sula leucogaster leucogaster* (Boddart, 1783) (Aves: Sulidae) no Rio Grande do Sul, Brasil**. Comun. Mus. Ciên. Tecnol. PUCRS, Ser. Zool. 18: 207-209.
- Nelson, J.B. 1978. **The Sulidae: gannets and boobies**. Oxford: University of Aberdeen.
- Olmos, F.; Martuscelli, P.; Silva e Silva, R. & Neves, T.S. 1995. **The sea birds of São Paulo, southern Brazil**. Bull. Br. Ornithol. Club 115: 117-127.
- Olmos, F. 1997. **Seabirds attending bottom long-line fishing off southeastern Brasil**. Ibis 139: 685-691.

- O'Neill, P.; Heatwole, H.; Preker, M. & Jones, M. 1996. **Populations, Movements and Site Fidelity of Brown and Masked Boobies on the Swain Reefs, Great Barrier Reef, as Shown by Banding Recoveries**. Technical Report 11. Townsville: CRC Reef Research Centre.
- Oren, D.C. 1984. **Resultados de uma nova expedição zoológica a Fernando de Noronha**. Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi, Zool. 1: 19-44.
- Pitman, R.L. & Jehl, J.R. 1998. **Geographic variation and reassessment of species limits in the "Masked" Boobies of the eastern Pacific Ocean**. Wilson Bull. 110: 155-170.
- Prodöhl, P.A.; Walker, A.F.; Hynes, R.; Taggart, J.B. & Ferguson, A. 1997. **Genetically monomorphic Brown trout (*Salmo trutta* L.) populations, as revealed by mitochondrial DNA, multilocus and single locus minisatellite (VNTR) analyses**. Heredity 79: 208-213.
- Ribeiro, A.B.B.; Alves, V.S.; Soares, A.B.A.; Couto, G.S. & Efe, M.A. 1991. **Aspectos comportamentais do Atobá-marrom (*Sula leucogaster*) e do Atobá-mascarado (*Sula dactylatra*) no Arquipélago dos Abrolhos, Bahia, Brasil**. In: Anais do IV Congresso de Ornitologia Neotropical, Quito, Equador, 3-9 de novembro de 1991.
- Sambrook, J.; Fritsch, F. & Maniatis, T. 1989. **Molecular Cloning: a Laboratory Manual**. 2ª ed. Nova Iorque: Cold Spring Laboratory Press.
- Schulz-Neto, A. 1998. **Aspectos biológicos da avifauna marinha na reserva biológica do Atol das Rocas, Rio Grande do Norte, Brasil**. Hornero 15: 17-28.
- _____. 2004. **Aves insulares do Arquipélago de Fernando de Noronha, p. 147-168**. In: Branco, J.O. (Org.). Aves Marinhas e Insulares Brasileiras: Bioecologia e Conservação. Itajaí: Univali Editora.
- Sheperd, G.J. 1994. **FITOPAC 1. Manual do Usuário**. Campinas: UNICAMP.
- Sick, H. 1997. **Ornitologia Brasileira**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.
- Simmons, K.E.L. 1967. **Ecological adaptation in the life history of the Brown booby at Ascension Island**. Living Bird Quart. 6: 187-212.
- Slatkin, M. 1994. **Gene Flow and Population Structure**. In: Ecological Genetics, p. 3-17. Real, L.A. (Ed.). New Jersey: Princeton University Press.
- Smith H.G. & von Schantz, T. 1993. **Extra-pair paternity in the European Starling: the effect of polygyny**. Condor 95: 1006-1015.
- Wetton, J.H.; Carter, R.E.; Parkin, D.T. & Walters, D. 1987. **Demographic study of a wild house sparrow population by DNA fingerprinting**. Nature 327: 147-149.

Capítulo 11

**Os Cetáceos do
Arquipélago de São Pedro
e São Paulo, Brasil**

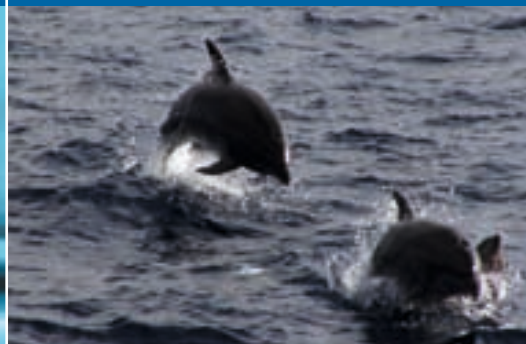
Paulo Henrique Ott

Maurício Tavares

Ignacio Benites Moreno

Larissa Rosa de Oliveira

Daniel Danilewicz



Resumo

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (00°56'N–029°22'W) está localizado a cerca de 1.010 km a nordeste da costa de Natal, Rio Grande do Norte, Brasil, em águas de aproximadamente 4.000 metros de profundidade. Com o intuito de contribuir para o conhecimento acerca da diversidade biológica na região, foi conduzido um estudo sobre a ocorrência e sazonalidade das espécies de cetáceos nas proximidades do arquipélago. Os estudos foram desenvolvidos por meio de observações a bordo de embarcações pesqueiras, estudos de foto-identificação e amostragens genéticas. Entre 20 de junho de 1999 e 10 de fevereiro de 2005, foram realizadas sete expedições à região, sendo registradas as seguintes espécies de cetáceos durante o trajeto entre Natal (05°46'S–035°11'W) e o arquipélago: *Balaenoptera acutorostrata*, *Globicephala macrorhynchus*, *Physeter macrocephalus*, *Pseudorca crassidens*, *Tursiops truncatus* e *Ziphius cavirostris*. Informações adicionais fornecidas por outros pesquisadores indicam também a presença de *Orcinus orca* na região. Dentre todas as espécies, entretanto, apenas o golfinho-nariz-de-garrafa *T. truncatus* foi registrado sistematicamente nas proximidades do arquipélago. A presença desta espécie foi verificada em 74 dos 86 dias (86,05%) de observação. O tamanho dos grupos avistados variou de um a 25 indivíduos ($\bar{x}=9,10$; $DP=6,62$; $n=59$). Por meio de estudos de foto-identificação, 17 indivíduos foram identificados a partir de marcas naturais; destes, cinco foram observados em mais de uma expedição, sendo dois avistados sistematicamente desde junho de 1999. A fim de investigar o grau de isolamento desta população, foram também coletadas amostras de tecido dos indivíduos para a realização de análises moleculares. Um total de 59 indivíduos da espécie, pertencentes a três regiões geográficas, foram incluídos na análise: ASPSP ($n=19$); Bacias de Campos/Santos, incluindo os estados do Rio de Janeiro e São Paulo (BC/BS, $n=20$) e Rio Grande do Sul (RS, $n=20$). A análise das seqüências da região controladora do DNA mitocondrial (316pb) revelou a existência de 26 sítios polimórficos e 13 haplótipos distintos. Nenhum haplótipo foi compartilhado entre o ASPSP e as demais populações. As diversidades haplotípica (h) e nucleotídica (π) observadas para a espécie foram $h=0,8721$ e $\pi=0,0177$, respectivamente. A população do ASPSP apresentou uma diversidade genética extremamente baixa ($h=0,1053$ e $\pi=0,0007$), quando comparada às populações da BC/BS ($h=0,8474$ e $\pi=0,0172$) e do RS ($h=0,8316$ e $\pi=0,0213$). A análise de variância molecular revelou que 38,83% da variação genética da espécie em águas brasileiras deve-se a diferenças entre as populações, resultando em altos índices de fixação entre os pares de populações (ASPSP e BC/BS: $F_{st}=0,5180$; ASPSP e RS: $F_{st}=0,5259$; BC/BS e RS: $F_{st}=0,1163$; $P<0,001$). Estes resultados indicam que a espécie apresenta uma forte estruturação genética em águas brasileiras e que a população do ASPSP está isolada geograficamente. Os resultados de foto-identificação indicam ainda que a população é relativamente pequena (30 a 40 indivíduos) e que ao menos alguns indivíduos apresentam um alto grau de fidelidade à região. A análise conjunta desses dados demonstra a singularidade desta população e a necessidade de considerá-la como uma unidade distinta em qualquer plano de manejo futuro do arquipélago, de forma a assegurar a sua conservação e viabilidade ao longo do tempo.

Abstract

Cetaceans of Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brazil

The Arquipélago de São Pedro e São Paulo (St. Peter and St. Paul Rocks) (ASPSP) (00°56'N–029°22'W) is located at 1,010 km offshore to the coast of Rio Grande do Norte, in the state of Natal, northeast

Brazil, in waters about 4,000 deep. Aiming to contribute to the knowledge of the biodiversity in this region, a study on the occurrence and seasonality on the cetacean species were conducted around the Archipelago area. The studies were carried out through onboard observations in fishing vessels, photo-identification and genetic sampling. In the period from June 1999 to February 2005, seven surveys were undertaken in the region, and the following species were recorded during the cruise from Natal (05°46'S–35°11'W) to the Archipelago: *Balaenoptera acutorostrata*, *Globicephala macrorhynchus*, *Physeter macrocephalus*, *Pseudorca crassidens*, *Tursiops truncatus* e *Ziphius cavirostris*. Additional information provided by other researchers also indicate the presence of *Orcinus orca* in the region. However, among all these species, only the bottlenose dolphin *T. truncatus* was systematically recorded in the vicinities of the Archipelago. The presence of this species was verified in 74 out of 86 days (86,5%) of observations. Group size varied from one to 25 dolphins ($\bar{x}=9,10$; $SD=6,62$; $n=59$). Photo-identification studies identified 17 dolphins through natural marks. Among these, five animals were observed in more than one survey, and two dolphins were observed systematically since June 1999. In order to investigate the degree of isolation of *T. truncatus* in this area, we analyzed 59 individuals from three geographic regions: ASPSP ($n=19$); Bacia de Campos/Bacia de Santos, including the States of Rio de Janeiro and São Paulo (BC/BS, $n=20$), and Rio Grande do Sul (RS, $n=20$). Sequence analysis of the mitochondrial DNA control region (316bp) revealed a total of 26 polymorphic sites defining 13 different haplotypes. No haplotype was shared between ASPSP and the other populations. The haplotype (h) and nucleotide (π) diversities observed for the species were $h=0.8721$ and $\pi=0.0177$, respectively. The ASPSP population presented extremely low genetic diversity ($h=0.1053$ and $\pi=0.0007$), when compared to BC ($h=0.8474$ and $\pi=0.0172$) and RS ($h=0.8316$ and $\pi=0.0213$). The analysis of the molecular variance indicated that 38.83% of the genetic variation was due to differences among populations, resulting in high fixation indexes among population pairs (ASPSP and BC/BS: $F_{st}=0.5180$; ASPSP and RS: $F_{st}=0.5259$; BC/BS and RS: $F_{st}=0.1163$; $P<0.001$). These results indicate that the species has a strong genetic structure along the Brazilian coast and that the ASPSP population is geographically isolated. Simultaneous photo-identification studies also suggest a relatively small population size (30 to 40 animals) and that, at least, some dolphins exhibit a strong site fidelity to the area. This study demonstrates the uniqueness of this population and point out the need to consider it as a distinct unit in future management plans for the Archipelago, in order to assure its long term conservation and viability.

Informações prévias sobre os cetáceos no Arquipélago de São Pedro e São Paulo

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (00°56'N–29°22'W) está localizado a cerca de 1.010 km a nordeste da costa de Natal, Rio Grande do Norte, Brasil, em águas de aproximadamente 4.000 metros de profundidade. Embora o arquipélago venha sendo visitado por expedições científicas desde 1799 (LUBBOCK & EDWARDS, 1981), as primeiras informações relativas à identificação das espécies de cetáceos que ocorrem na região foram apresentadas apenas na década passada, a partir de uma expedição realizada entre a América do Sul e a África (SKAF & SECCHI, 1994). Na ocasião, foram registrados 15 golfinhos-nariz-de-garrafa *Tursiops truncatus* nas proximidades do ASPSP.

Posteriormente, com a implantação do Programa Arquipélago, vinculado à Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar, algumas avistagens ocasionais de cetáceos,

como a orca *Orcinus orca*, foram também realizadas na região (LISANDRO BASTOS DE ALMEIDA, comunicação pessoal), sendo que em 1999 foi iniciado pelo Grupo de Estudos de Mamíferos Aquáticos do Rio Grande do Sul (GEMARS) um projeto específico¹ sobre a ocorrência e sazonalidade de cetáceos no ASPSP (CAON & OTT, 2000; OTT *et al.*, 2004). Com a realização de expedições sistemáticas dedicadas à observação de cetáceos na região, foram documentados novos registros para as proximidades do ASPSP, incluindo o cachalote *Physeter macrocephalus* e a baleia-bicuda-de-Cuvier *Ziphius cavirostris*. Além destas, uma espécie em particular, *T. truncatus*, passou a ser observada regularmente no entorno do Arquipélago (Figuras 11.1 e 11.2) e tornou-se objeto de estudos mais detalhados (CAON & OTT, 2004; OTT *et al.*, 2006a, b).



Figura 11.1. Golfinhos-nariz-de-garrafa *Tursiops truncatus* nas proximidades do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Foto: Maurício Tavares.



Figura 11.2. Golfinhos-nariz-de-garrafa *Tursiops truncatus* avistados nas proximidades do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Foto: Maurício Tavares.

¹ Projeto "Ocorrência e Sazonalidade de Cetáceos nas Proximidades do Arquipélago de São Pedro e São Paulo" (SECIRM/CNPq).

O golfinho-nariz-de-garrafa

O golfinho-nariz-de-garrafa é uma espécie amplamente distribuída, ocorrendo em águas tropicais e temperadas de todo o mundo (WELLS & SCOTT, 2002). A existência de formas costeiras (*inshore*) e oceânicas (*offshore*) da espécie tem sido descrita para diversas localidades geográficas (MEAD & POTTER, 1995; HOELZEL *et al.*, 1998). Além disso, o gênero *Tursiops* – com mais de vinte espécies nominais descritas (RICE, 1998) – vem passando por uma série de revisões taxonômicas, com algumas populações sendo elevadas à categoria de espécie, em função de diferenças significativas em nível morfológico e genético. Atualmente, são reconhecidas duas espécies de golfinhos-nariz-de-garrafa, *T. truncatus* (MONTAGU, 1821) e *T. aduncus* (EHRENBERG, 1833) (WANG *et al.*, 1999, 2000), porém trabalhos recentes indicam a existência de pelo menos mais duas espécies ainda não formalmente descritas: uma na costa sul africana (NATOLI *et al.*, 2004; PERRIN *et al.*, 2007) e outra no sul da Austrália (CHARLTON *et al.*, 2006).

No Atlântico sul ocidental, a espécie distribui-se na região costeira desde o Pará, no Brasil, até a Província de Chubut, na Argentina (IBAMA, 2001), ocorrendo também em águas oceânicas além do talude. Capturas acidentais da espécie durante atividades pesqueiras têm sido registradas nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste do Brasil (SICILIANO, 1994).

Apesar das incertezas taxonômicas que envolvem o gênero e da ocorrência de interações com atividades pesqueiras em boa parte de sua distribuição geográfica, os conhecimentos sobre a estrutura populacional de *T. truncatus* na costa brasileira são ainda bastante incipientes e baseados quase que exclusivamente na análise de animais encontrados encalhados. Em um dos poucos estudos taxonômicos envolvendo o gênero no Atlântico sul ocidental, Barreto (2000) sugere a existência de duas subespécies para a região – *T. truncatus* e *T. gephyreus* Lahile 1908 – sendo o possível limite entre elas a região da Convergência Subtropical, localizada entre o sul do Brasil e o Uruguai.

Devido exatamente à ausência de informações precisas acerca do tamanho e da identidade das populações, o golfinho-nariz-de-garrafa é considerado insuficientemente conhecido no litoral brasileiro (IBAMA, 2001). A espécie encontra-se também incluída na categoria Deficiente em Dados (*Data Deficient*) na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da União Mundial para a Conservação (IUCN, 2007).

Espécies de cetáceos registradas

Desde o início dos estudos no ASPSP, em 1999, o GEMARS vem desenvolvendo um projeto de avistagens de cetáceos, tanto durante a permanência no arquipélago quanto ao longo do trajeto a partir de Natal (05°46'S–035°11'W). Durante os deslocamentos até o ASPSP, as observações ocorreram de forma oportunista, a partir da própria embarcação pesqueira responsável pelo traslado dos pesquisadores. No momento que um indivíduo ou grupo de cetáceos era observado, uma série de informações sobre a avistagem era anotada (data, hora, coordenadas geográficas, espécie avistada, número de grupos, número de indivíduos por grupo e presença de outras espécies associadas), assim como informações sobre as condições meteorológicas e oceanográficas (condições do mar segundo a escala Beaufort). Além disso, sempre que possível, foram obtidas fotografias das espécies avistadas.

Entre 1999 e 2005, foram conduzidas sete expedições ao ASPSP, durante as quais foram realizadas dez avistagens de cetáceos, envolvendo seis espécies distintas (Tabela 11.1 e Figura 11.3).

Tabela 11.1. Lista dos cetáceos avistados durante o trajeto entre o Rio Grande do Norte e o Arquipélago de São Pedro e São Paulo, desde o ano de 2000, com suas respectivas posições geográficas.

Taxa	Nome comum	Data	Nº de indivíduos	Coordenadas Geográficas
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	baleia-minke-anã	21/01/00	1	03°39'21.0"S; 32°17'96.2"W
<i>Pseudorca crassidens</i>	falsa-orca	08/02/00	2	03°01'50.0"S; 31°54'35.9"W
<i>Physeter macrocephalus</i>	cachalote	18/03/01	2	00°53'00.0"S; 30°28'00.0"W
		16/03/04	1	01°33'46.6"S; 30°57'24.4"W
		10/01/05	3*	00°56'54.4"N; 29°22'17.8"W
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	baleia-piloto-de-peitorais-curtas	16/03/04	3	01°33'46.6"S; 30°57'24.4"W
<i>Tursiops truncatus</i>	golfinho-nariz-de-garrafa	06/01/05	1	05°35'15.9"S; 35°02'20.2"W
		09/01/05	11*	00°41'15.8"N; 29°33'15.0"W
<i>Ziphius cavirostris</i>	baleia-de-bico-de-Cuvier	15/01/05	3*	00°54'57.8"N; 29°20'57.4"W
Ziphiidae	baleia-de-bico	07/01/05	3	03°19'43.1"S; 33°03'44.9"W

* Espécimes registrados no entorno do ASPSP.

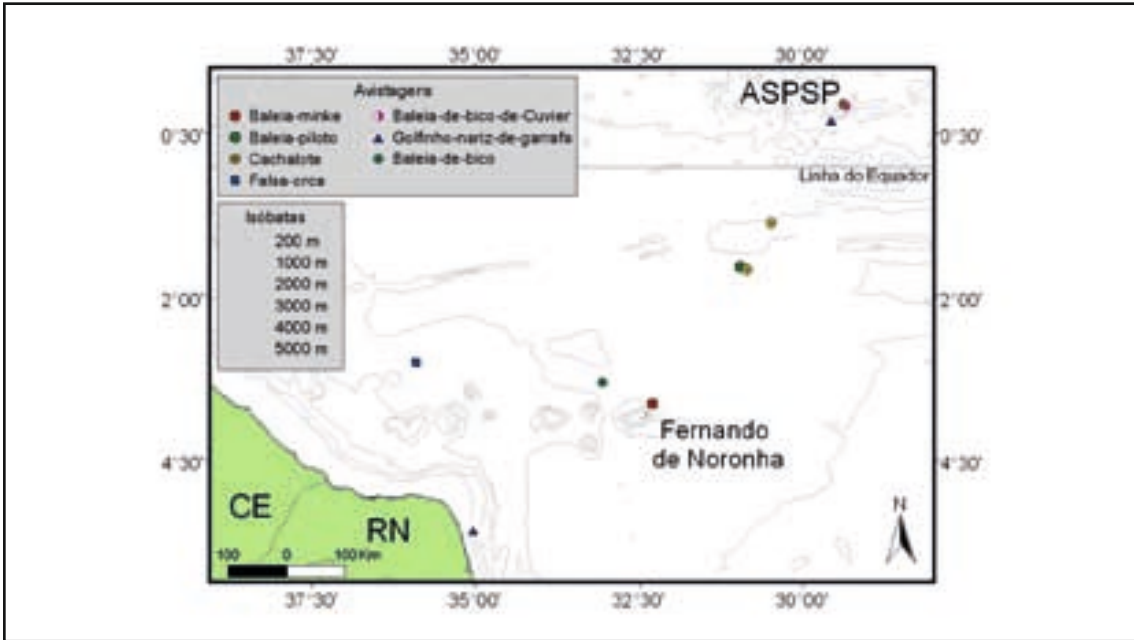


Figura 11.3. Posição das avistagens de cetáceos realizadas durante o trajeto entre o Rio Grande do Norte e o Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

Embora todas as espécies avistadas possuam registros prévios para águas brasileiras, é importante destacar a presença do cachalote na região. Esta espécie, que já havia sido anteriormente registrada ao longo do trajeto entre Fernando de Noronha e o ASPSP (ANANIAS *et al.*, 2003), está incluída na categoria Vulnerável da Lista da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (MA-

CHADO *et al.*, 2005). Além do cachalote, o registro da baleia-de-bico-de-Cuvier (**Figura 11.4**) também merece destaque por ser uma espécie pouco conhecida em águas brasileiras, sendo este o primeiro registro para a região do ASPSP.



Figura 11.4. Baleia-de-bico-de-Cuvier *Ziphius cavirostris* avistada no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Foto: Maurício Tavares.

Ocorrência e foto-identificação do golfinho-nariz-de-garrafa

A fim de avaliar o grau de residência dos indivíduos de *T. truncatus* no ASPSP e auxiliar na investigação do tamanho populacional da espécie na região, foi conduzido durante a realização do projeto um programa de observação e foto-identificação sistemática dos exemplares.

A técnica de foto-identificação consiste em identificar cada animal por meio de marcas permanentes ou de longa duração (arranhões, cortes e despigmentação da pele) presentes em cada indivíduo, especialmente na região da nadadeira dorsal (WURSIG & WURSIG, 1977; MARKOWITZ *et al.*, 2003).

Com o objetivo de conduzir os estudos de foto-identificação, foram realizadas incursões diárias no entorno do ASPSP, com o auxílio dos barcos de apoio ou de um bote inflável. Quando um indivíduo ou grupo de golfinhos-nariz-de-garrafa era avistado, registravam-se os mesmos dados mencionados anteriormente quando do registro de outras espécies de cetáceos ao longo do trajeto até o ASPSP (data, hora, coordenadas geográficas e número de indivíduos por grupo). Além do registro destes dados, obtinha-se uma série de fotografias dos diferentes indivíduos avistados. As fotografias foram tomadas com máquinas fotográficas digital e *reflex* com lentes zoom de 80-300 milímetros.

No período de permanência no arquipélago, durante as sete expedições efetuadas, foram empregados 86 dias para o esforço de observação visando ao registro da ocorrência de *T. truncatus*. As observações foram realizadas a partir de ponto fixo, com auxílio de binóculos (7x50) em locais elevados do arquipélago (farol da ilha Belmont) ou a bordo das embarcações pesqueiras

nas proximidades do ASPSP. A presença dos golfinhos-nariz-de-garrafa foi verificada em 74 dos 86 dias (86,5%) de observação. O tamanho dos grupos avistados variou de um a 25 indivíduos ($\bar{x}=9,10$; $DP=6,62$; $n=59$), sendo que em todas as expedições foi observada a presença de filhotes em pelo menos um dos grupos avistados.

Os golfinhos-nariz-de-garrafa foram usualmente avistados em águas próximas ao arquipélago, em um raio de aproximadamente 3,8 km, muitas vezes predando cardumes de peixes-agulha (Família Hemiramphidae) e peixes-voadores (Família Exocoetidae). A ocorrência de rêmoras (Família Echeneidae) aderidas ao corpo dos golfinhos (**Figura 11.5**) foi igualmente observada com frequência na região. Em alguns espécimes de *T. truncatus* foi constatada também a presença de cicatrizes ocasionadas por tubarões do gênero *Isistius*.



Figura 11.5. Golfinho-nariz-de-garrafa *Tursiops truncatus* fotografado nas proximidades do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, com rêmoras aderidas ao corpo. Foto: Munir Mehse.

Durante as sete expedições realizadas ao ASPSP, foram obtidas aproximadamente 745 fotografias, as quais permitiram a identificação de 17 indivíduos a partir de marcas, cicatrizes ou manchas (**Figura 11.6**) presentes em diferentes regiões do corpo. Os resultados da foto-identificação, associados aos dados de tamanho de grupo, indicam que a população dos golfinhos-nariz-de-garrafa da região do arquipélago é bastante reduzida, sendo composta possivelmente por cerca de 30 a 40 indivíduos.



Figura 11.6. Golfinho-nariz-de-garrafa *Tursiops truncatus* foto-identificado no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, apresentando despigmentação na pele. Foto: Maurício Tavares.

Os resultados das observações sistemáticas e da comparação dos indivíduos foto-identificados nas diferentes expedições demonstram ainda que os golfinhos-nariz-de-garrafa não apenas utilizam a região do ASPSP regularmente, mas também que alguns indivíduos apresentam um considerável grau de fidelidade à região. Neste sentido, cinco indivíduos foram foto-identificados e reavistados em diferentes expedições realizadas com intervalos superiores a um ano. Além disso, um dos indivíduos fotografados em 1999 foi reavistado em 2005 (**Figura 11.7**). Estas informações são particularmente importantes, uma vez que representam os primeiros dados a respeito dos padrões de ocorrência de uma população oceânica de *T. truncatus* em águas brasileiras.



Figura 11.7. Golfinho-nariz-de-garrafa *Tursiops truncatus* foto-identificado no Arquipélago de São Pedro e São Paulo em 2005. O espécime foi primeiramente registrado na região em 1999. Foto: Maurício Tavares.

A residência de *T. truncatus* em pequenas áreas geográficas, mantendo certo grau de fidelidade sazonal ou anual, vem sendo registrada em várias regiões do mundo, especialmente em regiões costeiras (SCOTT *et al.*, 1990; GUBBINS, 2002; ZOLMAN, 2002). Existem poucas informações, entretanto, para populações oceânicas da espécie. Em um dos poucos estudos realizados até o momento, Baird *et al.* (2001) verificaram que 34 dos 88 (38,64%) indivíduos de *T. truncatus* foto-identificados no Havaí foram reavistados em anos subsequentes. Por outro lado, um estudo de foto-identificação realizado no Arquipélago dos Açores, situado a 1.500 km da costa no Atlântico norte, revelou que apenas 44 dos 996 (4,41%) golfinhos-nariz-de-garrafa identificados apresentaram uma forte fidelidade ao arquipélago (SILVA, 2006).

Em águas brasileiras, populações residentes de *T. truncatus* são conhecidas até o momento apenas para alguns estuários no sul do Brasil (MÖLLER *et al.*, 1994, DALLA ROSA, 1999; SIMÕES-LOPES & FABIÁN, 1999; HOFFMANN, 2004). Nestes locais, indivíduos de populações relativamente pequenas da espécie foram reavistados em uma mesma região por períodos superiores a 13 anos.

Os dados obtidos com a realização desse projeto no ASPSP indicam, portanto, que essa população oceânica de *T. truncatus* apresenta uma similaridade com os padrões de ocorrência das populações costeiras da espécie no Sul do Brasil, especialmente em relação ao pequeno tamanho populacional e ao alto grau de fidelidade à região apresentada por alguns indivíduos.

Estrutura genética do golfinho-nariz-de-garrafa

Análises genéticas têm se tornado uma importante ferramenta em estudos envolvendo populações de cetáceos (IWC, 1991; DIZON & PERRIN, 1997; ROSA *et al.*, 2005; AMARAL *et al.*, 2007). O uso de marcadores moleculares tem sido extremamente importante para um melhor entendimento acerca da estrutura e dinâmica populacional de espécies de ampla distribuição, como é o caso de *T. truncatus*.

Por meio do uso destes marcadores, é possível, por exemplo, avaliar o nível de variabilidade genética presente nas populações naturais, a existência ou não de subdivisões populacionais e até mesmo identificar a existência de novas espécies.

Atualmente, uma das maiores preocupações existentes em relação à conservação de populações naturais é a identificação da estrutura genética das populações, isto é, em quantas populações uma espécie está subdividida. Considerando que as ameaças para uma espécie podem ocorrer em diferentes níveis ao longo de sua distribuição geográfica, é de fundamental importância o reconhecimento da identidade das populações, a fim de se conduzir procedimentos de conservação e manejo em âmbito local (HOELZEL, 1994; DIZON & PERRIN, 1997).

Nesta perspectiva, em 2005, foi iniciada uma parceria com o Laboratório de Biologia Genômica e Molecular da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS) e com o Centro de Pesquisas da Petrobrás (Cenpes), com o intuito de caracterizar geneticamente a população de *T. truncatus* do ASPSP e avaliar sua relação com as demais populações da espécie em águas brasileiras.

A partir dessas colaborações, foi possível analisar 59 amostras de tecido de golfinhos-nariz-de-garrafa coletados em diferentes regiões costeiras e oceânicas brasileiras, incluindo, além do ASPSP (n=19), as Bacias de Campos/Santos (Rio de Janeiro e São Paulo) (n=20) e o Rio Grande do Sul (n=20). Enquanto as amostras do Rio Grande do Sul foram coletadas a partir de animais encontrados mortos nas praias durante monitoramentos sistemáticos realizados pelo GEMARS, as amostras das outras regiões foram obtidas a partir de animais vivos, utilizando-se um sistema de biópsia em alto mar. Neste sentido, foram utilizados dardos modificados, projetados por uma balestra, conforme a metodologia descrita por Brown *et al.* (1991) (**Figura 11.8**). É importante salientar que alguns estudos indicam que o impacto causado sobre os indivíduos pelo uso desta metodologia é mínimo ou mesmo desprezível (IWC, 1991). As biópsias foram realizadas a partir de um bote inflável ou dos próprios barcos de apoio. A fim de reduzir a possibilidade de analisar amostras duplicadas de um mesmo indivíduo, os exemplares amostrados foram, sempre que possível, foto-identificados.

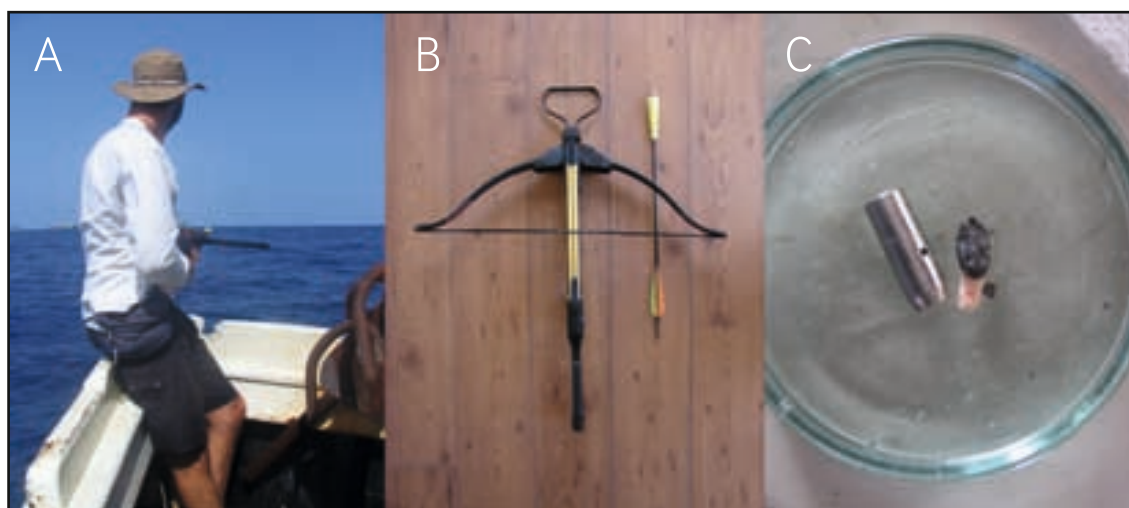


Figura 11.8. a) Pesquisador com balestra utilizada para a coleta de amostra de tecido dos golfinhos-nariz-de-garrafa; b) balestra com dardo e ponteira; c) detalhe da ponteira utilizada e da amostra de tecido de um golfinho-nariz-de-garrafa. Fotos: Maurício Tavares (A,C) e Paulo Ott (B).

As amostras de tecido obtidas (n=59) foram preservadas em solução de dimetil sulfóxido (DMSO), saturada com cloreto de sódio (AMOS & HOELZEL, 1991) e posteriormente congeladas a -20°C para armazenamento em longo prazo.

Em laboratório, extraiu-se o DNA total destas amostras, sendo a região controladora do DNA mitocondrial (mtDNA) o marcador escolhido para análise. Esta região do mtDNA foi amplificada pela técnica de reação em cadeia da polimerase (*Polymerase Chain Reaction* - PCR) e um segmento de aproximadamente 300 pares de base (pb) foi seqüenciado. Cada seqüência da mesma região do mtDNA com uma combinação diferente de nucleotídeos é definida como um haplótipo. A frequência dos haplótipos encontrados e as diferenças entre eles são a chave para a comparação da diversidade genética e separação das populações naturais.

A fim de quantificar o grau de divergência genética existente entre as populações, foi utilizado o índice de fixação (F_{st}), expresso em valores que variam de 0 a 1. As populações com fluxo gênico intenso apresentam valores de F_{st} próximos a 0; por outro lado, populações com marcada estruturação geográfica, resultantes de baixos níveis de migração, apresentam valores de F_{st} que se aproximariam de 1. Conforme sugerido por Wright (1978), os valores de F_{st} observados

entre as populações podem ser classificados em quatro categorias quantitativas: (1) valores de F_{st} entre 0 e 0,05 indicam a existência de pouca diferenciação genética; (2) valores entre 0,05 e 0,15, moderada diferenciação; (3) valores entre 0,15 e 0,25, alta diferenciação; e (4) valores acima de 0,25, diferenciação extremamente alta.

Para a análise da estruturação genética, as amostras foram agrupadas considerando as seguintes regiões geográficas: Arquipélago de São Pedro e São Paulo (n=19), Bacias de Campos/Santos, que incluem Rio de Janeiro e São Paulo (n=20) e Rio Grande do Sul (n=20). A análise da região consenso das 59 seqüências obtidas, contendo 316 pb, revelou a existência de 26 sítios polimórficos, definindo 13 haplótipos distintos (**Tabela 11.2**).

Tabela 11.2. Lista de haplótipos encontrados nas populações estudadas do golfinho-nariz-de-garrafa *Tursiops truncatus*.

Haplótipos	Frequência	ASPSP	BC/BS	RS
Haplótipo 01	1	1		
Haplótipo 02	18	18		
Haplótipo 03	7		4	3
Haplótipo 04	5		5	
Haplótipo 05	6		4	2
Haplótipo 06	2		2	
Haplótipo 07	4		4	
Haplótipo 08	1		1	
Haplótipo 09	7			7
Haplótipo 10	4			4
Haplótipo 11	1			1
Haplótipo 12	2			2
Haplótipo 13	1			1
Total	59	19	20	20

ASPSP=Arquipélago de São Pedro e São Paulo, fora da costa do Rio Grande do Norte; BC/BS=Bacias de Campos/Santos; RS=Rio Grande do Sul.

Uma informação importante obtida a partir das análises moleculares diz respeito à variabilidade genética observada nas diferentes populações. Com esta finalidade, calculou-se a diversidade haplotípica (h), que é uma função do número de haplótipos associado às suas frequências em cada população; assim como a diversidade nucleotídica (π), definida como o número médio de diferenças nucleotídicas por sítio entre todos os pares de haplótipos (NEI, 1987).

A análise das seqüências de mtDNA da população do ASPSP revelou a existência de apenas dois haplótipos entre os 19 indivíduos analisados. Em função deste pequeno número de haplótipos, a diversidade genética observada nesta população foi extremamente baixa ($h=0,1053$ e $\pi=0,0007$), estando entre os menores valores encontrados na literatura não apenas para *T. truncatus* (NATOLI *et al.*, 2004; QUÉROUIL *et al.*, 2007), mas também para outras espécies de pequenos cetáceos (PICHLER & BAKER, 2000). Em contraste, a população das Bacias de Campos/Santos e a do Rio Grande do Sul apresentaram seis e sete haplótipos, respectivamente, resultando em níveis de diversidade genética mais elevados (BC/BS: $h=0,8474$ e $\pi=0,0172$; RS: $h=0,8316$ e $\pi=0,0213$).

A análise da distribuição dos haplótipos encontrados nas distintas regiões revelou também que a maioria dos haplótipos era exclusiva de cada população. Nenhum haplótipo foi compartilhado entre o ASPSP e as demais populações, e apenas dois haplótipos foram comuns às populações das Bacias de Campos/Santos e do Rio Grande do Sul. Esta diferenciação geográfica também foi evidenciada pelos altos índices de fixação (F_{st}) obtidos entre os pares de populações (**Tabela 11.3**), os quais sugerem a existência de, ao menos, três grandes grupos populacionais de *T. truncatus* na costa brasileira.

Tabela 11.3. Valores de F_{st} obtidos a partir da análise de DNA mitocondrial, entre as distintas populações do golfinho-nariz-de-garrafa *Tursiops truncatus* estudadas.

População	ASPSP (n=19)	BC/BS (n=20)	RS (n=20)
ASPSP	-	-	-
BC/BS	0,5180*	-	-
RS	0,5259*	0,1163*	-

* $p < 0,001$; n=número amostral; ASPSP=Arquipélago de São Pedro e São Paulo, fora da costa do Rio Grande do Norte; BC/BS=Bacias de Campos/Santos; RS: Rio Grande do Sul.

A variabilidade genética extremamente baixa de *T. truncatus* no arquipélago e a ausência de haplótipos compartilhados entre esta população e as demais regiões indicam, portanto, que os golfinhos-nariz-de-garrafa do ASPSP apresentam forte isolamento geográfico e pequeno tamanho populacional, conforme também sugerido pelos dados de avistagem e de foto-identificação dos indivíduos obtidos no presente estudo.

É interessante destacar que este alto grau de isolamento geográfico encontrado na população de *T. truncatus* do ASPSP contrasta com a ausência de estruturação geográfica observada para a espécie no Atlântico norte, onde foi verificada a existência de uma grande e única população oceânica, incluindo os Arquipélagos de Açores e Madeira (QUÉROUIL *et al.*, 2007).

Entretanto, para uma melhor compreensão da dinâmica e da estrutura populacional dos golfinhos-nariz-de-garrafa do ASPSP, é essencial a ampliação do número amostral e da área geográfica abrangida por este estudo, bem como a utilização de marcadores moleculares nucleares, como os microssatélites.

Contudo, os resultados obtidos até o momento demonstram claramente a singularidade desta população e a necessidade de considerá-la como uma unidade distinta em qualquer plano de manejo futuro do arquipélago, de forma a assegurar a sua conservação e viabilidade ao longo do tempo.

Agradecimentos

Agradecemos de maneira especial à Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM) pelo apoio no desenvolvimento do projeto junto ao Programa Arquipélago, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro (Processo N°. 480037/2004-3) e à tripulação das embarcações Transmar I, II e III e Esperança pelo apoio logístico durante as expedições. Ao Glauco Caon, Munir Mehse e Lisandro Bastos de Almeida pelo auxílio na coleta de dados durante as expedições ao Arquipélago. Ao Márcio Borges

Martins e Rodrigo Machado pela participação na coleta das amostras de golfinho-nariz-de-garrafa na costa do Rio Grande do Sul. Ao Moacir Apolinário e Salvatore Siciliano pela oportunidade de participar do Projeto de Monitoramento de Aves e Mamíferos Marinhos na Costa Brasileira, o qual possibilitou a coleta de amostras de golfinhos-nariz-de-garrafa nas Bacias de Campos e de Santos. O referido projeto é uma parceria entre o Grupo de Estudos de Mamíferos Marinhos da Região dos Lagos da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca (GEMM-Lagos/ENSP/Fiocruz) e o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo A. Miguez de Mello (Cenpes) da Petrobras. Agradecemos também, em especial, ao Sandro Bonatto por disponibilizar o Laboratório de Biologia Genômica e Molecular da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) para a realização das análises genéticas e à Raquel de Almeida pelo auxílio durante os processos de extração de DNA e seqüenciamento das amostras. Por fim, agradecemos ainda ao CNPq pelas bolsas concedidas aos pesquisadores Larissa R. Oliveira e Ignacio B. Moreno (Processos N°. 151307/2005-9 e 140660/2004-6, respectivamente) e ao Editor de Zoologia da presente publicação, Leonardo Vianna Mohr, pela revisão final do manuscrito.

Referências bibliográficas

- Amaral, A.; Sequeira, M.; Martínez-Cedeira, J. & Coelho, M. 2007. **New insights on population genetic structure of *Delphinus delphis* from the northeast Atlantic and phylogenetic relationships within the genus inferred from two mitochondrial markers.** Mar. Biol. 151: 1967-1976.
- Amos, W. & Hoelzel, A.R. 1991. **Long-term preservation of whale skin for DNA analysis.** Rep. Int. Whal. Commn. (Special Issue 13): 99-103.
- Ananias, S.M.A.; Nascimento, L.F.; Medeiros, P.I.A.P.; Jesus, A.H. & Yamamoto, M.E. 2003. **Nota de avistagem do cachalote (*Physeter macrocephalus*) durante transeção entre os arquipélagos de São Pedro e São Paulo e Fernando de Noronha.** In: Anais do VI Congresso de Ecologia do Brasil, p. 283-284. Fortaleza, Ceará, Brasil, 9-14 de novembro de 2003.
- Baird, R.W.; Gorgone, A.M.; Ligon, A.D. & Hooker S.K. 2001. **Mark-recapture estimate of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) around Maui and Lana'i, Hawai'i during the winter of 2000/2001.** NMFS/SWFSC Tech. Rep. 40JGNFO-00262. La Jolla: NMFS.
- Barreto, A.S. 2000. **Variação craniana e genética de *Tursiops truncatus* (Delphinidae, Cetacea) na costa atlântica da América do Sul.** Tese de Doutorado, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Rio Grande do Sul.
- Brown, M.; Kraus, S.D. & Gaskin, D.E. 1991. **Reaction of North Atlantic right whales (*Eubalaena glacialis*) to skin biopsy sampling for genetic and pollutant analysis.** Rep. Int. Whal. Commn. (Special Issue 13): 81-89.
- Caon, G. & Ott, P.H. 2000. **Ocorrência e fotoidentificação do golfinho-nariz-de-garrafa, (*Tursiops truncatus*) em águas oceânicas brasileiras no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.** In: Anais da 9ª Reunión de Trabajo de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del Sur y 3º Congreso de la Sociedad Latinoamericana de Especialistas en Mamíferos Acuáticos, p. 20-21, Buenos Aires, Argentina, 30 de outubro a 03 de novembro de 2000.
- Caon, G. & Ott, P.H. 2004. **Populações oceânicas do golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*): foto-identificação e fidelidade no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, nordeste do Brasil.** In: 11ª Reunión de Trabajo de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del Sur y 5º Congreso de la Sociedad Latinoamericana de Especialistas en Mamíferos Acuáticos, p. 48, Quito, Equador, 12-17 de setembro de 2004.
- Charlton, K.; Taylor, A.C. & McKechnie, S.W. 2006. **A note on divergent lineages of bottlenose dolphins from coastal waters of southern Australia.** J. Cetacean Res. Manag. 8: 173-179.
- Dalla Rosa, L. 1999. **Estimativa do tamanho da população de botos, *Tursiops truncatus*, do estuário da Lagoa dos Patos, RS, a partir da foto-identificação de indivíduos com marcas naturais e da aplicação de modelos de marcação-recaptura.** Dissertação de Mestrado, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Rio Grande do Sul.
- Dizon, A.E. & Perrin, W. 1997. **Report of the workshop on the analysis of genetic data to address problems of stock identity as related to management of marine mammals,** p. 3-48. In: Dizon, A.E.; Chivers, S.J. & Perrin, W. (Eds.). Molecular genetics of marine mammals. Special publication Number 3 of the Society for Marine Mammalogy. Lawrence: Society for Marine Mammalogy.
- Gubbins, C. 2002. **Use of home ranges by resident bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in a South Carolina estuary.** J. Mammal. 83: 178-187.
- Hoelzel, A.R. 1994. **Genetics and Ecology of Whales and Dolphins.** Ann. Rev. Ecol. Syst. 25: 377-399.
- Hoelzel, A.R.; Potter, C.W. & Best, P.B. 1998. **Genetic differentiation between parapatric 'nearshore' and 'offshore' populations of the bottlenose dolphin.** Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. sci. 265: 1177-1183.
- Hoffmann, L. S. 2004. **Um estudo de longa duração de um grupo costeiro de golfinhos *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) (Cetacea, Delphinidae) no sul do Brasil: aspectos de sua biologia e bioacústica.** Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.
- IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2001. **Mamíferos Aquáticos do Brasil: Plano de Ação.** Versão 2, 2ª ed. Brasília: Edições IBAMA.
- IUCN – União Mundial para a Conservação. 2007. **Cetacean Specialist Group 1996. *Tursiops truncatus*.** 2007 IUCN Red List of Threatened Species. Disponível em <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 20/07/2007.

- IWC – International Wildlife Coalition. 1991. **Report of the workshop on genetic analysis of cetacean populations**. Rep. Int. Whal. Commn. (Special Issue 13): 3-21.
- Lubbock, R. & Edwards, A. 1981. **The fishes of Saint Paul's Rocks**. J. Fish Biol. 18: 135-157.
- Machado, A.B.M.; Martins, C.S. & Drummond, G.M. 2005. **Lista da fauna brasileira ameaçada de extinção: incluindo as espécies quase ameaçadas e deficientes em dados**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas.
- Markowitz, T.M.; Harlin, A.D. & Wursig, B. 2003. **Digital photography improves efficiency of individual dolphin identification**. Mar. Mamm. Sci. 19: 217-223.
- Mead, J.G. & Potter, C.W. 1995. **Recognizing two populations of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) off the Atlantic coast of North America: morphologic and ecologic considerations**. IBI Reports 5: 31-44.
- Möller, L.M.; Simões-Lopes, P.C.; Secchi, E.R. & Zerbini, A.N. 1994. **Uso de fotoidentificação no estudo do deslocamento de botos *Tursiops truncatus* (Cetacea, Delphinidae) na costa sul do Brasil**. In: Anais da 6ª Reunião de Trabalho de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul, p. 5-8, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 24-28 de outubro de 1994.
- Natoli, A.; Peddemors, V.M. & Hoelzel, A.R. 2004. **Population structure and speciation in the genus *Tursiops* based on microsatellite and mitochondrial DNA analyses**. J. Evol. Biol. 17: 363-375.
- Nei, M. 1987. **Molecular Evolutionary Genetics**. Nova Iorque: Columbia University Press.
- Ott, P.H.; Caon, G.; Tavares, M. & Bozzetti, M. 2004. **Cetáceos nas proximidades do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Projeto Ocorrência e Sazonalidade de Cetáceos nas Proximidades do Arquipélago de São Pedro e São Paulo)**. In: II Workshop Científico/Ambiental do Programa Arquipélago, p. 20. Recife, Pernambuco, Brasil, 3-9 agosto de 2004.
- Ott, P.H.; Oliveira, L.R.; Almeida, R.S.; Tavares, M.; Moreno, I.B.; Danilewicz, D.; Siciliano, S.; Apolinário, M. & Bonatto, S.L. 2006a. **Os golfinhos-nariz-de-garrafa do arquipélago de São Pedro e São Paulo são uma população isolada?** In: Anais do 52º Congresso Brasileiro de Genética, p. 196. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 3-6 de setembro de 2006.
- Ott, P.H.; Oliveira, L.R.; Tavares, M.; Almeida, R.S.; Moreno, I.B.; Danilewicz, D.; Siciliano, S. & Bonatto, S.L. 2006b. **Cetáceos do Arquipélago de São Pedro e São Paulo: evidências de isolamento de uma população de *Tursiops truncatus***. In: Livro de Resumos do I Congresso Sul-Americano de Mastozoologia, p. 121. Gramado, Rio Grande do Sul, Brasil, 5-8 de outubro de 2006.
- Perrin, W.F.; Robertson, K.M.; van Bree, P.J.H. & Mead, J.G. 2007. **Cranial description and genetic identity of the holotype specimen of *Tursiops aduncus* (Ehrenberg, 1832)**. Mar. Mamm. Sci. 23: 343-357.
- Pichler, F.B. & Baker, C.S. 2000. **Loss of genetic diversity in the endemic Hector's dolphin due to fisheries-related mortality**. Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. sci. 267: 97-102.
- Quéroutil, S.; Silva, M.; Freitas, L.; Prieto, R.; Magalhães, S.; Dinis, A.; Alves, F.; Matos, J.; Mendonça, D.; Hammond, P. & Santos, R. 2007. **High gene flow in oceanic bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) of the North Atlantic**. Cons. Genet. 8: 1405-1409.
- Rice, D.W. 1998. **Marine Mammals of the World: Systematics and Distribution**. Special Publication No. 4. Lawrence: The Society for Marine Mammalogy.
- Rosa, S.; Milinkovitch, M.C.; Van Waerebeek, K.; Berck, J.; Oporto, J.; Alfaro-Shigueto, J.; Van Bresseem, M.F.; Goodall, N. & Cassens, I. 2005. **Population structure of nuclear and mitochondrial DNA variation among South American Burmeister's porpoises (*Phocoena spinipinnis*)**. Cons. Genet. 6: 431-443.
- Scott, M.D.; Wells, R.S. & Irvine, A.B. 1990. **A long-term study of bottlenose dolphins on the west coast of Florida**. In: Leatherwood, S. & Reeves, R.R. (Eds.). The bottlenose dolphin, p. 235-244. San Diego: Academic Press.
- Siciliano, S. 1994. **Review of small cetaceans and fishery interactions in coastal waters of Brazil**. Rep. Int. Whal. Commn. (Special Issue 15): 241-250.
- Silva, M.A. 2006. **Population biology of bottlenose dolphins in the Azores Archipelago**. Tese de doutorado, University of St. Andrews, St. Andrews, Escócia, Reino Unido.
- Simões-Lopes, P.C. & Fabián, M.E. 1999. **Residence patterns and site fidelity in bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus* (Montagu) (Cetacea, Delphinidae) off Southern Brazil**. Rev. Bras. Zool. 16: 1017-1024.
- Skaf, M.K. & Secchi, E.R. 1994. **Avistagens de cetáceos na travessia do Atlântico: Santos-Tenerife**. In: Anais da 6ª Reunião de Trabalho de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul, p. 72. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 24-28 de outubro de 1994.

- Wang, J.W.; Chou, L.S. & White, B.N. 1999. **Mitochondrial DNA analysis of sympatric morphotypes of bottlenose dolphins (genus: *Tursiops*) in Chinese waters.** Mol. Ecol. 8: 1603-1612.
- _____. 2000. **Osteological differences between two sympatric forms of bottlenose dolphins (genus: *Tursiops*) in Chinese waters.** J. Zool. 252: 147-162.
- Wells, R.S. & Scott, M.D. 2002. **Bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* and *T. aduncus*.** In: Perrin, W.F.; Würsig, B. & Theewisen, J.G.M. (Eds.). Encyclopedia of Marine Mammals, p. 122-127. San Diego: Academic Press.
- Wright, S. 1978. **Evolution and the genetics of populations. Vol. 4. Variability within and among natural populations.** Chicago: University of Chicago Press.
- Würsig, B. & Würsig, M. 1977. **The photographic determination of group size, composition, and stability of coastal porpoises (*Tursiops truncatus*).** Science 198: 755-756.
- Zolman, E.S. 2002. **Residence patterns of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Stono River estuary, Charleston County, South Carolina, U.S.A.** Mar. Mamm. Sci. 18: 879–892.



Capítulo 12

**Projeto Golfinho Rotador:
Pesquisa e Conservação
do golfinho-rotador
Stenella longirostris
Gray, 1828 (Cetacea:
Delphinidae) no
Arquipélago de Fernando
de Noronha, Brasil**

José Martins da Silva Júnior

Resumo

O Projeto Golfinho Rotador iniciou em 1990, tendo como objetivos: a) utilizar o carisma dos golfinhos, a pesquisa científica e os recursos disponíveis ao Projeto para a conservação da espécie; b) estimular a participação da comunidade local, visando ao desenvolvimento sustentável de Fernando de Noronha; c) promover a conscientização dos ilhéus e turistas sobre a conservação ambiental; d) promover a disseminação do uso não-letal de golfinhos no mundo; e) incentivar as alternativas de geração de renda nas comunidades carentes do Nordeste do Brasil e; f) fazer a capacitação de estudantes na pesquisa com cetáceos. Para tal, o Projeto vem desenvolvendo ações de pesquisa científica, educação ambiental, criação de alternativas econômicas para a população local, envolvimento comunitário e apoio ao poder público na elaboração de legislação de proteção dos golfinhos e fiscalização de seu cumprimento. Tais ações são executadas por meio de dois programas: pesquisa da história natural dos golfinhos-rotadores e envolvimento comunitário. Entre janeiro de 1990 e dezembro de 2005, agrupamentos de *Stenella longirostris* entraram na Baía dos Golfinhos em 94,71% dos 2.667 dias de estudo, sendo que a frequência por dia variou de zero a 1.961 ($X=314,67$; $DP=244,44$; $n=2.153$). A Baía dos Golfinhos é utilizada pela espécie como área de descanso, reprodução, cuidado dos filhotes e refúgio contra ataques de tubarões. Em 2006, a Administração do Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha/Área de Proteção Ambiental de Fernando de Noronha/Ibama (atualmente Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/ICMBio) registrou 2.261 passeios turísticos de barco para a observação de golfinhos neste Parque Nacional, totalizando 44.433 visitantes. Em 73,4% das 128 interações entre os golfinhos-rotadores e os barcos, houve impacto visível destes sobre o comportamento da espécie, e a perseguição pelas embarcações quando da entrada ou saída da Baía alterou o comportamento dos golfinhos, provocando a divisão do grupo e aumentando a velocidade do deslocamento. Entre janeiro de 2001 e julho 2007, foram realizadas 247 oficinas ambientais e 76 excursões de campo, atingindo um público de 2.715 crianças. Entre janeiro de 2001 e julho de 2007, os cerca de 130 mil turistas que foram observar golfinhos-rotadores no Mirante dos Golfinhos receberam orientação, material informativo impresso e binóculos; neste período, aproximadamente 60 mil visitantes assistiram palestras sobre a espécie no auditório do ICMBio. De março de 2005 a julho de 2007, foram ministrados 18 cursos profissionalizantes em ecoturismo para os ilhéus, capacitando 620 alunos. O Projeto Golfinho Rotador, responsável pelas Secretarias Executivas dos Conselhos Gestores das duas Unidades de Conservação locais, proveu financiamento para a realização dos trabalhos e coordenou as 39 reuniões dos conselhos efetuadas entre fevereiro de 2003 e agosto de 2007.

Abstract

Projeto Golfinho Rotador (Spinner Dolphin Project): Research and Management of the Spinner Dolphin *Stenella longirostris* Gray, 1828 (Cetacea: Delphinidae) in the Arquipélago de Fernando de Noronha, Brazil

The Projeto Golfinho Rotador (Spinner Dolphin Project) began in 1990 in the Arquipélago de Fernando de Noronha (Fernando de Noronha Archipelago), and has the following objectives: a) to use the charisma of the dolphins, the scientific research and the resources available to the Project for the conservation of the species; b) the participation with the local community

aiming the sustainable development of Fernando de Noronha; c) the awareness of the islanders and tourists on the environmental conservation; d) the worldwide dissemination of the non-lethal use of dolphins; e) to incentive alternative sources of income generation for the poor communities of the Northeast of Brazil; f) the capacity building of the students for the research with cetaceans. To reach these goals, the Project is developing activities of scientific research, environmental education, development of economical alternatives for the local population, community involvement and support to the public power in the elaboration of specific legislation for the protection of the dolphins and law enforcement. Such actions are carried out through two programs: research on the natural history of the Spinner Dolphins and communitarian involvement. Between January of 1990 and December of 2005, groups of *Stenella longirostris* entered the Baía dos Golfinhos (The Dolphins's Bay) in 94.71 % of the 2,667 days of study, and the daily frequency varied from zero to 1,961 ($X=314.67$; $DP=244.44$; $n=2,153$). The Baía dos Golfinhos is used by the species as an area for resting, reproduction, care of the young and refuge against attacks of sharks. In 2006, the Administration of the National Sea Park of Fernando de Noronha/Area of Environmental Protection of Fernando de Noronha/IBAMA (currently Instituto Chico Mendes of Biodiversity Conservation/ICMBio) registered 2,261 tourist boat trips for dolphin watching in this National Park, representing 44,433 visitors. In 73.4 % of 128 interactions between the Spinner Dolphins and the boats, there was an obvious impact of this activity on the behavior of the species, and the pursuit made by the vessels when they enter or exit the Bay has altered the behavior of the dolphins, provoking the division of the group and increasing the speed of the dislocation. Between January of 2001 and July 2007 there were carried out 247 environmental workshops and 76 field trips, reaching around 2,715 children. Between January of 2001 and July of 2007, around 130 thousand tourists who were doing dolphin watching at the Baía dos Golfinhos received guidance, distribution of informative printed material and access to binoculars; in this period, approximately 60 thousand visitors had lectures about the species in the auditorium of the ICMBio. From March of 2005 to July of 2007, 18 training courses about ecotourism were offered for 620 students. The Projeto Golfinho Rotador, as the responsible institution for the Executive General offices of the Administrative Board of the two local protected areas provided funding for their activities and coordinated 39 board meetings carried out between February of 2003 and August of 2007.

Introdução

A beleza natural do arquipélago e o aumento da demanda por ecoturismo em Unidades de Conservação fizeram com que o número de turistas no Parque Nacional Marinho (Parnamar) de Fernando de Noronha e Área de Proteção Ambiental (APA) de Fernando de Noronha, vinculados ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), chegasse a mais de 85 mil visitantes por ano entre 2005 e 2008, fazendo com que o turismo se tornasse a principal atividade econômica da região. A facilidade em encontrar golfinhos e o carisma destes animais transformou a observação de golfinhos em um dos principais atrativos turísticos do arquipélago.

Apesar de a legislação sobre as Unidades de Conservação estabelecer normas que minimizem impactos ambientais em áreas protegidas como Fernando de Noronha, o local vem sofrendo com o crescimento desordenado do turismo e com o afluxo de pessoas que fixam residência na região para ocupar os postos de serviços criados com o turismo, o que duplicou a população

residente nos últimos 12 anos. De acordo com o último censo da Administração do Distrito Estadual de Fernando de Noronha, em julho de 2007, viviam no local 3.527 pessoas, sendo 2.196 moradores permanentes e 1.331 temporários.

Ao mesmo tempo em que o impacto ambiental negativo do turismo é evidente, esta atividade é um forte agente sensibilizador das questões ambientais e a principal atividade econômica local. Mas, para que o ecoturismo ocorra em base sustentável, é fundamental que a visitação seja orientada por condutores capacitados e aptos a transmitir noções de conservação e educação ambiental, que ocorra monitoramento científico da atividade e que tal atividade tenha a participação da comunidade local.

Os planos de manejo das duas Unidades de Conservação locais propõem a execução de ações de pesquisa e manejo dos golfinhos-rotadores *Stenella longirostris* Gray, 1828 na região. A União Mundial para a Conservação (IUCN) o inclui nas categorias Baixo Risco e Dependente de Conservação (ver http://www.iucnredlist.org/info/categories_criteria1994).

O Plano de Ação Mamíferos Aquáticos do Brasil (IBAMA, 2001) classifica o golfinho-rotador na categoria Dados Insuficientes e propõe o desenvolvimento de oito programas para a espécie, dentre os quais dinâmica populacional e história natural. Especificamente para Fernando de Noronha, é indicada a necessidade de determinar o tamanho da população e a avaliação do impacto do turismo sobre a espécie, visando fornecer subsídios para sua conservação e manejo. O Plano de Manejo do Parnamar de Fernando de Noronha (IBAMA, 1990) propõe como estudo prioritário uma proposta de manejo para *S. longirostris* no arquipélago. O Plano de Manejo da APA de Fernando de Noronha (IBAMA, 2005) propõe adquirir maior conhecimento, proteger e conservar os mamíferos marinhos que ocorrem na área.

A alta frequência de golfinhos-rotadores, a falta de informações científicas e a iminência do crescimento desordenado do turismo em Fernando de Noronha levaram à criação do Projeto Golfinho Rotador, em 23 de agosto de 1990. O Projeto Golfinho Rotador tem como objetivos utilizar o carisma dos golfinhos, a pesquisa científica e os recursos disponíveis ao Projeto para a conservação da espécie; incentivar a participação da comunidade local visando ao desenvolvimento sustentável de Fernando de Noronha; promover a conscientização dos ilhéus e turistas sobre a conservação ambiental; promover a disseminação do uso não-letal de golfinhos no mundo; incentivar as alternativas de geração de renda nas comunidades carentes do Nordeste do Brasil; e fazer a capacitação de estudantes na pesquisa com cetáceos.

Material & métodos

Área de Estudo

Arquipélago de Fernando de Noronha (03°51'S–32°25'W) está distante 345 km do Cabo de São Roque, no Rio Grande do Norte, e situa-se na altura da bifurcação da corrente Sul Equatorial, que corre no sentido oeste com águas caracterizadas pela salinidade elevada e baixas concentrações de sedimentos, matéria orgânica, nutrientes e plâncton (IBAMA, 1990), alta transparência, profundidade de extinção da luz de 87 metros (COSTA, 1991) e pela temperatura em torno de 27°C (LINSKER, 2003).

O clima é tropical com duas estações pluviométricas bem definidas: período seco (agosto a fevereiro) e período chuvoso (março a julho). A precipitação média anual é de 1.300 mm³ (de 500 a 2.000 mm³) (LINSKER, 2003). A temperatura do ar oscila entre 23,5 e 31,5°C e apresenta amplitude térmica média de 4,1°C. Predominam os ventos alísios de sudeste e leste (IBAMA, 1990).

O Arquipélago é o que resta do alto de um vasto edifício vulcânico, cuja base repousa no assoalho oceânico, a 4.000 metros de profundidade, com as ilhas secundárias elevando-se de uma rasa plataforma com até 5 km de largura (ALMEIDA, 1958). O arquipélago é constituído por uma ilha principal, Fernando de Noronha, e 17 ilhas secundárias, totalizando uma área de 26 km² (IBAMA, 1990).

A Ilha de Fernando de Noronha tem 17 km², distribuídos longitudinalmente na direção sudoeste-nordeste e formando duas faces com 11 km de extensão. A face noroeste, denominada de Mar de Dentro, fica a sotavento, protegida dos ventos predominantes. No Mar de Fora, a face sudeste, o mar é mais agitado. Quase todo o litoral da ilha é rochoso e escarpado, principalmente na face sudeste e na extremidade oeste da face noroeste, onde se localiza a Baía dos Golfinhos (**Figura 12.1**).



Figura 12.1. Baía dos Golfinhos, Ilha de Fernando de Noronha. Foto: José Martins da Silva-Jr.

O fundo da Baía dos Golfinhos é predominantemente coberto por areias vulcânicas com rochas dispersas, com profundidade média de 15 metros ao centro e 25 metros na parte mais profunda. As encostas são bastante íngremes, e a enseada não apresenta praias de areia, apenas praias de seixos rolados ou as águas chegam direto ao penhasco (ALMEIDA, 1958). O local é a enseada de águas mais calmas, transparentes e profundas do arquipélago; como a borda do penhasco é mais alta que a área adjacente à Baía dos Golfinhos, não existe riacho ou córrego de água chegando à enseada, pois a água pluvial é carregada para a Baía do Sancho ou para a Praia do Leão. As correntes internas na Baía dos Golfinhos são fracas e no sentido sudoeste, e a face externa é delimitada por cinco bóias, localizadas próximas da isóbata de 25 metros, as quais sinalizam a área proibida ao acesso dos barcos (SILVA-JR., 1996).

Por ser o maior arquipélago oceânico do Atlântico sul tropical, por possuir espécies endêmicas, concentrar um potencial genético e também por recomendação de entidades nacionais e internacionais, Fernando de Noronha, além de compor duas Unidades de Conservação, recebeu da Unesco o título de Patrimônio Natural da Humanidade (IBAMA, 1990).

Fernando de Noronha apresenta uma combinação única de características ambientais, sociais e econômicas decorrentes de ser o maior arquipélago tropical do Atlântico sul e coexistir com uma população de 3.527 moradores, além de receber cerca de 85 mil visitantes por ano.

Métodos

O Projeto Golfinho Rotador executa suas ações por meio de dois programas: pesquisa da história natural de *S. longirostris* e envolvimento comunitário com a população local.

Programa de Pesquisa

Consiste no estudo da história natural dos golfinhos-rotadores. Os dados aqui apresentados foram coletados entre setembro de 1990 e dezembro de 2006 por meio de seis subprogramas: monitoramento da Baía dos Golfinhos, estudo da ecologia comportamental, catalogação dos golfinhos, caracterização genética, estudo da interação do turismo com os golfinhos e Rede de Encalhes de Mamíferos Aquáticos. Também foram analisadas 32 horas de filmagens e cerca de 10 mil fotografias do catálogo fotográfico do Projeto Golfinho Rotador, que estão arquivadas no Centro Golfinho Rotador, em Fernando de Noronha.

Monitoramento da Baía dos Golfinhos

Esta etapa consistiu no registro da ocupação da Baía dos Golfinhos pela espécie, quantificada pela presença/ausência, frequência e tempo de permanência desta na enseada. A variação desta ocupação foi relacionada com parâmetros ambientais (pluviosidade, direção e velocidade dos ventos e agitação do mar). Para a quantificação, foram realizadas observações no Mirante dos Golfinhos (**Figura 12.2**), com auxílio de binóculos e lunetas, seis dias por semana, da alvorada até uma hora após a saída do último golfinho (das 5h30min às 18h), conforme descrito em Silva-Jr. (1996).



Figura 12.2. Monitoramento de *Stenella longirostris* a partir da Baía dos Golfinhos, Ilha de Fernando de Noronha. Foto: José Martins da Silva-Jr.

Estudo da ecologia comportamental

Para este subprograma, foram executadas tanto observações subaquáticas e de ponto fixo (esta no Mirante dos Golfinhos) quanto análise comportamental de registros escritos, fotográficos, videográficos e bioacústicos. O comportamento subaquático foi estudado por meio de observações em mergulho livre, no interior da Baía dos Golfinhos e em outras áreas do arquipélago (**Figura 12.3**), conforme Pryor e Shallenberger (1991), Silva-Jr., Silva & Pereira (1996), Mayol *et al.* (2000) e Silva-Jr. (2005). As análises comportamentais foram animal focal e todas as ocorrências (Altmann, 1974; Lehner, 1996) e os registros foram escritos, fotográficos e videográficos. O comportamento aéreo dos golfinhos foi analisado em observações de ponto fixo no Mirante dos Golfinhos, por meio de quantificação das atividades aéreas em etogramas, utilizando-se fotografias e vídeos. Os dados foram coletados em períodos de 2 minutos, com intervalos de 13 minutos entre períodos sucessivos, sempre nos mesmos horários, seguindo os métodos de observação instantânea (*scan*) de amostragem de seqüências; os padrões de atividades aéreas foram aqueles definidos por Norris e Dohl (1980). Os estudos bioacústicos objetivaram descrever as características físicas dos sons emitidos, o repertório acústico e associar padrões sonoros com padrões comportamentais dos golfinhos-rotadores. Os sons foram gravados por hidrofone e filmadora *High-definition video* em caixa estanque com microfone externo.



Figura 12.3. Observações do comportamento subaquático de *Stenella longirostris* utilizando-se de mergulho livre. Foto: José Martins da Silva-Jr.

Catálogo dos golfinhos

Os golfinhos foram catalogados por meio de registros fotográficos e videográficos, obtidos em mergulhos livres e a bordo de barcos, utilizando-se os métodos de identificação de pequenos cetáceos (HAMMOND *et al.*, 1990). A principal parte identificável do golfinho foi a nadadeira dorsal, devido à longevidade de suas marcas e por ser a região mais freqüentemente exposta; esta foi descrita segundo critérios de formato, pigmentação e reentrâncias na face posterior. Cada espécime foi catalogado em ficha individual contendo fotografias, número de identificação, nome, sexo, classe etária, feições identificáveis, descrição e desenhos das marcas. Para a avistagem e sucessivas reavistagens, registraram-se data, hora, local, método de observação (em mergulho ou barco), comportamento, golfinhos que o acompanhavam, quan-

tidade de golfinhos avistados, observados e marcados e também a identificação das fotografias e/ou fita de vídeo.

Caracterização genética

Utilizou-se um marcador molecular visando facilitar a compreensão de questões ecológicas e evolutivas relevantes para a conservação de *S. longirostris*, optando-se por empregar um marcador do tipo microssatélite, por ser codominante e representar uma região específica do genoma, o que é considerado ideal para determinar a variabilidade e a estrutura populacional de uma espécie. Foram coletadas 171 amostras de pele a bordo de uma embarcação tipo inflável, quando os animais aproximavam-se da proa para acompanhá-la. A biópsia foi realizada com uma técnica de baixa invasibilidade, na qual se empregam esponjas de fibra sintética e material abrasivo. As análises do material genético ocorreram conforme Farro (2006).

Estudo da interação do turismo com os golfinhos

Essa etapa consistiu na investigação da interação dos golfinhos-rotadores com as atividades de turismo, por meio da análise das respostas comportamentais da espécie à presença de mergulhadores e de barcos. As observações foram realizadas em mergulho livre, de barcos turísticos e de dois pontos fixos – Mirante dos Golfinhos e Forte do Boldró – entre 8h e 17h. Quando em mergulho livre e em barcos de turismo, foi registrado o comportamento dos golfinhos na presença de mergulhadores; dos barcos, observaram-se as características biológicas e comportamentais (**Figura 12.4**). Nas observações em ponto fixo, no Mirante dos Golfinhos, foram observados o número e o comportamento dos golfinhos que acompanhavam as embarcações de turismo na Baía dos Golfinhos; do Forte do Boldró, se observou o comportamento de deslocamento dos golfinhos em relação à presença e o procedimento das embarcações na área entre as ilhas Dois Irmãos e o Morro do Pico. Também foi realizada uma valoração econômica dos golfinhos-rotadores em Fernando de Noronha, por meio de entrevistas com os turistas e prestadores de serviço locais.



Figura 12.4. Estudo da interação de *Stenella longirostris* com os barcos de turismo no Arquipélago de Fernando de Noronha. Foto: arquivo Projeto Golfinho Rotador.

Rede de Encalhes de Mamíferos Aquáticos

O Centro Golfinho Rotador é uma das instituições fundadoras e membro do Comitê Gestor da Rede de Encalhes de Mamíferos Aquáticos do Nordeste (Remane), que o torna responsável pelo registro de encalhes e avistagens de mamíferos marinhos em Fernando de Noronha. Para a realização das necropsias de animais encontrados mortos, toda a carcaça ou partes desta foram transportadas por via aérea para o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Mamíferos Aquáticos (CMA)/ICMBio, ou um médico-veterinário do CMA se deslocou até Fernando de Noronha a fim de realizar os exames.

Programa de envolvimento comunitário

É executado por meio de três subprogramas: Educação Ambiental, Capacitação Profissional e Gestão Participativa das Unidades de Conservação de Fernando de Noronha. Aqui são apresentadas as atividades desenvolvidas entre janeiro de 2001 e julho de 2007.

Educação ambiental

As ações foram divididas de acordo com o público-alvo: população local e visitantes. A primeira consistiu no desenvolvimento de atividades de educação, percepção, sensibilização e conscientização com os alunos da Escola Arquipélago Fernando de Noronha, por meio da realização de debates, oficinas e excursões de campo, no período letivo e de férias. A parte teórica dos debates e oficinas ocorreu nas salas de aula da escola. As excursões de campo ocorreram em diversas áreas do Arquipélago e possibilitaram a vivência e a integração dos alunos com os diversos ecossistemas locais (**Figura 12.5**). As atividades foram conduzidas com linguagem e recursos didáticos adequados a cada tema e faixa etária, valorizando-se o conhecimento prévio dos participantes para promover a construção de conceitos de maneira significativa e com o uso de ferramentas como DVD, explanações multimídia e Internet. O Projeto Golfinho Rotador manteve um técnico para orientar, fornecer binóculos e distribuir material impresso aos turistas, que observam os golfinhos-rotadores no Mirante dos Golfinhos pela manhã. Semanalmente, foi ministrada uma palestra sobre a espécie aos visitantes e moradores da ilha no Centro de Visitantes do Parque Nacional.

Em janeiro e fevereiro de 2005, 2006 e 2007, o Centro Golfinho Rotador realizou as Férias Ecológicas, que consistiram em uma série de ações educativas desenvolvidas com estudantes da comunidade de Fernando de Noronha, com o objetivo de sensibilizar crianças e adolescentes para os processos naturais e sociais, visando ao desenvolvimento de uma consciência crítica e da convivência harmônica com a natureza, além de oferecer opções de lazer educativo para as crianças em férias escolares. As turmas foram divididas de acordo com a faixa etária (5 a 7 anos, 8 a 10 anos, 11 a 15 anos e uma turma extra de 5 a 10 anos). Anualmente, houve oficinas paralelas de capoeira, música, teatro de fantoche e maracatu, bem como atividades de mergulho com golfinhos, mergulho livre orientado em locais fechados à visitação para grande público, trilha do Mirante dos Golfinhos, passeio de barco, escultura de areia e caça ao tesouro na praia, oficina de pipas, “programa de índio”, “trilha cega”, oficina de fotografia, “flanelógrafo”, construção de molduras em papel machê, oficina de reciclagem, “cinemar”, reconstrução de ambientes, mosaicismo e pintura de camisetas.



Figura 12.5. Excursão de campo para atividades de Educação Ambiental com alunos da Escola Arquipélago Fernando de Noronha, Ilha de Fernando de Noronha. Foto: José Martins da Silva-Jr.

Capacitação profissional

Os cursos profissionalizantes visaram capacitar jovens locais para o mercado de ecoturismo em vagas já existentes em pousadas, operadoras de mergulho, agências de turismo receptivo e barcos de passeio, onde predominam funcionários vindos do continente. A metodologia escolhida para as atividades de Capacitação Profissional em Ecoturismo com os alunos da Escola Arquipélago Fernando de Noronha maiores de 14 anos foi a realização de cursos de formação em profissões relacionadas ao ecoturismo local. Os cursos foram ministrados por professores especializados em cada área.

Gestão Participativa das Unidades de Conservação de Fernando de Noronha

Por meio da Secretaria Executiva dos Conselhos Gestores da APA e do Parnamar de Fernando de Noronha, o Projeto Golfinho Rotador participou da implementação de uma rede com as organizações não-governamentais e órgãos governamentais de Fernando de Noronha. O modelo de organização em rede foi escolhido por ser o mais indicado para a comunidade local gerir a busca pelo desenvolvimento sustentável ambiental e social do arquipélago.

Testes estatísticos

Para maior compreensão dos dados biológicos apresentados neste trabalho, foram realizadas as seguintes análises estatísticas paramétricas com o uso do Programa Systat: teste *t*, Anova e regressão múltipla simples.

Resultados e discussão

• Programa de pesquisa

Monitoramento da Baía dos Golfinhos

Entre janeiro de 1990 e dezembro de 2005, que representaram 13.844 horas e 26 minutos e 2.667 dias de observação, agrupamentos de golfinhos-rotadores entraram na enseada em 2.526 dias (94,71%). A frequência – número de golfinhos que entraram na enseada por dia – variou de zero a 1.961 ($\bar{X}=314,67$; $DP=244,44$; $n=2.153$).

Observou-se que, em dias com vento predominante do quadrante sudeste, uma maior quantidade de golfinhos entrou na baía, ao contrário do que ocorreu quando dominaram ventos do quadrante norte ($p < 0,001$; Anova *Least Squares Means*). Na estação chuvosa, o número médio de golfinhos-rotadores que entraram na Baía dos Golfinhos foi de 184,93 ($n=852$; $DP=170,15$), significativamente menor que os 368,98 golfinhos ($n=1.301$; $DP=217,75$) da estação seca ($t = -21,931$; $df=2.085,2$; $p=0.000$).

Também se registrou uma grande variação no número de golfinhos que entraram por dia na Baía dos Golfinhos; esta variação acaba por não estabelecer uma relação direta entre as frequências e as variáveis ambientais, provavelmente existindo outros fatores que interferem nas relações. Ocorreram dias chuvosos nos quais os golfinhos entraram na baía, bem como dias secos em que os golfinhos não entraram. Acredita-se que isso pode ser efeito de variáveis bióticas, como disponibilidade de alimentos nas regiões de alimentação, abundância de predadores nas proximidades da baía ou até as relações entre os próprios golfinhos. Porém, as análises das frequências em diferentes grupos (teste *t* e Anova) mostraram que, de modo geral, os grupos de *S. longirostris* tendem a visitar a baía com maior frequência na época seca e com ventos fracos de norte ou fortes de sudeste.

Ao se fazer uma regressão múltipla entre a frequência de golfinhos na baía e as variáveis ambientais (velocidade do vento, dia chuvoso e véspera chuvosa), o modelo resultante mostrou que há relação entre estas e a frequência ($n=1.296$; *Multiple R*=0,265; *Squared multiple R*=0,070; *Adjusted squared multiple R*= 0,068; *Standard error of estimate*= 208,282; $p < 0,001$). Quanto maior a pluviosidade da véspera, menor foi o número de golfinhos (Coeficiente de Regressão $b = -80,56$; $p < 0,001$); quanto maior a chuva no dia, menor o número de golfinhos ($b = -46,51$; $p = 0,001$). Já em relação ao vento, quanto maior foi a sua velocidade, maior foi o número de golfinhos na baía ($b = 9,23$; $p = 0,004$). Assim, gerou-se a seguinte equação: número de golfinhos na baía no dia $x = 256,258 - 80,56$ (chuva na véspera do dia x) $- 46,51$ (chuva no dia x) $+ 9,23$ (velocidade do vento no dia x).

O tempo de permanência dos golfinhos na baía, por dia, variou de 1 minuto a 13 horas e 11 minutos ($X=7,34$; $DP=3,23$; $n=2.127$); em vento sul ou sudeste permaneceram por mais tempo ($p < 0,01$); já com vento norte, a permanência diminuiu ($n=1.198$; *Multiple R*=0,208; *Square multiple*=0,043). O horário de entrada do primeiro golfinho na baía variou entre 5h13min e 15h ($X=6h14min$; $DP=0,68$; $n=2.372$).

Somente em 86 (0,04%) dos 2.550 dias em que os pesquisadores chegaram à Baía dos Golfinhos antes da alvorada, foi observada a presença de *S. longirostris* antes do nascente. Dos 779.433 golfinhos-rotadores registrados entrando na baía ao longo do estudo, 55% dos indivíduos chegaram pelo leste, 32% pelo oeste e 13% pelo norte, em relação à baía. O horário de saída do último golfinho oscilou entre 5h50min e 18h40min ($X=13h37min$; $DP=3,04$; $n=2.248$). A maioria dos 578.507 espécimes registrados saindo da baía, ao longo do estudo, saíram pelo leste (86%), 10% pelo oeste e 4% pelo norte. Em nenhuma ocasião, observaram-se golfinhos após o poente.

O ciclo diário de atividades dos golfinhos em Fernando de Noronha segue a seguinte ordem: alimentação noturna, movimento matinal em direção à baía, chegada ao nascente e saída à tarde para as zonas de alimentação.

Estudo da ecologia comportamental

Em observações subaquáticas, definiu-se que a Baía dos Golfinhos é utilizada pelos golfinhos-rotadores como área de descanso, reprodução, cuidado dos filhotes e refúgio contra ataques de tubarões.

O comportamento de descanso consistiu em um lento movimento ascendente-descendente entre a superfície e o fundo da baía. Os golfinhos se dividiam em subgrupos de três a 50 indivíduos e realizavam um ziguezague vertical, com um lento deslocamento horizontal. Os animais vinham à superfície, permanecendo em média 15 segundos e submergiam lentamente; com o corpo curvado, caíam até próximo ao fundo, quando voltavam a subir (**Figura 12.6**). O tempo máximo de submersão foi de 3 minutos e 20 segundos, com média de 2 minutos e 45 segundos. O horário preferencial de repouso é no final da manhã, das 10h às 14h.



Figura 12.6. Comportamento de descanso de *Stenella longirostris* na Baía dos Golfinhos, Ilha de Fernando de Noronha. Foto: José Martins da Silva-Jr.

As atividades sexuais ocorreram durante a maior parte do tempo em que os golfinhos-rotadores estiveram na Baía dos Golfinhos e foram divididas em duas classes: reprodutiva e não-reprodutiva. No comportamento de cópula reprodutiva, a fêmea foi cortejada por um a até 20 machos simultaneamente, que nadavam em formação triangular posterior a ela (**Figura 12.7**). O macho se aproximava da fêmea, posicionava-se abaixo dela com o ventre para cima, copulava e evadia. Em seguida, outro macho chegava e repetia o processo. Esta sucessão prosseguiu com a maior parte dos machos do grupo de cópula. Em grupos com mais de uma fêmea, os machos copulavam com uma e em seguida com outra fêmea, e freqüentemente existia mais de um casal simultaneamente em cópula. As atividades sexuais sem fins reprodutivos também podem ser definidas como interação sexual e, entre estas, as mais freqüentes foram: machos e fêmeas imaturos copulando entre si ou se colocando em posição de cópula; macho imaturo copulando ou se colocando em posição de cópula com fêmea adulta; fêmeas esfregando, mordendo ou inserindo a ponta do focinho na fenda genital de outra fêmea; fêmeas colocando-se em postura de cópula e esfregando as suas regiões genitais; machos esfregando, mordendo ou inserindo a ponta do focinho na fenda genital de outro macho; e machos colocando-se em

postura de cópula e esfregando as suas regiões genitais. A estratégia sexual de *S. longirostris* em Fernando de Noronha foi caracterizada como uma estratégia reprodutiva promíscua e polígama, na qual os parceiros fixos de cópula não foram definidos e as atividades sexuais foram realizadas também sem fins reprodutivos, com objetivo de integração social ou de alcançar prazer sexual ou afetivo. Esta estratégia resulta em uma estrutura social muito fluída, na qual inexistia a figura paterna, os laços familiares são derivações da relação mãe-filho e as decisões aparentemente são tomadas em grupo.



Figura 12.7. Comportamento de cópula de *Stenella longirostris* na Baía dos Golfinhos, Ilha de Fernando de Noronha. Foto: José Martins da Silva-Jr.

A amamentação foi observada freqüentemente na Baía dos Golfinhos, com o filhote posicionando-se lateralmente e esfregando o focinho na fenda mamária da mãe, sendo expelido um leite bastante gorduroso (**Figura 12.8**). O filhote mamava intermitentemente durante aproximadamente 20 segundos em uma fenda mamária, descansava 60 segundos e mamava mais 20 segundos em outra fenda, voltava a descansar e depois voltava a mamar. A freqüência de amamentação foi maior no início das manhãs. Foram observados filhotes mamando de três maneiras: em algumas ocasiões, o filhote succionava o leite diretamente da fenda mamária, quando se percebeu o movimento de sua glote; em outras oportunidades, o leite saía da fenda para a boca do filhote, como se este sugasse o leite utilizando-se de um canudo; e em raras ocasiões, o filhote ingeriu na coluna da água goles isolados do leite expelido.



Figura 12.8. Comportamento de amamentação de *Stenella longirostris* na Baía dos Golfinhos, Ilha de Fernando de Noronha. Foto: José Martins da Silva-Jr.

Os golfinhos-rotadores apresentaram um complexo comportamento social e dois sistemas principais de comunicação: o aéreo e o bioacústico.

O sistema de comunicação aéreo foi composto por diversos padrões de saltos e batidas com partes do corpo na superfície do mar, as quais produziam turbulências características quando o golfinho reentrava na água (**Figura 12.9**).



Figura 12.9. Atividade aérea de rotação em *Stenella longirostris* em Fernando de Noronha. Foto: José Martins da Silva-Jr.

A análise das 8.566 atividades aéreas executadas na Baía dos Golfinhos – a partir da escolha de padrões selecionados em 19 dias entre maio de 1994 e maio de 1995 – permitiu observar que golfinhos adultos foram responsáveis por 97,54% e filhotes por 2,46% de todas as atividades aéreas. As atividades horizontais ao plano da água corresponderam a 88,07% e as verticais a 11,93%. A rotação correspondeu a 36,87% de todas as atividades aéreas e foi a mais executada.

211 atividades foram executadas pelos filhotes: 67,77% rotações, 21,33% saltos e 5,21% caídas; já para os adultos, para as 8.355 atividades, o percentual foi: 6,81% batidas de cauda, 9,67% batidas de cabeça, 3,54% “motor de popa”, 30,33% caídas, 9,60% saltos, 37,80% rotações, 1,29% inversões, 0,44% piruetas e 0,51% corridas.

Ocorreu flutuação horária no grau de agitação e no comportamento predominante da espécie na Baía dos Golfinhos ao longo do dia, resultando em seis períodos comportamentais distintos: entrada, organização, primeiro turno de descanso, reorganização, segundo turno de descanso e saída. Observaram-se dois períodos com grande atividade, que foram denominados de organização e reorganização, os quais têm a função de dividir os golfinhos presentes na baía em três subgrupos comportamentais: descanso, reprodução e mãe-filho. Durante os períodos de descanso, ocorreram menos atividades aéreas. Das 112 atividades aéreas associadas a deslocamentos de subgrupos de golfinhos, 90,12% foram horizontais em relação ao plano da água. Nos comportamentos de deslocamento, como na entrada e saída da Baía dos Golfinhos e no acompanhamento de barcos, predominaram as atividades horizontais. De 75 atividades aéreas associadas a agrupamento de subgrupos de golfinhos, 81,33% foram verticais em relação ao plano da água.

Nos comportamentos de agrupamento, como cópula e alimentação, predominaram as atividades verticais. Os golfinhos-rotadores foram observados girando seis vezes em torno do próprio eixo em cada rotação, assim como executando seqüências de mais de 20 atividades aéreas diversas vezes; os giros ocorreram tanto no sentido horário quanto no anti-horário, podendo ambos ocorrer na mesma seqüência de rotações. Alguns comportamentos associados às atividades aéreas foram bem característicos. A reprodução pode estar acompanhada por batidas de cauda dos machos, principalmente do tipo “motor de popa”, e estas batidas também foram observadas nos momentos em que os golfinhos cercavam suas presas, no comportamento de alimentação. Em 3 de fevereiro de 1995 – ocasião em que a ilha recebeu o transatlântico de passageiros Funchal e aconteceram 53 passagens de barcos defronte à Baía dos Golfinhos –, observou-se um macho executar uma seqüência com 54 atividades aéreas, com predominância de rotações e caídas. Esta seqüência, que foi a maior já observada pelos pesquisadores do Projeto Golfinho Rotador, aconteceu imediatamente após cessar o trânsito de barcos defronte à baía, às 13h05min. Após a seqüência, o macho liderou um subgrupo de 32 golfinhos na saída da baía. As atividades aéreas horizontais, rotações e caídas, foram executadas por machos adultos quando um barco perseguia por muito tempo os golfinhos que saíam da baía, sendo interpretada como um sinal de comunicação dos golfinhos-rotadores que estavam “de guarda” para orientar os deslocamentos, a divisão do grupo e a fuga do subgrupo principal.

Analisaram-se também os dados das atividades aéreas realizadas por *S. longirostris* na Baía dos Golfinhos entre dezembro de 2006 e março de 2007, que totalizaram 1.024 horas de observações diurnas durante 102 dias, sendo que em 523,8 horas os golfinhos estavam na enseada. Tendo em vista que: a) a correlação entre a quantidade total de atividades aéreas e o número de indivíduos não foi significativa ($R^2=0.3107$); b) a relação entre a quantidade de atividades aéreas em função do número de golfinhos presentes na enseada não mostrou variação significativa entre os horários e; c) ocorreu um período (entre 7h30min e 9h30min) com maior freqüência de atividades aéreas (teste Tukey: $\alpha=95\%$; $p<0,05$), entende-se que, neste período, cada golfi-

nho realizou, proporcionalmente, uma maior quantidade de atividades aéreas, resultando em maior gasto energético individual. Os padrões de atividades aéreas horizontais predominaram sobre os verticais. Foi significativa ($p < 0,05$) a ocorrência de picos de atividades aéreas verticais (entre 7h30min e 10h e as 11h30min) e horizontais (as 8h30min e 8h45min). A rotação foi o padrão de atividade aérea mais executada, seguido pela batida de cauda e caída; a rotação apresentou diferenças significativas às 8h30min e às 8h45min; a batida de cauda, nos períodos entre 8h30min e 10h; e a caída não apresentou diferenças na sua frequência entre os horários.

A análise do sistema de comunicação bioacústica dos golfinhos-rotadores permitiu a classificação de 73 gritos pulsados por seu contorno espectral, identificando seis tipos básicos de gritos reconhecíveis, para posteriormente se medir e comparar o Componente de Frequência Inferior (LFC), Componente de Frequência Superior (UFC), Taxa de Repetição de Pulso (PRR), Duração (DUR) e número de harmônicos (HAR). O teste de Kruskal-Wallis (5%) identificou diferenças estatísticas principalmente para UFC e PRR. Desta forma, os gritos de *S. longirostris* em Fernando de Noronha são mais diversos e complexos do que previamente mencionado para outros estudos com a espécie em outras partes do mundo, podendo contribuir para elucidar o amplo uso deste tipo de som para o repertório da espécie. Os sons definidos como assobios se assemelham aos descritos na bibliografia, podendo apresentar um ou vários harmônicos. A análise das imagens subaquáticas com som dos golfinhos-rotadores possibilitou perceber que existe uma relação entre os tipos de sons e os tipos de bolhas emitidos simultaneamente. Nos assobios, a pressão do ar é maior e as bolhas saem com mais força; já nos gritos pulsados, de menor pressão, o rastro de bolhas é menor. Também foi possível registrar a emissão de assobios agudos por parte das mães, quando os filhotes se afastavam destas para se aproximar dos pesquisadores.

Foi observada a formação de coalizão entre machos adultos, definidos como golfinhos “de guarda” (**Figura 12.10**). Estes animais desempenham funções de enfrentamento de tubarões (**Figura 12.11**), organização dos deslocamentos e dos agrupamentos por meio de atividades aéreas e o acompanhamento dos barcos de turismo (**Figura 12.12**) para despistar a atenção do grupo principal.



Figura 12.10. Coalizão de machos “de guarda” em *Stenella longirostris* no Arquipélago de Fernando de Noronha. Foto: José Martins da Silva-Jr.



Figura 12.11. Comportamento “de guarda” a tubarão executado por *Stenella longirostris* no Arquipélago de Fernando de Noronha. Foto: José Martins da Silva-Jr.



Figura 12.12. Comportamento “de guarda” a barcos de turismo executado por *Stenella longirostris* no Arquipélago de Fernando de Noronha. Foto: José Martins da Silva-Jr.

Registraram-se várias evidências de que os comportamentos de enfrentamento a tubarões, acompanhamento de embarcações, cercamento de mergulhadores e execução de atividades aéreas foram, predominantemente, executados por golfinhos-rotadores machos adultos, que estavam “de guarda” naquele instante. Nas ocasiões em que se observou o confronto de golfinhos e tubarões, sempre foram os machos adultos que enfrentaram o elasmobrânquio. Foram observados machos adultos que estavam acompanhando barcos de turismo defronte a Baía dos Golfinhos para expulsar tubarões que cercavam o pesquisador em mergulho. Observou-se predomínio (86,05%) de machos entre os 172 golfinhos identificados sexualmente acompanhando os barcos de turismo ($\chi^2=139,067$; $p=0,0001$). Dos 300 golfinhos identificados quanto à classe etária acompanhando barcos, 91,67% eram adultos e somente 8,33% filhotes ($\chi^2=172,102$; $p=0,0001$). Em 87,88% das 33 oportunidades em que foi possível definir o sexo dos

primeiros golfinhos a serem avistados em mergulho livre, estes eram machos, percentual maior que o de fêmeas ($\chi^2=24,37$; $p=0,0001$). Todos os primeiros golfinhos-rotadores avistados nos 33 mergulhos na baía eram machos adultos em comportamento “de guarda” (**Figura 12.13**).



Figura 12.13 Comportamento “de guarda” a pesquisadores por *Stenella longirostris* no Arquipélago de Fernando de Noronha. Foto: José Martins da Silva-Jr.

Observou-se o predomínio de machos (88,78%) entre os 98 espécimes identificados sexualmente executando atividades aéreas ($\chi^2=68,832$; $p=0,0001$). Das 8.566 atividades aéreas executadas nos 19 dias padrão, 97,54% foram executadas por adultos, percentual significativamente maior que os 2,46% dos filhotes (teste t ; $t=27,86$; $p=0,0001$). Observou-se uma correlação positiva ($r=0,77$; $p=0,0001$) entre o tempo em que os golfinhos acompanharam os barcos ($n=32$; $X=4,5$; $DP=1,27$) e o número de caídas e rotações executadas ao lado destes ($n=32$; $X=0,72$; $DP=1,14$). Em 32 oportunidades, golfinhos-rotadores que estavam realizando atividades aéreas saíram da baía para acompanhar as embarcações que passavam defronte às bóias. Em quatro oportunidades, subgrupos de quatro a seis machos adultos expulsaram um tubarão *Carcharhinus peresi* do interior da Baía dos Golfinhos; ao se aproximarem deste, os golfinhos emitiram abundantes sons e curvaram o corpo. Em três destas ocasiões, foram golfinhos que estavam acompanhando os barcos de turismo defronte à baía que entraram nadando em *porpoise* até o tubarão, que foi cercado pelos golfinhos-rotadores.

Em 11 oportunidades, observou-se que os golfinhos-rotadores que estavam calmos na Baía dos Golfinhos subitamente se agitaram, nadando em *porpoise* e alta velocidade, até a saída de todos da baía. Em seis destas oportunidades, os espécimes retornaram em média 45 minutos depois da evasão; em uma ocasião, observou-se a partir do Mirante dos Golfinhos um tubarão com aproximadamente três metros de comprimento no local em que começou o deslocamento em alta velocidade dos golfinhos. Em outra oportunidade, também no Mirante, registrou-se um grupo de no mínimo três tubarões com 1,5 a dois metros de comprimento capturarem e comerem um golfinho na baía. Nas ocasiões em que foi observado o confronto de *S. longirostris* com tubarões na Baía dos Golfinhos, os golfinhos que enfrentaram o elasmobrânquio apresentaram a postura corporal de ataque a tubarões descrita por Norris e Dohl (1980) para a

espécie no Havaí; a concentração de indivíduos mais vulneráveis (fêmeas e filhotes) no centro e de exemplares maiores na periferia dos grupos em deslocamento, observada em Fernando de Noronha, também foi relatada para os golfinhos-rotadores no Havaí por estes autores.

A definição de que os golfinhos-rotadores que enfrentaram tubarões, acompanharam embarcações, cercaram mergulhadores ou realizaram atividades aéreas foram executadas por machos adultos que se revezavam no comportamento “de guarda” caracteriza a ocorrência de liderança temporária entre os *S. longirostris* de Fernando de Noronha. É provável que a ocorrência de liderança temporária tenha levado Norris e Dohl (1980) a afirmar que não ocorre liderança definida na espécie, apesar dos autores terem observado um comportamento diferenciado entre golfinhos de um grupo em situações de estresse. A estrutura social dos golfinhos-rotadores – que formam agrupamentos com composição variada e temporária, com papéis distintos entre as classes etárias e os sexos – deve estar relacionada com análises de custos e benefícios adaptativos.

Em Fernando de Noronha, registraram-se interações agonísticas entre golfinhos-rotadores e outras espécies de cetáceos. Apesar da ocorrência de várias espécies de cetáceos no local, somente o golfinho-pintado-pantropical *Stenella attenuata* e a baleia-jubarte *Megaptera novaeangliae* foram observados dentro da Baía dos Golfinhos; quatro indivíduos adultos de *S. attenuata* fugiram rapidamente de um agrupamento de cerca de 20 golfinhos-rotadores, os quais expressavam comportamento agonístico, como emissão de sons de alta intensidade, postura corporal em forma de “S”, exposição de dentes e batidas com a extremidade do rostro na região ventral da espécie intrusa. Supõe-se que a expulsão de *S. attenuata*, que é a segunda espécie de cetáceo mais comum em Fernando de Noronha, possa estar relacionada à existência de filhotes híbridos entre as duas espécies de golfinhos, conforme relatado por Silva-Jr., Silva & Sazima (2005). A baleia-jubarte, terceira espécie de cetáceo mais registrada no arquipélago, é observada entre junho e novembro; em 60,9% dos 23 dias em que foi registrada a sua presença nas imediações da Baía dos Golfinhos, entre 1990 e 2004, observou-se a saída dos golfinhos-rotadores desta. Igualmente, quando as baleias chegaram à entrada da baía, cerca de 25% dos golfinhos que se encontravam no interior da baía saíram e se colocaram em formação de semi-círculo ao seu redor, havendo vários golfinhos entre as baleias e a costa e nenhum entre elas e o mar aberto. Os golfinhos acompanharam as baleias executando esta formação e realizando várias atividades aéreas durante todos os cerca de cinco minutos que estas demoraram para percorrer a distância da frente da baía, após o que os golfinhos voltaram para o interior da baía. Quando as baleias entraram na baía, os golfinhos-rotadores que lá se encontravam saíram em deslocamento rápido e em *porpoise*, só voltando após a saída das baleias. Supõe-se que *S. longirostris* evite o ingresso de jubartes na Baía dos Golfinhos ou se retire na sua presença, devido à intensidade dos sons produzidos pelas baleias.

Entre as ilhas secundárias do arquipélago, registrou-se um agrupamento de aproximadamente 30 golfinhos-rotadores que fugiram em *porpoise* de um grupo de cerca de 50 golfinhos-nariz-de-garrafa *Tursiops truncatus*.

Catálogo dos golfinhos

Os golfinhos-rotadores de Fernando de Noronha foram catalogados pelos critérios de classe etária, sexo e marcas naturais nas nadadeiras e no restante do corpo. A análise prévia do catá-

logo de foto-identificação do Projeto Golfinho Rotador, obtido entre 1990 e 2006 e contando com mais de 30 mil fotografias e 800 espécimes identificados, permitiu identificar a composição etária, sendo 54% adultos, 25% subadultos e 21% filhotes; dos 150 exemplares identificados sexualmente, 48% eram machos e 52% fêmeas. Os golfinhos-rotadores de Fernando de Noronha apresentaram hábitos gregários, com agrupamentos sociais muito fluídos quanto ao tamanho e constituição. Estes agrupamentos podem variar de três a mais de 2.000 indivíduos, que se movem livremente entre diferentes círculos de companhia em questão de minutos, horas, dias ou semanas. A menor estrutura social dos golfinhos-rotadores foi a célula familiar, que é liderada por uma fêmea mais velha, denominada matriarca; várias destas células se reúnem para formar um agrupamento, que pode conter várias gerações da mesma família.

Caracterização genética

Obteve-se um total de 171 amostras nas duas campanhas de coleta de pele dos golfinhos-rotadores em Fernando de Noronha. Destas, 161 apresentaram pele visível, sendo 79 amostras na primeira coleta e 82 na segunda. Assim como na amplificação dos marcadores microsatélites, o DNA de alguns indivíduos também falhou na reação de sexagem. Das amostras coletadas, 100 tiveram o sexo determinado; destes, 27 foram identificados como fêmeas (apresentaram a banda de 382 bp) e 73 como machos (bandas de 339 bp e 382 bp). 82 (24 fêmeas e 58 machos) dos 100 golfinhos com sexo identificado foram definidos geneticamente como pertencentes a uma única população. Analisando os resultados, verificou-se a ausência de diferenças significativas entre as amostras de golfinhos-rotadores coletadas em 2004 e 2006, bem como ausência de diferença nos diferentes pontos de coleta, indicando que muito provavelmente exista somente uma população de golfinhos no arquipélago.

Um alto coeficiente de endogamia ($F_{is}=0,739$) foi identificado, o que sugere que 74% dos acasalamentos parecem estar sendo realizados entre indivíduos aparentados. Como não existem informações sobre comportamento reprodutivo preferencial na espécie, os resultados obtidos indicam que a população é quase ou toda composta por indivíduos aparentados.

Estudo da interação do turismo com os golfinhos

A observação de golfinhos é um dos principais atrativos turísticos do arquipélago. Em 2006, o Ibama registrou 2.261 passeios turísticos de barco para observar golfinhos na área do Parque Nacional, totalizando 44.433 visitantes. Estes passeios têm duração média de três horas e ocorrem entre 8h e 10h e entre 13h e 15h. Outros passeios de barco que eventualmente encontram golfinhos-rotadores são aqueles para mergulho rebocado, mergulho autônomo, de caiaque, de vela e para pesca esportiva. Em 2006, os golfinhos permaneceram na Baía de Santo Antônio por mais de uma hora em 25% dos dias, possibilitando o encontro das lanchas de mergulho rebocado com os golfinhos.

Em 2006, cada turista desembolsou para os prestadores de serviços de Fernando de Noronha uma média de R\$ 1.000,00, sendo 5% deste valor (R\$ 50,00) em passeio de barco e deslocamento para o Mirante dos Golfinhos. Assim, os 85.000 visitantes de 2006 injetaram na economia local cerca de R\$ 4.250.000 somente neste tipo de turismo. Uma vez que o número de entradas de golfinhos-rotadores na Baía dos Golfinhos em 2006 foi aproximadamente 163.361, cada entrada de um golfinho-rotador injeta na economia local cerca de R\$ 27,50.

Em 21.965 ocasiões em que foi registrada passagem de barcos de turismo defronte à Baía dos Golfinhos, as embarcações foram acompanhadas pelos golfinhos-rotadores em 20% das ocasiões. Tal percentual está diminuindo anualmente, mas é maior quanto mais próximo os golfinhos estão das bóias limitadoras da baía e quanto maior é o número de golfinhos presentes nesta.

Entre dezembro 2001 e abril de 2002, ocorreram 128 interações entre golfinhos e embarcações; em 73,4% (n=94), houve impacto visível no comportamento dos animais. Foram registradas seis diferentes estratégias dos grupos nestas interações: afastamento da costa em direção ao mar aberto (n=10; 10,64%); acompanhamento de embarcações (n=9; 9,57%); divisão/dispersão do grupo (n=7; 43%); mudança de direção de deslocamento (n=5; 5,32%); maior tempo de submersão (n=4; 4,25%); ou fuga em *porpoise* (n=2; 2,12%).

Outro estudo sobre o tema ocorreu entre janeiro e fevereiro de 2005, resultando em 144 horas de observação durante 36 dias, revelando 45 interações. Dos 36 agrupamentos, 10 foram definidos como comportamento natural, pois não houve interação com nenhuma embarcação. Nos demais, houve 45 interações; em 25 destas ocorreram mudanças na condição de deslocamento e 16 situações de atividades aéreas, totalizando 41 mudanças no comportamento. Assim, verifica-se que em 91% das interações os barcos induziram uma mudança no comportamento destes animais. Na presença de uma embarcação, há maior tendência à coesão de grupo. Já com dois barcos, houve uma pequena queda no número de agrupamentos com menos de 50 golfinhos e nos agrupamentos com mais de 100 animais, predominam grupos com 50 a 100 golfinhos. A média da velocidade de deslocamento foi de 0,61 m/s na ausência de barcos e 0,77 m/s na presença – resultados significativamente diferentes ($p>0,005$). Na ausência não ocorreu submersão; 70% corresponderam a deslocamento devagar, 15% a deslocamento rápido e 15% a *porpoise*. Na presença de um barco, houve diminuição da velocidade de deslocamento na área, com aumentos na submersão e acompanhamento de barco. Ocorrendo três embarcações, observou-se aumento no acompanhamento de barcos e nenhuma submersão. Finalmente, com quatro barcos, o acompanhamento destes não ocorreu, havendo aumento do deslocamento rápido e em *porpoise*. Registraram-se seis interações entre os golfinhos-rotadores e embarcações com motor de popa ou lanchas e 39 com baleeiras ou barcos com motor de centro. As interações com as baleeiras causaram deslocamento devagar, mais lento que o normal, associado ao acompanhamento a partir da proa. A interação com lanchas revelou reação dos animais, havendo deslocamento mais rápido – alguns casos em *porpoise* – e incremento na submersão. A *porpoise* ocorreu em 85% dos casos com presença de lanchas e apenas 15% com baleeiras. Em 33% dos encontros com lanchas houve submersão, enquanto que somente em 18% isto ocorreu com baleeiras.

Em novembro e dezembro de 1999, foi desenvolvido um estudo sobre a interação dos golfinhos-rotadores com o mergulho livre recreativo que era permitido à época. Em 25 saídas de barco, conduzindo 438 turistas, foram registradas as interações em 1.095 encontros de mergulhadores com os golfinhos. Destes, 230 encontros foram selecionados pelos seguintes critérios: ocorrerem com grupos de aproximadamente 50 golfinhos em deslocamento lento; não haver a presença de outros barcos nas imediações; e os mergulhadores seguirem a técnica de mergulho passivo proposta. Nestes encontros, monitorou-se submerso e a partir do barco a interação dos golfinhos com os mergulhadores, considerando-se o tempo de observação subaquática

dos animais para cada um destes, os quais foram classificados por sexo e classe etária (mulher adulta, 52% dos encontros; homem adulto, 35% dos encontros; criança de dois a dez anos, 13% dos encontros). O tempo de observação dos golfinhos em apnéia entre as mulheres ($n=120$; $X=16,40$; $DP=13,57$) foi significativamente maior ($t=5,46$; $p=0,0001$) do que entre os homens ($n=80$; $X=7,04$; $DP=8,72$); já entre as crianças ($n=30$; $X=18,67$; $DP=14,66$), foi significativamente maior ($t=-2,37$; $p=0,01879$) do que entre os adultos ($n=200$; $X=12,66$; $DP=12,71$). Não houve diferença significativa ($t=0,80$; $p=0,4221$) entre o tempo em que os golfinhos foram observados em mergulho por mulheres e por crianças, mas entre homens e crianças a diferença foi significativa ($t=-5,10$; $p=0,0001$). As observações de mar e os resultados permitem concluir que ocorreu uma maior interação em apnéia entre os golfinhos-rotadores e as crianças e mulheres.

A perseguição de golfinhos-rotadores por barcos quando da entrada ou saída da Baía dos Golfinhos alterou o comportamento dos animais, provocando a divisão do grupo e aumentando a velocidade do deslocamento, resultando em alterações comportamentais descritas por Kruse (1991) como conseqüências de molestamento e perseguição de barcos de turismo. Uma vez que os golfinhos que acompanharam as embarcações estavam em comportamento “de guarda” e aqueles que não acompanharam estavam descansando, reproduzindo-se, cuidando de seus filhotes, eram filhotes ou estavam em deslocamento de chegada ou saída da área de descanso, é plausível concluir que quanto maior a quantidade de barcos, ou quanto mais tempo estes perseguiram os golfinhos, menor tempo os animais tiveram para descansar e reproduzir, ou isto resultou em um maior gasto energético para realizar os deslocamentos naturais. Como conseqüência destas alterações comportamentais, pode-se supor que o aumento do turismo de observação de golfinhos em Fernando de Noronha tem produzido estresse nos golfinhos-rotadores e diminuído a taxa de reprodução desta população de cetáceos.

Rede de Encalhes de Mamíferos Aquáticos

O Centro Golfinho Rotador é responsável pela execução das atividades oceânicas, a partir de Fernando de Noronha, da Rede de Encalhes de Mamíferos Aquáticos do Nordeste, que tem por finalidade realizar, coordenar e prover, em âmbito regional, estudos oriundos de resgate, reabilitação, reintrodução e soltura de mamíferos aquáticos.

Entre janeiro de 1990 e julho de 2006, 30 encalhes de cetáceos foram registrados no Arquipélago de Fernando de Noronha, sendo 68% de golfinhos-rotadores e 13% de golfinhos-pintados-pantropicais. Os demais registros corresponderam a apenas um espécime para as espécies *Globicephala macrorhynchus*, *Peponocephala electra* e *Ziphius cavirostris*, e dois registros de odontocetos não identificados. 77% dos encalhes foram de animais mortos, 10% de animais vivos que vieram a óbito e 13% de animais vivos que foram liberados com vida. Entre os 22 golfinhos-rotadores encalhados, 36% eram adultos, 41% filhotes e 23% recém-nascidos; 50% eram fêmeas, 32% machos e 18% não sexados; 59% foram encontrados no Mar de Fora e 41% no Mar de Dentro do Arquipélago de Fernando de Noronha.

Dentre todas as necropsias, a que possibilitou maior coleta de informações foi a de um filhote fêmea com 84 centímetros de comprimento total e 6,7 kg de peso, o qual teve suas estruturas macroscópicas relacionadas ao sistema neuro-visual descritas. Como principal resultado desta descrição, observou-se que o nervo óptico e o Colículo Inferior são volumosos, demonstrando

a especialização do sistema visual nesta espécie. As fibras oriundas do trato óptico dirigem-se ao Colículo Superior participando da modulação deste mecanismo visual junto às fibras oriundas da face lateral do mesencéfalo, que poderiam integrar estímulos acústicos ao visual. Neste mesmo sentido, fibras provenientes do nervo óptico, que formam o quiasma, cruzam em pequena proporção para o mesmo lado, correlacionando a função do mesencéfalo como possível integrador e modulador dos sistemas acústico e visual.

• Programa de envolvimento comunitário

Educação Ambiental

Entre janeiro de 2001 e julho 2007, foram realizadas 247 oficinas ambientais e 76 excursões de campo, atingindo um público de 2.715 crianças. As excursões de campo ocorreram na Baía dos Golfinhos, no Porto Santo Antônio, no Buraco da Raquel, Praia da Atalaia e na usina de tratamento e destino final de lixo.

Entre janeiro de 2001 e julho de 2007, os cerca de 130 mil turistas que foram observar golfinhos-rotadores no Mirante dos Golfinhos receberam orientação, material informativo impresso e binóculos; neste período, aproximadamente 60 mil visitantes assistiram palestras sobre a espécie no auditório do ICMBio.

Em relação às “Férias Ecológicas”, a cada ano (2005, 2006 e 2007) 100 crianças participaram das atividades.

Capacitação Profissional

De março de 2005 a julho de 2007, ministraram-se cursos de Produção de Artesanato, Hotelaria, Técnicas de Ecoturismo, Marinheiro Regional de Convés, Marinheiro Regional de Máquinas, Primeiros Socorros, Condutor de Mergulho Autônomo, Condutor de Turismo de Observação de Golfinhos, Condutor de Turismo de Observação de Aves, Condutor de Turismo de Observação de Ecossistemas Recifais, Condutor de Geoturismo, Serigrafia de Camisetas, Inglês, Informática Básica, Informática Avançada, Informática Aplicada, Gestão de Restaurantes e Hotéis e Qualidade no Atendimento ao Turismo.

Em 2005 e 2006, todas as 620 vagas oferecidas em 14 cursos de capacitação profissional foram preenchidas, com um índice de aproveitamento de 70%, o que possibilitou a formação de 415 alunos em ecoturismo.

Gestão Participativa das Unidades de Conservação de Fernando de Noronha

A grande participação e representatividade dos Conselhos Gestores do Parnamar e da APA de Fernando de Noronha levaram suas chefias a acatar quase a totalidade das recomendações aprovadas nas reuniões bimensais. Os principais resultados alcançados por estes Conselhos, desde sua instituição em 2002, foram: a) subsidiar a Administração do Distrito Estadual na elaboração da legislação ambiental de Fernando de Noronha, como a de controle migratório e a de regulamentação da entrada e saída de veículos e embarcações do Arquipélago; b) participar da elaboração do Plano de Manejo da APA de Fernando de Noronha e; c) assessorar o ICMBio, e a Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos (CPRH) nos processos de licenciamento

ambiental em Fernando de Noronha, como os de grandes eventos (regata oceânica, campeonato mundial de surf e campeonato de pesca) e os de empreendimentos turísticos potencialmente impactantes, como cruzeiros turísticos e sobrevôos panorâmicos. Outro resultado dos Conselhos é a definição de normas de operação e funcionamento dos prestadores de serviços turísticos nas duas Unidades de Conservação, por meio da construção em conjunto de termos de referência para mergulho autônomo, passeio de barco, mergulho rebocado, pesca esportiva e filmagem e fotografia turísticas.

Conclusão

No período de 1990 a 2005, foi na Baía dos Golfinhos do Parnamar de Fernando de Noronha que ocorreu a maior concentração regular de golfinhos no mundo, o que provavelmente esteve relacionada a três condições: o Arquipélago de Fernando de Noronha é o único acidente geográfico oceânico do Atlântico sul que forma uma área de mar calmo a sotavento e de tamanho suficiente para possibilitar o descanso dos golfinhos; a existência, nos oceanos Pacífico e Índico, de diversos acidentes geográficos, como ilhas e atóis, com áreas que possibilitam o repouso de golfinhos-rotadores, distribuindo os agrupamentos destes animais naqueles oceanos (NORRIS & DOHL, 1980); e o até então baixo impacto do turismo náutico sobre os golfinhos-rotadores de Fernando de Noronha. Assim, enquanto os golfinhos-rotadores do Atlântico tendem a se concentrar ao redor do Arquipélago de Fernando de Noronha, aqueles do Pacífico e Índico se dispersam entre as diversas ilhas e atóis existentes em cada um destes oceanos. Este fenômeno se manterá enquanto as variáveis geográficas, oceanográficas e antrópicas permanecerem de acordo com os parâmetros obtidos no presente estudo.

A presença dos golfinhos-rotadores em Fernando de Noronha pode estar ameaçada pelo crescimento do turismo náutico no arquipélago, o que enseja a elaboração de um plano de ação para a espécie, com a definição de novas propostas de manejo, como: definir rotas e limites de velocidade para deslocamentos de barcos no Parnamar de Fernando de Noronha e na APA de Fernando de Noronha; limitar um máximo de oito embarcações de passeio turístico comercial operando simultaneamente no interior do Parque; proibir que embarcações com propulsão por motor de popa ou rabeta realizem passeio turístico comercial no Parque e APA; proibir o uso de sistema de refrigeração do motor com escape abaixo ou na linha d'água, determinando que a saída do escapamento seja acima do nível do casario do barco; exigir o uso de protetor de hélice para todas as embarcações que operam turismo no Parque e APA; e proibir a realização de mergulho rebocado na área do Mar de Dentro no Parque.

Agradecimentos

À Petrobras, patrocinadora oficial do Projeto Golfinho Rotador, que é executado pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Mamíferos Aquáticos/Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade e pelo Centro Golfinho Rotador; à Administração do Distrito Estadual de Fernando de Noronha, à Escola Arquipélago Fernando de Noronha, ao Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha e à Área de Proteção Ambiental de Fernando de Noronha, pelo apoio institucional e utilização de infra-estrutura; ao Ministério do Turismo, Fundo Nacional do Meio Ambiente/MMA, Fundação Banco do Brasil, Fundação Avina, Fundação

O Boticário de Proteção à Natureza, VIVO Telefônica, Bovespa, CVC e Atalaia Turismo, pelo copatrocínio do Projeto Golfinho Rotador; aos meus principais parceiros de pesquisa: Flávio Lima, Ivan Sazima, Ana Paula Farro, Marcos Rossi e a todos os estagiários e pesquisadores que participaram do Projeto Golfinho Rotador; por fim, agradeço aos meus pais, principais patrocinadores dos primeiros dez anos do Projeto Golfinho Rotador.

Referências bibliográficas

- Almeida, F.F.M. 1958. **Geologia e Petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha**. Rio de Janeiro: IBGE.
- Altmann, J. 1974. **Observational study of behavior: sampling methods**. Behaviour 49: 227-265.
- Costa, K.M.P. 1991. **Hidrologia e Biomassa Primária da Região Nordeste do Brasil entre as latitudes de 8°00'00" e 2°44'30" S e as Longitudes de 35°56'30" e 31°56'30" W**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.
- Farro, A.P.C. 2006. **Variabilidade genética de golfinhos-rotadores (*Stenella longirostris*) a partir de marcadores microssatélites**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, São Paulo.
- Hammond, P.S.; Mizroch, S.A. & Donovan, G.P. (Eds.). 1990. **Individual Recognition of Cetacean: Use of Photo-Identification and Other Techniques to Estimate Population Parameters**. Cambridge: International Whaling Commission.
- IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 1990. **Plano de Manejo do Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha**. Brasília: IBAMA.
- _____. 2001. **Plano de Ação para Mamíferos Aquáticos do Brasil**. Brasília: IBAMA.
- _____. 2005. **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental de Fernando de Noronha, Reserva Biológica Marinha do Atol das Rocas e Arquipélago de São Pedro e São Paulo**. Brasília: IBAMA.
- Kruse, S. 1991. **The interactions between killer whales and boats in Johnstone strait, B.C.**, p. 148-159. In: Pryor, K. & Norris, K.S. (Eds.). *Dolphin Societies*. Berkeley: University of California Press.
- Lehner, P.N. 1996. **Handbook of ethological methods**. Cambridge: Cambridge University Press.
- Linsker, R. (Ed.). 2003. **Arquipélago de Fernando de Noronha: O Paraíso do Vulcão**. São Paulo: Terra Virgem.
- Mayol, J.; Kattah, M.Z.; Silva, F.J. & Silva-Jr., J.M. 2000. **Mergulho Passivo: uma técnica de apnéia para observação de golfinhos**. In: Anais da 9ª Reunión de Trabajo de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del Sur y 3º Congreso de la Sociedad Latinoamericana de Especialistas en Mamíferos Acuáticos, p. 85. Buenos Aires, Argentina, 30 de outubro a 03 de novembro de 2000.
- Norris, K. & Dohl, T.P. 1980. **Behavior of the Hawaiian Spinner Dolphin *S. longirostris***. Fish. Bull. 77: 821-849.
- Pryor, K. & Shallenberger, I.K. 1991. **Social Structure in Spotted Dolphins (*Stenella attenuata*) in the Tuna Purse Seine Fishery in the Eastern Tropical Pacific**. In: Pryor, K. & Norris, K.S. (Eds.). *Dolphins Societies*, p. 161-196. Berkeley: University of California Press.
- Silva-Jr., J.M. 1996. **Aspectos do Comportamento do Golfinho-rotador, *Stenella longirostris* (Gray, 1828), no Arquipélago de Fernando de Noronha**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.
- _____. 2005. **Ecologia comportamental do golfinho-rotador (*Stenella longirostris*) em Fernando de Noronha**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.
- Silva-Jr., J.M.; Silva, F.J.L. & Pereira J.A. 1996. **O Comportamento do Golfinho Rotador, *Stenella longirostris* em Fernando de Noronha**. In: Anais do XIV Encontro Anual de Etologia, p. 251-262. Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, 16-19 de outubro de 1996.
- Silva-Jr., J.M.; Silva, F.J.L. & Sazima, I. 2005. **Two Presumed Interspecific Hybrids in the Genus *Stenella* (Delphinidae) in the Tropical West Atlantic**. Aquat. Mamm. 30: 271-274.

Capítulo 13

**Ações Antrópicas
Negativas nas
Ilhas Oceânicas
Brasileiras**

Jules M. R. Soto



Resumo

O presente capítulo apresenta a composição da fauna exótica e ações antrópicas danosas nas ilhas oceânicas brasileiras: Fernando de Noronha, Trindade, Martin Vaz, Atol das Rocas e São Pedro e São Paulo. Informações sobre estas ilhas foram baseadas em documentos não publicados, entrevistas e na compilação da literatura, associados a trabalhos de campo efetuados em Fernando de Noronha (1989, 1990 e 2000) e Trindade (2007). São também disponibilizados comentários sobre espécies residentes, visitantes ocasionais e introduzidas, com ou sem sucesso.

Abstract

Harmful Anthropic Actions in the Brazilian Oceanic Islands

This chapter presents the exotic fauna composition and harmful human actions in Brazilian oceanic islands: Arquipélago de Fernando de Noronha (Fernando de Noronha Archipelago), Ilha da Trindade (Trindade Island), Arquipélago de Martin Vaz (Martin Vaz Archipelago), Atol das Rocas (Rocas Atoll), and Arquipélago de São Pedro e São Paulo (St. Peter and St. Paul Rocks). Informations about these islands were based on unpublished documents, interviews and on compiled literature, associated to field work at the Arquipélago de Fernando de Noronha (1989, 1990 and 2000) and Ilha da Trindade (2007). Comments about resident, occasional visitors and successful or unsuccessful introduced species, are also made available.

Introdução

Ilhas oceânicas são ambientes isolados, com ecossistemas em grande parte independentes, sendo, ao contrário do que possa parecer, mais complexos e sujeitos a reações que os ambientes continentais. Quando pequenas, geralmente apresentam baixa biodiversidade, mas com grande incidência de endemismos, tratando-se de verdadeiros testemunhos bioevolutivos e pontes de distribuição de muitas espécies e representando importantes bancos genéticos.

A ação antrópica em ambientes insulares tem sido historicamente desastrosa sob a ótica ambiental, visto que estes locais já eram utilizados como pontos de reabastecimento de navios desde o século XV. Entre os principais impactos, destacam-se a ocupação propriamente dita, a introdução de espécies exóticas, a coleta de espécies nativas, o desmatamento, a exploração mineral (guaneiras e pedreiras) e a contaminação dos corpos hídricos.

No Brasil, há cinco conjuntos insulares oceânicos: Arquipélago de Fernando de Noronha, Atol das Rocas, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Ilha da Trindade e Arquipélago de Martin Vaz, todos com plataformas isoladas do continente e entre si. Atualmente, os dois primeiros estão protegidos como Unidades de Conservação, apesar de haver um crescimento turístico preocupante em relação ao Arquipélago de Fernando de Noronha, em parte contornado com a criação do Parque Nacional Marinho (Parnamar). Das demais, devido à dificuldade de acesso, pouco se falou ou publicou até a década de 1990, quando passou a vigorar uma política ambiental e estratégica voltadas para as ilhas oceânicas.

Em todo o mundo e em toda a história, o que define o destino da condição ambiental de uma ilha oceânica são os parâmetros geográficos antropófilos, isto é, as facilidades proporcionadas ao homem por determinado local, tais como água doce, clima ameno, sombra, vegetação, terra arável, enseadas abrigadas e praias para desembarque. Contudo, nas últimas décadas, o homem vem transformando e adaptando lugares antes inóspitos, principalmente por meio do desenvolvimento tecnológico, o que possibilita sua permanência com algumas restrições.

Dos conjuntos insulares oceânicos brasileiros, apenas o Arquipélago de Fernando de Noronha e a Ilha da Trindade reúnem estes quesitos, sendo que esta última encontra-se bem mais isolada da costa e fora das rotas de navegação, além de seu relevo dificultar a construção de uma pista de pouso, ausência que foi e ainda é vital para sua atual preservação. Tais características tornaram o Arquipélago de Fernando de Noronha o mais alterado dentre todas as ilhas oceânicas do Atlântico sul ocidental, com ações antrópicas desastrosas cujas conseqüências são, em muitos casos, irreversíveis. Também as facilidades naturais proporcionaram um maior número de pesquisas e uma história mais rica, sendo, sem dúvida, a mais conhecida e citada dentre as ilhas oceânicas brasileiras.

O presente capítulo condensa informações sobre as ações antrópicas negativas em cada um dos conjuntos insulares oceânicos brasileiros, abordando hipóteses inéditas e fontes pouco conhecidas que, em muitos pontos, desvendam a origem de alguns problemas ainda hoje existentes.

Arquipélago de Fernando de Noronha

Nos últimos 20 anos, houve um grande acréscimo no número de turistas que procuram ilhas oceânicas para lazer, entusiasmados com o turismo ecológico e o isolamento psicológico proporcionado por uma ilha paradisíaca. O Arquipélago de Fernando de Noronha (03°51'S–32°25'W) enquadra-se perfeitamente nesta condição e é um exemplo típico tanto no aspecto biogeográfico quanto antrópico, tornando-se um ponto turístico por excelência e sendo objeto de grande interesse econômico.

Em relação à fauna nativa, apesar dos inúmeros impactos antropogênicos sofridos pelo arquipélago ao longo dos anos, não há nenhum indício aparente que deflagre uma situação de alerta em relação às espécies de vertebrados. As espécies endêmicas do local, representadas pelos peixes *Acyrtus pauciradiatus*, *Tomicodon* sp., *Stegastes rocasensis*, *Dactyloscopus* sp., *Storrsia olsoni*, *Labrisomus* sp., *Malacoctenus* sp., *Scartella* sp., *Elacatinus* sp., *Lythrypnus* spp., pelos lagartos *Amphisbaena ridleyi*, *Euprepis atlanticus* e pelas aves *Elaenia ridleyana* e *Vireo gracilirostris*, são abundantes e largamente distribuídas no arquipélago, não havendo capturas direcionadas¹. A criação do Parnamar aparentemente abrange uma área suficiente para a manutenção dessas espécies, sendo que o maior problema está no controle da pesca, principalmente sobre os elasmobrânquios que ocorrem no entorno das ilhas.

¹ **Nota do Editor:** *Elaenia ridleyana* e *Vireo gracilirostris* são incluídas na Lista Nacional das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção segundo o critério D2 da IUCN (área de ocupação de 20 km² ou cinco ou menos localidades, de modo que o táxon pode ser afetado por atividades antrópicas ou eventos estocásticos em período muito curto de tempo, podendo assim tornar-se Criticamente em Perigo ou mesmo extinto).

Dentre os peixes, destaca-se o aparente desaparecimento (não comprovado) de *Chaetodipterus faber*, largamente capturado em atividades de caça submarina nas décadas de 1970 e 1980, e do tubarão *Carcharhinus galapagensis*, espécie vitimada pela captura indiscriminada de esquilos no arquipélago, conforme observado em expedições efetuadas em 1989 e 1990, quando já era bastante rara (SOTO, 1997, 2001a). O declínio das populações, principalmente de tubarões, é facilmente observado após o aumento da pesca destes animais entre os anos de 1985 e 1995, pois não houve estudos populacionais que embasassem a época e o número de capturas, causando sobrepesca (SOTO, 2001a, 2001b). É também relatado pelos ilhéus mais antigos o desaparecimento do siri-azul *Callinectes sapidus*, outrora abundante nas praias arenosas da ilha principal, sofrendo grande declínio no início da década de 1980 e desaparecendo por completo em meados da década de 1990. Na expedição efetuada em 1989, alguns poucos indivíduos foram ainda observados no Mangue do Sueste.

Outro aspecto que deve ser considerado quanto ao manejo é a suscetibilidade de algumas espécies ocorrentes no arquipélago, destacando os petréis *Puffinus lherminieri* e *Oceanodroma leucorhoa*. De acordo com Soto & Filippini (2003), a primeira mantém um número de ninhos extremamente reduzido nas ilhas Morro do Leão e Morro da Viúva, não chegando a uma dezena, o que os torna altamente vulneráveis no caso de introdução de ratos nestas duas ilhas². Em relação a *O. leucorhoa*, Harris & Hansen (1974) avistaram espécimes no entorno do arquipélago, ressaltando que a região é uma área de internada para a espécie, e Soto & da Silva (2001) mencionaram cinco espécimes analisados com vida no Porto de Santo Antônio em junho de 1999 – alguns com penugem indicando que a espécie nidifica em algum local do arquipélago, provavelmente nas fendas dos rochedos – o que a coloca na mesma condição de vulnerabilidade referente à *P. lherminieri*, além de exigir estudos específicos sobre a presença de ninhos daquela espécie no arquipélago.

Por possibilitar condições relativamente favoráveis à permanência humana, o arquipélago, no passado, teve grandes períodos de ocupação, caracterizados pela despreocupação com a conservação da biodiversidade e do meio abiótico. Sabe-se também que muitos homens foram deixados à própria sorte, sustentando-se apenas com os recursos naturais disponíveis na região, o que pode ter impactado algumas populações em algum período da história. Os reflexos destas ações podem ainda ser notados, como no caso da tartaruga-verde *Chelonia mydas*, pois se acredita que a população original de fêmeas desovantes do arquipélago tenha sido, no mínimo, equivalente à das demais grandes ilhas oceânicas do Atlântico sul, que representavam, por temporada, 379 em Trindade (FILIPPINI & BULHÕES, 1988) e 1.650 a 3.000 na Ilha de Ascensão (MORTIMER & CARR, 1987). Mesmo no Atol das Rocas, cuja área é bem menor, foram marcadas 456 fêmeas em quatro temporadas reprodutivas (BELLINI *et al.*, 1996), superando, em muito, as seis registradas em Fernando de Noronha por Marcovaldi & Filippini (1991).

Em entrevistas com ilhéus, também foi relatado que, entre 1975 e 1985, eram vendidos exemplares taxidermizados de aves do gênero *Phaeton* no aeroporto local, havendo uma coleta sistemática destas espécies, representadas no arquipélago por *P. aethereus aethereus* e *P. lepturus ascensionis*.

² **Nota do Editor:** ver também Neves *et al.* (2006).

Com relação à conservação e manejo das espécies, destaca-se o trabalho realizado pelo Projeto Tamar, que desde 1984 desenvolve atividades de educação ambiental e proteção aos ninhos e fêmeas desovantes de *C. mydas*, que se encontrava em acelerado declínio populacional (MARCOVALDI & MARCOVALDI, 1985). Também o Projeto Golfinho Rotador, direcionado a *Stenella longirostris*, monitora a área de concentração destes animais desde 1990, limitando o acesso de pessoas, que vinha aumentando de forma desordenada devido ao crescimento do turismo (SILVA & SILVA JÚNIOR, 1992)³.

São conhecidas espécies extintas da fauna nativa, cujos restos foram coletados em 1973 nas dunas pleistocênicas da base da Península de Santo Antônio (OLSON, 1981). Uma delas refere-se a uma ave da família Rallidae, com tamanho médio, asas atrofiadas e, ao que parece, não aparentada às espécies do continente sul-americano, a qual foi citada por Olson (1977) como uma provável espécie do gênero *Atlantisia*, sendo tratada por Sick (1997) como uma saracura subfóssil. Olson (1981) também mencionou outra ave, do gênero *Fregata*, mas de porte nitidamente inferior, semelhante neste aspecto a *F. ariel*. Um mamífero citado por Olson (1981) como um roedor avantajado, distinto dos ratos introduzidos existentes, foi descrito por Carleton & Olson (1999) como *Noronhomys vespucii*; Olson acreditava tratar-se dos mesmos “grandes ratos” mencionados por Américo Vespúcio em sua terceira viagem ao Brasil, em 1503, sendo este roedor também mencionado por Amaral (1604), que destacou a grande quantidade de “ratos de pés curtos, saltando como pulgas”, ambas as citações para o arquipélago. Também Ekeberg (1761) mencionou, em sua passagem em 1760, os misteriosos roedores, afirmando que estavam sendo extintos pelos gatos, que haviam sido introduzidos para este fim. Todas estas informações não foram suficientes para definir se *N. vespucii* chegou a coabitar com o homem na ilha principal ou havia ainda uma outra espécie cujos vestígios ainda não foram encontrados. Em qualquer um dos casos, é bastante provável que sua extinção esteja associada a ações antrópicas diretas ou indiretas.

Há vários casos de fauna introduzida e já extinta; Beaurepaire-Rohan (1865) já recomendava a introdução de uma série de espécies estranhas à fauna do arquipélago, tais como veado, coelho, paca, cutia, mocó, preá, tatus, jabuti, lagarto, abelhas e uma série de aves. Muitos destes foram introduzidos após esta publicação, contudo não foram encontrados documentos que atestem estas ações. Oren (1984) mencionou uma tentativa de introdução de uma cobra indeterminada, citada por Nacinovic & Teixeira (1989) como uma caninana *Spilotes pullatus*, que neste caso se trataria de uma serpente não peçonhenta, mas que felizmente não obteve sucesso. Estes mesmos autores fizeram um extenso levantamento sobre as aves introduzidas, listando as de cativeiro que escaparam ou foram soltas (o periquito-australiano *Melopsittacus undulatus* e o chorão *Sporophila leucoptera*) e as que propositalmente foram levadas numa tentativa de fixá-las no arquipélago (o papagaio-moleiro *Amazona farinosa*, o canário-da-terra-verdadeiro *Sicalis flaveola brasiliensis* e o urubu-preto *Coragyps atratus brasiliensis*). Aparentemente, em nenhum dos casos obtiveram êxito, pois não foram encontradas nas expedições posteriores (NACINOVIC & TEIXEIRA, 1989); porém, o urubu ressurgiu no início da década de 1990, de forma ainda não bem explicada.

³ **Nota do Editor:** ver também os capítulos referentes a estes dois projetos na presente publicação.

O cardeal-do-nordeste *Paroaria dominicana* foi introduzido por meio de aves de gaiolas, de acordo com Oren (1984), sendo novamente registrado por Nacinovic & Teixeira (1989) na Vila dos Remédios em junho de 1986 e não avistada pelos mesmos autores em 1988. Não avistamos a espécie nas expedições de 1989 e 1990, contudo um possível único espécime foi frequentemente acompanhado na Vila dos Remédios em setembro de 2000.

A garça-vaqueira *Bubulcus ibis*, originária da Europa Mediterrânea e da África, foi registrada no Brasil pela primeira vez em 1964 (SICK, 1965), logo tomando grande parte do continente sul-americano (DELLA BELLA & AZEVEDO JÚNIOR, 2004). No arquipélago, foi observada em 1986, quando foi registrada também para o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (TEIXEIRA *et al.*, 1987). Em maio de 1987, Antas *et al.* (1990) observaram 12 garças-vaqueiras no arquipélago, porém em nova visita, em julho do mesmo ano, nenhum indivíduo foi registrado. Inicialmente, um visitante ocasional se tornou residente e, em pouco tempo, a população se multiplicou; em 2000, uma colônia reprodutiva se estabeleceu na ilha Cabeluda e, em fevereiro de 2003, foi detectado o segundo sítio reprodutivo, na ilha Sela Ginete, o que demonstra que esta população de garças-vaqueiras continua se expandindo (DELLA BELLA, 2003; SILVA & SILVA, 2003; DELLA BELLA & AZEVEDO JÚNIOR, 2004). A espécie pode se reproduzir durante todo o ano, o que lhe confere uma grande capacidade de ocupação. A dieta de *B. ibis* inclui pequenos répteis, o que reforça a possibilidade de estar predando o endêmico *E. atlanticus*, conforme questionado por Della Bella & Azevedo Júnior (2004). A espécie também representa um risco potencial para as aeronaves que pousam regularmente no arquipélago (SERRANO *et al.*, 2005).

De acordo com Sick (1997), funcionários do extinto Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), atual Ibama⁴, utilizavam o arquipélago para soltar aves apreendidas no continente, falsificando a composição faunística original. Além das previamente mencionadas, encontramos indícios e relatos que indicaram a existência de emas *Rhea americana* na década de 1960, no chamado Cercado das Emas, próximo à Sede do Parque Nacional (SOTO, 2006).

Sick (1997) também mencionou a presença de um preá (*Cavia* sp.), sendo que a espécie não é conhecida pelos ilhéus e não foi observada em nenhuma das recentes expedições, podendo se tratar do porco-da-Índia *Cavia porcellus*, introduzido com o objetivo de servir como cobaia, durante o período em que o arquipélago serviu de base para quarentena dos órgãos de saúde animal.

No passado recente, um inibidor natural do estabelecimento de espécies introduzidas era muito provavelmente as periódicas secas, pois, como observado por Oren (1984), grande parte dos pássaros exóticos desapareceram na seca ocorrida entre 1980-81. Contudo, atualmente há muitos recursos hídricos na ilha principal na forma de açudes a céu aberto, o que não ocorria à época.

A introdução de abelhas no arquipélago ocorreu em 1984, com base na variedade italiana *Apis mellifera ligustica*, por meio de matrizes trazidas diretamente dos Estados Unidos, as quais

⁴ **Nota do Editor:** em 1989, o IBDF se fusionou com a Superintendência do Desenvolvimento da Pesca (SUDEPE) e a Secretaria Especial de Meio Ambiente (SEMA) para a criação do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Parte das competências do IBAMA foi absorvida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), criado em 2007.

foram alocadas em colméias de *Melipona compressipes*, totalizando 21 colméias instaladas na Vila do Italcable (KERR & CABEDA, 1985; MALAGODI *et al.*, 1986). O principal objetivo era produzir a primeira população de abelhas italianas puras no Brasil, sendo necessário, para tal, a também introdução de diversas espécies exóticas de flora, destacando-se o amor-agarrado *Antigonon leptopus*, o umbu *Spondias tuberosa*, a madre-cacau *Albizia* sp., o marmeleiro *Croton odoratus*, entre outros já existentes na ilha principal, como a aloroba *Prosopis juliflora* e a pitomba *Talisia* sp. Um dos problemas citados por Malagodi *et al.* (1986) foi a presença de sapos *Bufo marinus* (na verdade *Bufo* do complexo *paracnemis*, também citado como *B. schneideri*) junto às colméias.

Além deste sapo, também foram registradas pererecas de, ao menos, duas espécies (*Scinax* do complexo *ruber*, também citada como *S. cf. similis*), todas abundantes e introduzidas. O sapo foi intencionalmente introduzido com os peixes barrigudinhos *Poecilia vivipara*, visando ao controle de mosquitos durante a instalação da base militar na II Guerra Mundial – uma recomendação militar para evitar epidemias tropicais –, ambos encontrados até os dias de hoje (os sapos em quase todo o Arquipélago e os barrigudinhos no Mangue do Sueste [SOTO, 2001a]). Silva & Olmos (2006) também citam a introdução do peixe-mosquito *Gambusia affinis* com o mesmo objetivo, contudo a espécie não foi observada em nossas expedições. As pererecas muito provavelmente foram introduzidas acidentalmente, durante a movimentação de cargas provenientes do continente. Moreira (1878) afirmava não haver sapos, rãs (pererecas) ou cobras quando da sua visita em 1876; da mesma forma, nenhum anfíbio foi citado por Ridley (1890) em seu cuidadoso levantamento, o que reforça ser recente a invasão de anfíbios.

O gecko ou lagartixa-de-parede *Hemidactylus mabouia* foi coletado em 1887 (BOULENGER, 1890; RIDLEY, 1888, 1890) e está presente até hoje junto a fontes luminosas nas construções. A espécie é originária do norte da África, contudo está disseminada em quase todas as regiões temperadas e tropicais do mundo.

De acordo com Oren (1984), a introdução do teju *Tupinambis merianae* se deu em 1960, com base em um único casal. Diz-se que o propósito era o controle dos camundongos, porém a espécie é heliófila com hábitos diurnos e os camundongos, de hábitos noturnos. O teju se disseminou em toda a ilha principal, sendo considerado um problema para a nidificação das aves, e passou a ser estudado desde 2000, com o apoio do Governo Distrital⁵.

Outro réptil introduzido foi o jabuti *Geochelone carbonaria*, provavelmente com fins de animal de estimação, que acabou por fugir para as matas do sul da ilha. O último jabuti registrado foi avistado nas proximidades da Ponta da Sapata, em setembro de 2000.

Um fato que pode vir a ser um grande problema ambiental é a recente invasão de pardais *Passer domesticus*. Esta espécie não foi observada nas expedições de 1989 e 1990, sendo estima-

⁵ **Nota do Editor:** o Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO), do Ministério do Meio Ambiente, apoiou o projeto “Plano de Manejo de *Tupinambis merianae*”, executado entre 2001-2004 sob a coordenação de Ayrton Klier Pires Júnior, que teve como objetivo a elaboração de um plano de manejo para esta espécie, incluindo propostas para o controle populacional em Fernando de Noronha, a criação em cativeiro e experimentos de reintrodução em áreas de ocorrência natural no continente (ver <http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=14&idConteudo=6190>, acesso em 5/11/2007).

dos não menos de 500 indivíduos na expedição de 2000, nidificando principalmente na rede elétrica das áreas ocupadas (SOTO *et al.*, 2001). Sick (1997) menciona que, até janeiro de 1990, ainda não haviam observado espécimes no arquipélago, mas salienta que foram contados 16 indivíduos no Atol das Rocas em 1985. Silva Júnior (1998) registrou a ocorrência da espécie a partir de 1997, sendo que em 1998 já observava inúmeros bandos com mais de dez indivíduos. Segundo Sick & Pabst (1968), a espécie foi introduzida no Brasil por volta de 1906, com base em alguns poucos exemplares provenientes de Portugal, liberados na Praça da República, Rio de Janeiro. O pardal, por suas características territorialistas e agressivas, pode representar séria ameaça aos endêmicos *E. ridleyana* e *V. gracilirostris*, este último com pios muito semelhantes ao do pardal.

Entre 1967 e 1969, foi introduzido na ilha principal o mocó *Kerodon rupestris*, com o objetivo de servir como presa para a caça esportiva efetuada pelos militares, visto se tratar de um roedor avantajado (OREN, 1984; HETZEL *et al.*, 1995) (**Figura 13.1**). Diversas árvores derrubadas por estes roedores nas escarpas da Praia do Sancho foram registradas em uma expedição efetuada em 2000, provocando um processo erosivo não observado em nossas expedições efetuadas em 1989 e 1990 (SOTO, 2006).



Figura 13.1. O mocó *Kerodon rupestris* introduzido no Arquipélago de Fernando de Noronha entre 1967 e 1969 com fins de caça esportiva. Foto: Parnamar de Fernando de Noronha.

Além do barrigudinho, Soto (2001) registrou a presença do pacu *Colossoma macropomum* no Açude do sueste e da tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus* no Mangue do Sueste, evidentemente introduzidas, porém sem qualquer registro documental de quando ocorreram tais intervenções. Pelas características destas espécies, acredita-se que o objetivo era garantir recurso alimentar alternativo. O Mangue do Sueste é um ambiente sensível como os demais mangues, agravado pelo pequeno tamanho e isolamento, tratando-se do único mangue em ilhas oceânicas no Atlântico sul (**Figura 13.2**).



Figura 13.2. O Mangue do Sueste, em Fernando de Noronha, é um ambiente sensível como os demais mangues, agravado pelo pequeno tamanho e isolamento, tratando-se do único mangue em ilhas oceânicas no Atlântico sul. Foto: Jules Soto

Outras ações militares podem ter produzido impacto, principalmente em relação à entomofauna, visto que durante a instalação da base estadunidense denominada Posto de Observação de Teleguiados, em 1957, grande quantidade de DDT foi levada até o arquipélago e pulverizada a fim de controlar insetos nocivos. Diversos informes (USA, 1959, 1962) atestam que estas atividades profiláticas e ambientalmente desastrosas se repetiram, no mínimo, em 1959 e 1962. Deve-se considerar que esta base funcionou entre 1957 e 1965, em local hoje ocupado pelo Hotel Esmeralda do Atlântico (**Figura 13.3**).



Figura 13.3. Antiga base estadunidense denominada Posto de Observação de Teleguiados, que desenvolveu diversas atividades profiláticas e ambientalmente desastrosas entre 1957 e 1965. Foto: Jules Soto.

Desequilíbrios não foram produzidos somente com a introdução de espécies, pois recentemente, com a construção do molhe na Baía de Santo Antônio no final da década de 1980, uma grande explosão populacional de ouriços-brancos *Tripneustes ventricosus* foi observada.

A espécie era, até o início da década de 1990, considerada de visualização esporádica, porém as mudanças ambientais ocasionadas pela construção do molhe, com a disponibilidade de rochas nuas e rasas, logo cobertas com algas verdes, se tornaram um ponto de concentração e dispersão para todo o arquipélago, passando a ser o ouriço-branco comumente avistado em mergulhos (**Figura 13.4**).



Figura 13.4. Explosão populacional de ouriços-brancos *Tripneustes ventricosus* observada após a construção do molhe na Baía de Santo Antônio em Fernando de Noronha. Foto: Jules Soto.

A fauna doméstica foi introduzida com fins diversos, destacando o trabalho, alimentação e companhia. Foram registrados eqüinos (*Equus caballus*), asininos (*E. asinus*), bovinos (*Bos taurus*), ovinos (*Ovis aries*), caprinos (*Capra hircus*), suínos (*Sus scrofa*), caninos (*Canis familiaris*), felinos (*Felis catus*) e galináceos (*Gallus gallus*), em diversas épocas e não obrigatoriamente ao mesmo tempo. Estes grupos são caracterizados pela oscilação no número de indivíduos ou, em alguns casos, por longos períodos de ausência, interrompidos por reintroduções. Soto (2006) relata a presença da ratazana *Rattus norvegicus*, da rata *R. rattus*, do camundongo *Mus musculus* e variedades brancas de laboratório introduzidas quando da implantação da quarentena do Ministério da Agricultura, em 1963. Variedades brancas de ratos ainda foram observadas na expedição efetuada em 2000, quando um espécime foi coletado e depositado no Museu Oceanográfico da Univali, Santa Catarina.

O grande número de cabras também representa um sério problema, pois destroem a vegetação nativa, causando erosão e afetando diretamente a fauna associada. No arquipélago predominou a raça Bhuj, também conhecida como Kutch, originária da Índia e criada para o comércio de couro. Há documentos que atestam a liberação, para quarentena no arquipélago, de 20 espécimes em novembro de 1969, com o objetivo de introduzir a raça no sertão nordestino, visto que são oriundas de Kutch, região árida da Índia, próxima à fronteira do Paquistão. Em contato com a Associação Brasileira de Criadores de Caprinos (ABCC), foi informado que, no continente, os animais puros foram dizimados por verminoses, restando apenas os descendentes mestiços, que foram aceitos pela ABCC como raça brasileira, apesar da mestiçagem, passando a raça a ser chamada de Bhuj Brasileira. O rebanho existente

no arquipélago talvez preserve a raça pura de origem, porém, apesar da elevada estatura, apresenta baixa produção de leite e de carne (**Figura 13.5**).



Figura 13.5. Manada de cabras da raça Bhuj, trazidas da Índia com o objetivo de introduzir a raça no sertão nordestino. Em Fernando de Noronha vinte espécimes foram levados para quarentena em novembro de 1969, não mais saindo. Foto: Jules Soto.

Os efeitos nocivos produzidos por estes animais ainda não foram devidamente quantificados, assim como a real necessidade de mantê-los. Por se tratar de área limitada, o arquipélago torna-se bastante vulnerável a qualquer zoonose, visto que o controle sanitário é precário e o número de animais estranhos à fauna é elevado, sendo ainda comum a introdução de cães e gatos, já mencionados por Ridley (1888), o que mereceu uma ação mais enérgica das autoridades competentes por meio do Decreto Distrital nº 19/2004, que regulamentou a entrada e a permanência de animais domésticos no arquipélago.

Algumas interações negativas produzidas pela fauna doméstica já foram registradas, como a predação de *C. familiares* em desovas frescas de *C. mydas* (BELLINI & SALES, 1992), de *F. cattus* em *Mabuya maculata* (= *E. atlanticus*) (SOTO, 2006) e do pisoteio, na Praia do Leão, de *B. taurus* sobre desovas frescas de *C. mydas*, que utilizam as estacas demarcadoras de ninhos para coçar os flancos (SOTO, 2006). Oren (1984) sugeriu que a introdução de *R. rattus*, *F. cattus* e *T. teguixin* (= *merianae*) tenha afetado a situação de *Zenaida auriculata noronha*, visto que nidifica em locais muito acessíveis ou mesmo no chão; outrora a população desta espécie no arquipélago chegou a ser estimada em 500.000 indivíduos (OREN, 1984).

Apesar de todas estas intervenções na fauna, o maior impacto sofrido pelo arquipélago foi certamente em relação à flora, com centenas de espécies introduzidas e um histórico de devastação que retirou a floresta nativa. Estas ações remontam já do início do século XVII, com a invasão holandesa, e teve diversos objetivos, destacando-se pecuária, agricultura, abertura de vias de acesso e posteriormente controle dos sentenciados levados para cumprir pena no arquipélago, que não podiam dispor de árvores para a construção de embarcações, além do controle visual, que não podia ser atrapalhado por uma mata fechada. Podemos considerar que a espécie introduzida de maior impacto, ao menos visual, é a jetirana *Ipomoea* spp., que recobre grande parte da vegetação da ilha.

Esta alteração na flora certamente refletiu na entomofauna, pois estão diretamente associadas em todos os ambientes. Deve-se considerar que, ao contrário da flora, a entomofauna foi a área menos estudada, havendo alguns poucos trabalhos de grupos específicos e dois apanhados históricos com base em levantamentos bastante limitados pelo tempo empreendido na coleta e pelas técnicas utilizadas, além de estarem consideravelmente desatualizados quanto à nomenclatura dos grupos (BEAUREPAIRE-ROHAN, 1865; RIDLEY, 1890; ALVARENGA, 1962). Pode-se considerar que a entomofauna nativa foi alterada ou mesmo parcialmente extinta muito antes de ser conhecida, pois há um considerável endemismo ainda hoje existente, tanto nos insetos quanto nos aracnídeos, inclusive com gêneros novos, como trabalhos recentes têm demonstrado (CARVALHO & BECKER, 1957; COBOS, 1959; RODRIGUES *et al.*, 2007; RUIZ *et al.*, 2007).

Em expedição efetuada em 1990, coletamos hemípteros típicos da África, o que já havia sido relatado, com base em um único espécime, por Carvalho & Becker (1957), podendo ter sido introduzidos por embarcações desde o início da ocupação do arquipélago ou pelo regime dos ventos predominantes do oeste africano. Outra forma de colonização foi citada por Mesquita & Matteo (1991), que, estudando libélulas coletadas no arquipélago, sugeriram que tenham sido introduzidas por meio de ovos ou náíades que acompanharam as plantas flutuantes *Pistia stratiotis* introduzidas nos açudes, com o fim de diminuir a evaporação e auxiliar na purificação da água (**Figura 13.6**).

A origem das espécies nativas tem sido desvendada a partir da execução de estudos em sistemática tradicional ou filogenéticos, estes últimos principalmente por meio do DNA mitocondrial. Tais pesquisas são fundamentais para uma melhor compreensão dos processos dispersivos e ecológicos, como o observado no lagarto *E. atlanticus*, que foi associado a uma linhagem africana, consideravelmente distante da linhagem sul americana (OLSON, 1994; MAUSFELD *et al.*, 2002; CARRANZA & ARNOLD, 2003).



Figura 13.6. Plantas flutuantes introduzidas nos açudes de Fernando de Noronha que muito provavelmente serviram de vetores para a introdução de espécies exóticas. Foto: Jules Soto.

Atol das Rocas

Formado por recifes de algas calcáreas, o Atol das Rocas (03°51'S–33°40'W) é único no Atlântico sul, com uma porção emersa bastante baixa, formada por duas ilhas internas, o que sempre representou um grande perigo para a navegação. Estas características sempre afastaram as embarcações, que preferiam passar bem ao largo, com grande margem de segurança sobre as cartas náuticas existentes, visto que a navegação ainda justificava o nome pela inexistência de equipamentos eletrônicos de auxílio. Não há como negar que este fator, associado à falta de água doce, contribuiu sobremaneira para a preservação do Atol. As espécies de vertebrados e invertebrados marinhos encontrados são basicamente as mesmas observadas no Arquipélago de Fernando de Noronha, porém com aparente menor diversidade.

Em 1926, chegou a ser desembarcado material para a construção de uma estação de pesca, entretanto a idéia foi logo abandonada (ANDRADE, 1986). O incremento dos barcos de pesca, já na década de 1970, propiciou que empresas de pesca do Nordeste brasileiro passassem a pescar no entorno do Atol, contudo muito raramente desembarcando. A manutenção de faroleiros por 30 anos, muitas vezes acompanhados, pode ter produzido impactos temporários, porém são poucas as espécies exóticas no local, a maioria trazida por naufrágios e principalmente desembarque de carga.

Os ratos *Rattus* sp. já foram registrados na literatura (ANDRADE, 1986), porém ocorrendo grandes períodos de ausência de registros, provavelmente extintos pela falta de água no período das grandes secas que ocorrem periodicamente. Mais comuns são os camundongos *M. musculus*, que ainda podem ser encontrados. Contudo, deve-se considerar que, afora as abundantes aves marinhas, a fauna terrestre é basicamente entomológica. Alvim (1882) já mencionava baratas e grilos no Atol, assim como os naufragos do navio *Mercurius* relataram o grande incômodo provocado por pequenas formigas. Já em meados da década de 1980, pesquisadores do então IBDF mencionaram a grande quantidade de escorpiões-amarelos *Isometrus maculatus*, que aparentemente sofreram uma grande redução no número desde então. As baratas *Periplaneta americana* também estão presentes, muito provavelmente renovadas pelo desembarque periódico de cargas e equipamentos.

Almeida *et al.* (2000), em minucioso levantamento entomológico, constataram que a diversidade de espécies é baixa, com 25 morfoespécies diretamente associadas aos dejetos e cadáveres de aves.

A implantação da Reserva Biológica ocorreu em 5 de junho de 1979, por meio do Decreto-Lei nº 83.549, sendo a primeira reserva biológica marinha implantada no Brasil. Sua área abrange cerca de 360 Km², o que assegura a preservação deste “santuário ornitológico” do Atlântico sul.

Arquipélago de São Pedro e São Paulo

Desde seu descobrimento, o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (00°56'N–29°22'W) foi considerado um rochedo sem utilidade e bastante perigoso à navegação, que não despertava

a cobiça de nenhuma nação. Tal desinteresse e suas características inóspitas, incluindo uma grande dificuldade para desembarque, preservaram exemplarmente este diminuto território distante 945 km da costa brasileira.

Esta história mudou radicalmente quando houve a Terceira Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, ocorrida em 1982, que estipulou os parâmetros para a definição das Zonas Econômicas Exclusivas (ZEEs). A partir daí, uma política voltada para as ilhas oceânicas brasileiras lentamente começou a se delinear, culminando, em junho de 1996, na Resolução nº 001/96, quando a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM) aprovou o Programa Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Proarquipélago), visando à ocupação e pesquisa deste extremo do território nacional.

Com a instalação da base de pesquisa e a ocupação por pesquisadores (de três a quatro por expedição), o arquipélago sofreu o maior impacto de sua história; contudo, pesquisas desenvolvidas atestam não haver diminuição das aves que nidificam nos rochedos, que compreendem *Sula leucogaster*, *Anous stolidus* e *A. minutus*. As atividades desenvolvidas no local incluem a pesca, que tem sido monitorada e quantificada por meio de pesquisas de pessoal embarcado. A fauna terrestre é quase nula, havendo o registro de um inseto endêmico descrito por Robinson (1983), *Erechthias darwini* (Tineidae), que pode ser facilmente extinto pela introdução de uma espécie exótica.

A introdução de insetos exóticos é uma séria ameaça se considerada a rotatividade de materiais e pessoas que passou a vigorar na ilha principal. SMITH *et al.* (1974) descreveram com minúcia a fauna terrestre do arquipélago antes da ocupação, encontrando considerável diversidade de protozoários e nematóides, podendo este ser considerado um trabalho vital para parâmetro das modificações já produzidas ou futuras.

Também é importante ressaltar que, por suas características de ambiente terrestre único, pode haver uma rotatividade histórica das espécies da entomofauna que ocupam a ilha, visto que Darwin, quando desembarcou no local em 16 de fevereiro de 1832, descreveu, além de uma mosca ectoparasita de *S. leucogaster*, também um besouro e um grande número de aranhas (ROBINSON, 1983).

De qualquer forma, medidas profiláticas são altamente recomendáveis, incluindo a dedetização da carga, o controle dos hortifrutigranjeiros e até mesmo a substituição dos calçados ou uso de pedilúvios pelo pessoal quando no desembarque.

Ilha da Trindade

Notável por sua altura (600 metros no Pico do Desejado) e paisagem geológica, a Ilha da Trindade (20°30'S–29°20'W) representa a maior porção emersa de uma grande cadeia de montanhas com 1.200 km de extensão. Apesar de sua beleza e disponibilidade de água, nunca foi utilizada para o turismo, estando ininterruptamente guarnecida pela Marinha do Brasil com um pequeno destacamento desde o Ano Geofísico Internacional, em 1957, quando foi implantado o Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade (POIT) (MAYER, 1957) (**Figura 13.7**).



Figura 13.7. Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade, implantado em 1957 como contribuição ao Ano Geofísico Internacional e mantido até hoje pela Marinha do Brasil com um destacamento militar permanente. Foto: Jules Soto.

Sua flora foi descrita por Alves (1998), que listou 124 espécies de plantas vasculares com várias introduzidas, sendo 11 endêmicas. Este autor menciona uma série de hipóteses para a destruição da floresta original, que incluía vistosas árvores (*Colubrina glandulosa*), indicando a ação das cabras *C. hircus* (agora extintas) como a mais provável.

Em julho de 2007 coletamos uma série entomológica com diversos lotes, os quais foram enviados para o Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP); a listagem com as determinações ainda não está disponível, de forma a poder ser comentada no presente capítulo. Porém, chamou-nos a atenção a quantidade de aranhas *Heteropoda venatoria* (Sparassidae) nas casas do POIT, sem relatos de picadas, e a quantidade de gafanhotos *Schistocerca* sp. (Acrididae) na Trilha do Desejado. Foi reafirmada a presença do camundongo *M. musculus* e a ausência de ratos e ratazanas *Rattus* spp. O único réptil até o momento registrado é o gecko (*Hemidactylus mabouia*), recentemente assinalado com base em mais de uma dezena de espécimes, sendo quatro coletados (Bugoni & Welff-Neto, 2008). Anfíbios não estão representados na Ilha.

A erradicação dos porcos selvagens, gatos, ovelhas e cabras foi confirmada pelos militares da ilha, visto que nenhum destes animais foi avistado nos meses que passaram destacados. A ausência de mosquitos também foi observada, muito provavelmente devido à ausência de charcos e reservatórios abertos, o que dispensa a aplicação de vacinas aos visitantes e traz bastante conforto. O mesmo não acontece com as moscas, que proliferam em grande quantidade devido às periódicas mortalidades de purfas *Melichthys niger*, fenômeno ainda não estudado no local⁶. Baratas também são comuns junto às residências, em número que visivelmente pode ser controlado com a aplicação de iscas específicas.

⁶ **Nota do Editor:** O capítulo “Peixes recifais do complexo insular oceânico Trindade-Martin Vaz: novas ocorrências, atividades de pesca, mortandade natural e conservação”, na presente publicação, aborda este assunto.

A impressionante quantidade de caranguejos terrestres *Gecarcinus lagostoma* (**Figura 13.8**) nos causou uma série de questionamentos, pois a espécie está presente em quase todos os ambientes da ilha, independentemente da distância dos cursos hídricos e da altitude. É nitidamente um limitador das áreas de nidificação, incluindo aquelas do petrel-de-trindade *Pterodroma arminjoniana*, que preferencialmente nidifica em tocas nas escarpas arenosas para dificultar o acesso do caranguejo⁷.

Este caranguejo é onívoro, alimentando-se geralmente dos brotos das plantas (MARTINS & ALVES, 2007) e, com isso, arrasando grandes áreas, que lembram uma paisagem lunar. Cremos ser muito difícil que a exuberância original da ilha, descrita pelos primeiros exploradores, fosse possível com a presença deste caranguejo. A ausência de antigas citações sobre a presença de *G. lagostoma* gera grande curiosidade, visto ser esta, inegavelmente, a espécie mais notória do local.



Figura 13.8. Caranguejo terrestre *Gecarcinus lagostoma*, amplamente disseminado na Ilha da Trindade e com fortes indícios de que seja uma espécie introduzida, causando grandes impactos na flora e fauna local. Foto: Jules Soto.

Nesta linha de pensamento, buscamos informações pretéritas, destacando o relato do abandono de John Mawson, um marinheiro que foi deixado por uma frota holandesa na ilha em 1675 (SAN MARTIN, 1998). Este longo relato não menciona o caranguejo em nenhum momento, e há passagens que corroboram a ausência do caranguejo - ações que, atualmente, seriam impossíveis devido à sua presença. O autor afirma que não encontrava nada para comer e relata o abate de diversos *boobies* (nome comum em inglês para os atobás do gênero *Sula*) e tartarugas, e o consumo de ovos de ambos, bem como a manutenção do alimento em um acampamento, sempre sem citar os caranguejos. Atualmente, um simples lanche atrai uma quantidade considerável destes animais, o que torna praticamente impossível manter qualquer alimento no solo. Também relata que dormia ao relento, sobre o solo e sem proteção, e que avistou várias cabras com crias, assim como grandes ratos e árvores.

⁷ **Nota do Editor:** ver o capítulo “Biologia e conservação do petrel-de-trindade *Pterodroma arminjoniana* (Aves: Procellariidae) na Ilha da Trindade, Atlântico sul, Brasil”, na presente publicação.

Outra questão que incita discussão é o relato do Capitão Manoel José Pereira de Vellasco, em 1791-93, quanto à existência de hortas com legumes e lavouras de milho e sugerindo a plantação de diversas outras culturas, sem citar o caranguejo como um entrave, apenas os camundongos, cabras e porcos (LOBO, 1919).

Considerando-se a distribuição mundial de *G. lagostoma* indicada por Melo (1996), observa-se que ao sul dos 5°N a espécie é encontrada apenas nas ilhas oceânicas do Atol das Rocas, Fernando de Noronha, Trindade e Ascensão. A espécie reúne características únicas de resistência, podendo ficar encaixotada por meses e mantida por restos de qualquer comida e quase nenhuma água, sendo portanto facilmente transportada por barcos, por meio dos antigos *guayamuzeros* ou *caritós* (gaiolas para o transporte de caranguejos em antigos veleiros). Beaurepaire-Rohan (1865:20) afirma que era extraordinária a quantidade de espécimes de *Gecarcinus* exportados a partir de Fernando de Noronha, inclusive sugerindo que fossem trazidos alguns exemplares do Atol das Rocas para auxiliar na reprodução.

A fundamentação desta hipótese está na baixa probabilidade de ocupação natural de *G. lagostoma* nas ilhas oceânicas do Atlântico sul por meio de correntes contrárias, podendo ser a espécie natural apenas do Caribe, Antilhas e Flórida, tendo sido levada propositalmente (como as cabras) para as ilhas oceânicas acima citadas, visto que eram comumente embarcados para fins de consumo em longo prazo. A não citação da presença da espécie em documentos históricos do século XVIII reforça esta hipótese, assim como a degradação progressiva observada nos locais onde a espécie não foi constantemente consumida, como no caso da Ilha da Trindade, ou onde tenha ocupado áreas de pouco acesso, como em Ascensão, tornando-se um sério problema ambiental. A ausência de registros da espécie em Martin Vaz é outro ponto de grande relevância, visto a proximidade com Trindade (cerca de 45 km de distância).

É bastante provável que o maior impacto ambiental sofrido por Trindade seja a presença de *G. lagostoma*, pois diversas ilhas mantiveram cabras por séculos sem apresentar o grau de degradação observado no local. Caso o levantamento histórico mais aprofundado confirme tratar-se de uma espécie introduzida, medidas rigorosas deveriam ser adotadas para a proteção dos neonatos de tartarugas marinhas e dos ninhegos de aves, principalmente de *P. arminjoniana* e *Fregata* spp.

Arquipélago Martin Vaz

Apesar da proximidade com a Ilha da Trindade, o Arquipélago Martin Vaz⁸ (20°28'06" – 28°50'08"W) não faz parte da mesma plataforma insular. Da mesma forma que o conjunto Rocas e Fernando de Noronha, Trindade e Martin Vaz também formam um único nicho de dispersão, apresentando praticamente o mesmo conjunto de espécies subaquáticas.

⁸ **Nota do Editor:** o uso "Arquipélago Martin Vaz" é uma opção do autor. Não há consenso na literatura quanto à grafia do local com "m" ou "n", e mesmo quanto à utilização da preposição "de" separando o acidente geográfico do seu nome próprio.

A vegetação predominante é baixa e composta pelos endêmicos do conjunto Trindade-Martin Vaz, *Cyperus atlanticus* e *Bulbostylis nesiotis*, ambos abundantes no platô da ilha principal (ALVES, 1998, 2006). Não há trabalhos sobre a entomofauna deste arquipélago e nunca foram observados vertebrados terrestres, exceto aves. Não há nenhum relato ou indício quanto à presença de espécies exóticas invasoras.

Considerando que as ilhas são vegetadas por espécies endêmicas e sabendo que os vôos de helicóptero ao platô têm sido cada vez mais freqüentes, recomenda-se a mesma cautela profilática sugerida para o Arquipélago de São Pedro e São Paulo em relação aos calçados e objetos levados até o local.

Conclusões

As informações e hipóteses apresentadas no presente capítulo indicam que um adequado manejo das ilhas oceânicas brasileiras só será possível mediante árduo levantamento documental histórico associado a uma política de controle e erradicação de espécies comprovadamente exóticas. Os problemas e desafios aqui apontados são praticamente os mesmos enfrentados nas demais ilhas oceânicas do mundo, inclusive envolvendo muitas vezes as mesmas espécies.

A crescente mobilidade do ser humano nos diversos ambientes naturais tem forçado os poderes públicos a adotar medidas cada vez mais rigorosas, visando minimizar as contaminações e infestações. Extensos levantamentos bibliográficos sobre o manejo de espécies invasoras já são acessíveis, assim como os métodos experimentados de maior sucesso (ORUETA, 2004), basta para tal a definição dos agentes e o direcionamento de recursos.

Referências bibliográficas

- Almeida, C.E. de; Marchon-Silva, V.; Ribeiro, R.; Serpa-Filho, A.; Almeida, J.R. de & Costa, J. 2000. **Entomological fauna from Reserva Biológica do Atol das Rocas, RN, Brazil: I. morphospecies composition**. Rev. Brasil. Biol. 60: 291-298.
- Alvarenga, M. 1962. **A entomofauna do Arquipélago de Fernando de Noronha**. Brasil – I. Arq. Mus. Nac. 52: 21-26.
- Alves, R.V. 1998. **Ilha da Trindade e Arquipélago Martin Vaz – um ensaio geobotânico**. Rio de Janeiro: Serviço de Documentação da Marinha.
- _____. 2006. **Terrestrial vascular floras of Brazil's oceanic archipelagos**, p.83-104. In: Alves, R.J.V. & Castro, J.W. de A. (Orgs.). Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo, p.83-104. Brasília: MMA.
- Alvim, J. de S.M. 1882. **Relatório apresentado a S. Excia. o Snr. Conselheiro Dr. José Rodrigues de Lima Duarte, Ministro e Secretário de Estado dos Negócios da Marinha, por... coronel-de-engenheiros, em 22-11-1881**; anexo nº 6 ao Relatório do Ministro da Marinha. As Rocas; memória que acompanha o anexo nº 6 ao Relatório do Ministro da Marinha.
- Amaral, M.E. do. 1604. **Tratado das Batalhas e Sucessos do Galeam Santiago com os Olandeses na Ilha de Santa Elena**...Lisboa: Officina de Antonio Alvarez.
- Andrade, G.O. de 1986. **As Rocas – História de um recife anular**. In: Jatobá, L. (Org.). Estudos Nordestinos de Meio Ambiente, p.49-98. Recife: Massangana.
- Antas, P.T.Z.; Filippini, A. & Azevedo-Junior, S.M. 1990. **Anilhamento de aves-oceânicas e/ou migratória no arquipélago de Fernando de Noronha em 1987 e 1988**. In: Anais do IV Encontro Nacional de Anilhadore de Aves, p.13-17. Recife, Pernambuco, Brasil, 18-22 de julho de 1990.
- Beaurepaire-Rohan, H. 1865. **A ilha de Fernando de Noronha considerada em relação ao estabelecimento de uma colônia agrícola penitenciária**. Rio de Janeiro: Universal Laemmert.
- Bellini, C.; Marcovaldi, M.A.; Sanches, T.M.; Grossman, A. & Sales, G. 1996. **Reserva biológica del Atolón das Rocas: la segunda colonia más grande de *Chelonia* en Brasil**. Noticiario de Tortugas Marinas 72: 1-2.
- Bellini, C. & Sales, G. 1992. **Registro de predação de ovos e neonatos de tartaruga marinha aruanã, *Chelonia mydas* em ilhas oceânicas brasileiras**. In: Resumos do 19º Congresso Brasileiro de Zoologia, p.132. Belém, Pará, Brasil, 26-31 de julho de 1992.
- Boulenger, G.A. 1890. **Reptilia**, p.481-482. In: Ridley, H.N. Notes on the zoology of Fernando de Noronha. J. Linn. Soc., Zool. 20: 473-570.
- Bugoni, L. & Welff-Neto, P. 2008. ***Hemidactylus mabouia*. Human-induced introduction**. Herpetological Review 39: 226-227.
- Carleton, M.D. & Olson, S.L. 1999. **Amerigo Vespucci and the rat of Fernando de Noronha: a new genus and species of Rodentia (Muridae: Sigmodontinae) from a volcanic island off Brazil's continental shelf**. Am. Mus. Novit. 3256: 1-59.
- Carranza, S. & Arnold, E. N. 2003. **Investigating the origin of transoceanic distributions: mtDNA shows *Mabuya* lizards (Reptilia, Scincidae) crossed the Atlantic twice**. Syst. Biodiv. 1(2): 275-282.
- Carvalho, J.C.M. & Becker, J. 1957. **Neotropical Miridae, LXXX: on a collection of "Miridae" from Fernando de Noronha island**. Rev. Brasil. Biol. 17: 253-256.
- Cobos, A. 1959. **Coleópteros "Buprestidae" y "Elateridae" de la Isla Fernando Noronha (Brasil)**. Rev. Brasil. Biol. 19: 463-470.
- Ekeberg, C.G. 1761. **Ön Ferdinando Noronho. Besökt 1760, med Svenska Ost-Indiska Compagniets Skepp Prins Fredric Adolf**. KVA s.handlingar 22: 55-?.
- Della-Bella, S. 2003. **Biologia reprodutiva e alimentar de *Bubulcus ibis* (Linnaeus, 1758) (Ciconiiforme, Ardeidae) e sua ocorrência em Pernambuco, Brasil**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.
- Della-Bella, S. & Azevedo Jr., S.M. 2004. **Considerações sobre a ocorrência da garça vaqueira *Bubulcus ibis* (Linnaeus) (Aves, Ardeidae), em Pernambuco, Brasil**. Rev. Bras. Zool. 21: 57-63.

- Filippini, A. & Bulhões, H. 1988. **Estudo da ecologia da tartaruga marinha *Chelonia mydas* Linnaeus, na Ilha de Trindade.** Bras. Florest. 65: 5-15.
- Harris, M.P. & Hansen, L. 1974. **Sea-bird transects between Europe and Rio Plate, South America, in Autumn 1973.** Dansk orn. Foren. Tidsskr 68: 117-137
- Hetzel, B.; Lodi, L. & Negreiros, S. 1995. **Fernando de Noronha.** São Paulo: Prêmio.
- Kerr, W. & Cabeda, M. 1985. **Introdução de abelhas no Território Federal de Fernando de Noronha.** Ciênc. Cult. 37: 467-471.
- Lobo, B. 1919. **Ilha da Trindade.** In: Lobo, B. (Ed.). Conferência sobre a Ilha da Trindade. Arquivos do Museu Nacional 22: 105-160.
- Malagodi, M.; Kerr, W.E. & Soares, A.E.E. 1986. **Introdução de abelhas na Ilha de Fernando de Noronha. 2. População de *Apis mellifera ligustica*.** Ciênc. Cult. 38: 1700-1704.
- Marcovaldi, G.M.F. & Filippini, A. 1991. **Avaliação populacional e aspectos ecológicos da tartaruga marinha aruanã, *Chelonia mydas*, nas ilhas oceânicas brasileiras.** In: **Resumos do 18º Congresso Brasileiro de Zoologia**, p.329. Salvador, Bahia, Brasil, 24 de fevereiro a 1 de março de 1991.
- Marcovaldi, M.A.A.G. & Marcovaldi, G.G. 1985. **Projeto Tamar.** Brasília: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal – IBDF.
- Martins, L.S.G. & Alves, R.J.V. 2007. **Regeneração natural do Morro Vermelho, Ilha da Trindade.** Rev. Bras. Bio-ciênc. 5: 39-41.
- Mausfeld, P.; Schmitz, A.; Bohme, W.; Misof, B.; Vrcibradic, D. & Rocha, C.F.D. 2002. **Phylogenetic affinities of *Mabuya atlantica* Schmidt, 1945, endemic to the Atlantic Ocean archipelago of Fernando de Noronha (Brazil): Necessity of partitioning the genus *Mabuya* Fitzinger, 1826 (Scincidae: Lygosominae).** Zoologischer Anzeiger 241: 281-293.
- Mayer, E.S. 1957. **Trindade – ilha misteriosa dos trópicos.** Rio de Janeiro: Tupã.
- Melo, G.A.S. de. 1996. **Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro.** São Paulo: Plêiade.
- Mesquita, H.G. & Matteo, B.C. 1991. **Contribuição ao conhecimento dos odonata da Ilha de Fernando de Noronha, Pernambuco, Brasil.** Iheringia, Sér. Zool. 71: 157-160.
- Moreira, N.J. (Dir.). 1878. **Produções naturais da Ilha de Fernando de Noronha.** O Auxiliador da Indústria Nacional 46: 40-45.
- Mortimer, J.A. & Carr, A. 1987. **Reproduction and migrations of the Ascension Island green turtle (*Chelonia mydas*).** Copeia 1987: 103-113.
- Nacinovic, J.B. & Teixeira, D.M. 1989. **As aves de Fernando de Noronha: uma lista sistemática anotada.** Rev. Brasil. Biol. 49:709-729.
- Olson, S.L. 1977. **A synopsis of the fossil Rallidae.** In: Ripley, S.D. (Org.). Ralls of the World, p.339-373. Toronto: M. F. Feheley.
- _____. 1981. **Natural history of vertebrates on the Brazilian islands of the Mid South Atlantic.** Natl. Geogr. Res. 13: 481-492.
- _____. 1994. **The endemic vireo of Fernando de Noronha (*Vireo gracilirostris*).** Wilson Bull 106: 1-17.
- Oren, D.C. 1984. **Resultados de uma nova expedição zoológica a Fernando de Noronha.** Bol. Mus. Par. Emílio Goeldi, Zool. 1: 19-44.
- Orueta, J.F., 2004. **Manual práctico para o manejo de vertebrados invasores nas ilhas de Espanha e Portugal.** Projecto LIFE2002NAT/CP/E/00001 4. Madrid: Gestión y Estudio de Espacios Naturales, S.L.
- Ridley, H.N. 1888. **A visit to Fernando Noronha.** Zoologist 12: 41-49.
- _____. 1890. **Notes on the zoology of Fernando Noronha.** J. Linn. Soc., Zool. 20: 473-570.
- Robinson, G.S. 1983. **Darwin's moth from St Paul's Rocks: a new species of *Erechthias* (Tineidae).** Syst. Entomol. 8: 303-311.
- Rodrigues, E.N.L.; Brescovit, A.D. & Freitas, G.C.C. 2007. **Spiders of Fernando de Noronha island, Brazil. Part I: Linyphiidae.** Bull. Brit. Arach. Soc. 14: 120-125.

- Ruiz, G.R.S.; Brescovit, A.D. & Freitas, G.C.C. 2007. **Spiders from Fernando de Noronha, Brazil. Part II: proposal of a new genus and description of three new species of jumping spiders (Araneae, Salticidae).** Rev. Bras. Zool. 24: 771-776.
- San Martin, E. 1998. **Terra à vista. História de naufragos da era dos descobrimentos.** Porto Alegre: Artes e Ofícios.
- Serrano, I.L.; Schulz Neto, A.; Alves, V.S.; Maia, M.; Efe, M.A.; Telino Júnior, W.R. & Amaral, M.F. 2005. **Diagnóstico da situação nacional de colisões de aves com aeronaves.** Ornithologia 1: 93-104.
- Sick, H. 1965. ***Bubulcus ibis* (L.) na Ilha de Marajó, Pará: garça ainda não registrada no Brasil.** Anais da Academia Brasileira de Ciências 37: 567-570
- _____. 1997. **Ornitologia Brasileira.** Edição revista e ampliada por José Fernando Pacheco. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.
- Sick, H. & Pabst, L.F. 1968. **As aves do Rio de Janeiro (Guanabara). Lista sistemática anotada.** Arq. Mus. Nac. 53: 99-160.
- Silva, F.L. & Silva-Jr., J.M. 1992. **Comportamento de repouso do golfinho rotador *Stenella longirostris* (Gray, 1928) em Fernando de Noronha, Brasil.** In: Resúmenes de la 5ª Reunión de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del Sur, p.63. Buenos Aires, Argentina, 28 de setembro a 2 de outubro de 1992.
- Silva, R.S. & Olmos, F. 2006. **Noteworthy bird records from Fernando de Noronha, northeastern Brazil.** Rev. Bras. Ornitol. 14: 470-474.
- Silva, R.S. & Silva, J.R. 2003. **Reprodução e status da Garça-vaqueira (*Bubulcus ibis*) no arquipélago de Fernando de Noronha.** In: Resumos do XI Congresso Brasileiro de Ornitologia, Feira de Santana, Bahia, Brasil, 23-28 de novembro de 2003.
- Silva Jr., J.M. 1998. **Aspectos da história natural da avifauna do Arquipélago de Fernando de Noronha – Brasil.** In: Anais da 11ª Semana Nacional de Oceanografia, p.137-139. Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil, 18-24 de outubro de 1998.
- Smith, H.G.; Hardy, P.; Leith, I.M.; Spaul, V.W. & Twelves, E.L. 1974. **A biological survey of St. Paul's Rocks in the equatorial Atlantic Ocean.** Biol. J. Linn. Soc. 6: 89-96.
- Soto, J.M.R. 1997. **Tubarões e raias (Chondrichthyes) encontrados no Arquipélago Fernando de Noronha durante as expedições Arfenor I e II.** Alcance 4: 71-80.
- _____. 2001a. **Peixes do Arquipélago Fernando de Noronha.** Mare Magnum 1: 147-169.
- _____. 2001b. **On the presence of the Caribbean reef shark, *Carcharhinus perezi* (Poey, 1876) (Chondrichthyes, Carcharhinidae), in the southwest Atlantic.** Mare Magnum 1: 135-139.
- _____. 2006. **A fauna terrestre exótica do Arquipélago Fernando de Noronha: colonização natural e intervenção antrópica,** p.296-298. In: Alves, R.J.V. & Castro, J.W. de A. (Orgs.). Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo. Brasília: MMA.
- Soto, J.M.R.; Souza-Filho, M.B. & Serafini, T.Z. 2001. **A problemática da invasão de *Passer domesticus* (Passeriformes, Ploceidae) no Arquipélago Fernando de Noronha, Brasil.** In: Resumos do IX Congresso Brasileiro de Ornitologia, p.373-374. Curitiba, Paraná, Brasil, 22-27 de julho de 2001.
- Soto, J.M.R. & da Silva, X. 2001. **Novos registros de aves para o Arquipélago Fernando de Noronha, Brasil.** In: Resumos do IX Congresso Brasileiro de Ornitologia, p.371-372. Curitiba, Paraná, Brasil, 22-27 de julho de 2001.
- Soto, J.M.R. & Filippini, A. 2003. **Ocorrência e reprodução da pardela-de-audubon, *Puffinus lherminieri* Lesson, 1839 (Procellariiformes, Procellariidae) no Arquipélago Fernando de Noronha, com a revisão dos registros de *P. lherminieri* e *P. assimilis* no Brasil.** Ararajuba 11: 112-115.
- Teixeira, D.M.; Nacinovic, J.B. & Pontual, F.B. 1987. **Notes on some birds of northeast Brazil (2).** Bull. Br. Ornithol. Club 107: 151-157.
- USA – United States of America. 1959. **U.S. Army Tech. Info. n.647-72/59.**
- _____. 1962. **U.S. Army Tech. Info. n.973-15/62.**

Capítulo 14

**O Mergulho
Científico no Estudo
das Esponjas:
o Exemplo das
Ilhas Oceânicas
Brasileiras**

Fernando Moraes



Resumo

As esponjas são animais sésseis que desempenham diversas interações biológicas importantes para a manutenção da biodiversidade nas comunidades bentônicas. Nas ilhas oceânicas brasileiras (IOB), elas apresentam grande diversidade e altas taxas de endemismo, apesar de ainda serem pouco estudadas. Até a década de 1970, os estudos sobre esponjas destas ilhas eram desenvolvidos por meio de coletas por dragagens em expedições estrangeiras. Com os mergulhos livre e autônomo, principalmente após a década de 1990, houve um aumento na coleta de material e passou-se a produzir as primeiras fotografias e imagens de vídeo de esponjas do Atol das Rocas, de Fernando de Noronha, do Arquipélago de São Pedro e São Paulo e da Ilha da Trindade. O mergulho científico possibilitou coletar espécimes em diversos ambientes, como cavernas, tocas, fendas e paredes verticais, locais em geral colonizados por esponjas e impossíveis de serem amostrados utilizando-se técnicas indiretas. Desde 1998, pesquisadores do Museu Nacional/UFRJ já coletaram 1.213 espécimes de esponjas e produziram cerca de 3.000 fotos e 20 horas de imagens de vídeo sobre a biodiversidade marinha destas ilhas, com ênfase nas esponjas. O estudo deste material tem possibilitado a descoberta de diversas espécies novas para a ciência (aproximadamente 20 spp.), além de novos registros para o Brasil. A taxonomia de esponjas é difícil e necessita do maior número possível de informações sobre a morfologia dos espécimes para embasar as descrições e identificações taxonômicas. Muitas características morfológicas das esponjas, fundamentais para a taxonomia, são perdidas após a coleta e fixação do material, dificultando ainda mais este trabalho. A observação direta, aliada à fotografia e filmagem submarina das espécies *in vivo* e dos ambientes onde ocorrem têm possibilitado avanços nos estudos taxonômicos e ecológicos sobre esponjas nas IOB, criando informações básicas para estudos biogeográficos e de conservação. O mergulho científico é imprescindível para o estudo das esponjas, devendo ser incentivado por meio de fomento direto e apoio logístico específico.

Abstract

The Scientific Diving for the Study of Sponges: the Example of the Brazilian Oceanic Islands

Sponges are sessile and filter-feeding animals which develop interesting interactions for biodiversity maintenance in benthic communities. In the Brazilian oceanic islands sponges have high diversity and endemism rates, although they are still poorly studied. Until 1970's, studies about sponges were conducted by foreign expeditions which dredged biological material. After free diving and SCUBA, especially from the 1990's on, there was an increase in collection and it began to be produced the first photographs and video images of the sponge fauna of Atol das Rocas (Rocas Atoll), Arquipélago de Fernando de Noronha (Fernando de Noronha Archipelago), Arquipélago de São Pedro e São Paulo (St. Peter and St. Paul Rocks) and Ilha da Trindade (Trindade Island). The scientific diving made it possible to collect specimens in different environments, such as submarine caves, gaps, ceilings and vertical walls, places often colonized by sponges and impossible to be sampled by indirect technics. Since 1998, researchers from Museu Nacional/UFRJ have collected 1,213 specimens of sponges and produced approximately 3,000 photographs and 20 hours of video images about marine biodiversity (focusing on sponges) from these islands. Study of this material has produced the discovery of several new

species to science (about 20 spp.) and new records to Brazil. Taxonomy of sponges is a difficult job and needs the maximum information as possible on morphology, which support detailed descriptions and identifications. Several morphological characters of sponges are lost after collection and fixation of specimens, making this job more difficult. Direct observations, allied to underwater photography and filming of the species in vivo and its environments have increased taxonomic and ecological studies in the Brazilian oceanic islands, creating basic information to biogeography and conservation studies. Scientific diving is a key technic for the study of sponges, and should be encouraged by direct financial and logistic support.

Introdução

As esponjas são animais sésseis e filtradores que desempenham importantes interações ecológicas, estruturando a comunidade e mantendo a biodiversidade. Elas distribuem-se por todos os oceanos e colonizam também ambientes de água doce, como lagunas, lagos e rios (BERGQUIST, 1978; HOOPER & VAN SOEST, 2002). O estudo destes animais em ambiente natural é extremamente interessante e fundamental para as áreas de sistemática, fisiologia, ecologia e conservação. Por isso, o mergulho científico tem sido a ferramenta ideal para pesquisas em águas rasas, contribuindo diretamente para o crescimento exponencial do número de trabalhos que vêm sendo desenvolvidos com esponjas nas últimas décadas (revisão em RÜTZLER, 1996). Nas ilhas oceânicas brasileiras, há uma alta diversidade de espécies de esponjas, incluindo diversas endêmicas (MORAES *et al.*, 2006). Apesar disso, somente na década de 1990 esta fauna começou a ser estudada em detalhe, principalmente pelo uso do mergulho por especialistas no grupo. Até então, a maioria das coletas era feita por dragagens de expedições estrangeiras (*Challenger*, *Rosaura*, *Atlantis II*, *Callypso*; SOLLAS, 1888; BURTON, 1954; BOWEN, 1966; BOURY-ESNAULT, 1973, respectivamente). Apenas três estudos trabalharam esponjas coletadas por mergulho nas ilhas oceânicas brasileiras antes de 1998 (EDWARDS & LUBBOCK, 1983; ESTON *et al.*, 1986; MOTHES & BASTIAN, 1993).

O primeiro destes estudos foi um importante marco para o conhecimento da fauna do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, quando pesquisadores ingleses, a bordo de um veleiro particular, mergulharam pela primeira vez no local, levantando informações, coletando material biológico e produzindo fotografias submarinas das espécies e ambientes. Em apenas oito dias utilizando o mergulho autônomo no local, estes pesquisadores coletaram informações e material que se desdobrariam em relevantes descobertas científicas. A descrição de quatro espécies novas e endêmicas de peixes, estudos ecológicos das comunidades em diversos ambientes e o delineamento da biogeografia do arquipélago fornecem uma dimensão da importância destes mergulhos e do estudo do material por eles coligido (EDWARDS & LUBBOCK, 1980, 1983; LUBBOCK & EDWARDS, 1981). O fato de serem ictiólogos (não especialistas em Porifera) pode explicar a pequena quantidade de esponjas coletadas e a identificação de apenas seis espécies, muitas no nível de gênero. No entanto, esta foi a maior coleta de esponjas do arquipélago até então, sem dúvida um reflexo da utilização do mergulho autônomo. Em 1872, o *Challenger* coletou uma nova espécie de esponja por acaso, presa num anzol de pesca, descrita por Sollas (1888): *Stelletta gigas*. Em 1937, a expedição *Rosaura* coletou por dragagem mais uma espécie no local (BURTON, 1954). A baixa diversidade de esponjas descrita por estas expedições é pro-

vavelmente um reflexo da coleta indireta empregada, difícil de ser executada no local (fundo rochoso irregular vertical e inclinado).

Algumas coletas com draga em Fernando de Noronha não obtiveram grande sucesso na amostragem da fauna de esponjas (*Callypso*, com apenas uma espécie registrada por Boury-Esnault (1973)). Utilizando o mergulho, Eston *et al.* (1986) realizaram um estudo ecológico de distribuição de organismos bentônicos, no qual identificaram seis espécies de esponjas no nível de gênero. Em 1986, pesquisadores do Museu Nacional do Rio de Janeiro (MNRJ/UFRJ), estudando cnidários do Arquipélago de Fernando de Noronha, coletaram esponjas com uso de mergulho autônomo, fornecendo material para o primeiro trabalho mais abrangente de taxonomia das esponjas do local, no qual foram redescritas 13 espécies (MOTHES & BASTIAN, 1993). Coletas conduzidas por especialistas, amostrando ambientes crípticos, com foco principal nas esponjas, em diversas profundidades, começaram a ser desenvolvidos em 1996 (MURICY & MORAES, 1998). Desde então, com o aumento do esforço de coleta, incluindo expedições mais frequentes e a participação de equipes maiores de especialistas (até quatro pesquisadores), o registro de espécies de esponjas vem aumentando significativamente (MURICY & RIBEIRO, 1999; MURICY & MINERVINO, 2000; MORAES & MURICY, 2003; MORAES, 2006; MORAES *et al.*, 2006; MORAES & MURICY, 2007a, b).

Na Ilha da Trindade, o mergulho científico é o menos desenvolvido de todas as IOB, o que pode ser explicado pela grande dificuldade de acesso aos diversos pontos da ilha e pelo apoio logístico insuficiente para o mergulho (carência de botes infláveis e compressor para recarga de cilindros). No caso das esponjas de águas rasas (até 50 metros), os primeiros estudos são recentes e empregaram o mergulho científico. Apesar da limitação de tempo e de baixa autonomia de mergulho no local (deslocamento e recarga), as coletas, fotografias e filmagens submarinas realizadas por especialistas permitiram a listagem de 23 espécies, sendo quatro novas para a ciência. Destas quatro, duas são endêmicas da ilha e as outras duas só ocorrem também no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (MORAES *et al.*, 2006; MORAES, 2006; MORAES & MURICY, 2007a, b). O pequeno conhecimento sobre os poríferos da Ilha da Trindade foram obtidos por dragagens do programa Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE) (MURICY *et al.*, 2006). A coleta de poucos exemplares de esponjas durante este programa talvez esteja relacionada à dificuldade de coletar indiretamente em substrato rochoso irregular, como o de Trindade.

Os primeiros estudos das esponjas do Atol das Rocas ocorreram por dragagens do *Callypso* na década de 1960, principalmente no entorno do Atol, contabilizando seis espécies descritas (BOURY-ESNAULT, 1973). Em 1999, pesquisadores do MNRJ/UFRJ começaram a estudar a fauna de esponjas local, utilizando extensivamente o mergulho em apnéia e, ocasionalmente, o mergulho autônomo para observações, coletas, fotos e filmagens das esponjas e dos ambientes. O alto esforço amostral, utilizando a ferramenta apropriada (mergulho) e a subsequente análise detalhada do material, tem ampliado o conhecimento sobre a fauna de esponjas do local, com a descrição de espécies novas e endêmicas e o mapeamento quantitativo da comunidade de poríferos em diversos ambientes (MORAES *et al.*, 2003; MORAES & MURICY, 2003; MORAES *et al.*, 2006; MORAES, 2006).

Além do conhecimento científico gerado com a utilização do mergulho no estudo das esponjas das IOB, deve-se ressaltar a relevância desta técnica para outro ponto importante e cada vez mais valorizado no contexto de extensão universitária: a divulgação científica e a produção de materiais de apoio à educação e ao ensino. Por meio do mergulho, uma grande quantidade de fotografias e filmagens, sobre diversos assuntos, está sendo produzida nas IOB, constituindo material didático de alta qualidade para documentários, exposições, livros, matérias em jornais, telejornais, revistas, *sites* entre outros meios de comunicação de ampla abrangência (WHABA, 2002; AZEVEDO, 2004; MORAES, 2005; SALOMONE, 2005).

O presente capítulo foi desenvolvido com base no painel homônimo apresentado no I Workshop Brasileiro de Mergulho Científico, realizado em Natal/RN, entre 6 e 9 de junho de 2007. Detalhes sobre a biodiversidade de esponjas das IOB podem ser obtidos em Moraes *et al.* (2006).

Objetivos

Apresentar as utilidades e a importância do mergulho científico para o estudo das esponjas nas ilhas oceânicas brasileiras.

Área de estudo

O Brasil possui cinco ilhas e arquipélagos oceânicos: Atol das Rocas, Ilha da Trindade e arquipélagos São Pedro e São Paulo, Fernando de Noronha e Martin Vaz (**Figura 14.1**). Destas, apenas Martin Vaz (aproximadamente 60 km ao leste da Ilha da Trindade) não foi abordada neste estudo, justamente pela falta de condições logísticas para acesso marítimo ao local. Estas ilhas são de grande interesse ambiental, científico, econômico e estratégico. Todas apresentam uma grande complexidade de ambientes bentônicos (carbonáticos e/ou rochosos), incluindo tocas, fendas, cavernas e paredes verticais. As principais feições e ambientes amostrados durante o estudo das esponjas nestas ilhas, até o momento, foram apresentados por Moraes *et al.* (2006).

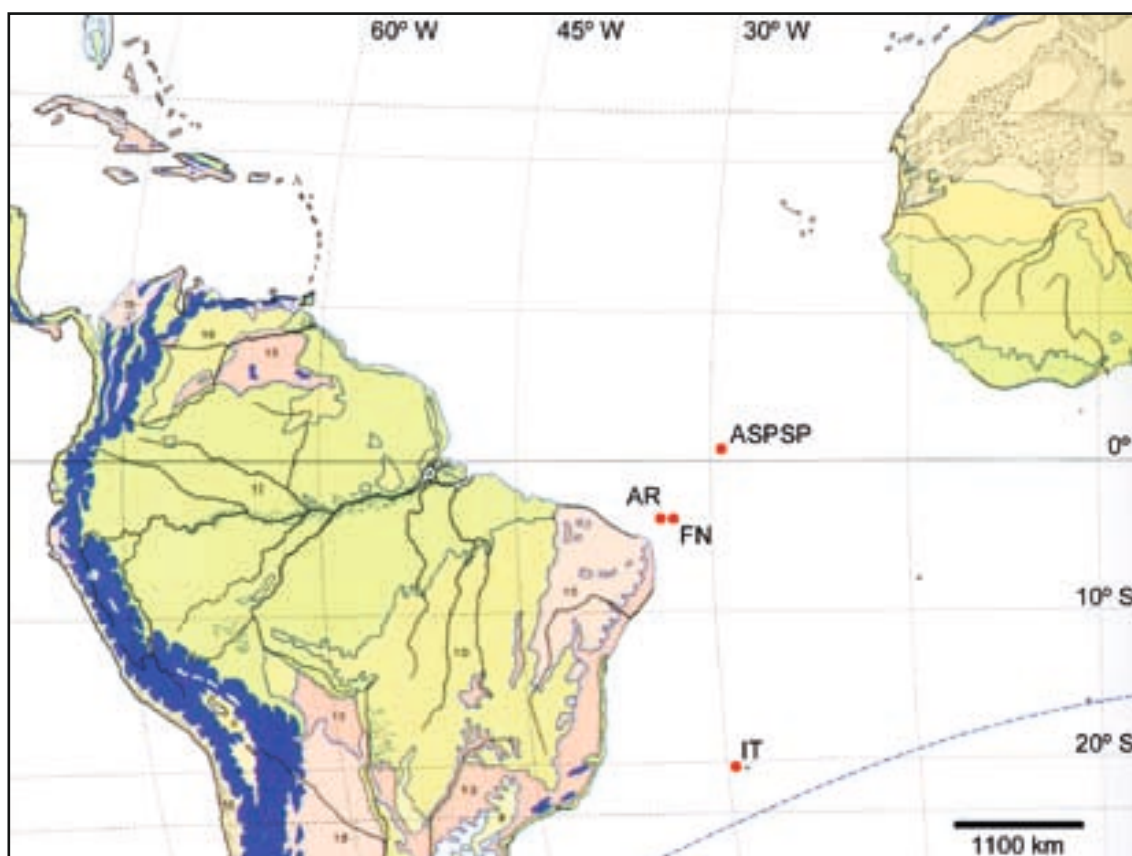


Figura 14.1. Mapa do Atlântico mostrando a localização das quatro ilhas oceânicas brasileiras estudadas. Legenda: AR=Atol das Rocas, FN=Arquipélago de Fernando de Noronha, ASPSP=Arquipélago de São Pedro e São Paulo e IT=Ilha da Trindade.

Material & métodos

Os mergulhos científicos foram realizados em apnéia e SCUBA, até 50 metros de profundidade. Durante os mergulhos, foram feitas observações de campo, fotografias, filmagens e coletas de material biológico (esponjas) (**Figuras 14.2 e 14.5**). As estações de coleta e detalhes sobre métodos e equipamentos utilizados no estudo das esponjas nas IOB podem ser obtidos em Moraes *et al.* (2006).



Figura 14.2. Máira Ventura durante observação de campo no lado externo do Atol das Rocas. Esta técnica é o primeiro passo para o estudo, sendo empregada para determinar os melhores pontos de amostragem e caracterizar visualmente o ambiente e as espécies. Foto: Fernando Moraes.



Figura 14.3. Leandro Monteiro fotografando esponja no interior da Caverna da Sapata, Fernando de Noronha. A fotografia *in vivo* das espécies permite registrar detalhes morfológicos externos fundamentais para a taxonomia das esponjas. Foto: Fernando Moraes.

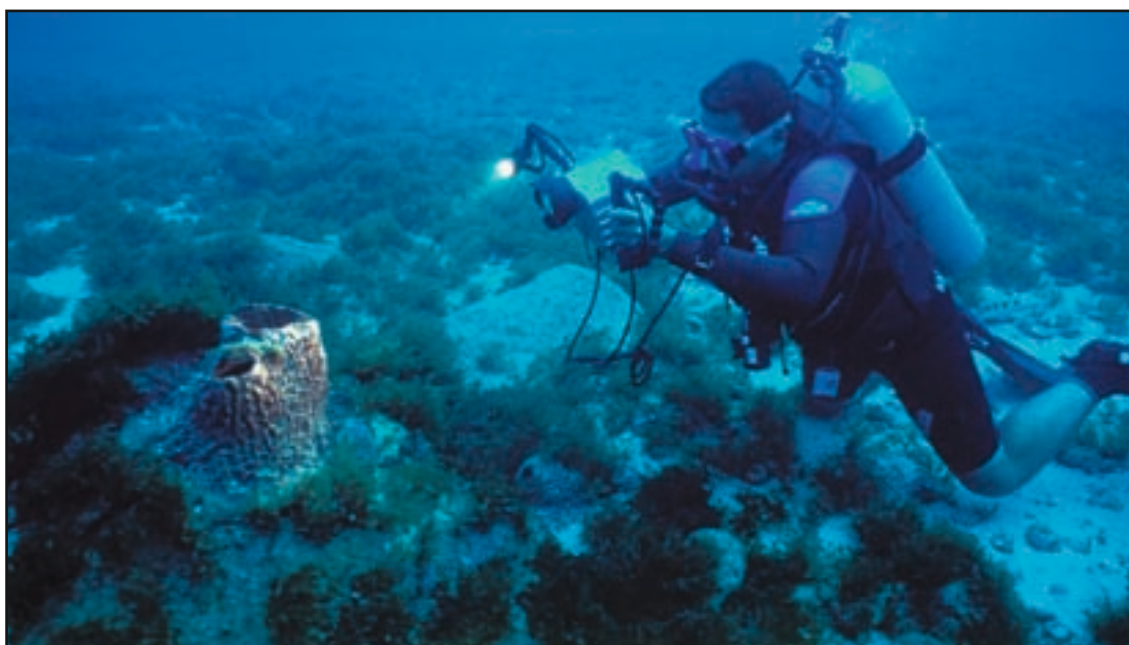


Figura 14.4. Diogo Pagnoncelli filmando *Xestospongia muta* em Fernando de Noronha. A filmagem submarina das esponjas permite o registro mais próximo do real de interações ecológicas e fenômenos fisiológicos como ataque de predadores e padrões de liberação de gametas. Além disso, as imagens de vídeo podem ser um forte meio de divulgação de informações científicas para um público abrangente. Foto: Fernando Moraes.



Figura 14.5. Leandro Monteiro coletando esponja em Fernando de Noronha. A coleta de material biológico é fundamental para a taxonomia, pois gera material base para a descrição e identificação das espécies. Para as esponjas, especialmente em locais pouco estudados, onde as principais espécies ainda não foram identificadas, sem material testemunho não há possibilidade de identificação segura das espécies. Foto: Fernando Moraes.

Com referência às operações de mergulho nas IOB, cabe destacar as características de cada uma separadamente:

Atol das Rocas: há grande carência de infra-estrutura para pesquisa e a maioria dos mergulhos foi realizada em apnéia. A inexistência de suporte para mergulho autônomo na Reserva Biológica do Atol das Rocas faz com que cada grupo de pesquisa tenha que providenciar os equipamentos e a logística necessária para este tipo de atividade, o que o torna muito complicado e dispendioso, considerando-se a disponibilidade e o transporte de equipamentos (cilindros e compressor para recarga) desde as cidades de origem até o Atol e vice-versa. Esta situação é um forte complicador para a exploração científica subaquática em alguns pontos do Atol das Rocas, principalmente na parte externa do recife e nas fendas (**Figura 14.6**).

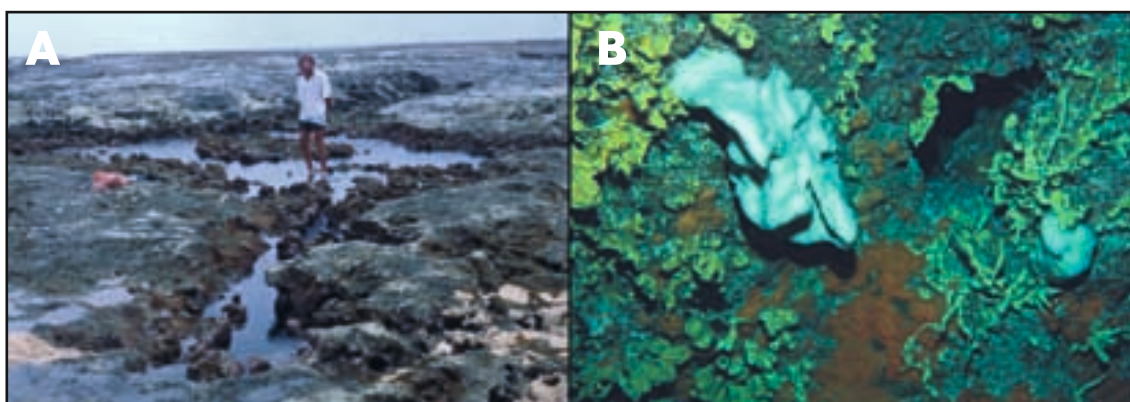


Figura 14.6. Fenda, Atol das Rocas. Exemplo de ambiente críptico, com alta diversidade e densidade de esponjas e acessível apenas por mergulho. a) visão geral de uma das fendas encontradas no platô recifal (maré baixa), a estreita abertura esconde galerias que chegam a 7 m de profundidade e ramificam-se até o bordo do recife; b) interior de uma das fendas, nas quais as esponjas dominam o substrato: esponja-branca *Topsentia ophiraphidites* e esponja amarela *Aplysina muricyana*. Fotos: Guilherme Muricy.

Arquipélago de Fernando de Noronha: os mergulhos foram realizados juntamente com as saídas dos grupos turísticos da operadora de mergulho local Águas Claras. Este tipo de amostragem foi escolhido devido à limitação financeira para aluguel de uma embarcação destinada exclusivamente para os trabalhos de pesquisa, sendo o apoio da operadora muito importante, porém com restrições para o estudo. Durante três dias, alugou-se uma embarcação para este fim, o que se mostrou extremamente vantajoso. Com isso, foram amostrados pontos do arquipélago não contemplados regularmente pelas operações de turismo e foi empregado o tempo necessário para o desenvolvimento das amostragens em cada estação, sem preocupação com o tempo do turista, sempre menor que o do pesquisador; além disso, alcançou-se maior operacionabilidade para embarque e desembarque de pessoal e equipamentos. Os mergulhos em apnéia foram fundamentais para amostragens em ambientes rasos de acesso relativamente fácil (como costões rochosos e piscinas de maré).

Arquipélago de São Pedro e São Paulo: até 2005, a situação do mergulho autônomo era similar à do Atol das Rocas. Porém, havia a vantagem do embarque dos pesquisadores ser feito via Fernando de Noronha, sendo possível obter cilindros de mergulho emprestados com as operadoras de mergulho locais. Nesse caso, eram comuns viagens em que eram transportados muitos cilindros (20-40), utilizados com grande parcimônia no arquipélago. Com a compra e manutenção pelo Programa Arquipélago (coordenado pela Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar) de um compressor de mergulho, cilindros e lastros, passou-se a ter uma condição logística de mergulho adequada, potencializando as expedições que necessitam deste meio de coleta de dados. A apnéia, no entanto, foi extensamente empregada na piscina de maré e na enseada, mostrando-se eficiente para ser intercalada com os mergulhos autônomos.

Ilha da Trindade: a situação de mergulho é complicada. Na ilha, não há disponibilidade de embarcação de apoio ao mergulho, nem compressor para recarga ou cilindros. Como não há, até o momento, um programa oficial de pesquisas científicas em andamento na área¹, para realizar as coletas contou-se com a disponibilidade de vagas em embarcações da Marinha do Brasil, que fazem o reabastecimento e a troca dos militares do Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade em intervalos de dois meses. Tendo em vista a natureza acidentada do terreno local, as longas distâncias que separam os pontos de mergulho, o reduzido número de pesquisadores por viagem e a rápida permanência na ilha, a amostragem em Trindade foi muito limitada. Mesmo assim, quando houve disponibilidade de apoio de bote inflável do navio da Marinha, foi possível atingir bons pontos de mergulho e realizar boas coletas, o que infelizmente mostrou-se insuficiente devido ao grande tamanho e à alta importância científica da Ilha da Trindade.

Resultados e discussão

Por meio dos estudos taxonômicos, ecológicos e biogeográficos realizados a partir do material coletado e das informações de campo obtidas nos mergulhos científicos nas IOB, obtiveram-se os resultados apresentados a seguir.

¹ **Nota do Editor:** A Marinha do Brasil publicou a Portaria MB nº 319, de 27/12/2006, a qual estabelece o Comitê Executivo do Programa de Pesquisas Científicas na Ilha da Trindade (PROTRINDADE). Este comitê tem a finalidade de promover e gerenciar o desenvolvimento de pesquisas científicas nas ilhas de Trindade e Martin Vaz e área marítima adjacente. As pesquisas serão aprovadas por este Comitê, assessorado por um Subcomitê Científico coordenado pelo CNPq e com a participação do Ministério do Meio Ambiente, o qual irá sugerir as prioridades de embarque de acordo com a logística oferecida pela Marinha do Brasil.

Caracterização e representação da biodiversidade de esponjas, com 1.213 espécimes coletados e tombados na coleção de Porifera do MNRJ/UFRJ (MORAES *et al.*, 2006).

Identificação de 139 espécies, das quais cerca de 20 são novas para a ciência e diversas representam novos registros para estas áreas e para o Brasil (MURICY & RIBEIRO, 1999; MURICY & MINERVINO, 2000; ESTEVES *et al.*, 2002; MORAES & MURICY, 2003, 2007a, b; MORAES *et al.* 2006; EDUARDO HAJDU, comunicação pessoal).

Produção de aproximadamente 3.000 fotos e 20 horas de imagens de vídeo sobre a biodiversidade marinha, com ênfase nas esponjas das ilhas oceânicas estudadas. Até o momento, neste acervo encontram-se fotos com alta qualidade de aproximadamente 50% das espécies de esponjas. A tendência deste número é aumentar, à medida que mais expedições forem realizadas nestes locais e novos equipamentos adquiridos.

Especificamente quanto às esponjas, as informações de campo são de suma importância para a identificação taxonômica das espécies. Padrões morfológicos externos como cor, superfície e ósculos têm grande valor para a taxonomia e muitas vezes se perdem logo após a coleta ou fixação do material. Por isso, o emprego da fotografia e da filmagem submarina é tão importante para a caracterização das espécies, registrando de forma exata tais padrões (**Figura 14.7**).

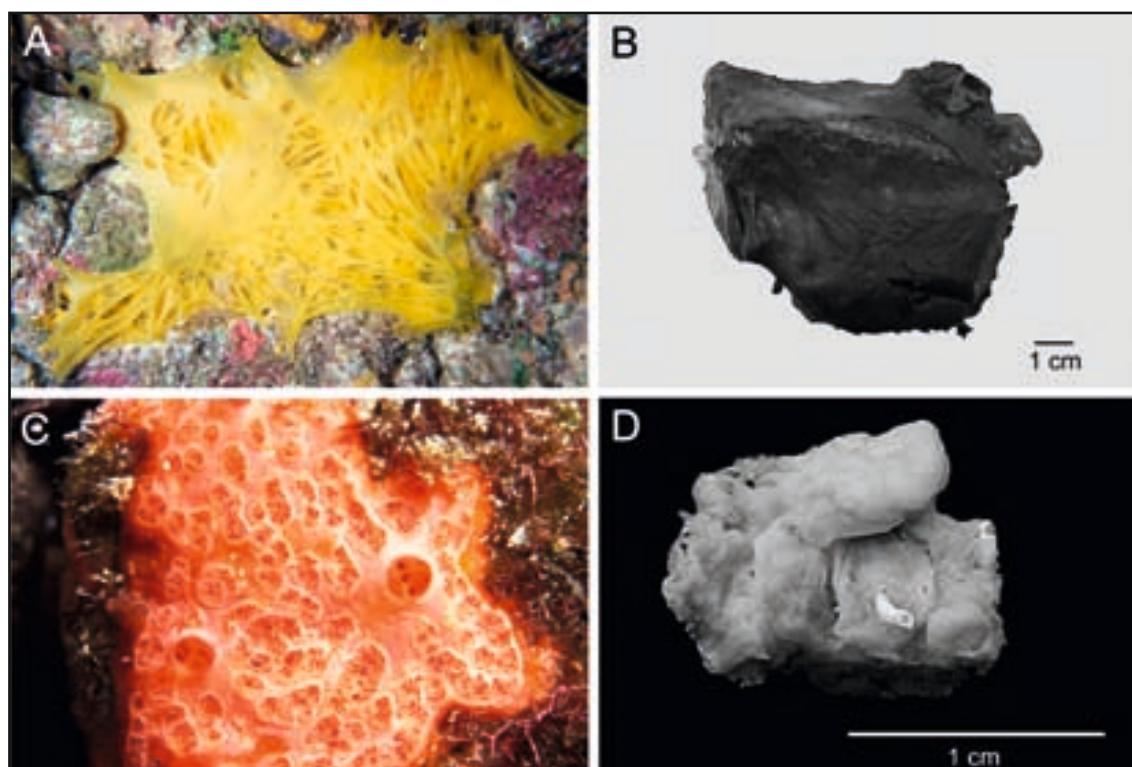


Figura 14.7. a-b) *Pachataxa lutea*; c-d) *Hemimycale* sp. n., Arquipélago de São Pedro e São Paulo. a) exemplar *in vivo*, destacando-se a cor amarela brilhante e a superfície estirada bem característica; b) exemplar fixado; c) exemplar *in vivo*, destacando-se a cor vermelha-rosada brilhante e os crivos diagnósticos na superfície; d) exemplar fixado. Fotos: Fernando Moraes.

As esponjas participam de muitas interações ecológicas com plantas e animais, servindo de abrigo/substrato para algas, crustáceos, equinodermos, peixes, camuflagem para caranguejos, além de alimento para tartarugas, peixes e moluscos (MEYLAND, 1988; WULFF, 1994; RIBEIRO *et al.*, 2003; BATISTA, 2006). Neste sentido, torna-se valioso o registro (foto e vídeo) destas inte-

rações no ambiente marinho, pois permitem reproduzir o fenômeno observado diversas vezes, aumentando o poder de investigação científica.

Utilizando-se quadrados aleatórios em diferentes ambientes e profundidades, foram realizadas as primeiras quantificações da comunidade de esponjas no Atol das Rocas e no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (MORAES *et al.* 2003; MONTEIRO *et al.*, 2006). Sem a utilização de mergulho, principalmente o autônomo em São Pedro e São Paulo, não haveria possibilidade de realizar estes estudos.

Os resultados taxonômicos sobre as esponjas das IOB (inventário) permitiram analisar a afinidade biogeográfica desta fauna, até então desconhecida (MORAES, 2006). A escassez de levantamentos taxonômicos é um entrave para o desenvolvimento da biogeografia de ilhas remotas, impedindo que sejam contextualizadas em estudos de grande abrangência geográfica (BRIGGS, 1966, 1977). É básica a importância do mergulho científico para obtenção de conhecimento apropriado sobre a biodiversidade marinha nestas ilhas, devendo ser encarado como uma ferramenta primordial para o desenvolvimento de estudos multidisciplinares.

Os mergulhos proporcionaram meios para captação de imagens de vídeo de diversos ecossistemas e espécies, incluindo associações comuns e outras pouco conhecidas, além de registro de comportamentos reprodutivos nunca antes registrados no Brasil (MORAES, 2003, 2005). Foram produzidos quatro vídeos sobre a biodiversidade, com ênfase nas esponjas, incluindo imagens raras e inéditas: “Atol das Rocas: reserva da biodiversidade”, “Arquipélago de São Pedro e São Paulo: os penedos do Atlântico”, “Fernando de Noronha: o arquipélago das esponjas” e “Ilha da Trindade: um pedaço pouco conhecido do Brasil”. Destaca-se, neste contexto, a desova da esponja *Xestospongia muta*, filmada em Fernando de Noronha pela Hydrosphera Produções. Cabe ressaltar a importância de cooperação entre cinegrafistas submarinos profissionais locais, que atuam no local quase diariamente (filmando operações de mergulho), com os pesquisadores. Tal parceria permitiu a identificação correta do registro de “um negócio estranho saindo de dentro da esponja”, segundo a cinegrafista autora da imagem, Lola Fritzsche. Outro exemplo deste tipo de interação multidisciplinar foi o registro da desova da esponja *Agelas dispar*, também em Fernando de Noronha, produzida por Marta Granville, fotógrafa local (**Figura 14.8**). A obtenção de informações de campo sobre a reprodução de esponjas é um difícil trabalho, tendo em vista o curto espaço de tempo que tais eventos podem ter e a periodicidade muitas vezes anual. Por isso, quaisquer informações sobre estes fenômenos são fundamentais, sendo fornecidas, muitas vezes, por profissionais ou amadores (não pesquisadores) relacionados ao mergulho (REISWIG, 1976).

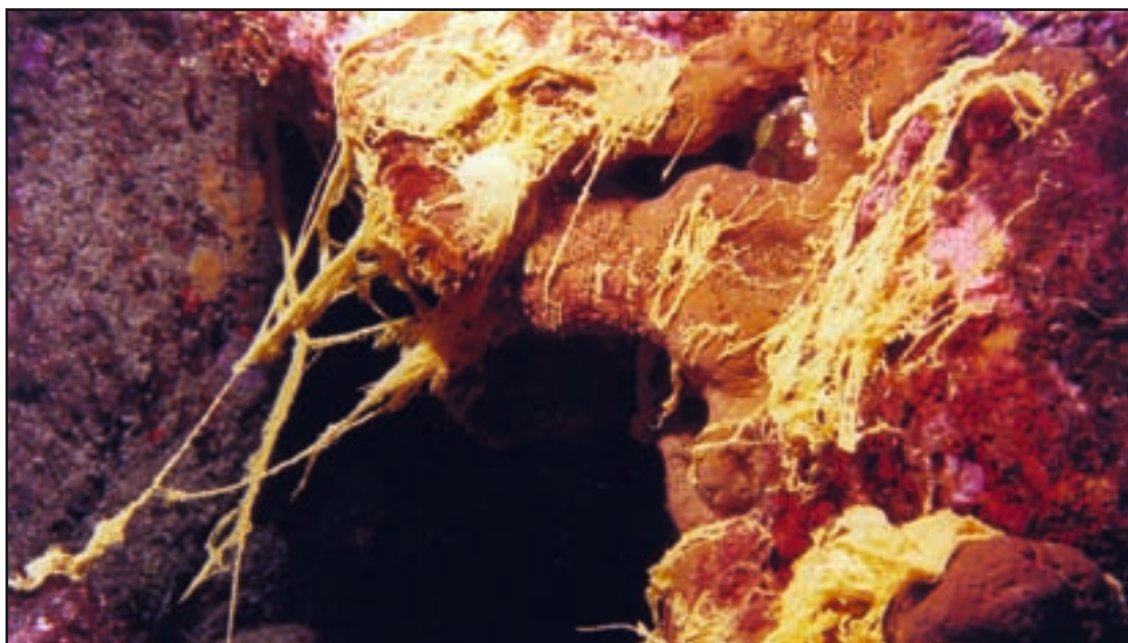


Figura 14.8. Liberação de muco, provavelmente contendo ovócitos e/ou embriões da esponja *Agelas dispar*, Fernando de Noronha. Segundo registros de mergulhadores locais, diversos exemplares desta espécie apresentaram este comportamento durante aproximadamente três dias em 2004, em diferentes pontos do Arquipélago. Foto: Marta Granville.

Não há dúvida de que registros audiovisuais são imprescindíveis para o estudo da biologia de organismos marinhos, sendo também altamente eficientes na divulgação do conhecimento gerado em todos os níveis de ensino e para a população em geral. O emprego de técnicas audiovisuais para produção de dados científicos, ensino e popularização da ciência é ainda mais relevante no ecossistema marinho subaquático. No mar, o acesso é mais difícil que na maioria dos ambientes terrestres (maior esforço logístico, físico e financeiro). Por isso, a possibilidade de repetir fenômenos estudados, indefinidas vezes, é ainda mais interessante no caso de ilhas remotas. A utilização de recursos técnicos de edição e tratamento de imagens, que facilitam e permitem compreender eventos diversos, é também outra vantagem dos registros fotográficos e audiovisuais. Além disso, a divulgação dos resultados com maior eficiência (menor tempo e maior assimilação) e abrangência são características marcantes da linguagem audiovisual (TOZI, 1984). O mergulho científico como meio para obtenção de informações é fundamental e tem se mostrado uma ferramenta também importante para a conservação na natureza, principalmente nas IOB, por meio da formação de consciência ambiental e mobilização de gestores do poder público.

A fotografia e a filmagem submarina são meios empregados também para contextualizar as espécies nos ambientes que ocorrem, permitindo analisar padrões morfológicos externos associados às variações no meio e à distribuição e cobertura das espécies. Em adição, no contexto logístico, fotos e vídeos são úteis para auxiliar no planejamento adequado de cada amostragem em ambientes remotos, além de permitirem o intercâmbio de informações entre pesquisadores fora do local estudado, especialmente pertinente nas IOB.

Estudos faunísticos e ecológicos quantitativos (usando quadrados e transectos, por exemplo) são facilitados pela fotografia e filmagem submarinas, e são, algumas vezes, a única forma possível de amostragem eficiente, pelo pouco tempo de fundo em mergulhos autônomos abaixo de 50 metros e em grandes profundidades, com acesso remoto.

Observações de campo utilizando mergulhos em apnéia foram realizadas, complementarmente, em um estudo sobre a caracterização da fauna de esponjas na alimentação do peixe *Pomacanthus paru* no Atol das Rocas (**Figura 14.9**). Durante os mergulhos, os pesquisadores realizaram observações diretas e registros da predação de esponjas, especialmente interessante para comparação e embasamento da análise de conteúdo estomacal posterior a coleta de alguns exemplares (BATISTA, 2006).



Figura 14.9. Daniela Batista observando e registrando o comportamento alimentar do peixe *Pomacanthus paru* no Atol das Rocas. Neste caso, a apnéia mostrou-se a técnica de mergulho ideal, causando menos distúrbio no ambiente, por ser silenciosa, e permitiu a pesquisadora uma maior aproximação da espécie alvo. A maior mobilidade da pesquisadora, apenas com equipamento básico de apnéia, também foi uma vantagem durante o processo de acompanhamento do peixe. Foto: Guilherme Muricy.

As coletas de esponjas nas IOB antes deste estudo foram realizadas por não especialistas, principalmente por meio de dragagens, revelando, até então, uma fauna pouco diversa. Além disso, não havia registros fotográficos e de vídeo das espécies *in situ*. Dragagens causam maiores impactos sobre o ecossistema bentônico e não contemplam ambientes crípticos, sendo muito limitadas nas ilhas estudadas. Com isso, o mergulho científico para o estudo das esponjas vem sendo desenvolvido como uma técnica eficiente e de baixo impacto ambiental, especialmente recomendada nas IOB, áreas com geomorfologia complexa e de caráter prioritário para a conservação da natureza.

Conclusões

Observações diretas, fotografias e filmagens submarinas das espécies *in vivo* e dos ambientes onde ocorrem têm possibilitado grandes avanços nos estudos taxonômicos e ecológicos sobre esponjas nas IOB, gerando subsídios para estudos biogeográficos e de conservação. Para tal, estudos conduzidos em campo por especialistas, utilizando mergulho, têm sido fundamentais.

O mergulho científico é imprescindível para o estudo das esponjas nas IOB, pois possibilita a coleta de material biológico em ambientes inacessíveis para técnicas de coleta indireta, como tocas, cavernas e paredes verticais, muito comuns nestas ilhas.

Registros fotográficos e audiovisuais têm sido eficientes para permitir a identificação de diferentes fenômenos e associações envolvendo esponjas nas ilhas estudadas. A troca de informações entre pesquisadores e profissionais de mergulho (instrutores, fotógrafos e cinegrafistas) em Fernando de Noronha é uma boa maneira de compreender fenômenos biológicos raros, por isso deve ser estimulada.

O mergulho científico é menos impactante que dragagens e deve ser estimulado em Unidades de Conservação, como a Reserva Biológica do Atol das Rocas e o Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha.

Para potencializar os resultados científicos e ações de conservação, o mergulho científico deve ser incentivado por fomento direto e apoio logístico específico, sobretudo na Ilha da Trindade e no Atol das Rocas, onde inexistem institucionalmente.

Agradecimentos

Agradeço o apoio financeiro da Fundação O Boticário de Proteção à Natureza (FBPN), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj); o apoio logístico e licenças de pesquisa fornecidas pelo Ibama e ICMBio; o apoio logístico da Marinha do Brasil, por meio da Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM), da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) e do Primeiro Distrito Naval; o apoio para a realização de mergulho em Fernando de Noronha, fornecido pela empresa Águas Claras e imagens submarinas da Hydrosphera Produções. Agradeço também a colaboração de Bertran Feitoza, Claudio Coreixas de Moraes, Diogo Pagnoncelli, Eduardo Vilanova, Eduardo Hajdu, Gabriela Neves, Gino Gambetti, Guilherme Muricy, Helinton Moreira, Igor, Jariã, Leandro Monteiro, Maíra Ventura, Marco Pólo, Marta Granville, Renato e Zaira Matheus durante os trabalhos de campo.

Referências bibliográficas

- Azevedo, A.L. 2004. **As praias mais secretas do Brasil**. O Globo Revista 21: 80-83.
- Batista, D. 2006. **Espingivoria por *Pomacanthus paru* Bloch, 1787 (Perciformes: Pomacanthidae) na costa brasileira**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro.
- Bergquist, P.R. 1978. **Sponges**. Hutchinson, London: 268 pp.
- Boury-Esnault, N. 1973. **Résultats Scientifiques des Campagnes de la «Calypso». Campagne de la Calypso au large des côtes atlantiques de l'Amérique du Sud (1961-1962)**. I.29. Spongiaires. Annales de l'Institut Océanographique 49 (Supplement 10): 263-295.
- Bowen, V.T. 1966. **St. Paul's on the subway**. Oceanus 12: 2-4.
- Briggs, J.C. 1966. **Oceanic islands, endemism, and marine paleotemperatures**. Systematic Zoology 15: 153-163.
- _____. 1974. **Marine Zoogeography**. New York: McGraw-Hill.
- Burton, M. 1954. **Sponges**. In: The "Rosaura" Expedition. Part 5. Bulletin of the British Museum (Natural History) Zoology 2(6): 215-239.
- Edwards, A. & Lubbock, R., 1980. **Voyage to St. Paul's Rocks**. Geographical Magazine 52: 561-567.
- _____. 1982. **The shark population of Saint Paul's Rocks**. Copeia 1982: 223-225.
- _____. 1983a. **Marine zoogeography of St. Paul's Rocks**. Journal of Biogeography 10: 65-72.
- _____. 1983b. **The ecology of Saint Paul's Rocks (Equatorial Atlantic)**. Journal of Zoology 200: 51-69.
- Esteves, E.; Moraes, F.; Muricy, G. & Amaral, F. 2002. **Duas novas ocorrências da Ordem Hadromerida (Porifera, Demospongiae) para o Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil**. Boletim do Museu Nacional, Série Zoologia 488: 1-12.
- Eston, V.R.; Migotto, A.E.; Oliveira Filho, E.C.; Rodrigues, S.A. & Freitas, J.C. 1986. **Vertical distribution of benthic marine organisms on rocky coasts of the Fernando de Noronha Archipelago (Brazil)**. Boletim do Instituto Oceanográfico 34: 37-53.
- Hooper, J.N.A. & Van Soest, R.W.M. 2002. **Systema Porifera: a guide to the classification of sponges**. Kluwer Academic/ Plenum Press.
- Lubbock, R. & Edwards, A. 1981. **The fishes of Saint Paul's Rocks**. Journal of Fish Biology 18: 135-157.
- Meyland, A. 1988. **Spongivory in hawksbill turtles: a diet of glass**. Science 239: 393-395.
- Monteiro, L.; Moraes, F.; Ventura, M.O. & Muricy, G. 2006. **Sponge distribution in São Pedro e São Paulo Archipelago, Brazil**. In: 7th International Sponge Symposium – biodiversity, innovation and sustainability. Book of Abstracts. Custódio, M.R.; Lobo-Hajdu; Hajdu, E. & Muricy, G. (Eds.) Museu Nacional, Série Livros 16: 128.
- Moraes, F.C. & Muricy, G. 2003. **Taxonomy of *Plakortis* and *Plakinastrella* from oceanic islands off north-eastern Brazil, with description of three new species**. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 83: 385-397.
- _____. 2007b. **A new species of *Erylus* (Demospongiae, Geodiidae) from Brazilian oceanic islands**. In: Porifera Research Biodiversity, Innovation & Sustainability. Custódio, M.R.; Lobo-Hajdu; Hajdu, E. & Muricy, G. (Eds.). Museu Nacional, Série Livros 28:467-475.
- _____. 2007a. **A new species of *Stoebea* (Demospongia: Astrophorida) from oceanic islands off north-easter Brazil**. Journal of the Biological Association of the United Kingdom 87:1387-1393.
- Moraes, F.C.; Vilanova, E.P. & Muricy, G. 2003. **Distribuição das esponjas (Porifera) na Reserva Biológica do Atol das Rocas, Nordeste do Brasil**. Arquivos do Museu Nacional, Série Zoologia 61: 13-22.
- Moraes, F.C. 2003. **Atol das Rocas: reserva da biodiversidade**. Museu Nacional. DVD: 18'.
- _____. 2004. **Arquipélago de São Pedro e São Paulo: os penedos do Atlântico**. Museu Nacional. DVD: 18'.
- _____. 2005. **Fernando de Noronha, o arquipélago das esponjas**. Museu Nacional. DVD: 18'.
- _____. 2005. **Ilha da trindade: um pedaço pouco conhecido do Brasil**. Museu Nacional. DVD: 13'.
- _____. 2006. **Taxonomia e Biogeografia de Porifera de Ilhas Oceânicas Brasileiras**. Tese de Doutorado, Museu Nacional do Rio de Janeiro/UFRJ.

- Moraes, F.C.; Ventura, M.; Klautau, M.; Hajdu, E. & Muricy, G. 2006. **Biodiversidade de esponjas das ilhas oceânicas brasileiras**. In: Ilhas Oceânicas Brasileiras – da pesquisa ao manejo. Alves, R.J.V. & Castro, J.W.A. (Orgs.) MMA, SBF: 147-178.
- Mothes, B. & Bastian, M.C.K.A. 1993. **Esponjas do Arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil (Porifera, Demospongiae)**. Iheringia, Série Zoologia: 15-31.
- Muricy, G. & Minervino, J.V. 2000. **A new species of *Gastrophanella* from central western Atlantic, with discussion of the family Siphoniidae (Demospongiae: Lithistida)**. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 80: 599-605.
- Muricy, G. & Moraes, F.C. 1998. **Marine sponges of Pernambuco State, NE Brazil**. Revista Brasileira de Oceanografia 46: 213-217.
- Muricy, G. & Ribeiro, S. 1999. **Shallow-water Haplosclerida (Porifera, Demospongiae) from Rio de Janeiro State, Brazil (Southwestern Atlantic)**. Beaufortia 49: 83-108.
- Muricy, G.; Santos, C.P.; Batista, D.; Lopes, D.A.; Pagnoncelli, D.; Monteiro, L.C.; Oliveira, M.V.; Moreira, M.C.F.; Carvalho, M.S.; Melão, M.; Klautau, M.; Rodriguez, P.R.D.; Costa, R.N.; Silvano, R.G.; Schwientek, S.; Ribeiro, S.M.; Pinheiro, U. & Hajdu, E. 2006. Capítulo 3. **Porifera**. In: Biodiversidade bentônica da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira. Lavrado, H.P. & Ignacio, B.L. (Eds.). Museu Nacional, Série Livros 18: 109-145.
- Reiswig, H. 1976. **Natural gamete release and oviparity in Caribbean Demospongiae**. In: Aspects of sponge biology. Harrison, F.W. & Cowden, R. (Eds.): 99-112.
- Ribeiro, S.; Omena, E.P. & Muricy, G. 2003. **Macrofauna associated to *Mycale microsigmatosa* (Porifera, Demospongiae) in Rio de Janeiro State, SE Brazil**. Estuarine, Coastal and Shelf Science 57: 951-959.
- Rützler, K. 1996. **Sponge diving – professional but not for profit**. In: Methods and Techniques of Underwater Research. Lang, M.A. & Baldwin, C.C. (Eds.). Proceedings of the American Academy of Underwater Sciences. Scientific Diving Symposium, Smithsonian Institution: 183-204.
- Salomone, R. 2005. **Tesouro submerso**. Veja 1918: 112-114.
- Sollas, W.J. 1888. **Preliminary account of the Tetractinellida collected by H. M. S. Challenger during the years 1873-1876**. Reports of the Scientific Results of the Voyage of H.M.S. "Challenger" 25: 1-455.
- Tozi, V. 1984. **How to make scientific audio-visuals for research, teaching, popularization**. UNESCO, Paris.
- Wahba, L. 2002. **Expedição Brasil oceânico: oásis do Atlântico e o atol esquecido**. Canal Azul, DVD: 101'.
- Wulff, J.L. 1994. **Sponge feeding by Caribbean angelfishes, trunkfishes and filefishes**. In: van Soest RWM, van Kempen TMG, Braekman JC (Eds.) Sponges in time and space. Balkema, Rotterdam: 265-271.



Capítulo 15

Colonização da Meiofauna em Substratos Artificiais: um Exemplo de Experimento, Enfatizando os Nematoda, no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Nordeste, Brasil)

Geruso Vieira de Miranda Júnior

Virág Venekey

André M. Esteves

Verônica Fonsêca-Genevois

Resumo

Neste estudo, realizou-se um experimento de colonização de substratos artificiais da meiofauna e nematofauna do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. O experimento foi realizado durante 12 dias, utilizando-se mímicis de algas dispostas em poças de marés, sendo as réplicas retiradas a cada 24 horas. As amostras foram fixadas com formol salino a 4%. Em laboratório, foi determinado o volume total das mímicis. A meiofauna foi extraída por elutriação manual e separada em malhas de 0,044 e 0,5 milímetros. Para a nematofauna, montaram-se os animais em lâminas, identificados em nível de gênero. A meiofauna foi composta por 13 taxa que variaram quali-quantitativamente ao longo do tempo do experimento. Foram registrados 43 gêneros de Nematoda. O gênero *Ptycholaimellus* foi o dominante no total das amostras, sendo o único que esteve presente ao longo de todo o período do experimento. No entanto, a análise multidimensional não evidenciou nenhum padrão temporal ao longo do experimento. Dentre os grupos tróficos, observou-se a dominância dos tipos 2A e 2B nas mímicis. A colonização da nematofauna encontra-se possivelmente submetida ao hidrodinamismo da área de estudo.

Abstract

Colonization of Meiofauna on Artificial Substrates: an Experimental Example with Emphasis in Nematoda at Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Northeast, Brazil)

An experiment to analyse the colonization of artificial substrate by meiofauna and nematofauna was realized at Arquipélago de São Pedro e São Paulo (St. Peter and St. Paul Rocks). This experiment was conducted during 12 days using algae mimics disposed on tidal pools. Ever 24 hours the replicates were removed. The total volume of the algae was estimated and the meiofauna were extracted using the manual elutriation with sieves of 0.044 and 0.5mm. The nematodes were mounted into slides and identified up to genus level. The meiofauna was composed of 13 groups diverging in quantity and quality a long of the time of the experiment. For the nematofauna 43 genera were recorded. Ptycholaimellus was the dominant genus during the whole experiment; however the multidimensional analysis did not diagnosed any temporal pattern. The trophic groups 2A and 2B were dominant on the mimics. The nematofauna colonization is submitted possibly to the hydrodynamics of the area.

Introdução

A meiofauna é um conjunto de metazoários composto por aproximadamente 30 grupos zoológicos que habitam os sedimentos do meio aquático (GIERE, 1993). Segundo Warwick (1984), a meiofauna é uma unidade funcional cujas espécies desempenham estratégias de sobrevivência diferentes das empreendidas pela macrofauna. Esta comunidade coloniza todos os tipos de sedimento, além de substratos bióticos naturais, tais como macrófitas (SHARMA & WEBSTER, 1983; HEIP *et al.*, 1985; GOURBAULT *et al.*, 1998) e até estruturas artificiais (ATILA, 2001; FONSÊCA-GENEVOIS *et al.*, 2004). No entanto, as pesquisas existentes neste ramo da ciência encontravam-se concentradas em ambientes de acesso relativamente fácil, ou seja, ambientes costeiros, tais como manguezais e praias arenosas. Atualmente, estudos em áreas de difícil

acessibilidade apresentam um grande incremento, como é o caso das pesquisas desenvolvidas em mar profundo. No entanto, as ilhas oceânicas ainda carecem de estudos.

A meiofauna desempenha um importante papel no fluxo de energia dos sistemas bentônicos, atuando na remineralização de detritos orgânicos e servindo de alimento tanto para o próprio grupo quanto para níveis tróficos superiores (COULL, 1988). Estudos experimentais, sejam em campo ou em laboratório, vêm objetivando conhecer as interações entre seus grupos com os da macrofauna (WOODIN, 1974; GEE, 1989; WARWICK *et al.*, 1990; SANTOS *et al.*, 1995), bem como seu papel em ambientes sujeitos a perturbações naturais (HEIP *et al.*, 1988; LAMPADARIOU *et al.*, 1997).

A distribuição da meiofauna está correlacionada com fatores químicos e físicos limitantes, como o hidrodinamismo, parâmetros sedimentológicos, salinidade, temperatura e disponibilidade de alimento (GIERE, 1993). Os mecanismos mais relevantes em áreas de maior hidrodinamismo, tais como ressuspensão sedimentar e erosão, alteram o padrão de distribuição da meiofauna, devido às correntes de maré e ao quebrar das ondas que removem o sedimento, podendo seus componentes serem dispersados junto com os sedimentos na coluna d'água (HAGERMAN & RIEGER, 1981; CHANDLER & FLEEGER, 1983; PALMER, 1990).

O ambiente fital foi caracterizado por Remane (1933): do grego *phyton* (planta), designa um habitat marinho dominado por macrófitas e em função das quais coexistem animais e plantas epífitas, constituindo, desta forma, uma importante biocenose do bentos marinho. Os animais têm como substrato a planta viva, que funciona como habitat, proporcionando-lhes suprimento de oxigênio, alimento, abrigo e servindo como sítio de reprodução e pastagem (MASUNARI, 1976). Além disso, a vegetação atua como retentor de sedimento e atenua o hidrodinamismo, reduzindo a velocidade das correntes (FONSÊCA & CALAHAN, 1992). Em macroalgas, as populações da meiofauna ultrapassam numericamente aquelas da macrofauna e contribuem com cerca de 25% da produção secundária total, constituindo-se, assim, importante componente do ecossistema (GIBBONS & GRIFFITHS, 1986). No Brasil, os trabalhos de meiofauna relacionados com fital são os de Curvêlo (1998), Curvêlo & Corbisier (2000), Nunes (2003), Lage (2005) e da Rocha *et al.* (2006), sendo os estudos de Matos (1999), Oliveira *et al.* 1999, Venekey (2001), Vasconcelos (2001) e Santiago (2003) os referentes a trabalhos fitais para o litoral do Pernambuco.

À medida que as técnicas de coleta evoluem e novos ambientes são prospectados, os estudos meiofaunísticos vêm sendo ampliados e, dentro destes, os Nematoda destacam-se como o grupo mais importante. O grupo apresenta grande quantidade de novas espécies descritas, o que corrobora a idéia de que seja um dos filos mais importantes quanto ao número de espécies existentes (ESTEVES & FONSECA-GENEVOIS, 2006).

Os Nematoda livres apresentam ampla distribuição horizontal e vertical na escala global, com alta representatividade desde a região litorânea até grandes profundidades oceânicas, em todas as latitudes (MARANHÃO, 2003; LAGE, 2005). O sucesso adaptativo pode ser explicado, dentre outras coisas, por características ligadas à morfologia bucal, que lhes confere a capacidade de nutrir-se a partir de diferentes fontes de alimento. Baseando-se nestas informações, Platt & Warwick (1980) chegaram a afirmar que são particularmente adequados para estudar padrões de diversidade.

Este trabalho tem como objetivo descrever as informações referentes à composição e à variação diária da meiofauna e nematofauna em mímicis de algas, além de ampliar o conhecimento referente às ilhas oceânicas brasileiras.

Material & métodos

Área de estudo

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) está localizado no Atlântico equatorial (00°56'N–29°22'W), distando 330 milhas náuticas (aproximadamente 610 km) do Arquipélago de Fernando de Noronha, e 510 milhas náuticas (cerca de 1.010 km) do Cabo Calcanhar, no Rio Grande do Norte, o ponto mais próximo da costa brasileira (**Figura 15.1**). Devido ao isolamento geográfico, o aporte de organismos oriundos de outras regiões é pouco provável, caracterizando uma fauna isolada e tipicamente endêmica (EDWARDS & LUBBOCK, 1983).

Este Arquipélago é formado por cinco ilhotas maiores e várias outras de tamanho menor, decorrentes de um afloramento do manto suboceânico que se elevou de profundidades abissais (em torno dos 4.000 metros) até poucos metros acima da superfície, oriundo de uma falha transformante da Dorsal Meso-Atlântica (CIRM, 2001). A ilhota principal, Belmonte, que não ultrapassa os 100 metros de comprimento por 50 metros de largura, apresenta uma elevação de 16,8 metros acima do nível do mar, onde estão localizados um farol e a estação científica. Conjuntamente com as ilhotas de Challenger e Cabral (ou Nordeste), a Belmonte forma uma região de enseada em forma de U, com uma abertura a noroeste voltada para o Caribe (**Figura 15.1**). O supralitoral da região pode ser dividido em cinco áreas distintas: 1) poças formadas pelo borrimo de água; 2) poças temporárias; 3) poças perenes; 4) região exposta e 5) região abrigada. Com relação ao sublitoral (< 60 metros de profundidade), este pode ser verticalmente dividido em quatro zonas distintas: 1) Zona de *Palythoa*, área que vai de zero a cinco metros de profundidade no qual domina este hexacoral; 2) Zona de *Caulerpa*, abaixo da zona anterior até os 33 metros de profundidade, que apresenta uma espessa faixa desta alga verde; 3) Zona sub-*Caulerpa*, dominada por comunidades de invertebrados; 4) Zona de substratos inconsolidados compostos por poucas porções de sedimento grosseiro e cascalho (EDWARDS & LUBBOCK, 1983).



Figura 15.1. Localização geográfica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, com discriminação de suas ilhotas e localização da Estação Científica (Fonte: modificado de http://www.ufrgs.br/fotografia/port/05_portfolio/glauco_caon/geo_index.htm)

Procedimentos de Campo

Neste estudo, foram realizadas duas amostragens para estudo da meiofauna e, em especial, dos nematódeos. A primeira amostragem envolveu a coleta do sedimento em poças de marés, diariamente, em um período de 14 dias (17/03/2004 a 30/03/2004), sempre uma hora após a baixa-mar. Esta primeira amostragem teve como objetivo um levantamento inicial e qualitativo da nematofauna do local de estudo.

A segunda avaliação envolveu um estudo experimental com a utilização de substratos artificiais (mímicas de algas). Estas mímicas são plantas plásticas usadas para ornamentação de aquários

(marca Trema), todas semelhantes, com altura de 8 centímetros e volume de 10 mililitros. As mímicas das algas foram amarradas em uma corda presa em pedras, ao longo de uma poça de marés com renovação contínua da água, na ilha principal (Belmonte). As mímicas ficaram totalmente submersas, com uma distância mínima do sedimento de 20 centímetros e máxima de 80 centímetros. As coletas foram realizadas em um período de doze dias (12/12/2004 a 24/12/2004), em intervalos fixos de 24 horas, sendo retiradas, de forma aleatória, quatro réplicas por dia, perfazendo um total de 48 amostras.

Para a retirada diária das mímicas, sacos plásticos foram usados para envolvê-las, sendo liberadas da corda e os sacos fechados (**Figura 15.2**). Posteriormente, o material foi fixado em formol salino a 4% e devidamente rotulado (**Figura 15.3**).



Figura 15.2. a) mímicas de algas dispostas nas poças; b) coleta das mesmas em poças de marés no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil (fotos: Alessandra Prates Botelho).

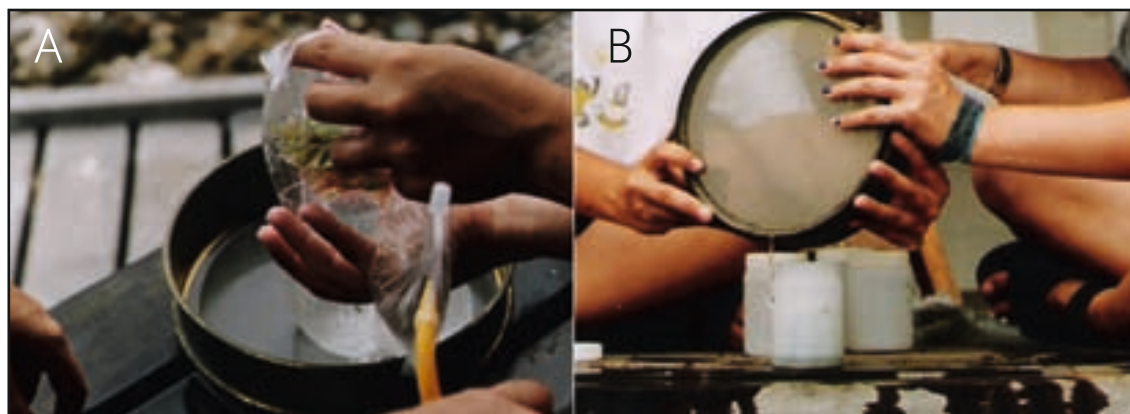


Figura 15.3. a) lavagem do material em peneiras geológicas; b) estocagem e fixação do material em potes plásticos (fotos: Geruso Vieira de Miranda Júnior).

Procedimentos de laboratório

O volume da mímica foi aferido por meio da leitura de deslocamento do líquido em proveta graduada (MONTOUCHET, 1979).

A meiofauna foi extraída por elutriação manual, metodologia proposta por Boisseau (1957), utilizando-se peneiras de 0,044 e 0,5 milímetros para a separação da meiofauna. A meiofauna foi triada em placa de Dollfus e quantificada no nível de grandes grupos. Para o estudo taxonômico dos Nematoda, os animais passaram pelo processo de diafanização (DE GRISSE, 1969). A identificação dos indivíduos no nível de gênero foi realizada sob microscópio óptico, utilizan-

do-se a chave pictórica de Warwick *et al.* (1998). Para a lista taxonômica, adotou-se a classificação proposta por Lorenzen (1994). Além disso, os Nematoda foram classificados quanto ao tipo trófico, segundo Wieser (1953).

Análise de dados

Os dados de fauna foram expressos em indivíduos por mililitro. A Abundância Relativa (%) de cada grupo foi calculada com base em seu percentual em relação à densidade total.

Para o estabelecimento de grupos de amostras, com composição semelhante, foi aplicado o índice de similaridade de Bray-Curtis (CLARKE & WARWICK, 1994) aos dados de número de indivíduos por táxon em cada dia de coleta. A partir da matriz de similaridade obtida com os dados de fauna, foi realizada uma análise de ordenação não métrica multidimensional (MDS) (CLARKE & WARWICK, 1994). As diferenças entre os grupos de amostras foram avaliadas pelo uso do teste ANOSIM, com nível de significância de 0,5 (CLARKE & WARWICK, 1994). Todos esses procedimentos foram realizados a partir das rotinas do programa *PRIMER 5.0 for Windows*.

Resultados

A meiofauna foi composta pelos seguintes grupos: Turbellaria; Rotifera; Gastrotricha; Nematoda; Gastropoda; Bivalvia; Polychaeta; Oligochaeta; Tardigrada; Amphipoda; Copepoda; Ostracoda e Acari, além dos náuplios. Em relação à frequência de ocorrência, apenas o grupo Nematoda apresentou 100% de ocorrência no experimento (**Figura 15.4**).

O número de grupos da meiofauna ao longo dos dias apresentou variação, com o menor número de *taxa* ocorrendo no primeiro dia do experimento e os maiores valores obtidos nos sexto e sétimo dias (**Figura 15.5**). Copepoda foi, em termos de abundância, o grupo mais representativo (**Figura 15.6**). A densidade da meiofauna total nas mímicas apresentou dois momentos de pico, no quinto e último dia do experimento (**Figura 15.7**).

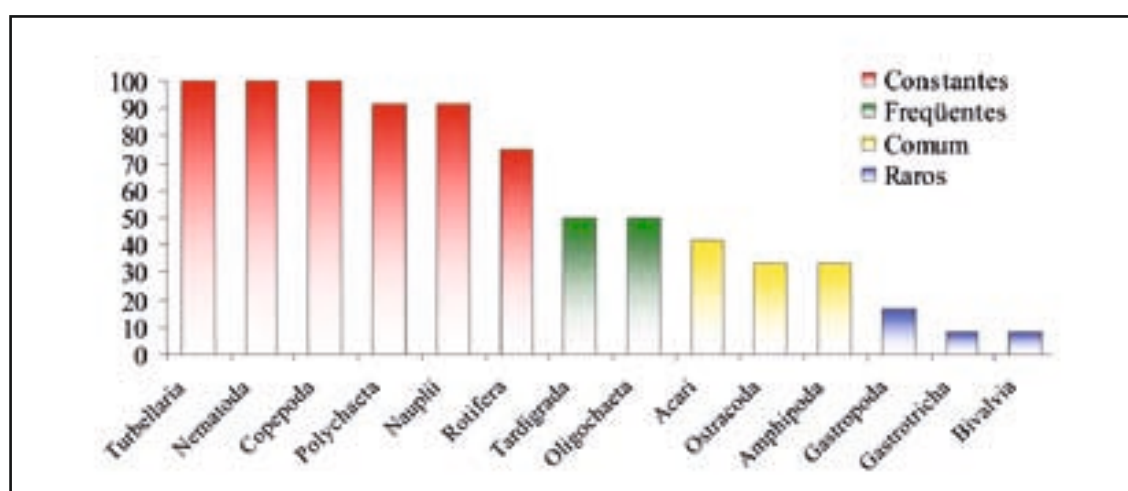


Figura 15.4. Frequência de ocorrência (%) dos grupos da meiofauna nas mímicas.

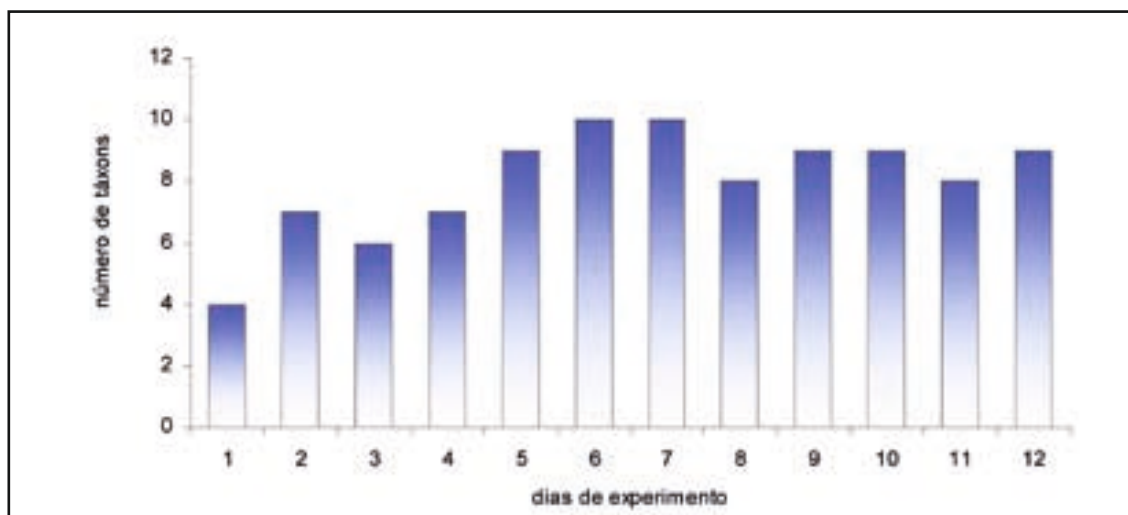


Figura 15.5. Variação do número de *taxa* da meiofauna nas mímicas ao longo do experimento.

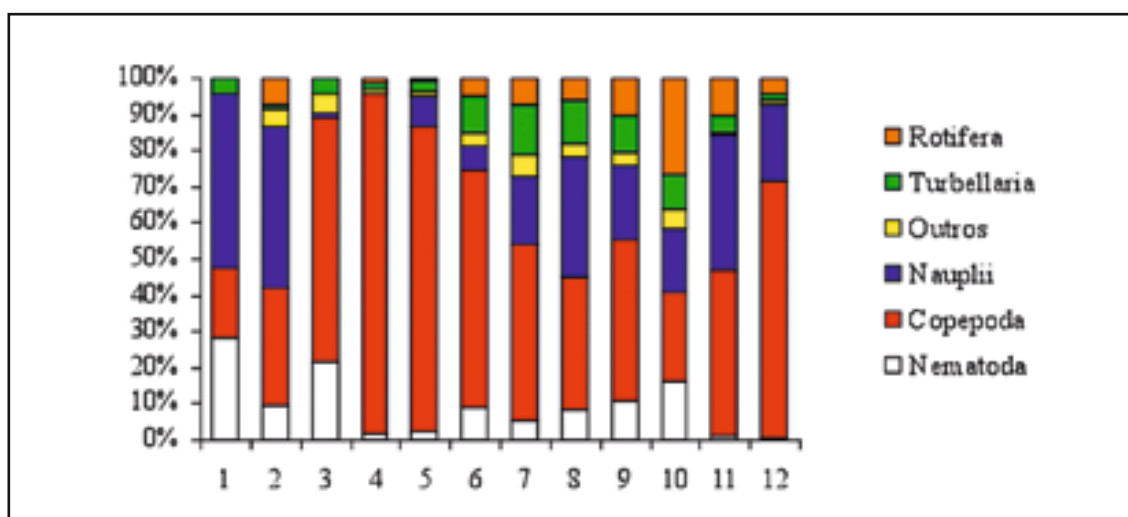


Figura 15.6. Abundância relativa (%) dos grupos dominantes nas mímicas ao longo do período do experimento.

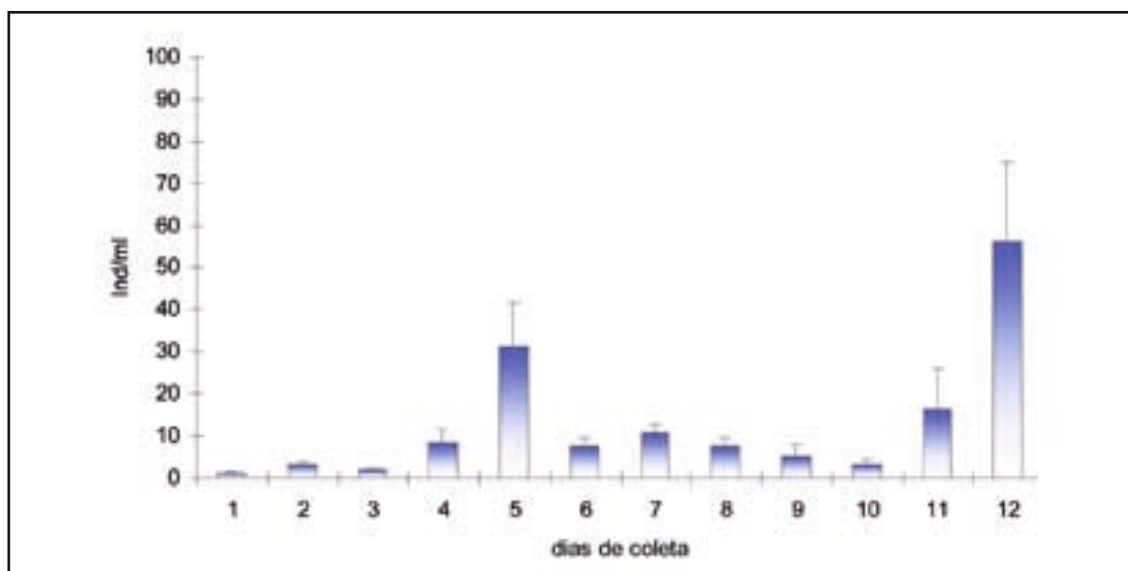


Figura 15.7. Variação da densidade da meiofauna nas mímicas de algas ao longo do experimento.

A nematofauna encontrada nas duas avaliações foi composta por 43 gêneros, pertencentes a três ordens da classe Adenophorea e uma ordem da classe Secernentea (**Tabela 15.1**). Na amostragem qualitativa dos sedimentos das poças, foram encontrados 24 gêneros, enquanto nas mímicais foram registrados 29 gêneros (**Tabela 15.1**).

Tabela 15.1. Listagem taxonômica qualitativa dos gêneros de Nematoda encontrados nos sedimentos e nas mímicais, com sua respectiva presença (X) ou ausência (–). Baseado na classificação proposta por Lorenzen (1994).

Taxa	ocorrência	
	sedimentos das poças	mímicais
Classe Adenophorea		
Subclasse Enoplia		
Ordem Enoplida		
Subordem Enoplina		
Família Ironidae		
<i>Syngolaimus</i> De Man, 1888	X	X
Família Oncholaimidae		
<i>Oncholaimus</i> , Dujardin, 1845	X	–
<i>Viscosia</i> De Man, 1890	X	X
Família Enchelidiidae		
<i>Eurystomina</i> Filipjev, 1921	X	X
Subclasse Chromadoria		
Ordem Chromadorida		
Subordem Chromadorina		
Família Chromadoridae		
<i>Chromadora</i> Bastian, 1865	–	X
<i>Chromadorella</i> Filipjev, 1918	–	X
<i>Chromadorina</i> Filipjev, 1918	–	X
<i>Chromadorita</i> Filipjev, 1922	X	X
<i>Dichromadora</i> Kreis, 1929	–	X
<i>Prochromadorella</i> Micoletzky, 1924	X	-
<i>Ptycholaimellus</i> Cobb, 1920	–	X
<i>Spiliphera</i> Bastian, 1865	–	X
<i>Spilophorella</i> Filipjev, 1917	–	X
Família Cyatolaimidae		
<i>Acanthonchus</i> Cobb, 1920	X	–
<i>Marylynnia</i> Hopper, 1977	X	X
<i>Metacyatholaimus</i> Stekhoven, 1942	X	–
<i>Paracanthonchus</i> Micoletzky, 1924	X	–
<i>Paracyatholaimoides</i> Gerlach, 1953	X	–
<i>Paracyatholaimus</i> Micoletzky, 1922	X	–
<i>Paralongicyatholaimus</i> Stekhoven, 1942	X	X
Família Selachinematidae		
<i>Halichoanolaimus</i> De Man, 1886	–	X
Família Desmodoridae		
<i>Desmodora</i> De Man, 1889	–	X
<i>Metachromadora</i> Filipjev, 1918	–	X
<i>Molgolaimus</i> Ditlevsen, 1921	X	
<i>Spirinia</i> Gerlach, 1963	X	X

continua...

... continuação

Tabela 15.1. Listagem taxonômica qualitativa dos gêneros de Nematoda encontrados nos sedimentos e nas mímicais, com sua respectiva presença (X) ou ausência (–). Baseado na classificação proposta por Lorenzen (1994).

Taxa	ocorrência	
	sedimentos das poças	mímicais
Família Epsilonematidae		
<i>Metepsilonema</i> Steiner, 1927	X	X
Família Microlaimidae		
<i>Microlaimus</i> De Man, 1880	–	X
Família Aponchiidae		
<i>Synonema</i> Cobb, 1920	–	X
Subordem Leptolaimina		
Família Leptolaimidae		
<i>Leptolaimus</i> De Man, 1876	–	X
<i>Procamacolaimus</i> Gerlach, 1954	–	X
Família Aegialoalaimidae		
<i>Aegialoalaimus</i> De Man, 1907	–	X
Família Ceramonematidae		
<i>Metadasynemoides</i> Haspeslagh, 1973	X	–
Ordem Monhysterida		
Família Monhysteridae		
<i>Thalassomonhystera</i> Jacobs, 1987	X	–
Família Xyalidae Chitwood, 1951		
<i>Daptonema</i> Cobb, 1920	X	X
Família Linhomoeidae		
<i>Desmolaimus</i> De Man, 1880	X	X
<i>Eleutherolaimus</i> Filipjev, 1922	X	–
<i>Metalinhomoeus</i> De Man, 1907	–	X
<i>Terschellingia</i> De Man, 1888	X	–
Família Axonolaimidae		
<i>Synodontium</i> Cobb, 1920	X	–
Família Comesomatidae		
<i>Parcomesoma</i> Hope & Murphy, 1972	–	X
<i>Pierrickia</i> Vitiello, 1970	–	X
<i>Sabatieria</i> Rouville, 1903	–	X
Classe Secernentia		
Subclasse Rhabditia		
Ordem Rhabditida		
Família Rhabditidae		
<i>Rhabditis</i> Osche, 1952	X	–

Dos 43 gêneros registrados, *Ptycholaimellus* foi o mais abundante nas mímicais durante todo o período de amostragem (**Figura 15.8**). A estrutura trófica observada mostrou que os tipos raspadores de epístratos-herbívoros e predadores/omnívoros (respectivamente 2A e 2B de Wieser, 1953) foram os dominantes ao longo do período estudado (**Figura 15.9**).

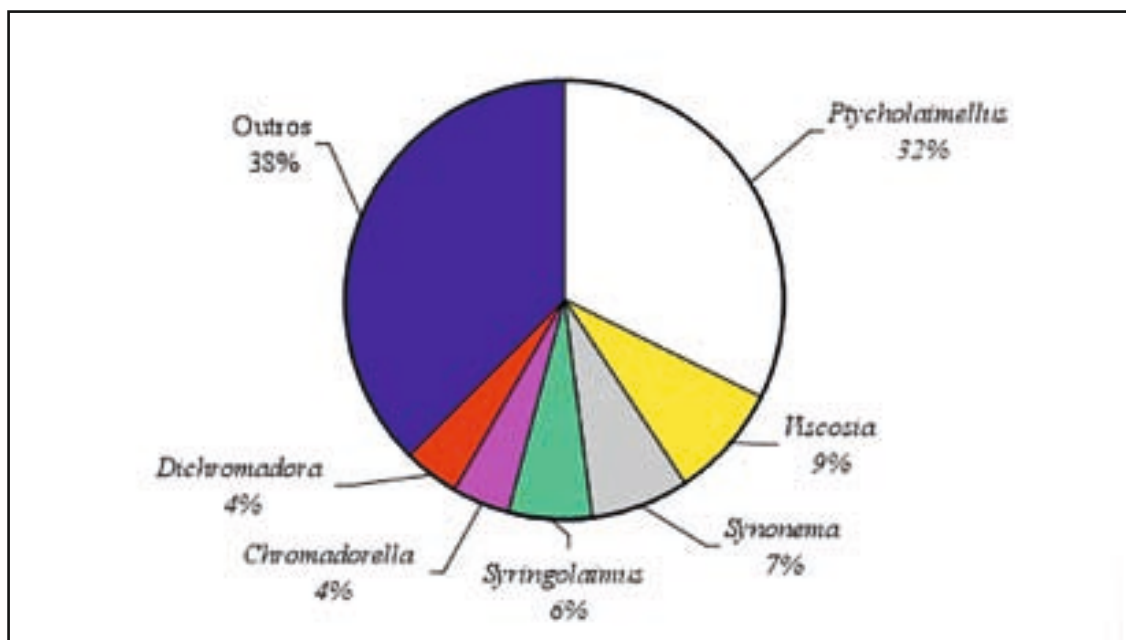


Figura 15.8. Abundância relativa dos gêneros de Nematoda mais abundantes nas mímic.

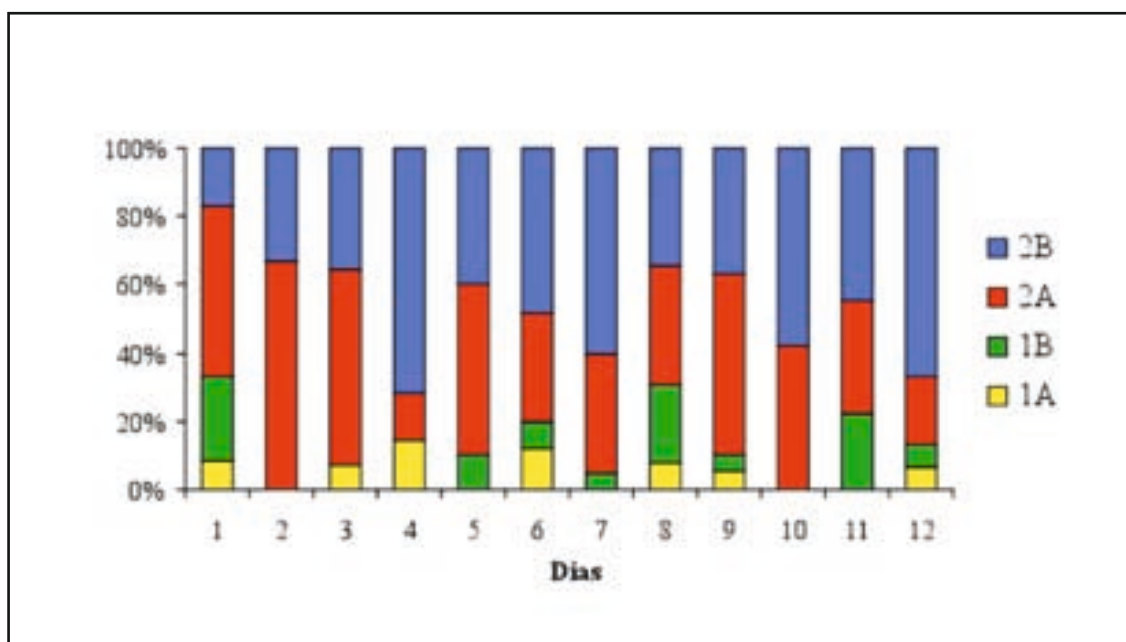


Figura 15.9. Abundância relativa (%) dos tipos tróficos (WIESER, 1953) dos gêneros de Nematoda encontrados nas mímic ao longo do período do experimento.

No que se refere aos padrões de colonização/sucessão nas mímic, observou-se que a partir do sexto dia ocorreu um aumento no número de indivíduos coletados (**Figura 15.10**). Da mesma forma, *Ptycholaimellus* passou a apresentar uma maior abundância, sendo um dos gêneros mais abundantes e o único que esteve presente ao longo de todo o período do experimento (**Figura 15.10**). No entanto, a análise multidimensional (MDS) não evidenciou nenhum padrão temporal ao longo do experimento (**Figura 15.11**), o que também foi confirmado pelo teste ANOSIM ($R=0,06$; $p=0,28$).

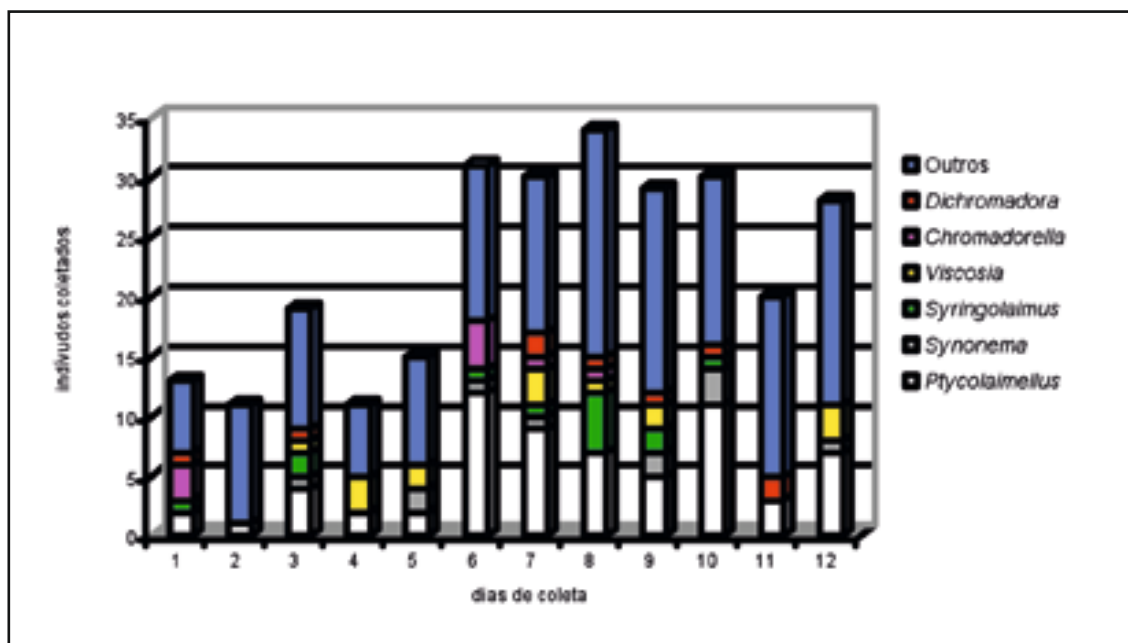


Figura 15.10. Abundância (%) dos principais gêneros de Nematoda encontrados nas mímicas ao longo período do experimento.

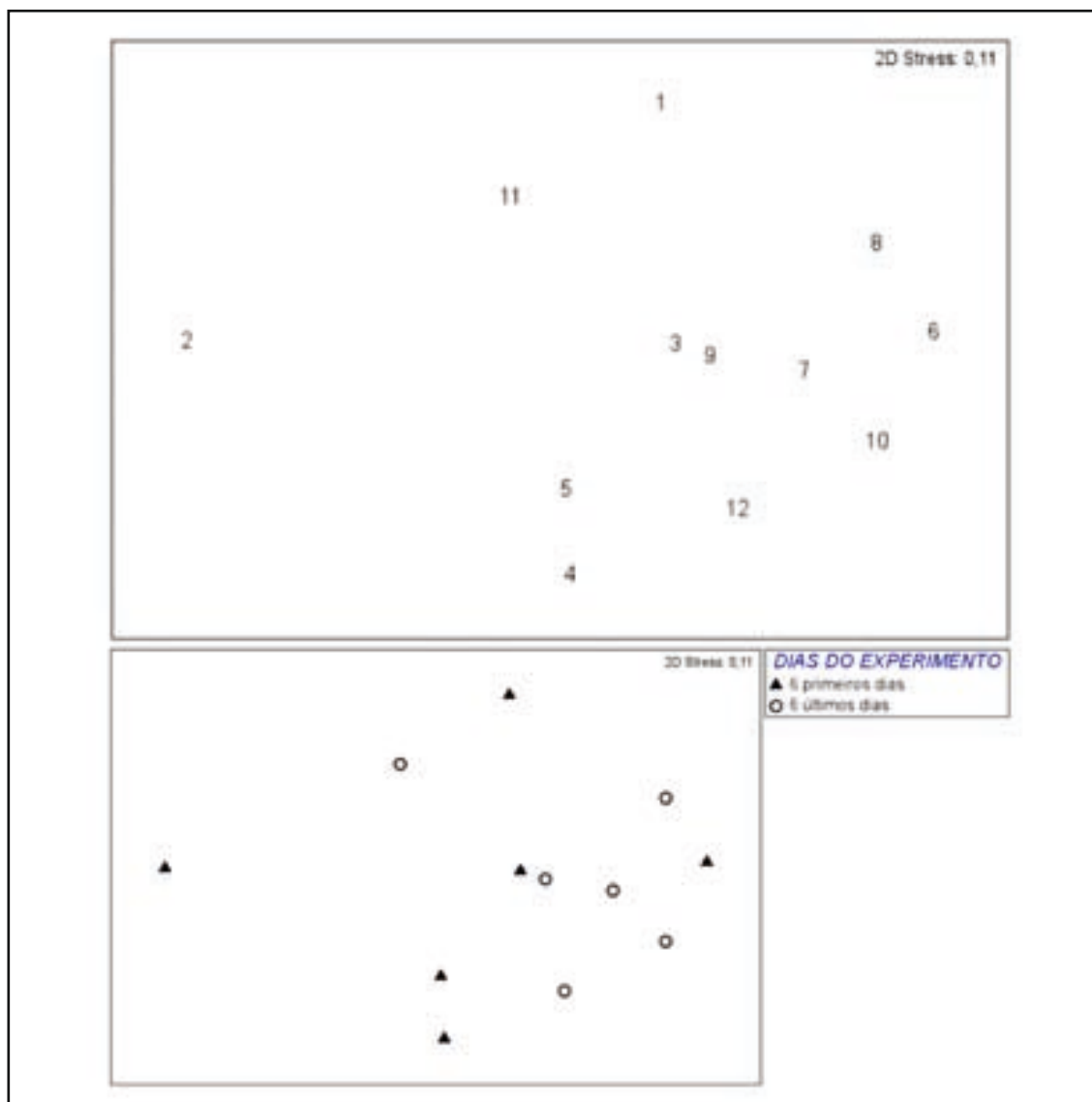


Figura 15.11. Análise multidimensional (mds) para a nematofauna encontrada nas mímicas das algas.

Discussão

As densidades da meiofauna total variaram de 1,1 ind/ml até 56,4 ind/ml. Tais valores são semelhantes aos de outros trabalhos realizados em comunidades fitais (MOUNTOUCHET, 1979; OLIVEIRA, 1999; SILVA, 1994; VENEKEY, 2001; DA ROCHA, 2003).

Em relação aos estudos sobre meiofauna colonizando mímicas, desenvolvidos no Brasil, existe apenas o de Nunes (2003), realizado em ambiente sedimentar sublitorâneo de Arraial do Cabo/RJ e com diferentes períodos de duração (três dias e um mês). Ao compararmos nossos resultados com tal estudo, verificamos que o número de grupos meiofaunísticos foi maior do que aquele encontrado no experimento de três dias de duração (10 *taxa*) e um pouco inferior ao encontrado no experimento de um mês de duração (14 *taxa*). Quanto à composição dos grupos, os resultados foram semelhantes, exceto pela presença do grupo Tanaidacea e ausência de Rotifera e Gastrotricha nos experimentos de Arraial do Cabo.

Em outra avaliação para a mesma região, Da Rocha (2003), estudando a composição da meiofauna em *Sargassum furcatum* Kuetzing, obteve um número inferior de *taxa* (10) e uma composição semelhante. Ainda na região de Arraial do Cabo, Fonsêca-Genevois *et al.* (2005) realizaram um experimento de colonização da meiofauna em placas de alumínio suspensas, sendo que os resultados encontrados mostraram que os grupos colonizadores iniciais (Nematoda, Turbellaria e Copepoda) são semelhantes aos observados em nosso experimento.

A partir do terceiro dia do experimento, observou-se a colonização de epífitas. Martin-Smith (1993) considerou positivo o efeito adicional de epífitas na abundância da maioria dos *taxa* colonizadores e, sobretudo, na composição da comunidade. Edgar (1999) afirmou que a contribuição trófica dos resíduos destas plantas, em forma de detritos e microalgas bênticas, é mais importante do que o seu próprio uso como substrato para a fauna. A presença destas epífitas pode ter sido importante para o estabelecimento da nematofauna, uma vez que os nematódeos do grupo 2A (raspadores de epífitas-herbívoros) foram dominantes.

Estudos enfocando os Nematoda de ambientes fitais apresentaram um número inferior (WIESER, 1952; OTT, 1967; HOPPER & MEYERS, 1967a, b; MOORE, 1971; WARWICK, 1977; NUNES, 2003; DA ROCHA, 2003) quando comparados com os de praias arenosas, estuários e manguezais. Nas mímicas, a nematofauna foi composta por 29 gêneros, número superior ao encontrado por Nunes (2003). No entanto, quando se considera a composição da nematofauna encontrada nos sedimentos (24 gêneros), pode-se dizer que este número é inferior aos valores observados por Maranhão (2003) e por Netto *et al.* (1999).

Comparando-se a composição da nematofauna das mímicas com a dos sedimentos das poças onde o experimento foi realizado, observou-se um percentual de apenas 23% de semelhança na composição. Tais diferenças na composição entre o sedimento adjacente e o experimento já havia sido assinalada por Fonsêca-Genevois *et al.* (2004) para Arraial do Cabo. Estes resultados poderiam estar associados aos processos ligados ao hidrodinamismo local. A dispersão da meiofauna, por ressuspensão sedimentar, já foi bastante documentada na literatura (BELL & COEN, 1982; PALMER & GUST, 1985), certamente por ser um fator importante na colonização

das mímicas. O que ainda não está claro é o processo pelo qual os Nematoda, sem qualquer estrutura preênsil, possam permanecer no substrato artificial; uma hipótese é a de que apenas os bons produtores de muco possam colonizar nichos especiais (FONSECA-GENEVOIS *et al.*, 2004), o que seria o caso das mímicas aqui utilizadas.

Ao se comparar a dominância dos grupos meiofaunísticos nos dois ambientes de poça estudados (com e sem renovação), observou-se que nas poças sem renovação de água há uma dominância de Nematoda, enquanto que, nas poças com renovação, o grupo Copepoda é o dominante. É possível que o hidrodinamismo seja um dos fatores responsáveis por tal variação e, além disso, cabe ressaltar que a presença de algas nas poças com renovação pode ser outro fator importante para as altas densidades de Copepoda. Netto *et al.* (1999, 2003) encontraram resultados semelhantes e indicaram a possível influência das algas nas populações de Copepoda.

Os resultados apresentados neste capítulo contribuem para a ampliação do conhecimento da meiofauna marinha brasileira, indicando a necessidade de maiores incentivos no desenvolvimento da taxonomia de nematódeos no Brasil, especialmente em áreas de difícil acessibilidade, como o Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

Agradecimentos

Nosso especial agradecimento às Professoras Doutoras Elaine F. Albuquerque e Adriana Dalto, da Universidade Santa Úrsula, Rio de Janeiro, pela revisão crítica do texto.

Referências bibliográficas

- Atila, N. 2001. **Effects in habitat complexity and flow on colonization of meiofauna on artificial substrates**. In: International Meiofauna Conference, 11. 2001, Resumos... Boston, p.18.
- Bell, S.S. & Coen, L.D. 1982. **Investigation on epibenthic meiofauna. I. Abundance on tropical system**. Marine Biology 67: 303-309.
- Bell, S.S. & Coull, B.C. 1980. **Experimental evidence and a model for juvenile macrofauna – meiofauna interaction**. In: K.R. Temore & B.C. Coll (ed). Marine Benthic Dynamics. (University South Carolina Press, Columbia, S.G.), p.180.
- Boisseau, J.P. 1957. **Technique pour l'étude quantitative de la faune interstitielle des sables**. Comptes rendus de la Société des savants de Paris, *Section Sciences* 117-119.
- Chandler, G.T. & Fleeger, J.W. 1983. **Meiofauna colonization of azoic estuarine sediment in Louisiana: mechanisms of dispersal**. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 69: 175-188.
- CIRM. 2001. **Manual do pesquisador** – Programa Arquipélago de São Pedro e São Paulo. SECIRM, 1ª edição.
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M. 1994. **Change in marine communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation**. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory.
- Coull, B.C. 1988. **Ecology of the marine meiofauna**. In: Higgins, R. P. & Thiel, H., Introduction to the study of meiofauna. Washington, D. C. Smithsonian Institution Press. 18–38.
- Curvelo, R.R. 1998. **A meiofauna vágil associada a *Sargassum cymosum* C. Agardh, na praia do Lázaro, Ubatuba, SP**. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Curvelo, R.R. & Corbisier, T.N. 2000. **The meiofauna associated with *Sargassum cymosum* at Lázaro Beach, Ubatuba, São Paulo**. Revista Brasileira de Oceanografia, 48:119–130.
- Da Rocha, C.M.C. 2003. **Efeito do substrato fital na comunidade meiofaunística associada, com ênfase aos Nematoda Livres**. Tese de doutorado - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Da Rocha, C.M.C.; Venekey, V.; Bezerra, T.N.C.; & Souza, J.R.B. 2006. **Phytoplankton marine nematode assemblages and their relation with the macrophytes structural complexity in a Brazilian tropical rocky beach**. Hydrobiologia: 219-230.
- De Grisse, A.T. 1969. **Redescription ou modification de quelques techniques utilisés dans l'étude des nématodes phytoparasitaires**. Meded Rijksfakulteit Landbouwwetenschappen Gent 34: 251-369.
- Edgar, G.J. 1999. **Experimental analysis of structural versus trophic importance of seagrass beds. I: Effects on macrofaunal and meiofaunal invertebrates**. Vie et Milieu. 49:239–248.
- Edwards, A. & Lubbock, R. 1983. **The ecology of Saint Paul's Rocks (Equatorial Atlantic)**. Journal of Zoology of London 200: 51-69.
- Esteves, A.M.; Fonseca, V.G. 2006. **Os nematódeos e sua importância nos ecossistemas marinhos**. Floresta e Ambiente 13: 113-120.
- Fonseca-Genevois, V.; Santos, G.A.P.; Castro, F.J.V.; Botelho, A.P.; Almeida, T.C.M. & Coutinho, R. 2004. **Biodiversity of marine nematodes from an atypical tropical coast area affected by upwelling (Rio de Janeiro, Brazil)**. Meiofauna Marina 13: 37-44.
- Fonseca-Genevois, V.; Da Rocha, C.M.C.; Genevois, B.; Castro, F.J.V.; Maranhão, G.M.B.; Venekey, V.; Rodrigues, N.; Lage, L.; Botelho, A.P.; Gedankem, R.; Ferraz, M.; Pedrosa, A.; Santos, G.K.; Miranda-Júnior, G.V. & Lira, V. 2005. **Avaliação da Meiofauna para Caracterização Ambiental da Baía de Campos**. Relatório final. p.4.
- Fonseca, M.S. & Calahan, J.A. 1992. **A preliminary evaluation of wave attenuation by four species of seagrass**. Estuarine and Coastal and Shelf Science 35: 565-576.
- Gee, J.M. 1989. **An ecological and economic review of meiofauna as food for fish**. Zoology Journal. Linn. Society 96: 243-261.
- Gibbons, M.J. & Griffiths, C.L. 1986. **A comparison of macrofaunal and meiofaunal distribution and standing stock across a rocky shore, with an estimate of their productivities**. Marine Biology 93: 181-188.
- GIERE, O., 1993. **Meiobenthology: the microscopic fauna in aquatic sediments**. Springer-Verlag, Berlin.

- Gourbault, N.; Warwick, R.M. & Helléouet, M.N. 1998. **Spatial and temporal variability in the composition and structure of meiobenthic assemblages (especially nematodes) in tropical beaches (Guadalupe, FWI).** Cahiers Biologie Marine 39: 29-39.
- Hagerman, G.M. & Rieger, R.M. 1981. **Dispersal of benthic meiofauna by wave and current action in Bogue Sound, North Carolina, USA.** Marine Ecology. Publ. Staz Napoli. 2: 245-270.
- Heip, C.; Vincx, M. & Vranken, G. 1985. **The ecology of marine nematodes.** Oceanograph Marine Biology Annual Review 23: 399-489.
- Heip, C.; Warwick, R.M.; Carr, M.R.; Hermen, P.M.J.; Huys, R.; Smol, N.; & Holsbeke, K.V. 1988. **Analysis of community attributes of the benthic meiofauna of Frierfjord/Langesundfjord.** Marine Ecology Progress Series 46: 171-180.
- Hopper, B.E. & Meyers, S.P. 1967a. **Populations studies on benthic nematodes within a subtropical seagrass community.** Marine Biology 1: 85-96.
- _____. 1967b. **Follicolous marine nematodes on turtle grass, *Thalassia testudinum* König, in Biscayne Bay, Florida.** Bulletin of Marine Science 17: 471-517.
- Lage, L.M. 2005. **Distribuição espaço – temporal da meiofauna associada a algas epilíticas em costão rochoso, com ênfase aos Nematoda livres (Arraial do Cabo – Rio de Janeiro, Brasil).** 122p. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.
- Lampadariou, N.; Austen, M.C.; Robertson, N. & Vlachonis, G. 1997. **Analysis of meiobenthic community structure in relation to pollution and disturbance in Iraklion Harbour, Greece.** Vie et Milieu 47: 9-24.
- Lorenzen, S. 1994. **The phylogenetic systematic of free-living nematodes.** Ray society: London.
- Maranhão, G.M.B. 2003. **Efeito antrópico sobre a meiofauna e a nematofauna do ecossistema recifal de Porto de Galinhas, Ipojuca, Pernambuco, Brasil.** Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.
- Martin-Smith, K.M. 1993. **Abundance of mobile epifauna: the role of habitat complexity and predation by fishes.** Journal experimental Marine Biology and Ecology 174: 243-260.
- Masunari, S. 1976. **O fital de *Amphiroa fragilissima* (Linnaeus) Lamouroux, 1812 da praia do Lázaro, Ubatuba - SP (Comunidades animais e populações de Tanaidacea).** Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Matos, C.H.C. 1999. **Aspectos sazonais da meiofauna associada a *Hipnea musciformis* (Wulfe) Lamouroux, na praia de Candeias, Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco.** Monografia de Bacharelado em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Montouchet, P.C.G. 1979. **Sur la communauté des animaux vagiles associés à *Sargassum cymosum* C. Agardh à Ubatuba. État de São Paulo, Brésil.** Study Neotropical Fauna Environment 14: 33-64.
- Moore, P.G. 1971. **The nematode fauna associated with holdfasts of kelp (*Laminaria hyperborea*) in North-East Britain.** Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom 51: 589-604
- Netto, S.A.; Attrill, M.J. & Warwick, R.M. 1999. **Sublitoral meiofauna and macrofauna of rocas atoll (ne Brazil): indirect evidence of a topographically controled front.** Marine ecology progress series 179: 175-186.
- _____. 2003. **The relationship between benthic fauna, carbonate sediments and reef morphology in reef-flat tidal pools of rocas atoll (North-east Brazil).** Journal of the Marine Biology Association of The United Kingdom 83: 425-432.
- Nunes, J.L.S. 2003. **Colonização da meiofauna em ambiente algal e mimético do infralitoral da ilha de Cabo Frio, Arraial do Cabo – RJ, Brasil.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.
- Oliveira, C.R.F. 1999. **Aspectos sazonais da meiofauna associada a *Padina gymnospora* na praia de Candeias – Jaboatão dos Guararapes – PE.** Monografia de Bacharelado em Ciências Biológicas, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- Ott, J. 1967. **Vertikalverteilung von Nematoden in Beständen nordadriatischer Sargassaceen.** Helgolander wiss Meeresunters 15: 412-428.
- Palmer, M.A. & Gust, G. 1985. **Dispersal of meiofauna in turbulent tidal creek.** Journal of Marine Research 43: 179-210.

- Palmer, M.A. 1990. **Temporal and spatial dynamics of meiofauna within the hyporheic zone of goose creek, virginia.** Journal of the North American Benthology Society 1: 17-25.
- Platt, H.M. & Warwick, R.M. 1980. **The significance of free-living nematodes to the littoral ecosystem.** In: Prince, J.H.; Irvine, D.E.G. & Farnham, W.F. (Ed). The shore environment. 2. Ecosystems. London & New York: Academic Press, 729–759.
- Remane, A. 1933. **Verteilung und Organisation der bentonischen Mikrofauna der Kieler Bucht.** Zeitschrift fur wissenschaftliche zoologie. Abteilung A Kiel 21: 161-221.
- Santiago, A.C.M. 2003. **Efeito da exposição ao ar e do sedimento retido sobre a composição e a densidade da meiofauna em *Halimelida opuntia* (L.) J.V. Lamouroux 1812 na praia de Maracáipe – PE.** Monografia de Bacharelado em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.
- Santos, P.J.P.; Castel, J. & Souza-Santos, L.P. 1995. **Microphytobenthic patches and their influence in meiofaunal distribution.** Cahiers de Biologie Marine 36: 133-139.
- Sharma, J. & Webster, M. 1983. **The abundance and distribution of free-living nematodes from two Canadian Pacific beaches.** Estuarine, Coastal, and Shelf Science 16: 217-227.
- Silva, A.P. 1994. **Meiofauna de ambiente fital na Barra de Orange (Itamaracá – PE).** Monografia de Bacharelado em Ciências Biológicas, Universidade Federal Rural de Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.
- Silva, S.V. & Da Rocha, C.M.C. 1998. **Meiofauna em algas da zona entre-marés da praia de Piedade (Jaboatão dos Guararapes – PE).** In: XXII Congresso Brasileiro de Zoologia, 22., 1998.— Recife. Resumos... Pernambuco.
- Vasconcelos, D.M. 2001. **Distribuição espacial das espécies dominantes de Copepoda Harpacticoida em *Sargassum polyceratum* Montagne, na praia de Pedra do Xaréu – PE.** Monografia de Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.
- Venekey, V. 2001. **Efeito da morfologia de *Sargassum polyceratum* Montagne (Fucales, Sargassaceae), na distribuição quali – quantitativa da meiofauna.** Monografia de Bacharelado em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.
- Warwick, R.M. 1977. **The structure and seasonal fluctuations of phytal marine Nematoda associations of the Isles of Scilly.** In: Biology of Benthic organisms, proc. 11th European Marine Biology Symposium. Oxford, Pergamon Press, p.577–585.
- _____. 1984. **Species size distribution in marine benthic communities.** Oecology (Berlin) 61: 32–41.
- Warwick, R.M.; Platt, H.M.; Clarke, K.R.; Agrad, J. & Gobin, J. 1990. **Analysis of macrobenthic and meiobenthic community structure en relation to pollution and disturbance in Hamilton Harbour, Bermuda.** Journal Experimental Marine Biology Ecology 138: 119-142.
- Warwick, R.M.; Platt, H.M.; Somerfield, P.J. 1998. **Free-living Marine Nematodes Part III – Monhysterids.** The Linnean Society of London and The Estuarine and Coastal Sciences Association by Field Studies Council: 53, 296P.
- Wieser, W. 1952. **Investigations on the microfauna inhabiting seaweeds on rocky coasts. IV. Studies on the vertical distribution of the fauna inhabiting seaweeds below the Plymouth Laboratory.** Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom 31: 145-174.
- _____. 1953. **Die Beziehung zwischen Mundhohlengestalt, Ernährungsweise und vorkommen bei freilebenden marinen Nematoden.** Archives fur Zoologie 4: 439-484.
- Woodin, S.A. 1974. **Polychaete abundance patterns in marine soft-sediment environment: The importance of biological interactions.** Ecological Monographs 44: 171-187.



Capítulo 16

**Distribuição Espacial da
Meiofauna no Arquipélago
de São Pedro e São Paulo,
com Especial Referência aos
Nematoda Livres**

Virág Venekey

André Esteves

Verônica Fonsêca-Genevois

Resumo

A distribuição espacial da meiofauna foi investigada no Arquipélago de São Pedro e São Paulo com ênfase nos Nematoda livres. Uma coleta única de material biosedimentológico foi realizada em setembro de 2000, em quatro pontos, sendo dois localizados na enseada entre as ilhotas (profundidades de 4 e 8 metros) e outros dois nas poças de maré (com ou sem renovação constante de água pelas ondas) ao lado da estação científica. Em laboratório, as amostras foram elutriadas manualmente, a meiofauna foi separada com peneira de 0,042 milímetros, triada e a densidade estimada. Cerca de 100 nematódeos foram separados por ponto de coleta, montados em lâminas e identificados em nível de gênero. A meiofauna foi composta por 14 grupos, entre os quais Nematoda foi o mais abundante (27% a 84%) em todos os pontos, com exceção das poças com renovação de água. A nematofauna esteve representada por 33 gêneros distribuídos em quatro ordens e Chromadorida apresentou o maior número de famílias (9) e também de gêneros (24). Chromadoridae foi a família mais rica, com 12 gêneros. Entre os gêneros encontrados, registra-se a primeira ocorrência de *Paradraconema* no Brasil.

Abstract

Spatial Distribution of the Meiofauna in the Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brazil, with Special Reference to Free-living Nematodes

*The spatial distribution of meiofauna was studied in the Arquipélago de São Pedro e São Paulo (St. Peter and St. Paul Rocks) with special reference to free-living Nematoda. There was realized a unique sampling on September 2000, in four sites, two located in the bay between the islands (4 and 8 meters of depth) and other two on the tidal pools (with or without water refresh by the waves) closed to the scientific station. In the laboratory, the samples were washed manually, the meiofauna separated with a mesh of 0.042mm, counted and the density estimated. About 100 nematodes were separated from each sampling place, mounted on slides and identified up to genus level. The meiofauna was composed by 14 groups from those Nematoda was the most abundant (from 27 to 84%) in all sampling sites except the tidal pools with water refresh. The nematofauna was represented by 33 genera distributed in four orders, Chromadorida with the major number of families (9) and also of genera (24). Chromadoridae was the richest family with 12 genera. Among all the genera found, this work registers the first occurrence of *Paradraconema* in Brazil.*

Introdução

A comunidade meiofaunística compõe-se de inúmeros grupos zoológicos, cuja contribuição para a ciência extrapola em número e em espécie os da macrofauna, com descrições de espécies, famílias e até filos novos, à medida que as técnicas de coleta são aprimoradas (FONSECA-GENEVOIS, 1987). Juntam-se a esses os estágios larvários e jovens da macrofauna, sendo reconhecidas, de mais a mais, as integrações recíprocas e intra-reguladoras desta fauna com a meiofauna permanente (BELL & COULL, 1978; GOURBAULT & RENAUD-MORNANT, 1985).

O estudo da ecologia da meiofauna é relativamente recente, pois apenas a partir de 1920 os pesquisadores se voltaram para conhecer melhor o ambiente intersticial, tentando compreender as relações entre ele e sua fauna altamente especializada (SWEDMARK, 1964). No Brasil, os

estudos com meiofauna tiveram início na década de 1940, com os trabalhos de Marcus (1946, 1947) sobre Turbellaria e Tardigrada. Trabalhos enfocando ecologia descritiva tiveram início somente a partir da década de 1980 (MEDEIROS, 1984; JAKOBI & JAKOBI, 1985; MEDEIROS, 1989a, b).

A meiofauna tem sido considerada de interesse potencial como indicadora de distúrbios antropogênicos em ambientes marinhos, por apresentar estratégias biológicas como ciclo de vida curto, desenvolvimento holobêntico, densidades altas e íntima relação com o substrato (GIERE, 1993). Alia-se a estas estratégias a característica intrínseca da meiofauna em dispersar-se passivamente pelo hidrodinamismo, com rapidez de recolonização, particularmente significativa após a evolução do biótopo perturbado (BODIN & BOUCHER, 1983), seja ou não por espécies oportunistas que incrementam a densidade da comunidade por curto tempo.

A caracterização da meiofauna em áreas oceânicas é escassa, devido às dificuldades de logística, principalmente em grandes profundidades. Os trabalhos nestas áreas vêm mostrando uma enorme variação em termos de quantidade e composição da meiofauna (GREBMEIER & BARRY, 1991; HERMANN & DAHMS, 1992; SCHEWE & SOLTWEDEL, 1998). Para o oceano Atlântico sudoeste, há poucos registros na literatura científica (VINCX *et al.*, 1994), sendo que apenas Netto *et al.* (1999a, b, c; 2003) publicaram sobre o Atol das Rocas.

Os Nematoda constituem provavelmente o filo mais abundante de metazoários da biosfera e o segundo em número de espécies (LAMBSHEAD & BOUCHER, 2003). Nos ambientes marinhos, já foram descritas 4.000-5.000 espécies (GIERE, 1993), a maioria das quais de áreas costeiras da Europa. Devido à precariedade de descrição taxonômica do grupo em muitas áreas (caso da costa brasileira), é impossível até o momento delinear qualquer padrão de distribuição geográfica minimamente satisfatória (BOUCHER & LAMBSHEAD, 1995).

Lamshead & Boucher (2003) têm questionado sobre a possibilidade dos Nematoda poderem ser considerados como um grupo hiperdiverso, caso contem com mais de 1 milhão de espécies, apontando o ambiente de mar profundo como uma das biotas de maior biodiversidade. Os autores sugerem, além disso, que o grupo dispõe de um mecanismo de dispersão ainda desconhecido, o que os capacitaria a colonizar novos ambientes.

Diversos ambientes de mar profundo têm sido estudados, encontrando-se sempre populações caracterizadas por uma alta diversidade de Nematoda e baixa densidade (VINCX *et al.*, 1994). Thistle & Sherman (1985) identificaram 174 espécies em 2.432 indivíduos no Atlântico noroeste, Brown (1998) constatou 218 espécies dentre 1.877 indivíduos no Pacífico central e Lamshead *et al.* (2000), 71 em 576 indivíduos em uma planície abissal do Atlântico nordeste. Em relação às ilhas oceânicas, Goubault & Renaud-Mornant (1989) determinaram 57 espécies de Nematoda no Arquipélago de Tuamotu (Polinésia), e Netto (1999), 109 espécies no Atol das Rocas (Brasil).

Este capítulo visa abordar a meiofauna em nível de grandes grupos, com especial ênfase aos gêneros da nematofauna, pretendendo-se, com isso, alargar o conhecimento sobre a biodiversidade de áreas oceânicas tropicais.

Material & métodos

Procedimentos de campo

As amostragens foram realizadas em setembro de 2000, no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Foram coletadas três réplicas de material biossedimentológico em quatro pontos, sendo dois localizados na enseada entre as ilhotas, profundidades de 4 e 8 metros (denominados, respectivamente, E4 e E8) e outros dois nas poças de marés, com ou sem renovação constante de água pelas ondas (denominados, respectivamente, PC e PS), ao lado da estação científica. As coletas foram feitas por meio de mergulho livre realizando uma dragagem e o material coletado foi armazenado em potes plásticos e conservado com formol salino a 4% para posterior análise no Laboratório de Meiofauna da Universidade Federal do Pernambuco (UFPE).

Procedimentos de laboratório

As amostras de sedimento foram elutriadas manualmente com o objetivo de separar os animais dos grãos de sedimento, utilizando-se um Becker de 1 litro e água corrente, sendo o material sobrenadante retido em peneiras geológicas de malhas 0,5 e 0,042 milímetros. Tal procedimento foi repetido por dez vezes.

O material retido foi triado com auxílio de microscópio estereoscópico, placa de Dollfus e pinça inox para a contagem e posterior estimativa da densidade. Para a análise da composição da nematofauna, 100 indivíduos foram separados por ponto de coleta e montados em lâminas, seguindo uma adaptação da metodologia de Cobb (1917) e De Gresse (1969). Os animais foram identificados com auxílio da chave pictórica de Warwick *et al.* (1998) e classificados de acordo com Lorenzen (1994).

A densidade meiofaunística das amostras foi uniformizada para valores relativos a 1 mililitro de sedimento e posteriormente calculou-se a densidade média por meio de média aritmética simples. Os pontos de coleta foram comparados quanto à meiofauna no nível de grandes grupos e a nematofauna no nível de gêneros, com a aplicação de uma análise de similaridade, utilizando-se o índice de Bray Curtis. Os resultados foram expressos em uma Ordenação Não-Métrica (MDS). Esta análise foi feita usando o Programa PRIMER (CLARKE & WARWICK, 1994) e o nível de significância adotado foi 0,05.

Foram também calculados os índices de diversidade de Shannon-Wiener e a Equitabilidade para a nematofauna dos quatro pontos de coleta.

Resultados e discussão

Meiofauna

A meiofauna foi composta por 14 grandes grupos zoológicos: Turbellaria, Rotifera, Nematoda, Gastropoda, Bivalvia, Polychaeta, Oligochaeta, Tardigrada, Acari, Collembola, Copepoda Harpacticoida (adultos e Nauplius), Copepoda Cyclopoida, Amphipoda e Ostracoda. Apenas quatro grupos estiveram presentes em todos os locais de coleta (Nematoda, Copepoda Harpacticoida, Polychaeta e Ostracoda). Na Enseada, aos 8 metros de profundidade, puderam ser observados todos os 14 grupos, enquanto que, na poça sem renovação de água, menos da metade dos gru-

pos (6) estiveram representados. Nematoda foi o grupo dominante em todos os pontos de coleta, com exceção do ponto PC (**Figura 16.1**). O número de grupos da meiofauna encontrado neste trabalho foi igual ao encontrado por Netto (1999a) para o Atol das Rocas e um pouco superior ao de Maranhão (2003) para ecossistemas recifais em Porto de Galinhas, Pernambuco.

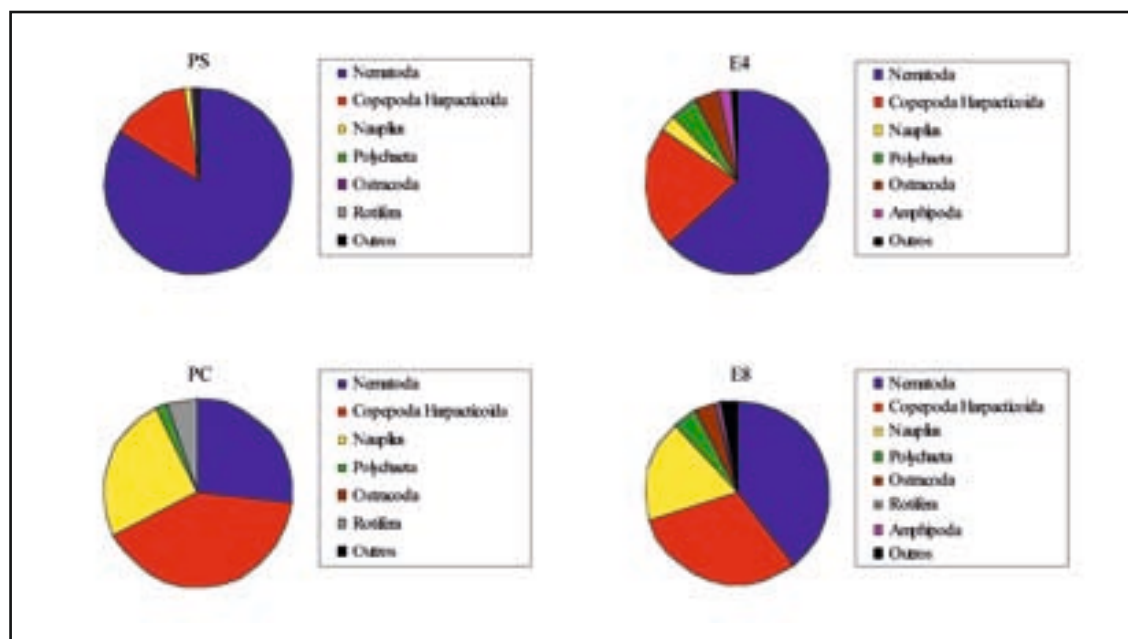


Figura 16.1. Abundância dos principais grupos meiofaunísticos observados nos pontos de coleta no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (PS=poça sem renovação de água; PC= poça com renovação de água; E4=Enseada 4 m; E8=Enseada 8 m).

A densidade média de Nematoda variou de 5 ind/ml (ponto PC) até 19,01 ind/ml (ponto E4), enquanto que no ponto PC os Copepoda Harpacticoida apresentaram uma densidade média de 7,7 ind/ml (**Figura 16.2**). A dominância dos Nematoda é comum na meiofauna, tendo sido registrada em vários trabalhos, inclusive para estudos em mar profundo e ilhas oceânicas. Nestes ambientes, a literatura indica que os Nematoda são dominantes em até 95% (HEIP *et al.*, 1982; HEIP *et al.*, 1985).

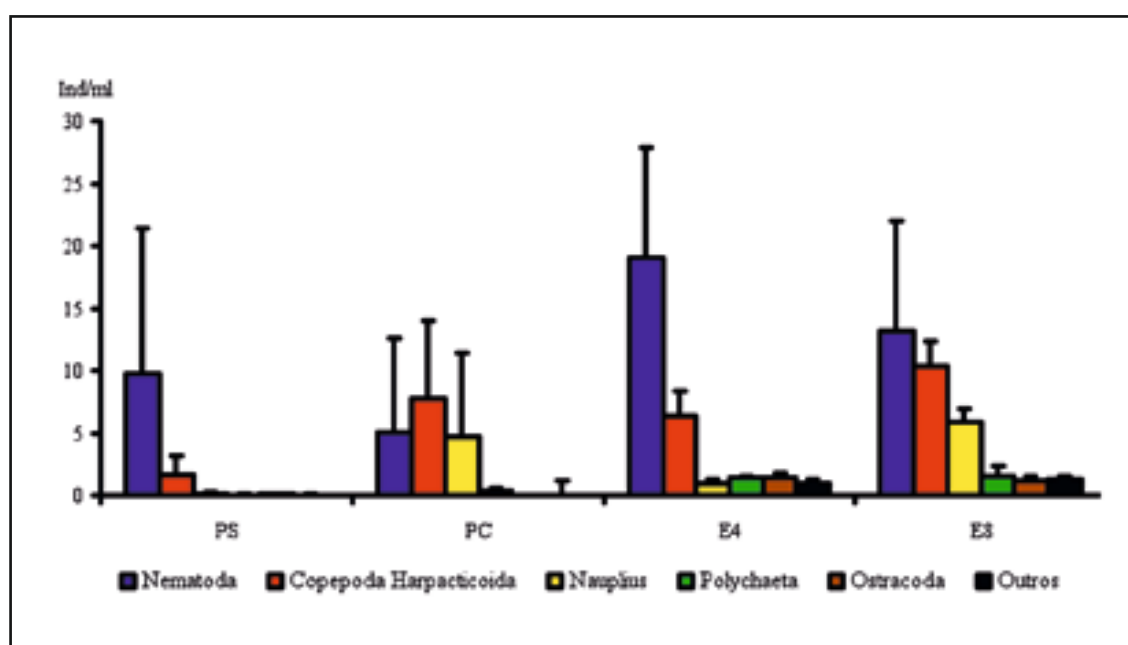


Figura 16.2. Densidade dos principais grupos meiofaunísticos observados nos pontos de coleta no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (PS=poça sem renovação de água; PC=poça com renovação de água; E4=Enseada 4 m; E8= Enseada 8 m).

A análise multidimensional (MDS) evidenciou uma separação clara entre os pontos de coleta, o que foi confirmado pelo teste ANOSIM ($R_{\text{Global}}=0,636$; $p=0,001$) (**Figura 16.3**).

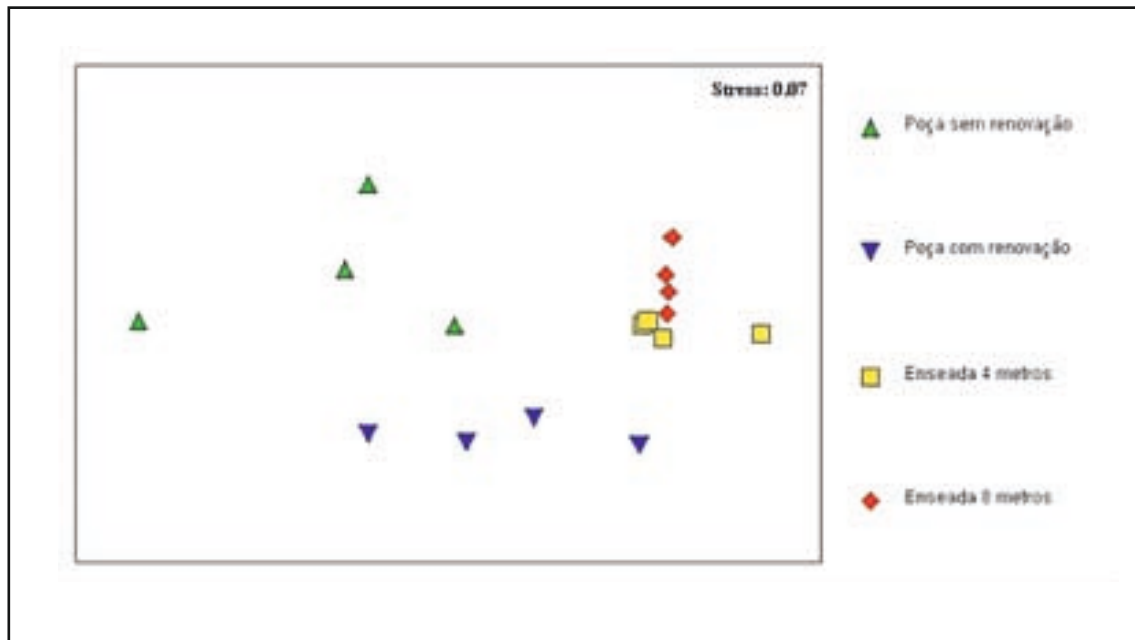


Figura 16.3. Ordenação Não Métrica dos locais coletados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, considerando a meiofauna no nível de grandes grupos.

As diferenças encontradas entre os locais de coleta são decorrentes, provavelmente, das diferenças de profundidade e da hidrodinâmica. O efeito destes fatores abióticos já foi amplamente discutido na literatura (MCINTYRE, 1969; MCLACHLAN, 1978; HICKS & COULL, 1983). Considerando os locais de coleta, as poças sem renovação de água (PS) ficam, durante as marés baixas, sem aporte de água e, conseqüentemente, ocorre uma provável diminuição da oxigenação do sedimento, bem como aumento de temperatura. Ao contrário das PS, as poças com renovação de água (PC) estão sob o efeito direto das ondas que arrebatam em uma parede da rocha ao sul da ilha principal e abastecem estes locais, gerando correnteza e removendo o sedimento. Em uma situação diferente estão os locais de coleta na Enseada (4 e 8 metros de profundidade), sempre submersos, sendo caracteristicamente infralitoral.

Nematofauna

A nematofauna foi representada por 33 gêneros distribuídos em quatro ordens, tendo Chromadorida apresentado o maior número de famílias (9) e também de gêneros (24). Chromadoridae foi a família mais rica, com 12 gêneros (**Tabela 16.1**). Todos os gêneros aqui listados já foram encontrados na costa brasileira, com exceção de *Paradraconema*, cujo primeiro registro de ocorrência é assinalado no presente capítulo.

A composição de gêneros diferiu do Atol das Rocas (NETTO, 1999), a ilha mais próxima, sendo que além do já citado *Paradraconema*, os seguintes gêneros não foram registrados por este autor: *Endeolophus*, *Haliplectus*, *Leptolaimus*, *Metepsilonema*, *Paracyatholaimus*, *Polygastrophora*, *Procamacolaimus*, *Prochromadora*, *Ptycholaimellus*, *Steineridora*, *Trefusialaimus* e *Viscosia*.

Tabela 16.1. Gêneros de Nematoda com suas respectivas porcentagens em relação à densidade total

Gênero	Família	Ordem	%
<i>Chromadora</i> Bastian, 1865	Chromadoridae	Chromadorida	0,25
<i>Chromadorella</i> Filipjev, 1918	Chromadoridae	Chromadorida	0,51
<i>Chromadorina</i> Filipjev, 1918	Chromadoridae	Chromadorida	2,79
<i>Chromadorita</i> Filipjev, 1922	Chromadoridae	Chromadorida	1,52
<i>Cobbia</i> de Man, 1907	Xyalidae	Monhysterida	7,36
<i>Desmodora</i> de Man, 1889	Desmodoridae	Chromadorida	3,05
<i>Desmoscolex</i> Claparède, 1863	Desmoscolecidae	Chromadorida	0,51
<i>Endeolophus</i> Boucher, 1976	Chromadoridae	Chromadorida	2,79
<i>Epacanthion</i> Wieser, 1953	Thoracostomopsidae	Enoplida	3,55
<i>Halichoanolaimus</i> de Man, 1886	Selachinematidae	Chromadorida	0,51
<i>Haliplectus</i> Cobb, 1913	Haliplectidae	Chromadorida	1,02
<i>Leptolaimus</i> de Man, 1876	Leptolaimidae	Chromadorida	0,25
<i>Linhomoeus</i> Bastian, 1865	Linhomoeidae	Monhysterida	0,25
<i>Maryllynia</i> Hopper, 1977	Cyatholaimidae	Chromadorida	2,54
<i>Metacyatholaimus</i> Stekhoven, 1942	Cyatholaimidae	Chromadorida	5,58
<i>Metalinhomoeus</i> de Man, 1907	Linhomoeidae	Monhysterida	0,76
<i>Metepsilonema</i> Steiner, 1972	Epsilonematidae	Chromadorida	4,06
<i>Neochromadora</i> Micoletzky, 1924	Chromadoridae	Chromadorida	1,78
<i>Paracanthonchus</i> Micoletzky, 1922	Cyatholaimidae	Chromadorida	3,55
<i>Paracyatholaimus</i> Micoletzky, 1922	Cyatholaimidae	Chromadorida	29,44
<i>Paradraconema</i> Allen e Noffsinger, 1978	Draconematidae	Chromadorida	0,76
<i>Polygastrophora</i> de Man, 1922	Enchelidiidae	Enoplida	0,51
<i>Procamacolaimus</i> Gerlach, 1954	Leptolaimidae	Chromadorida	0,25
<i>Prochromadora</i> Filipjev, 1922	Chromadoridae	Chromadorida	0,51
<i>Ptycholaimellus</i> Cobb, 1920	Chromadoridae	Chromadorida	0,51
<i>Rhips</i> Cobb, 1920	Chromadoridae	Chromadorida	0,76
<i>Rhynchonema</i> Cobb, 1920	Xyalidae	Monhysterida	3,05
<i>Spiliphere</i> Bastian, 1865	Chromadoridae	Chromadorida	6,35
<i>Steineridora</i> Inglis, 1969	Chromadoridae	Chromadorida	0,51
<i>Theristus</i> Bastian, 1865	Xyalidae	Monhysterida	0,25
<i>Trefusialaimus</i> Riemann, 1974	Trefusiidae	Trefusiida	0,25
<i>Trochamus</i> Boucher e Bovée, 1972	Chromadoridae	Chromadorida	0,51
<i>Viscosia</i> de Man, 1890	Oncholaimidae	Enoplida	13,71

Em quase todos os pontos de coleta, *Paracyatholaimus* foi o gênero dominante, com exceção das poças com renovação de água, onde *Viscosia* apresentou a maior abundância (**Figura 16.4**). Outros gêneros que mostraram altas abundâncias foram *Cobbia* e *Spiliphere* nas poças sem renovação e *Metacyatholaimus* nas poças com renovação.

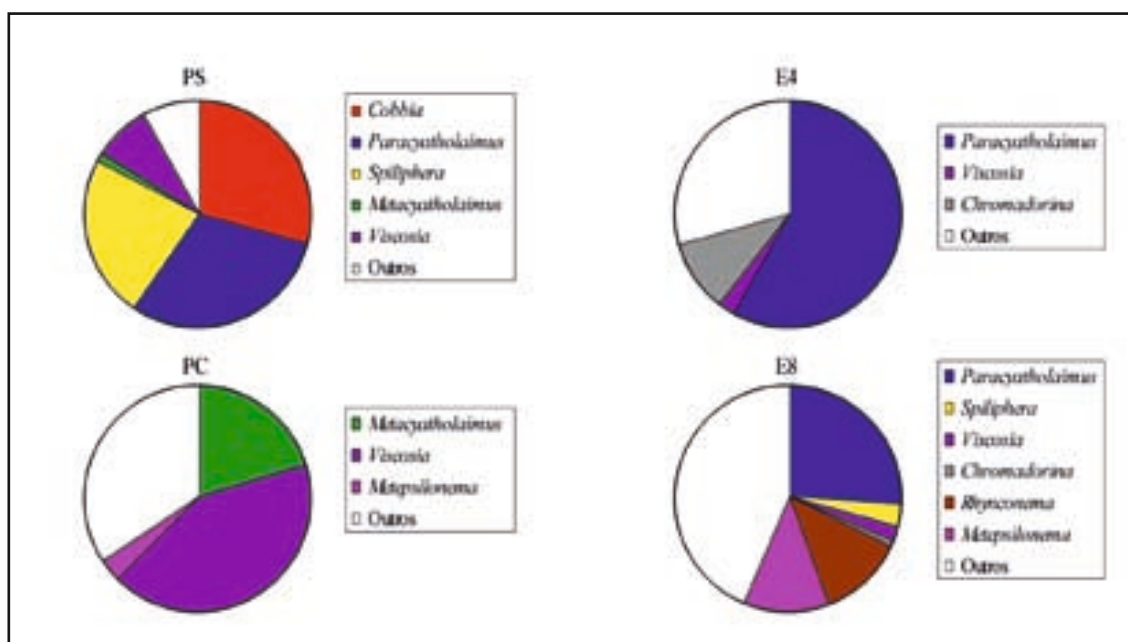


Figura 16.4. Abundância dos principais gêneros de Nematoda nos locais coletados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (PS=poça sem renovação de água; PC=poça com renovação de água; E4=Enseada 4 m; E8=Enseada 8 m).

O Índice de Diversidade da Shannon-Wiener indicou o ponto Enseada 8 metros como o mais diverso, seguido da poça com renovação de água, Enseada 4 metros e poça sem renovação de água. Todos os pontos podem ser considerados de baixa diversidade. Por outro lado, a Equitabilidade indicou que, com exceção da Enseada 8 metros, em qualquer dos demais pontos os indivíduos não estão bem distribuídos dentro das espécies (**Tabela 16.2**).

Tabela 16.2. Índices de Diversidade de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidade e Riqueza de espécies nas quatro estações de coleta do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (PS=Poça sem renovação de água, PC=Poça com renovação de água, E4=Enseada 4 m; E8=Enseada 8 m).

	PS	PC	E4	E8
H'	1.508	1.6	1.453	2.010
Equitabilidade	0.415	0.440	0.399	0.552
Riqueza	7	14	11	22

O conhecimento sobre a biogeografia dos Nematoda é fragmentado devido à subamostragem de vários ambientes. As pesquisas ecológicas envolvendo Nematoda se restringiram, inicialmente, a tratar o grupo como uma única unidade taxonômica, também considerada como uma unidade funcional. Atualmente, já se sabe que os Nematoda formam um grupo muito heterogêneo ecologicamente e que ocupam posições tróficas bem diferentes na cadeia marinha (HEIP *et al.*, 1982). Os resultados aqui encontrados contribuem com uma lista taxonômica de 33 gêneros, dentre os quais um não era, ainda, conhecido/registrado para a costa brasileira. Futuramente, os estudos devem ser aprofundados com identificações de espécie, para que se possa fazer uma análise completa da diversidade de *taxa* do Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

Agradecimentos

Agradecemos especialmente as Professoras Doutoras Elaine F. Albuquerque e Adriana Dalto (Universidade Santa Úrsula), pela revisão do texto, contribuindo com valiosos comentários e sugestões. Agradecemos também as pesquisadoras Nic Smol e Tânia Nara Bezerra, da Universidade de Gent, Bélgica, pelo auxílio na identificação dos nematódeos.

Referências bibliográficas

- Bell, S.S. & Coull, B.C. 1978. **Field evidence that shrimp predation regulates meiofauna.** *Oecologia* 5: 141-148.
- Bodin, P. & Boucher, D. 1983. **Evolution à moyen terme du méiobenthos et des pigments chlorophylliens sur quelques plages pollués par la marée noire de l'Ámoco-Cadiz.** *Oceanologica Acta* 6: 321-331.
- Boucher, G. & Lamshead, J.D. 1995. **Ecological biodiversity of marine nematodes in samples from temperate, tropical and deep-sea regions.** *Conservation Biology* 9: 1594-1604.
- Brown, C.J. 1998. **Effects of a phytodetrital input on nematode communities of the abyssal, equatorial Pacific.** Southampton University: Southampton.
- Cobb, N.A. 1917. **Notes on nemas.** *Contribution to Science of Nematology* 5: 117-128.
- Clarke, R. & Warwick, R.M. 1994. **Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation.** Plymouth: NERC.
- De Grisse, A.T. 1969. **Redescription ou modification de quelques techniques utilisés dans l'étude des nématodes phytoparasitaires.** *Mededelingen Rijksfakulteit Landbouwwetenschappen Gent* 34 : 351-369.
- Fonsêca-Genevois, V. 1987. **Ecologie des méio-et-mixofaunes d'une vasière de l'estuaire de la Loire. Correlations avec le milieu sédimentaire et ses eaux interstitielles.** Tese de doutorado, Université de Nantes, França.
- Giere, O. 1993. **Meiobenthology: The microscopic fauna in aquatic sediments.** Springer-Verlag: Berlin.
- Gourbault, N. & Renaud-Mornant, J. 1985. **Le méiobenthos de la Rance Maritime et la structure des peuplements de Nématodes.** *Cahiers Biologie Marine* 26:409-430.
- _____. 1989. **Distribution, assemblages et stratégies trophiques des micro-méiofaunes d'un atoll semi-fermé (Tuamotu Est).** *Les Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* 309 (III): 69-75.
- Grebmeier, J.M. & Barry, J.P. 1991. **The influence of oceanographic processes on pelagic-benthic coupling in polar regions: A benthic perspective.** *Journal of Marine Systems* 2: 495-518.
- Heip, C.; Vincx, M.; Smol, N. & Vranken, G. 1982. **The systematics and ecology of free-living marine nematodes.** *Helminthological abstracts, Series B*, 51: p.1-24.
- Heip, C.; Vincx, M. & Vranken, G. 1985. **The ecology of marine nematodes.** *Oceanography and Marine Biology: Annual Review* 23: 399-489.
- Hermann, R.L. & Dahms, H.U. 1992. **Meiofauna communities along a depth transect of Halley Bay (Weddel-Sea Antarctica).** *Polar Biology* 12: 313-320.
- Hicks, G.R.F. & Coull, B.C. 1983. **The ecology of meiobenthic harpacticoid copepods.** *Oceanography and Marine Biology: Annual Review* 21: 67-155.
- Jakobi, H. & Jakobi, C. 1985. **Contribuição ao conhecimento da microfauna harpacticoidiana do Tallassopsal Catarinense.** *Ciência & Cultura* 37: 588.
- Lamshead, P.J.D. & Boucher, G. 2003. **Marine nematode deep-sea biodiversity – hyperdiverse or hype?** *Journal of Biogeography* 30: 475-485.
- Lamshead, P.J.D.; Tietjen, J.; Ferrero, T. & Jensen, P. 2000. **Latitudinal diversity gradients in the deep-sea with special reference to North Atlantic nematodes.** *Marine Ecology Progress Series* 194: 159-167.
- Lorenzen, S. 1994. **The phylogenetic systematics of freeliving Nematodes.** Ray Society.
- Maranhão, G.M.B. 2003. **Distribuição espaço-temporal da meiofauna e da nematofauna do ecossistema recifal de Porto de Galinhas, Ipojuca, Pernambuco, Brasil.** Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.
- Marcus, E. 1946. **Batillipes pennaki, a new marine Tardigrada from the North and South American Coast.** *Comunicaciones Zoológicas del Museo de Historia Natural de Montevideo* 2: 1-3.
- _____. 1947. **Turbelários marinhos do Brasil.** *Boletim Faculdade Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, Série (Zoologia)* 12: 99-215.
- McIntyre, A.D. 1969. **Ecology of marine meiobenthos.** *Biological Reviews* 44: 245-290.

- McLachlan, A. 1978. **Sediment particle size and body size in meiofaunal harpacticoid copepods**. South African Journal of Marine Science 74: 27-28.
- Medeiros, L.R. 1984. **Meiofauna da região entre-marés do litoral norte do Estado de São Paulo**. Ciência e Cultura 36 (supl.): 930.
- _____. 1989a. **Conhecimento sobre meiobenthos no Brasil e relato de um caso da Costa Sudeste-Sul**. Publicação da Aciesp 1 54: 348-371.
- _____. 1989b. **Meiofauna da Praia arenosa da Ilha Anchieta, São Paulo**. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Netto, S.A., 1999. **Meiofauna and macrofauna communities of Rocas Atoll**. 117p. Doutorado (Zoologia). Departamento de Ciências Biológicas da Universidade de Plymouth, Inglaterra.
- Netto, S.A.; Attrill, M.J. & Warwick, R.M. 1999a. **Sublitoral meiofauna and macrofauna of Rocas Atoll (NE Brasil): indirect evidence of a topographically controlled front**. Marine Ecology Progress Series 1979: 175-186.
- _____. 1999b. **The effect of a natural water-movement related disturbance on the structure of meiofauna and macrofauna communities in the intertidal sand flat of Rocas Atoll (NE Brazil)**. Journal of Sea Research 42: 291-302.
- _____. 2003. **The relationship between benthic fauna, carbonate sediments and reef morphology in reef-flat tidal pools of Rocas Atoll (North-East, Brazil)**. Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom 83: 425-432.
- Netto, S.A.; Warwick, R.M. & Attrill, M.J. 1999 **Meiobenthic and Macrobenthic community structure in carbonate sediments of Rocas Atoll (North-east, Brazil)**. Estuarine, Coastal and Shelf Science 48: 39-50.
- Schewe, I. & Soltwedel, T. 1998. **Deep-sea meiobenthos of the central arctic ocean: distribution patterns and size-structure under extreme oligotrophic conditions**. Vie et Milieu 49: 79-92.
- Swedmark, B. 1964. **The interstitial fauna of marine sands**. Biological Review 39: 1-42.
- Thistle, D. & Sherman, K.M. 1985. **The nematode fauna of a deep-sea site exposed to strong near-bottom currents**. Deep-sea Research 32: 1077-1088.
- Vincx, M.; Bett, B.J.; Dinert, A.; Ferrero, T.; Gooday, A.J.; Lambshead, P.J.D.; Pfannkuche, O.; Soltwedel, T. & Vanreusel, A. 1994. **Meiobenthos of the Deep Northeast Atlantic**. Advances in Marine Biology 30: 1-88.
- Warwick, R.M.; Platt, H.M. & Somerfield, P.J. 1998. **Free-living marine nematodes Part III: Monhysterids**. Synopses of the British Fauna 53: 2960p.



Capítulo 17

The benthic opisthobranch molluscs from the Archipelago of Fernando de Noronha (Brazil)

*Jesús S. Troncoso
Marta Domínguez
Francisco J. García*

Abstract

In this chapter, new data on the opisthobranch fauna from the Archipelago Fernando de Noronha are presented. 111 specimens distributed among 12 species were studied and 11 of them are a new record for the archipelago. Anatomical and distribution data for each species are done.

Resumo

Os moluscos opistobrânquios bênticos do Arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil.

Se aportam novos dados sobre a fauna de moluscos opistobrânquios do Arquipélago de Fernando de Noronha. 111 espécies distribuídas em 12 espécies foram estudadas, sendo que 11 delas são novas ocorrências para o Arquipélago. Dados de distribuição e da anatomia de cada espécie são também aportados.

Introduction

The knowledge about the opisthobranchs fauna from Brazil is scarce in compared to that from the tropical and subtropical waters. The most works about the Brazilian opisthobranchs were published in 1950-1970; since then there were not many contributions about these animals and their distribution in these coasts.

With the aim of increase this knowledge, the authors have published the results of several samplings in Brazil, including the Archipelago Fernando de Noronha (García et al., 2002; García & Troncoso, 2003; García & Troncoso, 2004; Domínguez et al., 2006a; Domínguez et al., 2006b).

*The Archipelago Fernando de Noronha (Brazil) lies off Cape Sao Roque, State of Rio Grande do Norte, about 195 nautical miles offshore (03°51'S–32°25'W). Besides the island of Fernando de Noronha, several smaller islands, all of volcanic origin, compose the Archipelago of the same name. The archipelago lies in the north branch of the South equatorial oceanic current, with high temperature, salinity and transparency. The intertidal bottoms are mostly of hard substrate with a few sandy beaches, having a dominant community of seaweeds (calcareous algae *Sargassum* sp. and filamentous green algae) and Vermetidae.*

Matthews & Kempf (1970) provided a checklist of the molluscan fauna from the Archipelago of Fernando de Noronha and Atol das Rocas. Although more than 160 species of Molluscs were listed, however only seven species of opisthobranch gastropods were cited. Besides, four species were referred by Lopes & Alvarenga (1957), although this material was not found by these authors, and two species was referred by Rios & Barcellos (1979).

*The species reported in this chapter were collected by diving down to 20 m along the littoral, during two trips to Archipelago de Fernando de Noronha in 1999 and 2000. The sampling stations are represented in **Figure 17.1**. For each species the dates and depth of collection, stations, and lengths of the specimens alive are recorded. Besides this, the distributions in Brazil and in other geographical areas are included.*

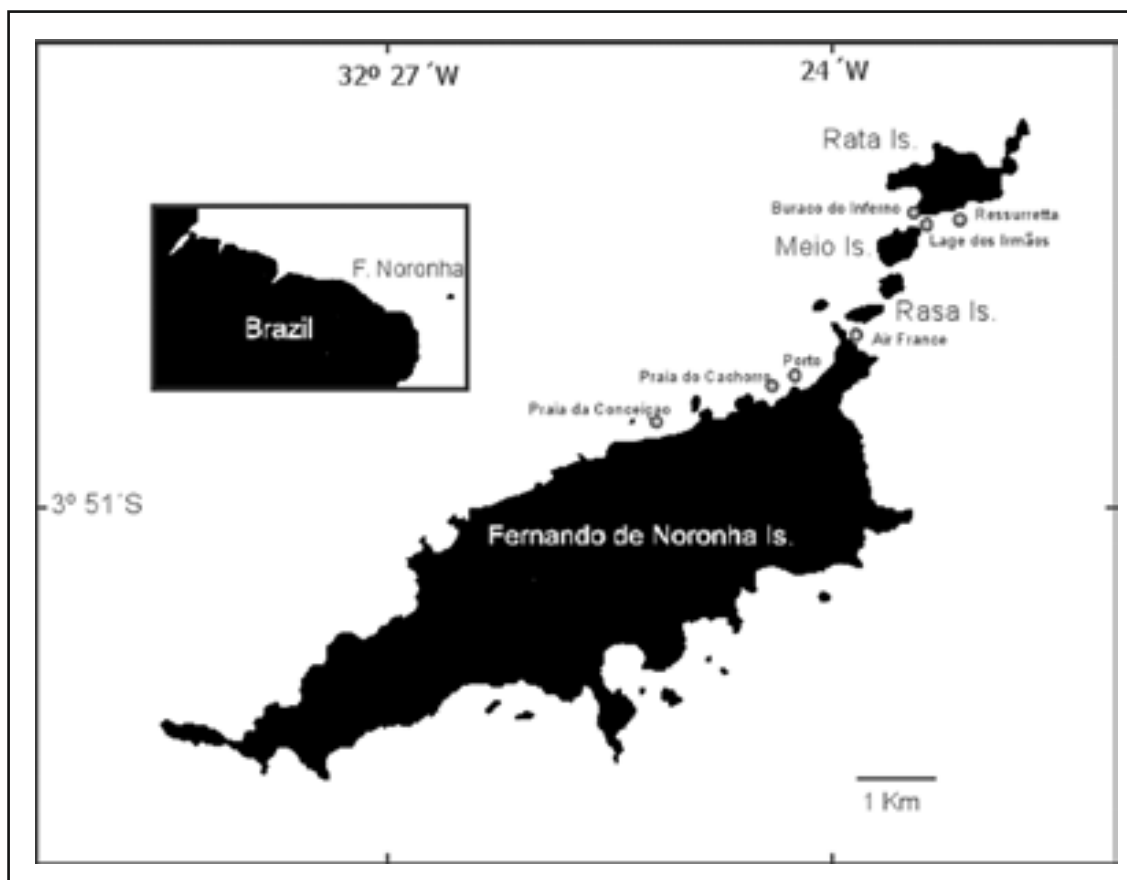


Figure 17.1. Map of Fernando de Noronha.

Results

Class Gastropoda Cuvier, 1795.

Subclass Opisthobranchia Milne-Edwards, 1848.

Order Cephalaspidea H. & A. Adams, 1854.

Family Aplysiidae Gray, 1847

Genus *Micromelo* Pilsbry, 1895.

***Micromelo undata* (Bruguière, 1792).**

(**Figure 17.2a**).

Material collected

Date: 06/07/1999; station: Praia do Cachorro (Fernando de Noronha Is); depth: intertidal; 1 specimen; length: 17 mm.

Date: 08/07/1999; station: Praia do Cachorro (Fernando de Noronha Is); depth: intertidal; 1 specimen; length: 30 mm.

Date: 07/07/1999; station: Porto (Fernando de Noronha Is); depth: 1 m; 5 specimens; length in mm: 15.5 to 22.

Date: 15/06/2000; station: Porto (Fernando de Noronha Is); depth: 1 m; 1 specimen; length: 15 mm.

Date: 19/06/2000; station: Porto (Fernando de Noronha Is); depth: 1 m; 1 specimen; length: 17 mm.

Habitat: On rocks with algae and in tidal pools with *Cystoseira*.

External anatomy

The shell is whitish with brown reddish lines. The mantle is translucent white-bluish; there is a yellow edge, a green-blue submarginal band, and large white spots are scattered over the body (**Figure 17.2a**).

Remarks

These animals coincide with the specimens described by Marcus & Marcus (1967) and by Marcus & Hughes (1974). This is the only species of the genus found on the Western Atlantic at the moment. *Micromelo guamensis* (Quoy & Gaimard, 1825) is very similar, but is from the Indo-Pacific Ocean.

Distribution

Brazilian distribution: NE Brazil, from Pernambuco to Bahia (Marcus & Marcus, 1967; Rios, 1994). Fernando de Noronha Is. (Marcus & Marcus, 1967; Matthews & Kempf, 1970; Rios, 1994; García et al., 2002).

Other geographical areas: This specie is circumtropical distributed from Caribbean Sea, Atlantic Ocean, Macaronesia, Ascension Is, Southern Africa and Indo-Pacific Ocean (Gosliner, 1987; Malaquias, 2001; Marcus & Marcus, 1967; Marcus, 1977; Mikkelsen, 1995; Ortea et al., 2000; Rios, 1994).

Order Anaspidea Fischer P., 1883.

Family Aplysiidae Lamark, 1809.

Genus *Stylocheilus* Gould, 1852.

***Stylocheilus striatus* (Quoy & Gaimard, 1832).**

(**Figure 17.2b**).

Material collected

Date: 07/07/1999; station: Porto (Fernando de Noronha Is); depth: intertidal; 1 specimen; length: 22 mm.

Date: 08/07/1999; station: Praia da Conceição (Fernando de Noronha Is); depth: intertidal; 7 specimens; length: 15 to 33 mm.

Date: 10/07/1999; station: Air France (Rasa Is.); depth: intertidal; 3 specimens; length: 18 to 20 mm.

Date: 16/06/2000; station: Rasa Is.; depth: intertidal; 17 specimens; length: 12 to 36 mm.

Date: 17/06/2000; station: Buraco do Inferno (Rata Is.); depth: 12 m; 4 specimens; length: 19 to 29 mm.

Date: 19/06/2000; station: Buraco do Inferno (Rata Is.); depth: 14 m; 6 specimens; length: 6 to 28.

Habitat: On and under rocks, associated with masses of red algae.

External anatomy

The body is elongated and covered by papillae. The mantle is pale brown, has some white spots and numerous longitudinal lines (**Figure 17.2b**). Some blue spots are scattered over the dorsum. The tail is long and translucent. The animal produces a violet secretion when is disturbed.

Remarks

Stylocheilus striatus has been confused by Quoy & Gaimard (1832) with *Stylocheilus longicauda*, but these species have different coloration and shape (Rudman, 1999). *S. striatus* has a smaller tail, branched papillae on dorsum and dark lines on the body. On the contrary *S. longicauda* has an extremely long tail, its ground colour is evenly green or yellow without dark lines, and in most cases the dorsal papillae are not branched. For these reasons, we think that both are two separated species.

Distribution

Brazilian distribution: Pernambuco, Recife (Marcus & Marcus, 1970), Fernando de Noronha (García et al., 2002).

Other geographical areas: Circumtropical (Farmer, 1967; Marcus, 1977; Marshall & Willan, 1999; Rios, 1994).

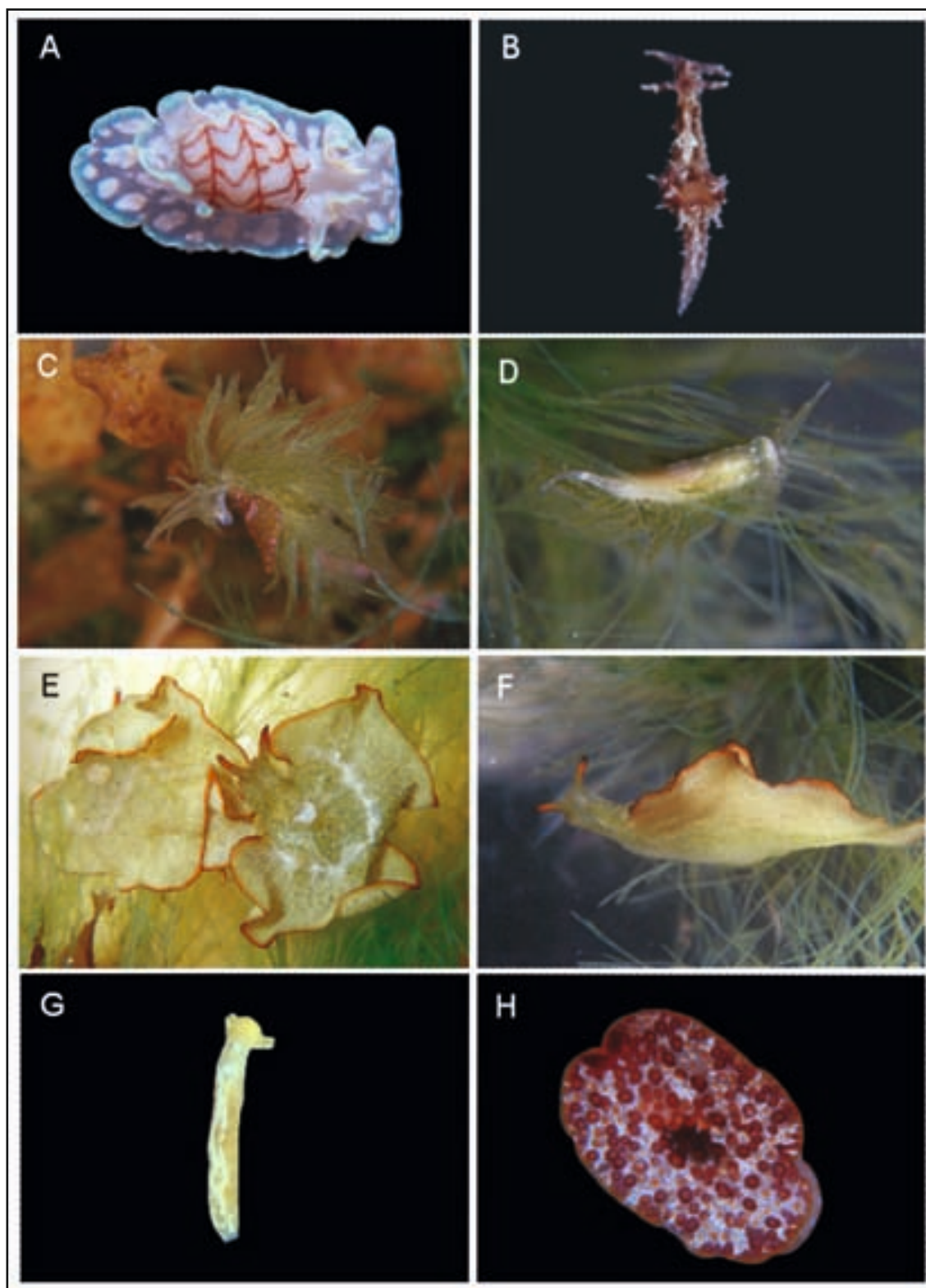


Figure 17.2. a) *Micromelo undata*; b) *Stylocheilus striatus*; c-d) *Caliphylla mediterranea*; e-f) *Elysia ornata*; g) *Elysia flava*; h) *Pleurobranchus areolatus*. Photos: Jesús S. Troncoso and Francisco García.

Order Sacoglossa Von Ihering, 1876.

Family Caliphyllidae Tiberi, 1881.

Genus *Caliphylla* Costa, A. 1867.

***Caliphylla mediterranea* A. Costa, 1867.**

(Figures 17.2c, d, 17.3 and 17.4)

Material collected

Date: 15/06/2000; station: Porto (Fernando de Noronha Is.); depth: 5 m; 1 specimen; length: 16 mm.

Date: 19/06/2000; station: Porto (Fernando de Noronha Is.); depth: 5 m; 10 specimens; length: 8 to 19 mm.

Habitat: Associated with filamentous green algae.

External anatomy

The body is white-greenish in colour, and through it is visible the hepatic gland which is forming a green net (**Figure 17.2c, d**). The black eyes can be seen behind the rhinophores, which are long, smooth and longitudinally folded. Each rhinophore has a small branch that is folded too. Between the eyes, there are a few white spots, and some behind is the bulky pericardium. There are numerous rows of cerata along the body. The cerata are flattened, translucent and leaf shaped (**Figure 17.3a**). They have smooth edge, and internally have dichotomous pale green branches. Whitish granules are surrounding the cerata. These are defensive glands.

The genital opening is situated on the right side of the body, behind the rhinophore, and the anus is located on a prominence, behind the genital opening. The tail is thin. Ventrally the oral tentacles are short and pointed (**Figure 17.3b**).

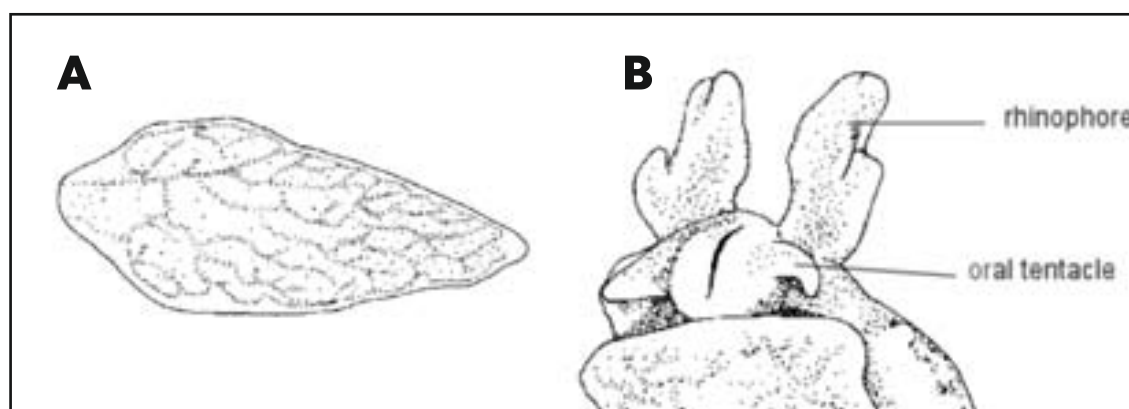


Figure 17.3. *Caliphylla mediterranea*. a) Cerata; b) ventral view of the anterior part of the body.

Internal anatomy

The radular formula in a specimen 16 mm long is 27 X 0.1.0. The teeth are smooth and pointed (**Figure 17.4**). A considerable difference of size exists between the teeth of both extremes of the radula.

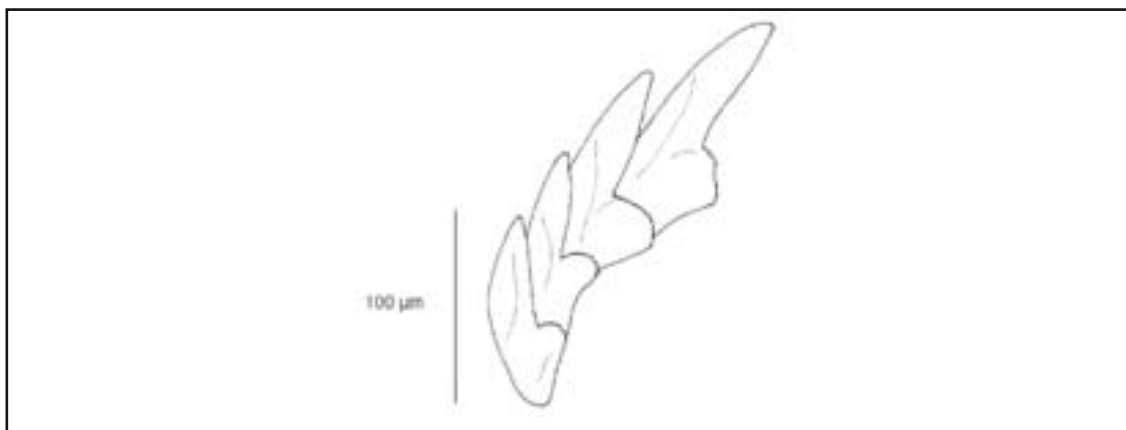


Figure 17.4. *Caliphylla mediterranea*, radular teeth.

Remarks

Caliphylla mediterranea can be identified by the shape of the cerata, the small oral tentacles and the smooth radular teeth (Marcus & Marcus, 1970). A remarkable characteristic is the peculiar shape of the rhinophores, which Marcus (1958) described as bilobated with a groove on each lobe. Schmekel & Portmann (1982) indicated the presence of a white spot behind the rhinophores (in front of the pericardium). This spot was present in one of our specimens. Gascoigne (1979) made a detailed description of the species. This description is very similar to our specimens.

Distribution

Brazilian distribution: South Brazil in São Paulo State (Santos, São Sebastião Is., Cananeia) (Marcus, 1977; Rios, 1994), Fernando de Noronha (García et al., 2002).

Other geographical areas: Mediterranean Sea; Atlantic Ocean from Spain to Senegal, Canary Is. and Caribbean Sea (Cervera et al, 1988; Gascoigne, 1979; Jensen & Clark, 1983; Marcus & Marcus, 1970; Marcus, 1977; Ortea et al., 2000; Pruvot-Fol, 1954; Schmekel & Portmann, 1982).

Family Placobranchidae Gray, 1840.

Genus *Elysia* Risso, 1818.

***Elysia ornata* (Swainson, 1840).**

(**Figures 17.2e, f** and **17.5**).

Material collected

Date: 08/07/1999; station: Lage dois Irmãos, between Meio Is. and Rata Is. (Fernando de Noronha Is.); depth: 18 m; 1 specimen; length: 22 mm.

Date: 15/06/2000; station: Porto (Fernando de Noronha Is.); depth: 5 m; 22 specimens; length: 22 to 36 mm.

Date: 17/06/2000; station: Buraco do Inferno (Rata Is.); depth: 12 m; 1 specimen; length: 12.5 mm.

Date: 19/06/2000; station: Porto (Fernando de Noronha Is.); depth: 5 m; 12 specimens; length: 15 to 36 mm.

Habitat: Associated with filamentous green algae.

External anatomy

The body is green coloured, covered by white and black spots. The rhinophores rolled, have green bases, the distal portion is dark orange and there is a black line on the edge. The parapodia are surrounded by a thin black line and other one of orange colour (**Figure 17.2e, f**). The parapodia are large and when they are expanded, show numerous white spots that form a thickness line around the pericardium. The smaller specimen observed has a lot of white spots on the dorsum and head. Ventrally, the coloration is the same that dorsally.

Internal anatomy

The radula is uniseriated. In a specimen 22 mm long there are 18-20 teeth. Between the teeth of both extremes of the radula exists a considerable difference of size. About the last five teeth they are notably smaller than the rest (**Figure 17.5a**). Each tooth has a big cusp, and minute denticles on its interior edge (**Figure 17.5b**).

Remarks

There is confusion between *E. ornata* and *E. grandifolia* Kelaart, 1858. The most important reason to separate these species is the shape of the denticles on the teeth. According to this theory, *E. ornata*, from Atlantic has smooth teeth and *E. grandifolia* from Indo-Pacific has denticles on them. However, some authors as Jensen (1992) think that these species would be considered as synonymy, and the teeth of *E. ornata* are smooth or denticulated.

Distribution

Brazilian distribution: Fernando de Noronha (García et al., 2002).

Other geographical areas: Circumtropical, Atlantic Ocean from Caribbean Sea to Canary Islands and Azores Archipelago; Indo-Pacific Ocean in Hawaii, Vietnam and Australia (Malaquias, 2001; Marcus & Marcus, 1970; Marcus, 1980; Marshall & Willan, 1999; Ortea et al., 2000; Thompson, 1977).

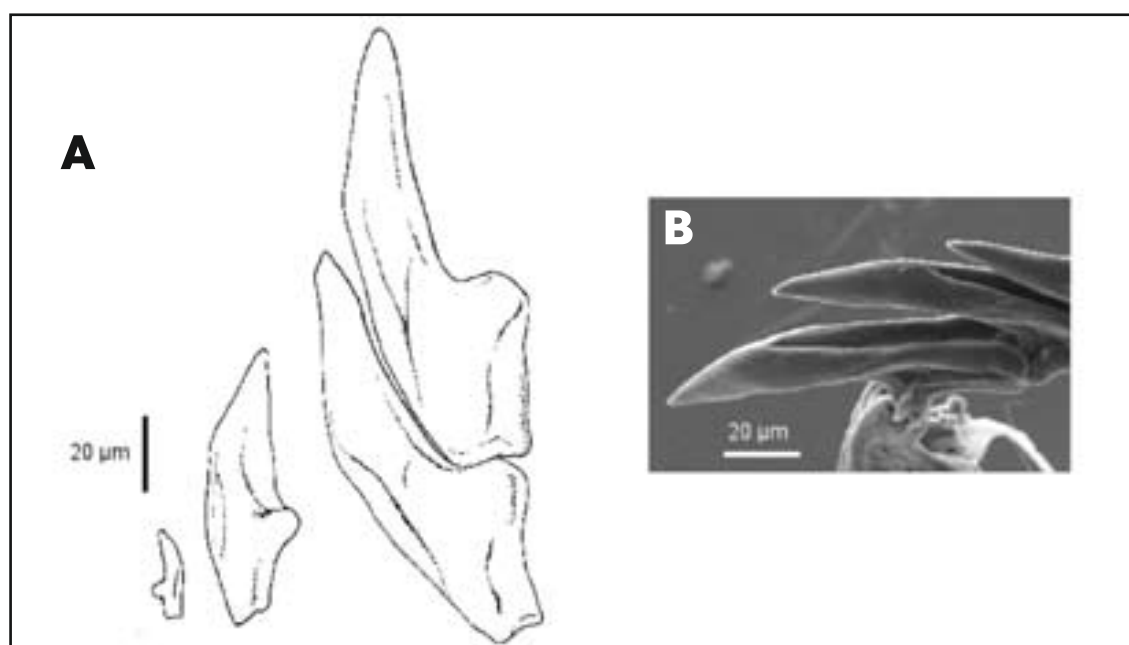


Figure 17.5. *Elysia ornata*. a) radular teeth; b) SEM image of the radula.

***Elysia flava* (Verrill, 1901).**

(Figure 17.2g).

Material collected

Date: 08/07/1999; station: Praia da Conceição (Fernando de Noronha Is.); depth: intertidal; 1 specimen; length: 6 mm.

Habitat: Associated with filamentous green algae.

External anatomy

The elongated body is narrow and its colour is pale brown or yellowish. The parapodia have white and rough edge (Figure 17.2g). The black eyes are visible by transparency through the mantle, and between them there are two small white spots. The rhinophores have the same colour that the rest of body; they are rolled and there are some white spots near the apices.

Remarks

There are only a few records for the species *Elysia flava* since it was described in Bermudas by Verrill (1901). The general aspect of our animal is the same that those found by this author and by Thompson (1977) and Ortea (1982).

Distribution

Brazilian distribution: Fernando de Noronha (García et al., 2002).

Other geographical areas: From Mediterranean Sea, Canary Is. and Madeira Archipelago to Caribbean Sea (Clark, 1984; Malaquias et al., 2001; Marcus, 1980; Ortea, 1981; Ortea et al., 2000; Thompson, 1977, 1983; Thompson & Jaklin, 1988).

Order Notaspidea Fischer P. 1883.

Family Pleurobranchidae Gray, 1827.

Genus *Pleurobranchus* Cuvier, 1804.

***Pleurobranchus areolatus* (Mörch, 1863).**

(Figures 17.2h and 17.6).

Material collected

Date: 19/06/2000; station: Buraco do Inferno (Rata Is.); depth: 14 m; 1 specimen; length: 15 mm.

Habitat: Under rocks with ascidians, sponges, and other invertebrates.

External anatomy

The body is ovate and the white dorsal surface is covered by rounded tubercles of different sizes (Figure 17.2h). Most of tubercles are white with orange apices, but some of them are dark red, and other ones have a basal red ring and orange apices. On the median part there are black tubercles with orange apices. The rhinophores are rolled and pale red-wine coloured. The mantle edge is orange and there are orange spots around the translucent foot.

Internal anatomy

There is a fine translucent shell over the pharyngeal bulb. The jaws are formed by numerous plates which have a median cusp and two-four denticles on each side (**Figure 17.6a**). The radular formula is 49 X 79.0.79. The most internal teeth are smaller than the rest and have two cusps, one curved cusp and another one smaller on its external side (**Figure 17.6b** and **c**). The secondary cusp is absent on the rest teeth (**Figure 17.6d**).

Remarks

The mantle of *Pleurobranchus areolatus* is covered by tubercles of different sizes and colours. The dorsum is predominantly reddish with whitish areas, although according Marcus (1984), the coloration of this species is variable.

Distribution

Brazilian distribution: Cabo Frio (Rio de Janeiro State) (Marcus, 1977; Rios, 1994), Fernando de Noronha (García et al., 2002).

Other geographical areas: East Pacific in Gulf of California, Panama and Galapagos Islands. Atlantic Ocean from Florida to Canary Islands and Ghana (Bertsch & Smith, 1973; Edmunds, 1968; Marcus & Marcus, 1967; Ortea et al., 2000; Rios, 1994).

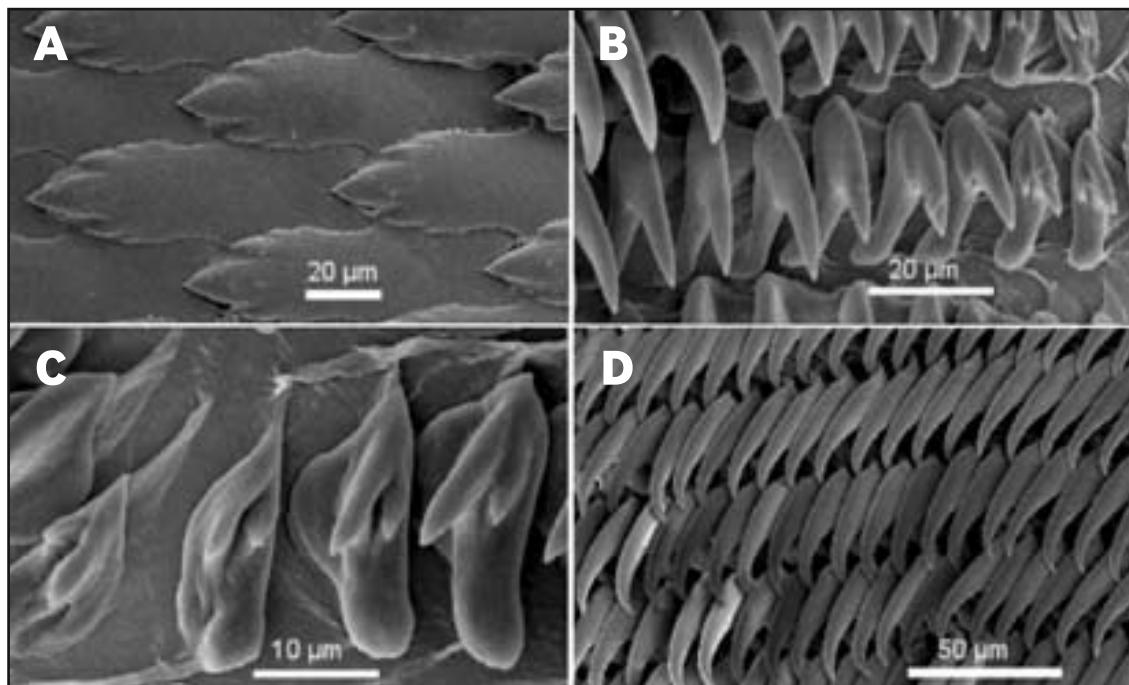


Figure 17.6. *Pleurobranchus areolatus*. SEM images. a) jaw plates; b-c) innermost teeth; d) lateral teeth.

Genus *Berthella* de Blainville, 1825.

***Berthella stellata* (Risso, 1826).**

(**Figures 17.7** and **17.8**).

Material collected

Date: 10/07/1999; station: Air France (Rasa Is.); depth: intertidal; 1 specimen; length: 7 mm.

Habitat: On rocks with ascidians, sponges and bryozoans.

External anatomy

The body is translucent white and the dorsum is covered by scattered spots. The rhinophores are rolled and the oral velum is wide and trapezoidal in shape. The internal translucent shell is visible through the mantle. It is located in the anterior region of body. On the median region of dorsum is visible the dark brown visceral mass, and on this zone exists too a big white spot with T shape (Figure 17.7). On the foot there is a whitish pedal gland.

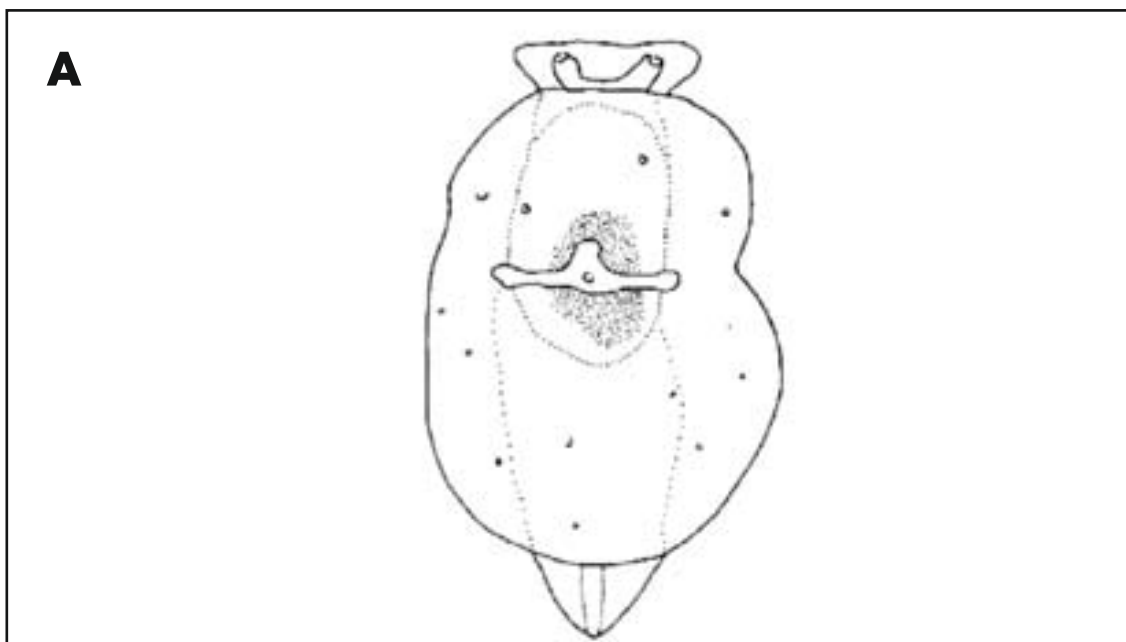


Figure 17.7. *Berthella stellata*, external anatomy.

Internal anatomy

The jaw plates have a median cusp and 3-4 denticles on each side (Figure 17.8a). The radular formula is 71 X 63.0.63. The teeth are smooth and hook-shaped (Figure 17.8b and c). The outer teeth are small and elongated (Figure 17.8d).

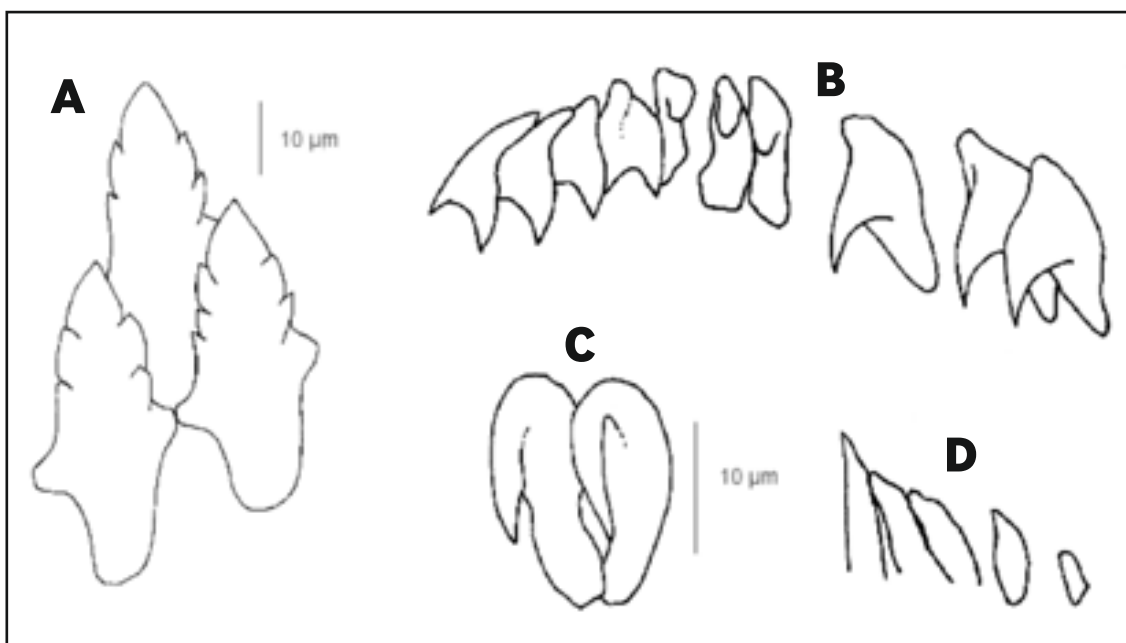


Figure 17.8. *Berthella stellata*. a) jaw plates; b) internal teeth; c) lateral teeth; d) outer lateral teeth.

Remarks

Normally, the coloration of *Berthella stellata* is whitish or brown-yellowish, but the opaque white pigment can be present or absent and its organization is variable (Gosliner & Bertsch, 1988). In our specimen there are both the white spots on dorsum and the mark on the median region.

Distribution

Brazilian distribution: Cabo Frio (Rio de Janeiro State), Ubatuba, Ilhabela (São Paulo State) (Rios, 1994, cited as *B. tupala*; Marcus, 1957) Fernando de Noronha (García et al., 2002).

Other geographical areas: This species is Circumtropical. From Mediterranean Sea, Canary Islands to Atlantic coast of Panama. On Pacific coast, Gulf of California, Bahia Tortugas, Baja California (Cervera et al., 1988; Gosliner & Bertsch, 1988; Ortea et al., 2000; Pruvot-Fol, 1954).

Order Nudibranchia Cuvier, 1817

Superfamily Doridoidea Rafinesque, 1815

Family Aegiretidae Fischer P., 1883

Genus *Aegires* Lovén, 1844

***Aegires absalaoi* García, Troncoso & Domínguez, 2002**

(**Figures 17.9a, 17.10** and **17.11**).

Material collected

Date: 19/06/2000; station: Buraco do Inferno (Rata Is.); depth: 14 m; 1 specimen; length: 5 mm.

Habitat: Under stones with sponges, and calcareous detritus.

External anatomy

The unique specimen has a firm limaciform body, with abundant spicules in the tegument. The colour pattern alive is creamy white with some brown spots on the dorsum. At the apex of some tubercles there is a minute brown spot (**Figure 17.9a**). Dorsum with blunt tubercles, arranged in two marginal and one medial longitudinal rows in front of the gills, and one row on the tail. There are two tubercles in front the rhinophores and other two mid-lateral tubercles between the marginal and central rows. There are three gills protected by three large anterior tubercles. The rhinophores are smooth and the rhinophoral sheaths have only a prominent lobe on the external side (**Figure 17.10**).

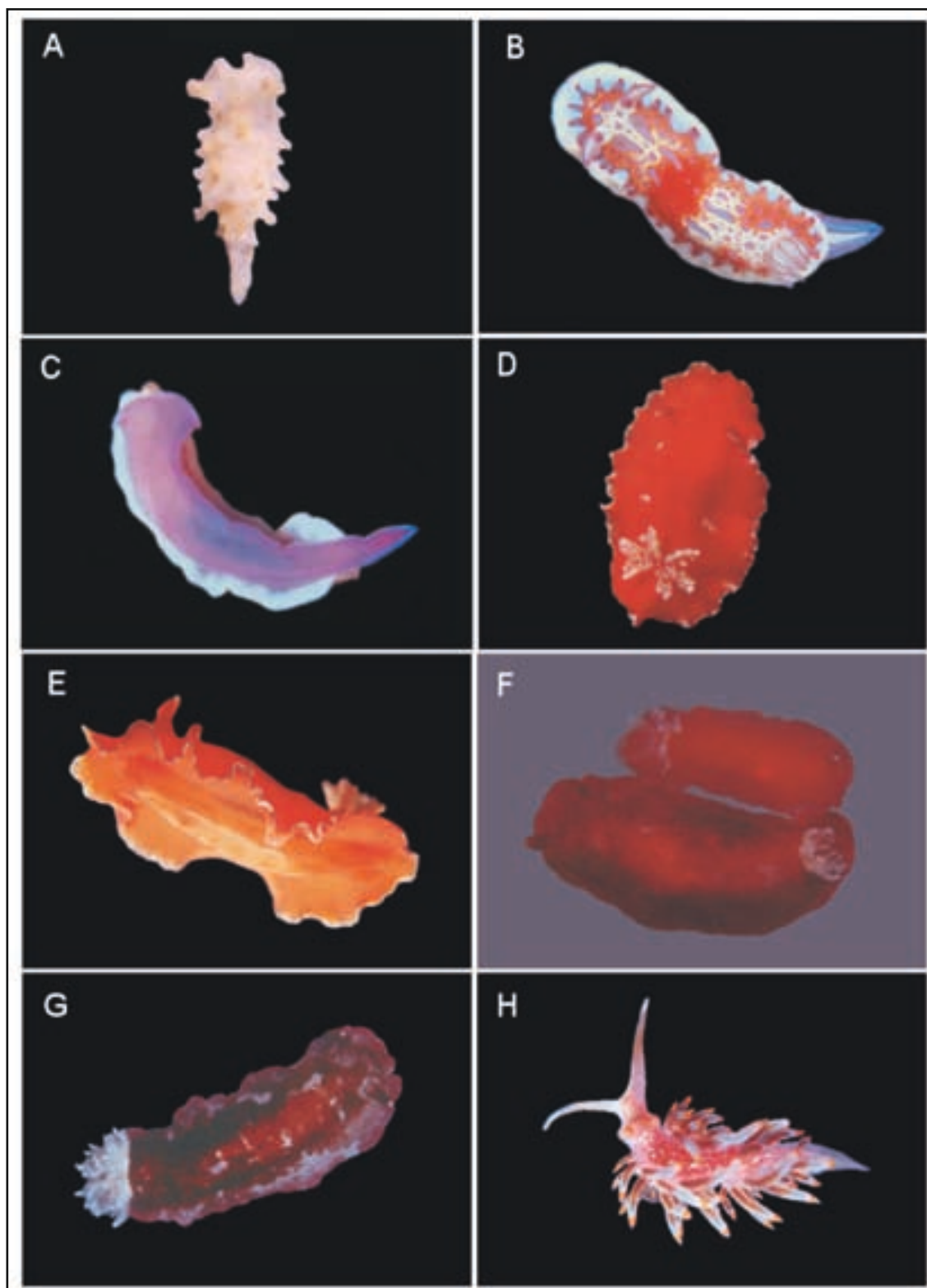


Figure 17.9. a) *Aegires absaloi*; b) *Chromodoris clenchi*, dorsal view; c) *Chromodoris clenchi*, ventral view; d-e) *Platydoris angustipes*; f-g) *Dendrodoris senegalensis*; h) *Phidiana riosi*. Photos: Jesús S. Troncoso and Francisco García.

Internal anatomy

The labial armature lacks differentiated elements (**Figure 17.11a**). The radula has a formula of $15 \times 10-0-10$. The teeth are hook-shaped being the inner teeth slightly smaller than the outer (**Figure 17.11b**).

Remarks

Five species of the genus *Aegires* are known in Atlantic Ocean, but they have different external and internal characteristics than *A. absalaoi*. A more detailed description and discussion is present in García et al. (2002).

Distribution

Brazilian distribution: Fernando de Noronha (García et al., 2002).

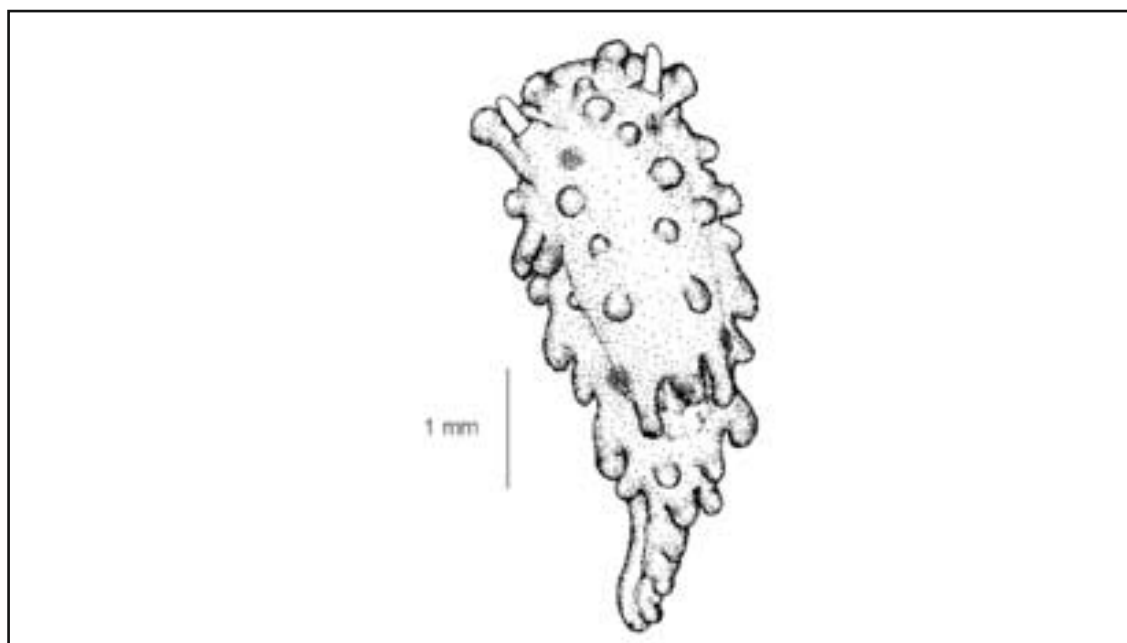


Figure 17.10. *Aegires absalaoi*, external anatomy.

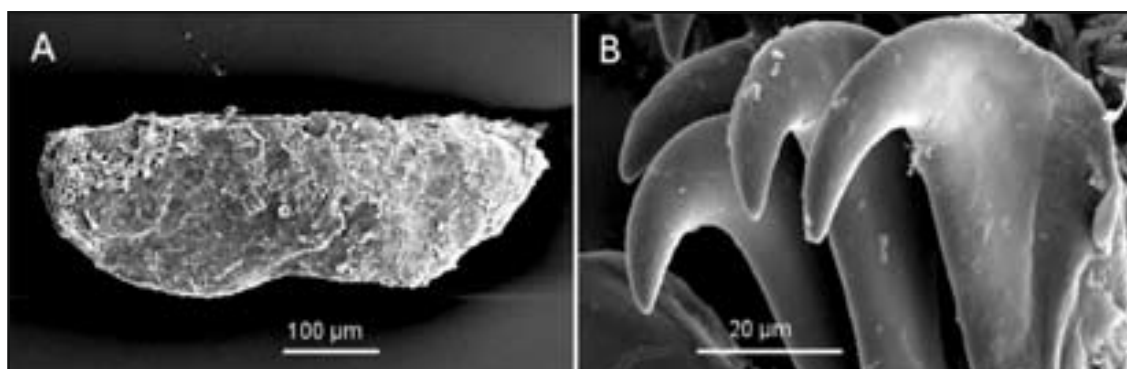


Figure 17.11. *Aegires absalaoi*. a) scanning electron micrographs of jaw; b) detail of the radular teeth.

Family Chromodorididae Bergh, 1891.

Genus *Chromodoris* Alder & Hancock, 1855.

***Chromodoris clenchi* (Russell, 1935).**

(**Figure 17.9b** and **c**).

Material collected

Date: 07/07/1999; station: Buraco do Inferno (Rata Is.); depth: 10 m; 2 specimens; length: 19, 21 mm.

Date: 09/07/1999; station: Buraco do Inferno (Rata Is.); depth: 7 m; 1 specimen; length: 23 mm.

Habitat: On big rocks with sponges, ascidians, hydrozoans, bryozoans and other invertebrates.

External anatomy

The body is elongated with pale yellow mantle edge and white broad band around it (**Figure 17.9b**). There is an irregular orange band within it. The white and orange bands are separated by a red line which arises as a triangular reddish blotch running to the edge and with a deep red end. On the central area there are two pale yellow to cream areas separated by a deep orange zone; there is an anterior area which includes the rhinophore sheaths and a posterior area located in front of the gills. The orange zones of dorsum have numerous small blue spots; the cream areas have small and bigger blue spots surrounded by a red line. The sharp-pointed rhinophores are whitish with 18 lamellae; there are three violet lines running from the tip to the stalk, one anterior line and two posterior lateral ones. The whitish gills have violet rachis. There are 13 unipinnated gills and two posterior ones have three branches each. The whitish gills have violet rachis. The tail is blue-violet with a yellow median longitudinal mark which narrows to the tip and is surrounded by a red line. Ventrally, the mantle edge is similar in colour to the dorsum (**Figure 17.9c**), the hyponotum is white and the foot sole is violet.

Remarks

The characteristics of *C. clenchi* were described in detail by Ortea et al. (1994), and provided illustrations of the radular teeth and reproductive system. According them, this species is easily recognised by the original description of Russell (1935), who says that the basic colour is red (although our animals are orange), with two pale cream areas and some blue spots surrounded by red; the rhinophores are sharply pointed and pale with three dark lines. These features are the same as those in our specimens, but Ortea et al. (1994) consider that the foot is violet with small posterior spots which are not present in our specimens. In their opinion, one distinctive feature to separate *C. clenchi* from similar species is the presence of a cream colour on the dorsum, because *C. clenchi* presents it. For this reason, they say that the specimen called *C. neona* in Marcus & Marcus (1967) and illustrated in figures 58, 58A and plate I (9), is in fact *C. clenchi*. The species *C. binza* has cream colour on dorsum, but its dorsal pattern is different.

Distribution

Brazilian distribution: São Paulo (Marcus, 1955); Cabo Frio (Marcus & Marcus, 1967); Cabo Frio (Rio de Janeiro State), Ubatuba, São Sebastião (São Paulo State) (Rios, 1994), Fernando de Noronha (García et al., 2002 como *Chromodoris neona*; Domínguez et al., 2006b).

Other geographical areas: Caribbean Sea in Florida, east of Panama, Colombia (Marcus & Marcus, 1967; Marcus, 1977; Rios, 1994).

Family Discodorididae Bergh, 1891.

Genus *Platydorid* Bergh, 1877.

***Platydorid angustipes* (Mörch, 1863).**

(**Figures 17.9d, e, 17.12** and **17.13**).

Material collected

Date: 07/07/1999; station: Porto (Fernando de Noronha Is); depth: 1 m; 1 specimen; length: 72 mm.

Date: 17/06/2000; station: Buraco do Inferno (Rata Is.); depth: 12 m; 1 specimen; length: 20 mm.

Habitat: Under stones associated with sponges and ascidians.

External anatomy

The body is ovate and the mantle is wide. The colour of the dorsum is red brick in the larger specimens, and red-orange in the smaller (**Figure 17.9d**). The mantle is surrounded by a fine whitish line. Furthermore, the smaller animal has irregular brown spots near the edge, and white dots on the rhinophoral sheath edge. The rhinophores are red coloured with white spots, and there are 5-6 tripinnated white and brown gills. There are one or two irregular white spots on each side of visceral mass, and the bigger animal has a few white spots scattered between the anterior ones. Ventrally, the coloration is red-orange (Fig. 9E); the foot is elongated and narrow, and the oral tentacles are small.

Internal anatomy

The labial cuticle is thin and smooth. The radular formula is 49 X 84.0.84 in a specimen 72 mm long. The smooth teeth have a hook-shaped cusp, which is smaller in the most internal teeth. The reproductive system has a long and folded ampulla; it connects with a spherical prostate. The minuscule seminal receptacle is connected by a duct with a large gametolitic gland. From this gland arises a narrow vaginal duct which has two rows of spines.

Remarks

This is the only species of *Platydor* described from the Western Atlantic until the moment. Our animals have the same characteristics that those described by Marcus (1957) and Marcus & Marcus (1967), although is remarkable the different size of the receptaculum seminis which is bigger in illustrations of Marcus (1957).

Distribution

Brazilian distribution: Maranhão, Recife, PE, off Alagoas and Bahia (Rios, 1994), Fernando de Noronha (García et al., 2002).

Other geographical areas: Caribbean Sea in Florida, Dry Tortugas, Jamaica, Virgin Islands (Marcus & Marcus, 1967).

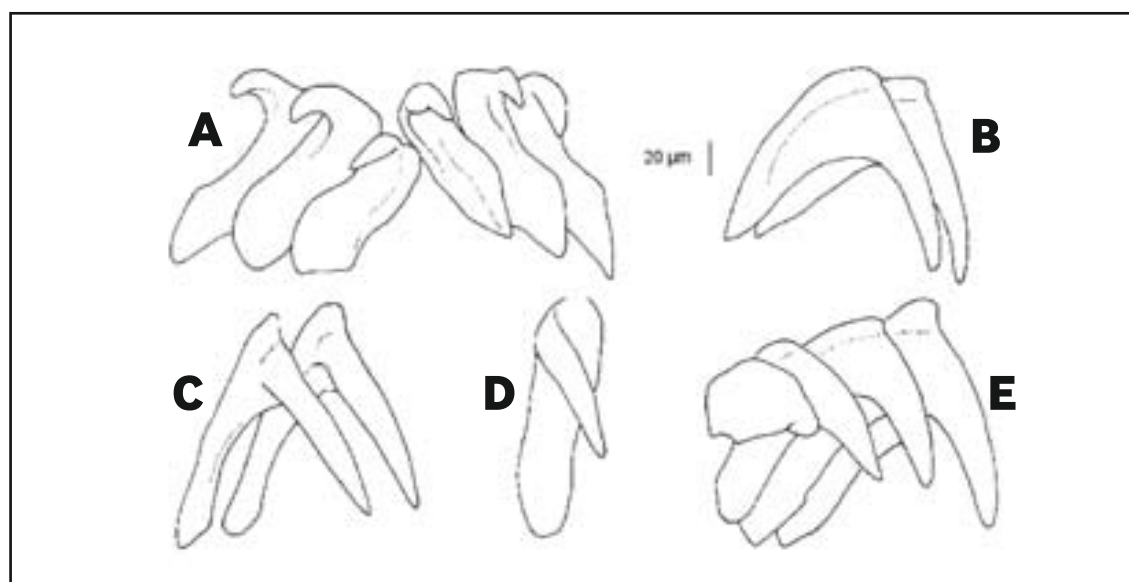


Figure 17.12. *Platydor angustipes*. a) internal teeth; b-c-d) lateral teeth; e) outermost teeth.

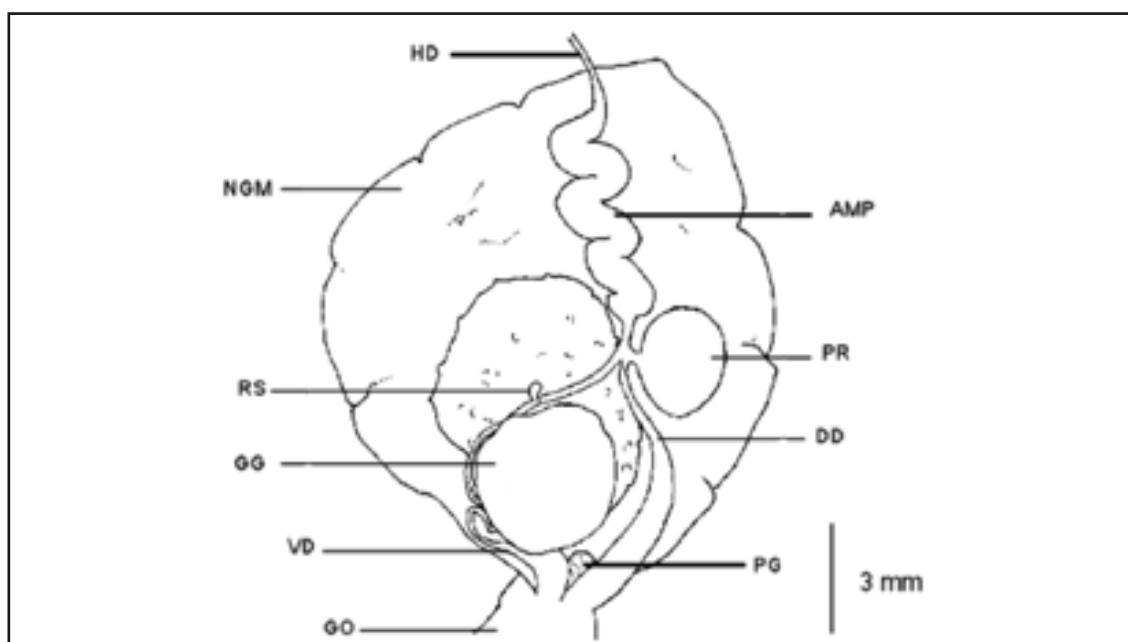


Figure 17.13. *Platydoris angustipes*, reproductive system.

Family Dendrodorididae O'Donoghue, 1924.

Genus *Dendrodoris* Ehrenberg, 1831.

***Dendrodoris senegalensis* (Bouchet, 1975).**

(Figure 17.9f and g).

Material collected

Date: 07/07/1999; station: Porto (Fernando de Noronha Is); depth: intertidal; 1 specimen; length: 21 mm.

Date: 19/06/2000; station: Buraco do Inferno (Rata Is); depth: 14 m; 2 specimens; length: 9, 20 mm.

Habitat: Under stones associated with sponges and ascidians.

External anatomy

The red body is ovate-elongated. Two specimens had red dorsum (Figure 17.9f), but the other one had red-brown the central part and white areas scattered by the mantle (Figure 17.9g). The rhinophores are dark red with white apices. There are five tripinnated gills translucent white in colour. Ventrally, the mantle and foot are white coloured with red-brown spots.

Internal anatomy

The reproductive system has an elongated ampulla. The deferens duct has a prostatic proximal region and a narrow and coiled distal region. There are numerous spines with elongated bases on the penis. The gametolytic gland and the seminal receptacle are spherical but the last is smaller.

Remarks

According to García & Troncoso (2003), the other species of *Dendrodoris* present in Brazil is *D. krebsii* (Mörch, 1863). These species have different the coloration. Internally, our specimens coincide with the descriptions of *D. senegalensis* by Bouchet (1975) and Valdés et al. (1996). In the mentioned work is present a larger description and comparison with *D. krebsii*.

Distribution

Brazilian distribution: Fernando de Noronha (García et al., 2002; García & Troncoso, 2003).

Other geographical areas: Only known from Cabo Verde Is. and Senegal.

Superfamily Aeolidioidea d'Orbigny, 1934.

Family Facelinidae Bergh, 1889.

Genus *Phidiana* Gray, 1850.

***Phidiana riosi* García & Troncoso, 2003.**

(Figure 17.9h).

Material collected

Date: 17/06/2000; station: Ressurreta (Rata Is.); depth: 14 m; 3 specimens; length: 11 to 17 mm.

Date: 18/06/2000; station: Ressurreta (Rata Is.); depth: 12 m; 2 specimens; length: 16-18 mm.

Habitat: On and under stones associated with hydrozoans.

External anatomy

The body is elongated, and the ground colour is reddish with numerous white spots (Figure 17.9h). The oral tentacles are long and cylindrical. The rhinophores are orange with a white tip, and have larger and shorter annulations alternate. The cerata are cylindrical and the cnidosac is pointed. The surface of cnidosac is orange, and there is a white subapical area and translucent basal third. The precardiac cerata are arranged in five oblique rows and the postcardiac ceratal clusters are arranged in seven oblique rows. The genital papilla is situated on the right side of the body, below the fourth precardiac ceratal row. The reddish foot is narrow and the propodial tentacles are absent.

Internal anatomy

The masticatory border of the jaws has a single row with rounded denticles. The radular formula in a specimen of 17 mm in length is 13 X 0.1.0. The teeth have a median cusp and 7-8 hooked denticles on either side. The reproductive system has a convoluted ampulla, which divides into an oviduct and a short deferent duct. The oviduct connects separately with an ovoid seminal receptacle. The penis is armed with a pointed apical black spine.

Remarks

Only one species of *Phidiana* has been described from Brazilian coasts, *P. lynceus* Bergh, 1867, which differs clearly from these specimens in the colour pattern. Furthermore, in the reproductive system of *P. riosi* the seminal receptacle is serial with two independent ducts, while here is only one duct in *P. lynceus*.

In warm western Atlantic waters, fourteen facelinid species have been described. Among them, only *Facelina coenda* Marcus, 1958 has the cerata in rows. However this species differs from *P. riosi* in the coloration and in the spines of the penis (Marcus, 1958).

Distribution

Brazilian distribution: Fernando de Noronha (García et al., 2002 como *Phidiana* sp.; García & Troncoso, 2003).

Conclusion

In the present chapter twelve species of opisthobranchs have been cited: 1 Cephalaspidea, 1 Anaspidea, 3 Ascoglossa, 2 Notaspidea, 4 Doridacea and 1 Aeolidacea, being *Micromelo undata* the only one previously recorded in this Archipelago. The occurrence of *Elysia ornata*, and *E. flava* are the first records for Brazil, and *Berthella stellata* (Risso, 1826), *Pleurobranchus areolatus* Mörch, 1863 and *Chromodoris clenchi* (Russell, 1935) for Fernando de Noronha island.

The Archipelago de Fernando de Noronha does not appear to be as rich in species of opisthobranchs as is expected in tropical areas. A big effort is necessary to find species, they are mainly herbivorous and the species are associated to seaweeds (*Micromelo undata*, *Stylocheilus striatus*, *Elysia ornata*, *E. flava*, *Caliphylla mediterranea*).

Acknowledgement

We are very grateful to Dr. Ricardo S. Absalão, Dr. Paulo Márcio Costa, Dr. Renata Gomes, Dr. Paulino José S. de Souza Jr. and Bianca Della Libera for assistance in nudibranch collecting. This research has been included in the project “Moluscos do Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha” with an official permission to collect specimens in the National Park Fernando de Noronha by IBAMA, licence 070/99. This work has been partially supported by the projects PHB2002-0045-PC and CGL2004-20366-E/BOS, of the Ministerio de Educación y Ciencia (MEC, Spain) and by a project supported by Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) during the years 1998 to 2000.

References

- Bertsch, H. & Smith, A.A. 1973. **Observations on three opisthobranchs (Mollusca: Gastropoda) of the La Paz area, Baja California, Mexico**. Southwestern Naturalist 18(2): 165-176.
- Bouchet, P.H. 1975. **Nudibranches nouveaux des côtes du Senegal**. Vie Milieu 25(1A): 119-132.
- Cervera, J.L.; Templado, J.; García-Gómez, J.C.; Ballesteros, M.; Ortea, J.A.; García, F.J.; Ros, J. & Luque, A.A. 1988. **Catálogo actualizado y comentado de los Opisthobranchios (Mollusca, Gastropoda) de la Península Ibérica, Baleares y Canarias, con algunas referencias a Ceuta y la isla de Alborán**. Iberus Suppl. 1: 1-84.
- Clark, K.B. 1984. **New records and synonymies of Bermuda Opisthobranchs (Gastropoda)**. The Nautilus 98 (2): 85-97.
- Domínguez, M.; García, F.J. & Troncoso, J.S. 2006a. **The presence of the Indo-Pacific genus *Hoplodoris* Bergh, 1880, (Opisthobranchia: Nudibranchia) in the Atlantic Ocean, with description of a new species**. The Nautilus 120 (4): 150-155.
- Domínguez, M.; García, F.J. & Troncoso, J.S. 2006b. **Some aspects about the family Chromodorididae (Opisthobranchia, Nudibranchia) from Brazil, with description of a new species**. Scientia Marina 70(4): 621-634..
- Edmunds, M. 1968. **Opisthobranchiate molluscan from Ghana**. Proceedings of the Malacological Society of London 38: 83-100.
- Farmer, W. 1967. **Notes on the opisthobranchia of Baja California, Mexico, with range extensions.-II**. The Veliger 9 (3): 340-342.
- García, F.J. & Troncoso, J.S. 2003. **Two unknown species of Mollusca Gastropoda from the Archipelago Fernando de Noronha (Brazil), with description of a new species belonging to the genus *Phidiana* Gray, 1850 and a new record of *Dendrodoris senegalensis* Bouchet, 1975**. Scientia Marina 67 (2): 159-166.
- García, F.J. & Troncoso, J.S. 2004. **A new species of the genus *Anetarca* Gosliner, 1991 (Gastropoda: Opisthobranchia: Facelinidae) from the western Atlantic Ocean**. The Nautilus 118 (4): 139-143.
- García, F.J.; Troncoso, J.S. & Domínguez, M. 2002. **New data on the benthic Opisthobranch Molluscs from the Archipelago of Fernando de Noronha (Brazil), with description of a new species of *Aegires* Lovén, 1844**. Iberus 20 (2): 45-56.
- Gascoigne, T. 1979. **A redescription of *Caliphylla mediterranea* Costa, 1867 (Opisthobranchia: Ascoglossa)**. Journal of Molluscan Studies 45: 300-311.
- Gosliner, T. 1987. **Nudibranchs of Southern Africa. A guide to Opisthobranch Molluscs of Southern Africa**. Sea Challengers, Monterey, California, 136 pp.
- Gosliner, T.M. & Bertsch, H. 1988. **A review of the genus *Berthella* (Opisthobranchia: Notaspidea) from the Pacific Coast of North America**. The Veliger 31(1-2): 46-67.
- Jensen, K.R. 1992. **Anatomy of some Indo-Pacific Elysiidae (Opisthobranchia: Sacoglossa (= Ascoglossa)), with a discussion of the generic division and phylogeny**. Journal of Molluscan Studies 58: 257-296.
- Jensen, K.R. & Clark, K.B. 1983. **Annotated checklist of Florida ascoglossan Opisthobranchia**. The Nautilus 97: 1-13.
- Lopes, H.S. & Alvarenga, M. 1957. **Contribuição ao conhecimento dos moluscos da Ilha Fernando de Noronha - Brasil**. Boletim do Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, vol. VI, fasc. 1 e 2: 157-190.
- Malaquias, M.A. 2001. **Updated and annotated checklist of the opisthobranch molluscs (excluding Thecosomata and Gymnosomata) from the Azores Archipelago (North Atlantic Ocean, Portugal)**. Iberus 19 (1): 37-48.
- Malaquias, M.A.; Cervera, J.L.; Abreu, A.D. & López-González, P.J. 2001. **The Opisthobranch Molluscs from Porto Santo Island (Madeira Archipelago, Northeast Atlantic)**. Iberus 19 (1): 75-82.
- Marcus, Er. 1955. **Opisthobranchia from Brazil**. Boletins da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, Zoologia 20: 89-262.
- Marcus, Er. 1957. **On opisthobranchia from Brazil (2)**. Journal of the Linnean Society, London 43 (292): 390-486.

- Marcus, Er. 1958. **On western Atlantic opisthobranchiate gastropods**. American Museum Novitates 1906: 1-82.
- Marcus, Ev. 1977. **An annotated check list of the Western Atlantic warm water opisthobranchs**. Journal of Molluscan Studies Suppl 4: 1-22.
- Marcus, Ev. 1980. **Review of Western Atlantic Elysiidae (Opisthobranchia Ascoglossa) with a description of a new Elysia species**. Bulletin of Marine Science 30 (1): 54-79.
- Marcus, Ev. & Hughes, H.P.I. 1974. **Opisthobranch mollusks from Barbados**. Bulletin of Marine Science 24: 498-532.
- Marcus, Ev. & Marcus, E. 1967. **American Opisthobranch Mollusks**. Studies in Tropical Oceanography. Miami 6, 256 pp.
- Marcus, E. & Marcus, Ev. 1970. **Opisthobranchs from Curaçao and faunistically related regions**. Studies on the Fauna of Curaçao and others Caribbean Islands 33: 1-129.
- Marshall, J.G. & Willan, R.C. 1999. **Nudibranchs of Heron Island, Great Barrier Reef. A survey of the Opisthobranchia (Sea Slugs) of Heron and Wistari Reefs**. Backhuys Publishers Leiden, 257 pp.
- Matthews, H.R. & Kempf, M. 1970. **Moluscos marinhos do Norte e Nordeste do Brasil. II – Moluscos do Arquipélago de Fernando de Noronha (com algumas referências ao Atol das Rocas)**. Arquivos de Ciências do Mar 10 (1): 1-53.
- Mikkelsen, P.M. 1995. **Cephalaspid opisthobranchs of the Azores**. Açoreana, Supplement: 193-215.
- Ortea, J.A. 1981. **Moluscos Opistobranquios de las Islas Canarias**. Boletín del Instituto Español de Oceanografía 6 (4): 180-199.
- Ortea, J. 1982. **Moluscos Opistobranquios de las Islas Canarias. Primera parte: Ascoglossos**. Bol. Inst. Espa. Oceano. 6 (327): 180-199.
- Ortea, J.; Valdés, A. & Espinosa, J. 1994. **North Atlantic nudibranchs of the Chromodoris clenchi colour group (Opisthobranchia: Chromodorididae)**. Journal of Molluscan Studies 60: 237-248.
- Ortea, J.A.; Moro, L.; Bacallado, J.J. & Herrera, R. 2000. **Catálogo actualizado de los Moluscos Opistobranquios de las Islas Canarias**. Revista de la Academia Canaria de Ciencias XII (3-4): 105-134.
- Pruvot-Fol, A. 1954. **Mollusques Opisthobranches**. In: Faune de France, Paul Lechevalier, Paris 58: 1-460.
- Quoy, J.R.C. & Gaimard, J.P. 1832. **Voyage de découvertes de l'Astrolabe pendant les années 1826-29 sous le commandement de M. J. Dumont d'Urville**. Zoologie 2 (Mollusque). Paris: 686.
- Rios, E.C. 1994. **Seashells of Brazil. 2nd Edition**. Editora da FURG, Rio Grande, RS, Brazil. 368 pp, 113 pl.
- Rios, E.C. & Barcellos, L.P. 1979. **Nuevas ocurrencias de moluscos marinos para el Archipiélago de Fernando de Noronha, Brasil**. Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay V (37): 163-166.
- Rudman, W.B. 1999. **The true identity of Stylocheilus longicauda**. (Message in Sea Slug Forum). Australian Museum, Sydney.
- Russell, H.D. 1935. **Some nudibranch of Bermuda with a description of a new species**. Nautilus 49: 59-61.
- Schmekel, L. & Portmann, A. 1982. **Opisthobranchia des Mittelmeeres**, Springer Verlag, Berlin. 410 pp.
- Thompson, T.E. 1977. **Jamaican Opisthobranch Molluscs I**. Journal of Molluscan Studies 43: 93-140.
- Thompson, T.E. 1983. **The Bermudan and Caribbean Sacoglossan Mollusk Elysia flava Verrill now recorded from the Greek Aegean Sea**. The Veliger 26 (2): 136-138.
- Thompson, T.E. & Jaklin, A. 1988. **Eastern Mediterranean Opisthobranchia: Elysiidae (Sacoglossa = Ascoglossa)**. Journal of Molluscan Studies 54: 59-69.
- Valdés, A.; Ortea, J.; Ávila, C. & Ballesteros, M. 1996. **Review of the genus Dendrodoris Ehrenberg, 1831 (Gastropoda: Nudibranchia) in the Atlantic Ocean**. Journal of Molluscan Studies 62: 1-31.



Capítulo 18

Cefalópodes do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil

Tatiana Silva Leite

Lorena Candice de Araújo Andrade

Roberta Aguiar dos Santos

Manuel Haimovici

Jorge Eduardo Lins Oliveira

Resumo

Os cefalópodes pelágicos encontrados em torno do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, localizado na cadeia Meso-Atlântica distante cerca de 1.100 km da costa do Brasil, foram identificados a partir de conteúdos estomacais de peixes pelágicos capturados por barcos pesqueiros comerciais em torno destas ilhas. Bicos ou partes digeridas de 267 cefalópodes foram encontrados em 103 estômagos de sete espécies de predadores: *Thunnus albacares*, *Thunnus alalunga*, *Xiphias gladius*, *Acanthocybium solandri*, *Sphyrna lewini*, *Prionace glauca* e *Carcharhinus falciformis*. Trinta e três taxa correspondentes a 13 famílias de lulas da subordem Oegopsina e quatro de polvos pelágicos da subordem Incirrina foram identificados: 19 espécies, dez gêneros e quatro famílias. A família Ommastrephidae foi a mais freqüentemente encontrada, seguida por Histoteuthidae, Enoplotheuthidae e Bolitaenidae. As espécies mais freqüentes foram *Ornitotheuthis antillarum*, *Histioteuthis corona corona*, *Sthenoteuthis pteropus*, *Chroteuthis* sp., *Japetella diaphana*, *Onychoteuthis banksi*, *Illex coindetti* e *Abraliopsis* sp. Os resultados mostraram uma grande diversidade de cefalópodes pelágicos em torno das ilhas, quando comparados com cefalópodes costeiros encontrados em torno da costa nordeste brasileira.

Abstract

Cephalopods of the Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brazil

The pelagic cephalopods around the Arquipélago de São Pedro e São Paulo (St. Peter and St. Paul Rocks), located on the Mid Atlantic Ridge at 1,100 km from mainland Brazil were identified from stomach contents of large pelagic fishes caught from commercial fishing boats around these islands. Beaks or digested parts of 267 cephalopods were found in 103 stomachs contents of seven species: *Thunnus albacares*, *Thunnus alalunga*, *Xiphias gladius*, *Acanthocybium solandri*, *Sphyrna lewini*, *Prionace glauca* and *Carcharhinus falciformis*. Thirty three taxa pertaining to 13 families of oegopsid squids and 4 of incirrate octopods were identified: 19 to species, 10 to genera and 4 to family. The family Ommastrephidae was the most frequent followed by Histoteuthidae, Enoplotheuthidae and Bolitaenidae. The most frequent species were *Ornitotheuthis antillarum*, *Histioteuthis corona corona*, *Stenoteuthis pteropus*, *Chroteuthis* sp., *Japetella diaphana*, *Onychoteuthis banksi*, *Illex coindetti* and *Abraliopsis* sp. The results showed a large diversity of pelagic cephalopods around the islands, when compared with coastal cephalopods found around Northeastern Brazilian coast.

Introdução

A fauna de cefalópodes do Atlântico sul ocidental, especialmente nas regiões oceânicas tropicais, é ainda pouco conhecida (VOIGHT, 1998; NORMAN, 2003). Uma das razões é a baixa produtividade primária, o que determina, de modo geral, pouca atividade pesqueira, quando comparada com as áreas subtropicais e temperadas de alta produtividade (JENNINGS *et al.*, 2007). Entretanto, ambientes associados a montanhas submarinas e ilhas oceânicas, como o Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Arquipélago de Fernando de Noronha e a Cadeia Norte Brasileira apresentam alguns ambientes com maior produtividade e condições apropriadas para o desenvolvimento de peixes e invertebrados (TRAVASSOS *et al.*, 1999), onde os cefalópodes podem ser mais abundantes.

Em anos recentes, a implementação de vários programas de pesquisa permitiu estudar a biodiversidade de cefalópodes das regiões oceânicas do Nordeste brasileiro, iniciando com o convênio Brasil-Alemanha (Jops II), por meio do qual foi investigada a composição faunística de paralarvas de cefalópodes capturadas com redes bongo sobre os bancos e em torno das ilhas oceânicas do Nordeste (HAIMOVICI *et al.*, 2002). O programa Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva do Brasil (REVIZEE), em convênio com a Bahia-Pesca S.A. do Estado da Bahia, realizou levantamentos com redes de arrasto de fundo e meia-água no talude continental desde o Rio de Janeiro a Bahia, nos quais foram capturadas 49 diferentes *taxa* de cefalópodes, sendo 47 em nível de espécie e dois de gênero, dos quais 32 foram novos registros para o Brasil (HAIMOVICI *et al.*, 2007). A presença de cefalópodes oceânicos do Nordeste foi estudada a partir de conteúdos estomacais de peixes capturados por pescarias comerciais (VASKE *et al.*, 2003; VASKE *et al.*, 2004; VASKE, 2005). Finalmente, coletas e observações *in situ* realizadas utilizando o mergulho contribuíram ao conhecimento da fauna de polvos bentônicos de águas rasas da costa e ilhas oceânicas do Nordeste (LEITE & HAIMOVICI, 2006; LEITE, 2007).

O uso de dados da dieta dos predadores potenciais de cefalópodes tem se mostrado uma metodologia eficaz na obtenção de informações sobre diversidade, ecologia e distribuição destes animais nestas regiões (CLARKE, 1987; BELLO, 1996). Os cefalópodes, com poucas estruturas rígidas, são rapidamente digeridos, restando apenas os bicos (mandíbulas), que por sua natureza quitinosa não são atacados e permanecem no estômago até serem regurgitados periodicamente (CLARKE, 1986). Os bicos, em muitos casos, podem ser utilizados na identificação de famílias, gêneros e até mesmo espécies de cefalópodes a partir de comparações entre formas, medidas e proporções de diversas partes que compõem a mandíbula superior e a mandíbula inferior. No Brasil, foram desenvolvidos trabalhos sobre a análise de conteúdo estomacal de diversos animais marinhos nos quais a importância dos cefalópodes como presas foi avaliada. A maioria destes trabalhos se refere à região Sul, onde existem importantes pescarias de grandes peixes pelágicos, além de um elevado número de encalhes de mamíferos marinhos (VASKE & RINCÓN, 1998; VASKE & CASTELLO, 1998; SANTOS, 1999; SANTOS & HAIMOVICI, 2001; SANTOS & HAIMOVICI, 2002).

Mais recentemente, também foram desenvolvidos alguns estudos no Nordeste sobre a presença de cefalópodes na alimentação de peixes pelágicos (VASKE *et al.*, 2005) e mamíferos marinhos (GURJÃO *et al.*, 2003, 2004). Nesta região, atuns e grandes tubarões pelágicos são capturados com regularidade pela frota espinheira arrendada e nacional, sendo esta última responsável pelas pescarias existentes nas adjacências dos arquipélagos de Fernando de Noronha e de São Pedro e São Paulo por meio de uma pesca específica com linha de mão e espinhel (HAZIN, 1993).

O ASPSP é de particular interesse para o estudo da biodiversidade e biogeografia de diversos animais marinhos em função do seu pequeno tamanho e isolamento e por estar na rota de diversas espécies migratórias de interesse econômico, como os atuns e afins. O arquipélago é influenciado tanto pela Contracorrente Equatorial, que facilita a dispersão para o leste, quanto pela Corrente Sul Equatorial, cujo fluxo está na direção oposta (LUPKIM & GARZOLI, 2005). O presente estudo teve como objetivo caracterizar a biodiversidade de cefalópodes que habitam as áreas adjacentes ao ASPSP, por meio da análise dos conteúdos estomacais dos peixes capturados na pesca de linha de mão e espinhel realizada na região.

Área de estudo

O ASPSP (00°56'N–29°20'W) dista 510 milhas náuticas (aproximadamente 1.010 km) do litoral do Rio Grande do Norte (**Figura 18.1**), constituindo-se em um afloramento rochoso em forma de cunha do manto suboceânico, que se eleva de profundidades abissais em torno dos 4.000 metros até cerca de 18 metros acima da superfície, no seu ponto mais alto. Localiza-se na região equatorial do oceano Atlântico, onde predomina superficialmente a Corrente Sul Equatorial (CSE), estendendo-se até uma profundidade de 50 metros (TCHERNIA, 1980; SCHELTEMA, 1986). A partir desta profundidade até aproximadamente 200 metros de profundidade, flui a Contracorrente Equatorial no sentido oposto à CSE (TCHERNIA, 1980).



Figura 18.1. Localização da área de estudo: Arquipélago de São Pedro e São Paulo (retirado de GÓES & LINS-OLIVEIRA, no prelo).

A pesca realizada no ASPSP é realizada durante todo o ano por embarcações provenientes dos portos de Natal (RN), Recife (PE) e Cabedelo (PB). Estas utilizam espinhel de superfície para a captura de grandes pelágicos, como a albacora-laje *Thunnus albacares*, albacora-bandolim *Thunnus obesus*, albacora-branca *Thunnus alalunga*, espadarte ou meka *Xiphias gladius*, marlin-azul *Makaira nigricans* e algumas espécies de tubarões. A pesca de currico para a captura de cavalas *Acanthocybium solandri* e de linha-de-mão utilizando o peixe-voador *Cypselurus cyanopterus* como isca, para a captura de albacoras, também são bastante praticadas na região.

O ASPSP também se caracteriza como uma importante área de alimentação de grandes pelágicos como os atuns *Tunnus albacares*, que durante seu ciclo migratório, que vai de novembro a abril, se concentram nas imediações do arquipélago. Os principais itens alimentares desta espécie são o peixe-voador, que durante o período de novembro a março se reproduzem na região, e os cefalópodes (lulas), abundantes durante todo o ano (VASKE *et al.*, 2003). Devido à abundância de peixes na região, a pesca de espinhel para a captura de atuns e afins, e de linha

para a captura de cavalas, coloca o arquipélago como uma das principais áreas de pesca do Nordeste do Brasil (TRAVASSOS, 2002).

Material & métodos

As amostras foram coletadas entre os anos de 2001 a 2003, em um total de 15 expedições científicas ao ASPSP. Em cada expedição, a pesca de espinhel, corso ou linha realizada pelos barcos pesqueiros comerciais nas proximidades do arquipélago foram acompanhadas, visando à coleta dos conteúdos estomacais dos peixes capturados.

Em laboratório, o material coletado foi separado em exemplares ou restos digeridos e somente bicos. Os cefalópodes nos conteúdos estomacais foram classificados segundo seu grau de digestão em: 1) pouco digerido, com as estruturas inteiras preservadas; 2) semidigerido, mas com restos de tecido, indicando ingestão recente; e 3) somente bico, podendo ter sido ingerido em locais afastados do ponto de captura. A estimativa do número de cefalópodes presentes nos conteúdos estomacais foi realizada a partir da contagem do número de bicos superiores ou inferiores, considerando aqueles que se apresentaram em maior número. Nas identificações dos cefalópodes pouco digeridos, foram utilizadas as descrições e chaves de identificação em ROPER *et al.* (1984), NESIS (1987), HAIMOVICI *et al.* (1994) e VOSS *et al.* (1998). Os bicos foram identificados com base em coleções de referência do Laboratório do Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Sudeste e Sul/ICMBio, do Laboratório de Biologia Pesqueira e Cefalópodes do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte e do Laboratório de Recursos Demersais e Cefalópodes do Departamento de Oceanografia da Fundação Universidade Federal do Rio Grande. Também foram utilizadas as descrições de bicos de CLARKE (1986), SANTOS (1999) e LU & ICKERINGILL (2002). As descrições dos bicos constantes nas pranchas de 1 a 6 foram baseadas nos trabalhos de LU & ICKERINGILL (2002) e VASKE (2006). A nomenclatura das partes dos bicos é apresentada na **Figura 18.2**. Estas estruturas foram identificadas e descritas de acordo com o tamanho relativo, forma e pigmentação. A nomenclatura dos cefalópodes segue SWEENEY & ROPER (1998).

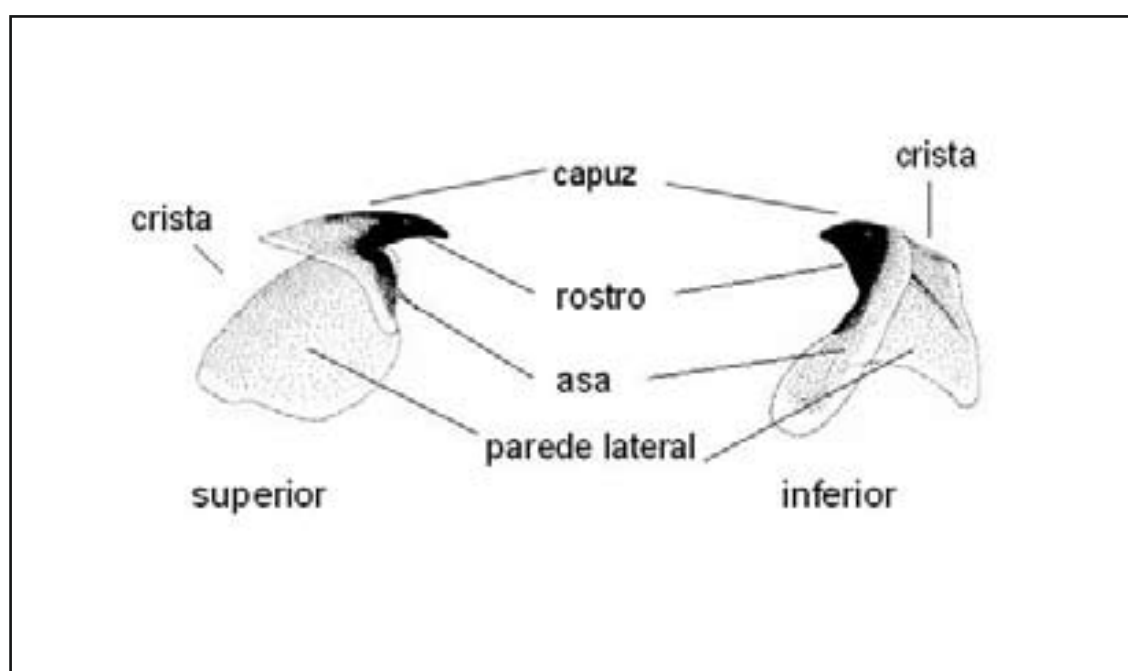


Figura 18.2. Partes das mandíbulas (bicos) inferior e superior de cefalópodes.

Resultados e discussão

Foram coletados 371 bicos de cefalópodes, além de 23 animais semidigeridos ou digeridos, provenientes de 103 estômagos de sete espécies de peixes pelágicos. A partir desse material, foi determinado um total de 267 indivíduos, sendo que 57 foram identificados pelo bico superior, 104 pelo bico inferior e 106 pelos pares de bicos (superior e inferior, conjuntamente). Os restos corpóreos semidigeridos ou digeridos, quando presentes, também auxiliaram na identificação de algumas espécies.

Dentre os indivíduos identificados, 99 foram encontrados em 40 estômagos de *T. albacares*, 62 em 34 estômagos da cavala-empinge *Acanthocybium solandri*, 45 em 11 estômagos do tubarão-martelo *Sphyrna lewini*, dez em sete estômagos do tubarão-azul *Prionace glauca*, 31 em sete estômagos de *T. obesus*, 12 em dois estômagos do tubarão-lombo-preto *Carcharhinus falciformis* e nove em dois estômagos de *X. gladius* (Figura 18.3).

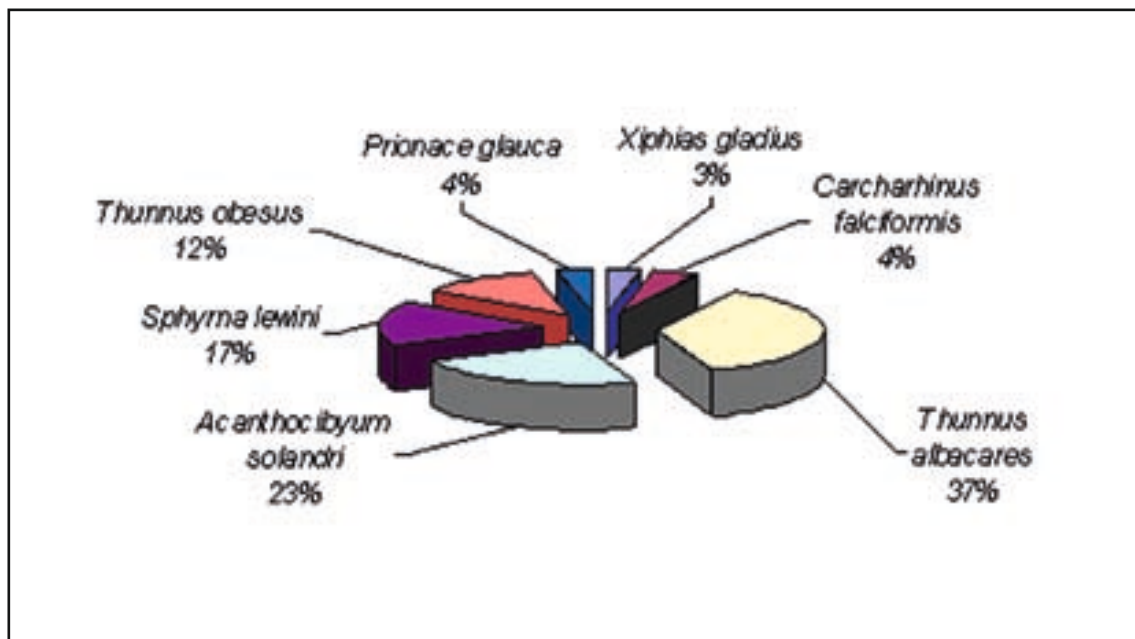


Figura 18.3. Percentagem de ocorrência dos exemplares de cefalópodes (n=267) identificados nos conteúdos estomacais das espécies de peixes pelágicos capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

No total, foram identificados 33 taxa de cefalópodes: 19 indivíduos no nível de espécies, dez no nível de gênero e quatro no nível de família, distribuídos em um total de 17 famílias, duas ordens e duas subordens (Tabela 18.1 e Anexo 18.1). Dos indivíduos coletados, 53 (19,9%) foram identificados apenas no nível de subordem ou ordem, não sendo incluídos dentro da classificação anteriormente citada. Das 17 famílias identificadas, Ommastrephidae representou 53,3% do total (n = 114), seguida por Histioteuthidae (8,4%, n = 18), Enoploteuthidae (7,0%, n = 15), Bolitaenidae (6,5%, n = 14) e Chiroteuthidae (5,1%, n = 11). Em relação às espécies de maior ocorrência, *Ornithoteuthis antillarum* foi a mais representativa, com 43% do total identificado (n = 92), seguida por *Histioteuthis corona corona* (6,5%, n = 14), *Sthenoteuthis pteropus* e *Chiroteuthis* sp., estando as duas últimas representadas em 5,1% do total de bicos (n = 11) (Tabela 18.1).

Tabela 18.1. Cefalópodes identificados nos conteúdos estomacais de peixes pelágicos capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

Subordem/Família	Identificação (espécie ou gênero)	N	%
Subordem Oegopsina	Não identificado	53	19,9
Ancistrocheiridae Pfeffer, 1912		3	1,1
	<i>Ancistrocheirus lesueurii</i> (Orbigny, 1848)	3	1,1
Chiroteuthidae Gray, 1849		11	4,1
	<i>Chiroteuthis</i> sp. Orbigny, 1841	11	4,1
Cranchiidae Prosh, 1849		5	1,9
	<i>Liocranchia reinhardti</i> (Steenstrup, 1856)	1	0,4
	<i>Taonius</i> sp. Steenstrup, 1861	2	0,7
	<i>Megalocranchia</i> sp. Pfeffer, 1884	2	0,7
Cycloteuthidae Naef, 1923		1	0,4
	<i>Discoteuthis</i> cf sp. Young & Roper, 1969	1	0,4
Enoploteuthidae Pfeffer, 1912		15	5,6
	<i>Abraliopsis</i> sp. Joubin, 1896	6	2,2
	<i>Abralia redfieldi</i> (Voss, 1955)	2	0,7
	<i>Abralia veranyi</i> (Rüppell, 1844)	2	0,7
	<i>Enoploteuthis</i> sp. Orbigny, 1839	5	1,9
Gonatidae Hoyle, 1886		1	0,4
	<i>Gonatus</i> sp. Gray, 1849	1	0,4
Histoteuthidae Verrill, 1881		18	6,7
	<i>Histoteuthis corona corona</i> (Voss & Voss, 1962)	14	5,2
	<i>Histoteuthis</i> sp. Orbigny, 1841	4	1,5
Mastigoteuthidae Verrill, 1881		1	0,4
	<i>Mastigoteuthis magna</i> (Joubin, 1933)	1	0,4
Octopoteuthidae Berry, 1912		4	1,5
	<i>Octopoteuthis</i> sp. Rüppell, 1844	2	0,7
	<i>Taningia danae</i> Joubin, 1931	2	0,7
Ommastrephidae Steenstrup, 1857		114	42,7
	<i>Illex coindetii</i> (Verany, 1837)	6	2,2
	<i>Ommastrephes bartramii</i> (Lesueur, 1821)	1	0,4
	<i>Ornithoteuthis antillarum</i> Adam, 1957	92	34,5
	<i>Sthenoteuthis pteropus</i> (Steenstrup, 1855)	11	4,1
	Não identificado	4	1,5
Onychoteuthidae Gray, 1849		10	3,7
	<i>Onykia cariboea</i> (Lesueur, 1821)	1	0,4
	<i>Onychoteuthis banksii</i> (Leach, 1817)	7	2,6
	Não identificado	2	0,7
Pholidoteuthidae Adam, 1950		5	1,9
	<i>Pholidoteuthis adami</i> (Voss, 1956)	4	1,5
	<i>Pholidoteuthis boschmai</i> Adam, 1950	1	0,4
Thysanoteuthidae Keferstein, 1866		1	0,4
	<i>Thysanoteuthis rhombus</i> Troschel, 1857	1	0,4
Subordem Incirrina			
Argonautidae Tryon, 1879		9	3,4
	<i>Argonauta</i> sp. Linnaeus, 1758	9	3,4
Bolitaenidae Chun, 1911		14	5,2
	<i>Eledonela pygmaea</i> Verrill, 1884	2	0,7
	<i>Japetella diaphana</i> Hoyle, 1885	7	2,6
	Não identificado	5	1,9
Octopodidae Orbigny, 1840:3		1	0,4
	Não identificado	1	0,4
Tremoctopodidae Tryon, 1879		1	0,4
	<i>Tremoctopus violaceus violaceus</i> Chiaje, 1830	1	0,4

Legenda: N=quantidade de indivíduos encontrados por táxon; %=percentagem em relação ao número total dos indivíduos identificados.

Pelo menos 21 espécies de cefalópodes foram identificadas em conteúdos estomacais de *T. albacares*. As mais freqüentes foram: *O. antillarum* (37,4%, n = 37), *Japetella diaphana* (7,1%, n = 7), *Abralia redfieldi* e *Argonauta* sp. (6,1%, n = 6, para ambas as espécies). Já nos estômagos de *T. obesus* ocorreram apenas sete espécies de cefalópodes, sendo as mais freqüentes *O. antillarum* (22,6%, n = 7), os espécimes identificados como Bolitaenidae (20%, n = 4) e *Illex coindetii* (9,7%, n = 3) (**Tabela 18.2**).

No conteúdo estomacal de *A. solandri*, foram identificadas pelo menos oito espécies de cefalópodes, sendo as mais freqüentes *O. antillarum* (67,7%, n = 42), *Sthenoteuthis pteropus* (9,7%, n = 6) e *Ancistrocheirus lesueurii* (3,2%, n = 3). Apenas cinco espécies de cefalópodes foram identificadas nos dois estômagos de *X. gladius* coletados, sendo *Chiroteuthis* sp. a espécie mais freqüente (37,5%, n = 3) (**Tabela 18.2**).

Em relação aos tubarões, foram identificados pelo menos dez espécies de cefalópodes nos conteúdos estomacais de *S. lewini*, sendo as mais freqüentes *H. c. corona* (14%, n = 7), *Chiroteuthis* sp. (13,3%, n = 6) e *O. antillarum* (8,8%, n = 4). Foram identificadas sete espécies de cefalópodes para *C. falciformis*, tendo sido encontrado apenas um exemplar de cada espécie. Nos estômagos de *P. glauca*, foram identificadas cinco espécies, sendo as mais freqüentes *H. c. corona* (33,3%, n = 3), *Argonauta* sp. e *Taningia danae* (22,2%, n = 2, para ambos) (**Tabela 18.2**).

Tabela 18.2. Percentagem de ocorrência dos taxa de cefalópodes identificados nos conteúdos estomacais das sete espécies de peixes pelágicos capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (entre parêntesis, os números de conteúdos analisados).

Cefalópodes identificados	Predadores						
	<i>A. solandri</i> (34)	<i>C. falciformis</i> (2)	<i>P. glauca</i> (7)	<i>S. lewini</i> (11)	<i>T. albacares</i> (40)	<i>T. obesus</i> (7)	<i>X. gladius</i> (2)
<i>Abralia redfieldi</i>					6,1		
<i>Abralia veranyi</i>					1,0	3,2	
<i>Abraliopsis</i> sp.					2,0		
<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>	1,6		10,0	2,2			
<i>Argonauta</i> sp.	1,6		20,0		6,1		
Bolitaenidae						12,9	11,1
<i>Chiroteuthis</i> sp.				13,3	2,0		33,3
<i>Discoteuthis</i> cf sp.		8,3					
<i>Eledonella pygmea</i>					2,0		
<i>Enoploteuthis</i> sp.	1,6			2,2	2,0	3,2	
<i>Gonatus</i> sp.	1,6						
<i>Histioteuthis corona corona</i>	1,6	8,3	30,0	15,6	2,0		
<i>Histioteuthis</i> sp.		8,3		6,7			
<i>Illex coindetii</i>					2,0	9,7	11,1
<i>Japetella diaphana</i>					7,1		
<i>Liocranchia reinhardtii</i>					1,0		
<i>Mastigoteuthis magna</i>					1,0		
<i>Megalocranchia</i> sp.				2,2	1,0		

Continua...

... continuação

Tabela 18.2. Percentagem de ocorrência dos taxa de cefalópodes identificados nos conteúdos estomacais das sete espécies de peixes pelágicos capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (entre parêntesis, os números de conteúdos analisados).

Cefalópodes identificados	Predadores						
	<i>A. solandri</i> (34)	<i>C. falciformis</i> (2)	<i>P. glauca</i> (7)	<i>S. lewini</i> (11)	<i>T. albacares</i> (40)	<i>T. obesus</i> (7)	<i>X. gladius</i> (2)
Octopodidae					1,0		
<i>Octopoteuthis</i> sp.				4,4			
Oegopsina	9,8	25,0	10,0	37,8	14,1	35,5	11,1
<i>Ommastrephes bartrami</i>					1,0		
Ommastrephidae	1,6	16,7			1,0		
<i>Onychia cariboea</i>		8,3					
Onychoteuthidae				2,2		3,2	
<i>Onychoteuthis banksii</i>					5,1	3,2	11,1
<i>Ornithoteuthis antillarum</i>	68,9	8,3		8,9	37,4	22,6	11,1
<i>Pholidoteuthis adami</i>	1,6	8,3		2,2	1,0		
<i>Pholidoteuthis boschmai</i>						3,2	
<i>Sthenoteuthis pteropus</i>	9,8		10,0		2,0	3,2	11,1
<i>Taningia danae</i>			20,0				
<i>Taonius</i> sp.		8,3		2,2			
<i>Thysanoteuthis rhombus</i>					1,0		
<i>Tremoctopus v. violaceus</i>					1,0		
Total de cefalópodes	61	12	10	45	99	31	9

Abaixo, apresentam-se habitat, distribuição e antecedentes de ocorrência no Brasil dos cefalópodes identificados, com base em Haimovici *et al.* (2009).

Ancistrocheirus lesueuri é uma espécie epi-mesopelágica oceânica e cosmopolita em águas tropicais e temperadas. Adultos, juvenis e paralarvas foram coletados no Sul e no Nordeste do Brasil, tanto em cruzeiros de pesquisa quanto em conteúdos estomacais (NESIS, 1974; SANTOS & HAIMOVICI, 2001, 2002; HAIMOVICI *et al.*, 2002; PERES & HAIMOVICI, 2003).

A família Chiroteuthidae de lulas gelatinosas meso-batipelágicas apresenta várias espécies no Atlântico tropical e subtropical (NESIS, 1987), entre elas *Chiroteuthis capensis* VOSS, 1967 reportada por NESIS, 1987 e SWEENEY *et al.*, 1992, e em águas brasileiras por Haimovici *et al.* (2007) a partir de capturas de arrasto entre 600 e 1.700 metros ao longo da região central. Outra espécie citada é *Chiroteuthis veranyi* (FÉRUSSAC, 1835), cosmopolita em águas tropicais e subtropicais (NESIS, 1987). Bicos e animais semidigeridos foram registrados no Sul por SANTOS & HAIMOVICI (2002) e exemplares inteiros capturados com arrasto entre 600 e 1.700 metros ao longo da região central (HAIMOVICI *et al.* 2007). Os bicos encontrados provavelmente pertencem a alguma destas duas espécies.

A família Cranchiidae de lulas mesopelágicas semigelatinosas e amoniacais (VOSS, 1980; NESIS, 1987; VOSS *et al.*, 1992) foi representada por três taxa: a) *Liocranchia reinhardti* (STEENSTRUP, 1856), já registrada tanto no Nordeste como no Sul (HAIMOVICI *et al.*, 2002; HAIMOVICI *et al.*, 2007; SANTOS & HAIMOVICI, 2007); b) o gênero *Megalocranchia*, cuja espécie não foi possível identificar, mas que pode ser a mesma registrada em conteúdos estomacais de mamíferos marinhos e grandes peixes pelágicos no Sul e no Nordeste (SANTOS & HAIMOVICI, 2001; VASKE, 2005) e nas capturas nos arrastos na região central, e que foi atribuída ao complexo *M. maxima* (HAIMOVICI *et al.*, 2007) e; c) o gênero *Taonius*, anteriormente registrado no Nordeste, também a partir de coleta de bicos (VASKE, 2005).

A família Cycloteuthidae foi registrada a partir de bicos atribuídos ao gênero *Discoteuthis* YOUNG & ROPER, 1969, composto por espécies bentopelágicas do Atlântico tropical e subtropical (NESIS, 1987). *Discoteuthis discus* foi registrada no talude continental da região Sul e Central do Brasil, a partir de juvenis capturados em cruzeiros de pesquisa (SANTOS & HAIMOVICI, 2007; HAIMOVICI *et al.*, 2007).

A família Enoploteuthidae inclui pequenas lulas musculares oceânicas com fotóforos e ventosas transformadas em ganchos. Foram registradas duas espécies: *Abralia veranyi* e *Abralia redfieldi*, ambas freqüentes no talude continental ao longo do litoral sul, central e nordeste (HAIMOVICI & PEREZ, 1991b; SANTOS & HAIMOVICI, 2007; HAIMOVICI *et al.*, 2007). Também ocorreram bicos do gênero *Enoploteuthis*, do qual no Brasil ocorrem duas espécies, *E. anapsis* ROPER, 1964 e *E. leptura* (LEACH, 1817) (HAIMOVICI *et al.*, 2007), registradas também a partir de bicos de predadores no Nordeste (VASKE, 2005). O gênero *Abraliopsis* tem três espécies descritas para o Atlântico, (HAIMOVICI *et al.*, 2009), entretanto os bicos encontrados nos conteúdos estomacais não puderam ser diferenciados.

A família Histoteuthidae é composta de lulas mesopelágicas amoniacais, com o corpo coberto por fotóforos. A espécie identificada foi *Histoteuthis corona corona* (VOSS & VOSS, 1962), que também foi registrada tanto na região Central como no Sul do Brasil, a partir de capturas com redes de arrasto (PEREZ *et al.*, 2004; HAIMOVICI *et al.*, 2007). Bicos deste mesmo gênero, que não puderam ser identificados no nível de espécie, também foram encontrados. De forma geral, esta família é comumente encontrada em conteúdos estomacais de mamíferos marinhos, atuns e tubarões pelágicos em águas do Nordeste e do Sul do Brasil (SANTOS & HAIMOVICI, 2002; GURJÃO *et al.*, 2004; VASKE, 2005, 2006).

A família Mastigoteuthidae esteve representada por bicos atribuídos à espécie *Mastigoteuthis magna* (JUBIN, 1933), espécie mesopelágica tropical e subtropical nos oceanos Atlântico, Índico e mar da Tasmânia (NESIS, 1987). No Brasil, foram registradas em arrastos na região central (HAIMOVICI *et al.*, 2007).

Da família Octopoteuthidae, de lulas gelatinosas e grandes nadadeiras losangulares, foram registradas *Taningia danae*, a partir de restos não digeridos, identificada pelo extremo característico dos braços, que anteriormente tinha sido registrada apenas a partir de bicos (SANTOS & HAIMOVICI, 2002). Também foram identificados bicos do gênero Octopoteuthis, do qual foram capturadas paralarvas no Nordeste (HAIMOVICI *et al.*, 2002) e adultos em conteúdos estomacais no Sul (SANTOS & HAIMOVICI, 2001, 2002).

A família com maior número de bicos e espécies registradas foi Ommastrephidae, da qual ocorreram bicos de quatro espécies: *Illex coindetii*, *Ommastrephes bartramii*, *Ornithoteuthis antillarum* e *Sthenoteuthis pteropus*. Estas espécies foram registradas no Nordeste ou na região Central, seja a partir de paralarvas (HAIMOVICI *et al.*, 2002), bicos (VASKE, 2005) ou exemplares capturados em cruzeiros de pesquisa (HAIMOVICI *et al.*, 2007).

Da família Onychoteuthidae, composta de lulas musculares mesopelágicas, ocorreu *Onychoteuthis banksii*, da qual existem registros no Sul e região Central (HAIMOVICI, 1997; HAIMOVICI *et al.*, 2007) e *Onykia carriboea*, cuja ocorrência em conteúdos estomacais de peixes pelágicos no Nordeste brasileiro já havia sido registrada por VASKE (2006).

A família Pholidoteuthidae, composta por grandes lulas amoniacais demersais, com o manto coberto por pequenas papilas ou escamas, ocorre em águas tropicais e subtropicais do Atlântico entre 500-2.000 metros de profundidade (NESIS, 1987). Duas espécies foram identificadas, *Pholidoteuthis adami* e *P. boschmai*, nos conteúdos estomacais. No Brasil, exemplares da primeira foram capturados em arrastos em profundidades de 600 a 1.700 metros na região central (HAIMOVICI *et al.*, 2007) e como fauna acompanhante da pesca comercial de talude (PEREZ *et al.*, 2004). Bicos de *P. adami* foram encontrados na dieta de predadores pelágicos capturados no Nordeste do Brasil (VASKE, 2005), assim como bicos de *P. boschmai* foram encontrados em predadores pelágicos capturados no Sul (SANTOS & HAIMOVICI, 2002).

Thysanoteuthis rhombus é uma lula epipelágica oceânica de grande porte, com distribuição mundial em águas tropicais e subtropicais. Foi registrada desde paralarvas até adultos, do Sul ao Nordeste brasileiro, tanto em cruzeiros de pesquisa como em conteúdos estomacais (FERREIRA, 1987; HAIMOVICI *et al.*, 1989; HAIMOVICI *et al.*, 2002; SANTOS & HAIMOVICI, 2002).

Polvos pelágicos do gênero *Argonauta*, cuja característica principal é a formação de uma ooteca em forma de concha elaborada pela fêmea, têm registros no Brasil para as espécies *A. argo* e *A. nodosa*. Nos conteúdos analisados, não puderam ser identificados até o nível de espécie pelos bicos.

A família Bolitaenidae é formada por polvos pelágicos de corpo gelatinoso e de distribuição cosmopolita. Das espécies encontradas, *Japetella diaphana* havia sido registrada no Rio Grande do Sul (HAIMOVICI & PEREZ, 1991a) e *Eledonella pygmaea* no talude continental da região Central do Brasil (HAIMOVICI *et al.*, 2007).

A família Octopodidae compõe-se de várias espécies de polvos musculares, principalmente costeiros ou associados a ilhas oceânicas ao redor do mundo. No Brasil, são encontradas várias espécies desta família ao longo de sua costa, inclusive na dieta de vários predadores (SANTOS & HAIMOVICI, 2002), assim como em levantamentos faunísticos realizados anteriormente (PALÁCIO, 1977; HAIMOVICI & PEREZ, 1991b, LEITE & HAIMOVICI, 2006), incluindo espécies encontradas ao longo do talude continental da região Sul e Central do Brasil (HAIMOVICI *et al.*, 2007; HAIMOVICI *et al.*, em preparação). Os bicos encontrados não puderam ser identificados.

Tremoctopus violaceus violaceus é um polvo pelágico de corpo firme, com membranas entre os braços e dois poros e ocorre em ambientes tropicais e subtropicais de ambos os hemisférios do oceano Atlântico (NESIS, 1987). Foi registrado tanto como paralarva quanto como adulto em conteúdos estomacais no Sul e no Nordeste brasileiro (HAIMOVICI *et al.*, 1989; HAIMOVICI *et al.*, 2002; SANTOS & HAIMOVICI, 2007).

Este levantamento evidenciou a riqueza da biodiversidade de cefalópodes em torno do ASPSP e, mais uma vez, a importância de predadores como amostradores desta fauna; em um pequeno número de conteúdos estomacais examinados (103), foram registrados 33 *taxa*, com a identificação de 19 espécies, se comparado com as 86 espécies registradas recentemente para todo o litoral brasileiro por Haimovici *et al.* (em preparação).

Uma explicação para a elevada biodiversidade de cefalópodes em torno do ASPSP – considerado área de baixa diversidade devido ao seu isolamento, à pequena área de águas rasas (menos de 0,5 km² acima dos 50 metros) e à pobreza de habitats (EDWARDS & LUBBOCK, 1983) – pode estar relacionada à ação das diversas correntes e contracorrentes que agem como dispersores, aliado à possibilidade deste acidente geográfico atuar como atrator e agregador de biomassa na vastidão do oceano Atlântico tropical (NESIS, 1993).

Por outro lado, os conteúdos estomacais analisados não geraram novos registros para a região, o que pode ser explicado pela estratégia de vida dos cefalópodes pelágicos oceânicos que, à semelhança dos peixes pelágicos oceânicos, apresentam amplas distribuições espaciais devido à sua estratégia reprodutiva, com desovas pelágicas transportadas facilmente a longas distâncias pelas correntes superficiais. No caso do ASPSP, a corrente subequatorial cujo ramo sul deriva na Corrente do Brasil, facilita a dispersão das espécies desde o Nordeste até o Sul do Brasil.

Referências bibliográficas

- Bello, G. 1996. Teuthofagous predators as collectors of oceanic cephalopods: the case of the Adriatic Sea. *Bolletino Malacologico* 32: 71-78.
- Clarke, M.R. 1986. A hand book for the identification of cephalopod beaks. Claredon Press: Oxford.
- _____. 1987. Cephalopod biomass-estimation from predation. In: Boyle, P.R. (ed). *Cephalopod Life Cycles*, Vol.2. Academic Press., London, 221-238.
- Edwards, A. & Lubbock, R. 1983. Marine Zoogeography of St Paul's Rocks. *Journal of Biogeography* 10: 65-72.
- Ferreira, L.A. 1987. Primeiro registro de ocorrência da lula gigante *Thysanoteuthis rhombus* Troshel 1857, no litoral brasileiro. In: Encontro Brasileiro de Malacologia 10 IB- USP. Resumos. Encontro Brasileiro de Malacologia 10 Ib- Usp. p.40.
- Guerra, A.; Villanueva, R.; Nesis, K.N. & Bedoya, J. 1998. Redescription of the deep-sea cirrate octopod, *Cirroteuthis magna* Hoyle, 1885, & considerations on the genus *Cirroteuthis* (Mollusca: Cephalopoda). *Bulletin of Marine Science* 63: 51-81.
- Guirão, L.M.; Furtado-Neto, M.A.A.; Santos, R.A. & Cascon, P. 2003. Notas sobre a dieta de cachalotes (Cetacea: Physeteroidea) encalhados no Ceará, Nordeste do Brasil. *Arquivos de Ciência Marinha, Fortaleza*, 36: 67-75.
- _____. 2004. Análise de conteúdos estomacais de quatro golfinhos (Cetacea: Delphinidae) encalhados em praias no litoral do Estado do Ceará, Brasil. *Revista de Biociência, Taubaté*, 10: 39-45.
- Haimovici, M. 1985. Class Cephalopoda. In: Rios, E. C. L.: *Seashells of Brazil*. 283-288, plates 100-102. Rio Grande, FURG, 328 p. 102 plates.
- _____. 1988. *Eledone gaucha*, a new species of Eledonid Octopod (Cephalopoda: Octopodidae) from Southern Brazil. *The Nautilus* 102 (2): 82-87.
- _____. 1997. Cephalopods. In: Seeliger, U.; Oderbretch, C. & Castello, J.P. (eds). *In Subtropical Convergence Environments: the Coastal & Sea in the Southwestern Atlantic*. Rio Grande: Springer. p. 146-149.
- Haimovici, M.; Perez, J.A.A. & Costa, P.A.S. 1989. A review of cephalopods occurring in the waters of Rio de Janeiro state, Brazil with first record of four species. *Revista Brasileira de Biologia* 49: 503-510.
- Haimovici, M. & Perez, J.A.A. 1990. Distribución y maduración sexual del calamar argentino, *Illex argentinus* (Castellanos, 1960) (Cephalopoda: Ommastrephidae), en el sur de Brasil. *Scientia Marina* 61: 53-64.
- _____. 1991a. Abundância e distribuição de cefalópodes em cruzeiros de prospecção pesqueira demersal na plataforma externa e talude continental do sul do Brasil. *Atlantica* 13: 189-200.
- _____. 1991b. The coastal cephalopod fauna of Southern Brazil. *Bulletin of Marine Science* 49: 221-230.
- Haimovici, M.; Perez, J.A.A. & Santos, R.A. 1994. Class Cephalopoda Cuvier, 1798. In: E.C. Rios (Ed.) *Seashells of Brazil*. Rio Grande: Editora FURG. p. 311-320.
- Haimovici, M.; Piatkowski, U. & Santos, R.A. 2002. Cephalopod paralarvae around tropical seamounts & oceanic islands off the North-eastern coast of Brazil. *Bulletin of Marine Science* 71: 313-330.
- Haimovici, M.; Costa, P.A.S.; Santos, R.A.; Martins, A.S. & Olavo, G. 2007. Composição de espécies, distribuição e abundância de cefalópodes do talude da região central do Brasil. In: Costa, P.A.S.; Olavo, G. & Martins, A.S. (Eds.) *Biodiversidade da fauna marinha profunda na costa central brasileira*. Rio de Janeiro: Museu Nacional. (Série Livros n.24). p.109-132.
- Haimovici, M.; Santos, R.A. & Fischer, L. G. (2009). Class Cephalopoda, Cuvier 1798. In: *Compendium of Brazilian Seashells*. Rios E.C. e Costa P.M. (ed). Editora Evangraf, Rio Grande.
- Hazin, F.H.V. 1993. Fisheries-oceanographical study on tunas, billfishes and sharks in the southwestern equatorial Atlantic ocean. Tese de Doutorado, Universidade de Pesca de Tóquio, Japão.
- Jennings, S.; Kaiser, M.J. & Reynolds, J. 2007. *Marine Fisheries Ecology*. Blackwell Publishing.
- Leite, T.S. & Santos, R.A. 2000. Registro da fauna de cefalópodes (Mollusca) do Arquipélago de São Pedro e São Paulo/ Brasil In: XII Semana Nacional de Oceanografia, 2000. Resumos da XII Semana Nacional de Oceanografia, 2000. Itajaí, Univali. p. 825-827.
- Leite, T.S.; Candice, L.; Jacome, A.; Lins-Oliveira, J. & Haimovici, M. 2005. Revisão da fauna de cefalópodes da costa do Rio Grande do Norte, Brasil, com primeira ocorrência de sete espécies. In: Colacmar, Viña del Mar, Chile, 2005. Resumos do Colacmar, Viña del Mar Chile 2005.

- Leite, T.S. & Haimovici, M. 2006. Presente conhecimento da biodiversidade e habitat dos polvos (Cephalopoda: família Octopodidae) de águas rasas das ilhas oceânicas do nordeste brasileiro. In: Alves R.J.V. & Castro, J.A.W. (eds.). *Ilhas Oceânicas Brasileiras - da Pesquisa ao Manejo*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA). p. 199-214.
- Leite, T.S. 2007. Taxonomia, distribuição, ecologia alimentar, pesca e opções de manejo de uma nova espécie de polvo (*Octopus insularis*: Cephalopoda), no Arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil. *Tese de doutorado*. (Doutorado, Fundação Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande).
- Lumpkin, R. & Garzoli, S.L. 2005. Near-surface circulation in the Tropical Atlantic Ocean. *Deep-Sea Research I* 52: 495-518.
- Lu, C.C. & Ickeringill, R. 2002. Cephalopod beak identification and biomass estimation techniques: tools for dietary studies of southern Australian finfishes. *Museum Victoria Science Reports* 6: 1-65.
- Nesis, K.N. 1974. Oceanic cephalopods of the Southwestern Atlantic Ocean. *Trudy Inst.Okeanol Academy of Sciences, USSR*, 98: 51-75.
- _____. 1987. Cephalopods of the world. Squids, Cuttlefishes, Octopuses, & Allies. Neptune City, NJ, T. F. H.
- _____. 1993. Cephalopods of Seamounts and Submarine Ridges. *Recent Advances in Fisheries Biology - Contributed Papers to the Symposium*, 365-373.
- _____. 1999. Cephalopoda. In: D. Boltoskoy (ed.). *South Atlantic Zooplankton* Bachhuys Publishers Leiden (Holanda). p.707-795.
- Norman, M. 2003. Cephalopods of the World, a world guide. Germany: Conch Books, Hakenheim.
- Perez, J.A.A. & Haimovici, M. 1991. A review of cephalopod collection of "Museu de Zoologia" of Universidade de São Paulo. *Papéis Avulsos do Museu de Zoologia da USP* 37: 251-258.
- Perez, J.A.A. & Haimovici, M. 1993. Cefalópodes coletados em quatro cruzeiros de prospecção pesqueira demersal no talude continental de Sul do Brasil entre Chui (34°30'S) e o Cabo de Santa Marta Grande (28°40'S). *Atlântica* 15: 49-72.
- Perez, M.B. & Haimovici, M. 2003. Alimentação do cherne-poveiro *Polyprion americanus* (Polyprionidae, Teleostei) no sul do Brasil. *Atlântica* 25(2): 201-208.
- Perez, J.A.A.; Martins, R.S. & Santos, R.A. 2004. Cefalópodes capturados pela pesca comercial de talude no Sudeste e Sul do Brasil. *Notas Técnicas da FACIMAR* 8: 65-74.
- Roper, C.F.E.; Sweeney, M.J. & Nauen, C.E. 1984. *FAO Species Catalogue- Cephalopods of the World*, vol. 03, nº 125.
- Santos, R.A. 1999. Cefalópodes nas relações tróficas do sul do Brasil. *Tese de doutorado*, Fundação Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande.
- Santos, R.A. & Haimovici, M. 1998. Trophic relations of the long-finned squid *Loligo sanpaulensis* on the Southern Brazilian shelf Capetown South Africa. *South African Journal of Marine Sciences* 20: 81-91.
- _____. 2001. Cephalopods in the diet of marine mammals stranded or incidentally caught along Southeastern & southehrn Brazil (21-34°S) *Fisheries Research* 52: 99-112.
- _____. 2002. Cephalopods in the trophic relations off Southern Brazil. *Bulletin of Marine Science* 71: 753-770.
- Santos, R.A. & Haimovici, M., 2007. Composição de espécies, distribuição e abundância de cefalópodes do ambiente pelágico da plataforma externa e talude superior da Região Sudeste e Sul do Brasil In: Bernardes, R.A & C. L. D. B. Rossi-Wongtschowski (eds). *Prospecção pesqueira de espécies pelágicas de pequeno porte com rede de meia-água na Zona Econômica Exclusiva da Região Sudeste-Sul do BRASIL - Série Documentos Revizee – Score Sul* Instituto Oceanográfico IOUSP, p. 101-135.
- Scheltema, R.S. 1986. On dispersal and planktonic larvae of benthic invertebrates: an eclectic overview and summary of problems. *Bulletin of Marine Science* 39: 290-322.
- Sweeney, M.J. & Roper, C.F.E. 1998. Classification, type localities a type repositories of recent cephalopodda. In: Voss, N.A., Vecchione, M. & Toll, R.B. (eds.). *Systematic and Biogeography of Cephalopods*, vol. II. Smithsonian Contributions to Zoology. p: 561- 582.
- Tchernia, P. 1980. *Descriptive Regional Oceanography*. Vol 03. Pergamon Press.
- Thomas, R.F. 1977. Systematics, Distribution and Biology of cephalopds of the genus *Tremoctopus* (Octopoda: Tremoctopodidae) *Bulletin of Marine Science* 27(13): 353-392.

- Travassos, P.; Hazin, F.H.V.; Zagaglia, J.R.; Advíncula, R. & Schober, J. 1999. Thermohaline structure around seamounts and islands off North-Eastern Brazil. *Archives of Fishery and Marine Research* 47: 211-222.
- Vaske, T. & Castello, J.P. 1998. Conteúdo estomacal de albacore-laje (*Thunnus albacares*) durante o inverno e primavera no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia* 58:693 - 647.
- Vaske, T. & Rincón, G.F. 1998. Conteúdo estomacal dos Tubarões azul *Prionace glauca*) e Anequim (*Isurus oxyrinchus*) em águas oceânicas no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia* 58: 639-647.
- Vaske, T.J.; Vooren, C.M. & Lessa, R.P. 2003. Feeding strategy of Yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), and Wahoo (*Acanthocybium solandri*) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. *Boletim do Instituto de Pesca* 29:173-181.
- _____. 2004. Feeding habits of four species of Istiophoridae (Pisces: Perciformes) from northeastern Brazil. *Environmental Biology of Fishes* 70:293-304.
- Vaske, T.J. 2005. Cefalópodes oceânicos da Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 31(2), 137-146.
- _____. 2006. Guia de identificação de cefalópodes costeiros e oceânicos do atlântico sudoeste equatorial através das mandíbulas (bicos). Editora Livro Rápido – Elógica, Olinda-PE.
- Voight, J.R. 1998. An overview of shallow water octopus biogeography. In: Voss, N.A.; Vecchione, M. & Toll, R.B. (ed.) *Systematic and Biogeography of Cephalopods, II*. Washington: Smithsonian Contributions to Zoology. p.549-559.
- Voss, N.A. 1969. A monograph of the cephalopoda of the North Atlantic. The family *Histioteuthidae*. *Bulletin of Marine Science* 19(4):713-867.
- Voss, N.A. 1974. Studies on the cephalopod family Cranchidae. A redescription of *Egea inermis* Joubin, 1933. *Bulletin of Marine Science* 24(4): 939-956.
- Voss, N.A. 1980. A generic revision of the *Cranchiidae* (Cephalopoda, Oegopsida). *Bulletin of Marine Science* 30: 365-412.
- Voss, N.A.; Stephen, S.J. & Dong, Z.H. 1992. Family Histioteuthidae. In: Sweeney, M.J.; Roper, C.F.E.; Mangold, K.; Clarke, M.R. & Boletzky, S.V. (eds.). "Larval" & Juvenile Cephalopods: A Manual for Their Identification. Washington: Smithsonian Institution Press. p.73-91.
- Voss, N.A.; Vecchione, M.; Toll, R.B. & Sweeney, M.J. 1998. Systematics and Biogeography of Cephalopods. Volume II. Washington, Smithsonian Institution Press. p. 457-474.
- Voss, N.A.; Nesis, K. & Rodhouse, P.G. 1998. The Cephalopod Family Histioteuthidae (Oegopsida): Systematics, Biology, & Biogeography. In: Voss, N.A., Vecchione, M., Toll, R.B. & Sweeney, M.J. (eds.). *Systematics & Biogeography of Cephalopods. Volume II*. Washington: Smithsonian Institution Press. p. 293-372.
- Voss, N.A.; Stephen, S.J. & Dong, Z.H. 1992. Family Cranchiidae. In: SWEENEY, M.J., ROPER, C.F.E., MANGOLD, K., CLARKE, M.R. & BOLETZKY, S.V. (eds.). "Larval" & Juvenile Cephalopods: A Manual for Their Identification. Washington: Smithsonian Institution Press. p.187-210.
- Young, R.E. 1969. A monograph of the Cephalopoda of the North Atlantic: the Family Cycloteuthidae. *Smithsonian Contributions to Zoology*: 51-24.
- Young, R.E.; Burgess, L.A.; Roper, C.F.E.; Sweeney, M.J. & Stephen, S.J. 1998. Classification of the Enoploteuthidae, Pyroteuthidae, & Ancistrocheiridae. In: Voss, N.A.; Vecchione, M.; Toll, R.B. & Sweeney, M.J. (eds.). *Systematics & Biogeography of Cephalopods. Volume I*. Washington: Smithsonian Institution Press, Chap. 239-256.

ANEXO 18.1

Pranchas 1-6. Fotografias e descrições dos bicos de cefalópodes encontrados em bom estado de conservação no conteúdo estomacal de peixes pelágicos do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (descrições baseadas em LU & ICKERINGILL, 2002 e VASKE, 2006).

PRANCHA 1		
ESPÉCIE	BICO SUPERIOR	BICO INFERIOR
<i>Ancistrocheirus lezueurii</i>	 0,5 cm	 0,5 cm
	Capuz amplo e elevado com rostro curvo e ângulo da mandíbula obtuso. Margem posterior do capuz/asa é convexa. Asa se estende até metade da base da margem anterior da parede lateral. Parede lateral longa e crista estreita.	Borda do rostro curva com pequeno gancho. Capuz curto com entalhe raso. Ângulo da mandíbula obtuso, escondido do lado pela dobra da asa. Crista reta e grossa, formando um degrau com a parede lateral na altura da dobra, que atinge margem posterior mediana entre a crista e o canto livre.
<i>Argonauta sp.</i>	 0,5 cm	 0,5 cm
	Capuz pequeno e elevado, rostro curvo e curto, com ângulo da mandíbula semi-circular. Asas compridas atingindo a parte inferior da parede lateral. Parede lateral ampla e larga.	Rostro muito curto, asas largas e altas. Ângulo da mandíbula muito obtuso. A parede lateral é ampla, mas ainda mais comprida do que larga.
<i>Eledonella pygmaea</i>	 0,5 cm	 0,5 cm
	Capuz estreito sem projeção formando o rostro. Parede lateral ampla.	Região anterior do capuz apresenta-se em geral com a borda serrilhada.
<i>Chiroteuthis sp.</i>	NÃO COLETADO	 0,5 cm
		Os bicos inferiores desse gênero são caracterizados pelo ângulo obtuso escondido de perfil pela grande dobra da asa; asa longa e estreita; crista pequena; capuz com um largo entalhe na linha média próximo a crista, podendo ter um distinto sulco em cada lado.

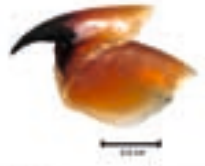
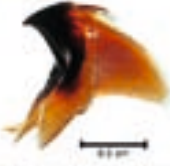
PRANCHA 2

ESPÉCIE	BICO SUPERIOR	BICO INFERIOR
<i>Taonius sp</i>	NÃO FOI ENCONTRADO	 Bico inferior com dobra distinta na parede lateral, crista exposta, geralmente estreita, borda exposta do rostro ligeiramente curva e longa em relação à asa, capuz curto em relação à crista, borda rostral visível de perfil, com entalhe raso ou sem entalhe. Bicos achatados lateralmente.
<i>Megalocranchia sp.</i>	 Bico superior com capuz amplo com bico longo e pontiagudo, com faixa escura característica do bico se alongando transversalmente sobre a asa, relativamente curta. Parede lateral ampla.	 Os bicos inferiores com capuz largo, com entalhe profundo. Têm o ângulo mandibular bastante obtuso. Possuem uma dobra na parede lateral e uma dobra baixa na asa que esconde o ângulo da mandíbula pelo lado. Asa larga, especialmente em oposição ao ângulo da mandíbula e tem aproximadamente o mesmo comprimento que a borda da mandíbula.
<i>Discoteuthis cf sp.</i>	NÃO FOI ENCONTRADO	 Bico com ângulo do rostro obtuso escondido de perfil pela dobra da asa, entalhe profundo e largo no capuz, crista estreita, dobra bem distinta da parede lateral, mais fina na parte dorsal. Parede lateral alongada se projetando em seu final.

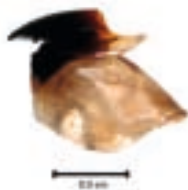
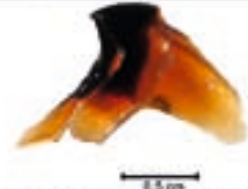
PRANCHA 3

ESPÉCIE	BICO SUPERIOR	BICO INFERIOR
<i>Abraliopsis</i> sp.	NÃO FOI ENCONTRADO	 0,5 cm Capuz amplo com rostro curvado, com comprimento semelhante ao do capuz. Ângulo da mandíbula escondido do lado pela dobra da asa. Ponto do ângulo pequeno, sem corte. Crista curva e curta.
<i>Abralia veranyi</i>	 0,5 cm Capuz achatado e largo, rostro curto projetado para frente. Parede lateral longa com crista curvada.	 0,5 cm Capuz curto direcionado para cima, rostro longo formando ângulo obtuso na mandíbula. Asas mais largas nas bases. Parede lateral afilada com dobras bem visíveis na crista e na parte média, mas que não atingem a extremidade posterior.
<i>Mastigoteuthis magna</i>	 0,5 cm Capuz amplo com rostro longo e pontiagudo formando um ângulo reto com a asa e parede lateral. Faixa transparente característica na parte anterior da parede lateral.	 0,5 cm Borda da mandíbula ligeiramente curva e estreita com mesmo tamanho ou maior que a linha média do capuz, que é curto e possui entalhe largo. Dobra da asa alta, ângulo da mandíbula não observado de perfil. Asas largas e parede lateral com dobra e crista bem definida.

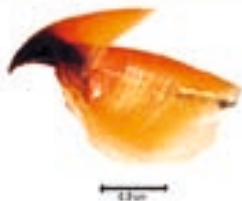
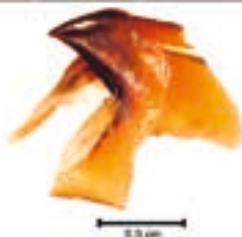
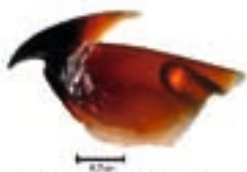
PRANCHA 4

ESPÉCIE	BICO SUPERIOR	BICO INFERIOR
<i>Illex coindetii</i>	 0,5 cm	 0,5 cm
	Capuz grande e achatado, rostro pontiagudo, com ponta curvada. Dente bem evidente no ângulo da mandíbula. Parede lateral curta de formato quadrado (bico danificado na sua lateral).	Rostro curto e curvado com saliência na extremidade. Asas altas e estreitas. Parede lateral quadrada, com extremidade afilada.
<i>Ommastrephes bartramii</i>	 0.5 cm	 0.5 cm
	Capuz largo com rostro pontiagudo e curvado, com sulco duplo na superfície interna. Parede lateral ampla e relativamente quadrada.	Ângulo da mandíbula é agudo, rebaixado e visível lateralmente. Faixa transparente característica entre o dente e a borda do rostro. Capuz baixo, próximo da crista, com profundo entalhe bifurcado em espécimes maiores e entalhe raso em espécimes com asas transparentes. Asas largas sem dobras. Parede lateral quadrada sem dobra com crista larga.
<i>Ornithoteuthis antillarum</i>	 0.5 cm	 0.5 cm
	Capuz longo e curvado com rostro curvado, longo e pontiagudo formando um ângulo agudo na mandíbula. Parede lateral ampla e quadrada.	Saliência em forma de dente próximo ao ângulo da mandíbula (característica da família), com faixa transparente sobre este. Capuz arredondado, rostro longo, pontiagudo em sua extremidade. Crista curta com parede lateral terminando em ponta alongada.

PRANCHA 5

ESPÉCIE	BICO SUPERIOR	BICO INFERIOR
<i>Sthenoteuthis pteropus</i>		
	Capuz largo com rostro curvo e relativamente curto, com borda dupla presente na superfície posterior. Ângulo da mandíbula é agudo. Asa se estende até mais da metade da base da margem anterior da parede lateral. Parede lateral quadrada.	Capuz grande com rostro pouco curvado. Presença do dente e da faixa transparente característica da família. Parede lateral ampla e quadrada sem dobra.
<i>Onykta cariboea</i>		
	Capuz alongado, achatado, e curvado em sua parte anterior com rostro pontiagudo, ângulo da mandíbula obtuso. Parede lateral ampla, com crista curvada.	Capuz estreito com rostro curto e curvado, ângulo da mandíbula obtuso e arredondado, com um dente destacado. Crista estreita, levemente curvada, bem próxima à dobra da parede lateral alongada.
<i>Onychoteuthis banksii</i>		
	Capuz pequeno e achatado com rostro relativamente longo e pontiagudo. Borda dupla podendo estar presente na superfície interior do rostro com sulco entre as bordas, ou com superfície lisa. Ângulo da mandíbula reto, podendo ter um pequeno ângulo falso. Parede lateral longa.	Rostro longo com ponta saliente. Ângulo da mandíbula visível pelo lado. Capuz largo com entalhe raso. Dobra na região mediana da parede lateral com crista definida.

PRANCHA 6

ESPÉCIE	BICO SUPERIOR	BICO INFERIOR
<i>Pholidoteuthis adami</i>		
	Capuz alto, com rostro curto e curvado na extremidade, ângulo da mandíbula obtuso com duas saliências em sequência formando um falso ângulo. Parede lateral com extremidade bastante alongada.	Capuz amplo com entalhe profundo. Asas altas e largas. Rostro comprido e afilado. Parede lateral afilada com dobra na parte superior próxima da crista definida que termina em um denticulo.
<i>Pholidoteuthis boschnai</i>		
	Capuz curto e estreito com rostro curvado e curto. Ângulo da mandíbula é obtuso, com pequeno ângulo falso. Parede lateral longa.	Rostro curvo e muito longo, principalmente nos bicos maiores. Ângulo da mandíbula é agudo, visível pela lateral, exceto em espécimes maiores. Capuz próximo da crista, com profundo entalhe bifurcado. Asas largas, sem ou com pouca dobra. Crista reta, bem definida. Dobra da parede lateral atinge a margem posterior mediana entre a crista e o canto livre.
<i>Thysanoteuthis rhombus</i>		
	Capuz amplo com rostro curto e robusto, com extremidade voltada para baixo. Saliência conspicua em forma de dente no ângulo da mandíbula. Parede lateral quadrada.	Rostro curto em geral sinuoso. Ângulo da mandíbula é agudo, visível pela lateral, exceto em espécimes maiores. Capuz próximo da crista, com profundo entalhe bifurcado. Asas largas, sem dobra. Crista ligeiramente curva e longa e larga. Parede lateral quadrada cuja dobra atinge a margem posterior entre a crista e o canto livre.

Capítulo 19

**Bioecologia
de Lagostas no
Arquipélago de São
Pedro e São Paulo**

Jorge Eduardo Lins-Oliveira

Camila Aguirre Góes

Allysson Pontes Pinheiro



Resumo

Panulirus echinatus é submetida a uma exploração comercial realizada sobre os arrecifes costeiros do litoral nordeste do Brasil e intensificada nos arquipélagos de São Pedro e São Paulo (ASPSP) e Fernando de Noronha e no Atol das Rocas, onde esta espécie é predominante. Dentre as três espécies de lagostas espinhosas exploradas comercialmente na costa do Brasil, é a única que não conta com legislação que regulamente sua captura, devido à escassez de informações biológicas disponíveis. Os resultados apresentados neste capítulo foram obtidos no projeto Bioecologia das Lagostas do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (0°55'N, 29°21'W), que teve início com a implantação da Estação Científica no local, em junho de 1998, e tem como objetivo o conhecimento das características biológicas e ecológicas da fauna de lagosta que ocorre na região. São apresentadas informações sobre os aspectos populacionais, reprodutivos e alimentares de *P. echinatus*, os quais aportam informações técnico-científicas fundamentais para um melhor entendimento da importância desta espécie, que podem ser utilizadas pelos órgãos governamentais responsáveis pela legislação pesqueira no Brasil como subsídio para a elaboração de planos de manejo, permitindo uma exploração sustentável deste importante recurso pesqueiro.

Abstract

Bioecology of Lobsters from Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brazil

The Spiny Lobster Panulirus echinatus is submitted to commercial exploration over the coastal reefs of the Brazilian Northeast coast. This exploration is intensified near oceanic islands such as Arquipélago de São Pedro e São Paulo (St. Peter and St. Paul Rocks) (SPSPR), Arquipélago de Fernando de Noronha (Fernando de Noronha Archipelago) and Atol das Rocas (Rocas Atoll), where this species is more abundant. Amongst the three spiny lobster species harvested in the Brazilian coast, P. echinatus is the only one that does not have a legal regulation due to lack of biological information. Results presented in this chapter are an outcome from the project entitled "Biological and ecological aspects of lobsters from SPSPR (0°55'N, 29°21'W)", which has started with the inauguration of the Scientific Station in the SPSPR in June 1998. The project's objective is to understand the biological and ecological characteristics of lobsters' fauna from SPSPR. Here, we present some results regarding on population, reproductive and feeding aspects especially of P. echinatus. Results accomplished during this project contributed with technical-scientific information to compose a better understand of this species. This information would be used as subsidy to elaborate regulation and management plans by governmental organs responsible for the fisheries legislation, to allow a sustainable exploration of this important fishery resource from Brazil.

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) constitui um grupo remoto de dez ilhas situadas no Atlântico equatorial (0°55'N–29°21'W) sobre a Zona de Fratura de São Paulo, na cadeia Dorsal Meso-Atlântica. O ASPSP dista cerca de 1.100 km da costa do Rio Grande do Norte, com uma área total emersa de cerca de aproximadamente 17.000 m² e a distância entre os seus

pontos extremos é de 420 metros (**Figura 19.1**). As quatro ilhas maiores – Belmonte (na qual se encontra instalada uma estação científica), Sudeste, Nordeste e Cabral – estão separadas entre si por estreitos canais, que formam uma enseada em forma de ferradura, com aproximadamente 100 metros de comprimento por 50 metros de largura e profundidade média de 12 metros. Esta enseada encontra-se protegida dos ventos e das correntes externas, porém existe um fluxo contínuo de água que drena a enseada de sudeste para noroeste, por entre as ilhas Sudeste e Belmonte. O substrato da enseada é constituído por sedimentos provenientes da atividade biológica e do desagregamento das rochas plutônicas que compõem o arquipélago (GORINI & CARVALHO, 1982).

A fauna e a flora do ASPSP são de notável interesse devido ao seu isolamento, intermediário entre a América do Sul e a África, e pelo seu reduzido tamanho (EDWARDS & LUBBOCK, 1983).

Em fevereiro de 1832, Charles Darwin atracou no arquipélago a bordo do *HMS Beagle* e conduziu a primeira expedição biológica reportada para o ASPSP. No entanto, a maior parte da informação biológica foi quantificada durante a visita do *HMS Challenger* (EDWARDS & LUBBOCK, 1983). Algum tempo depois, a expedição Cambridge desembarcou no arquipélago e, embora não tenha agregado muitas informações sobre a fauna local, contribuiu essencialmente delimitando áreas de habitat das espécies (EDWARDS & LUBBOCK, 1983). De acordo com estes autores, a lagosta *Panulirus echinatus* Smith (1869) é o maior decápode bentônico presente no ASPSP, revelando a eminente importância desta população na ecologia trófica do local. No arquipélago, a população desta espécie encontra-se distribuída em profundidades médias de 25 metros e, durante o dia, está presente em cavidades e fendas nas rochas, alimentando-se durante a noite.



Figura 19.1. Vista aérea do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, com uma ilustração cartográfica da disposição geográfica das ilhas (fonte: adaptado de GÓES & LINS-OLIVEIRA, no prelo).

Lagostas espinhosas: *Panulirus echinatus*

Nos últimos anos, os estoques de lagostas do Nordeste do Brasil têm diminuído em consequência da pesca ilegal e predatória (LINS-OLIVEIRA *et al.*, 1993; FONTELES-FILHO, 1994; VASCONCELOS *et al.*, 1994; VASCONCELOS & LINS-OLIVEIRA, 1996). O esforço de pesca ocorre, em sua maioria, na região costeira desde o Pará até o Espírito Santo, em substratos compostos por algas calcárias e em profundidades que variam de 20 a 70 metros (borda do talude continental). Nos últimos anos, tem-se observado uma atividade pesqueira nas ilhas e bancos oceânicos situados ao longo da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) nordestina, em áreas adjacentes à plataforma continental e regiões próximas às cadeias Norte do Brasil e Fernando de Noronha (IBAMA/CEPENE, 2005).

As capturas de lagostas espinhosas (família Palinuridae) se concentram sobre três principais espécies: *Panulirus argus* (LATREILLE, 1804), *Panulirus laevicauda* (LATREILLE, 1917) e *P. echinatus*, sendo que somente as duas primeiras contam com regulamentação pesqueira específica, com tamanho mínimo de captura estabelecido em 13 centímetros e 11 centímetros de comprimento do abdômen, respectivamente (PAIVA, 1995).

Panulirus echinatus é a única que não dispõe de regulamentação pesqueira específica, devido sobretudo à escassez de informações sobre sua biologia, o que é consequência da dificuldade de obtenção de amostras, uma vez que esta espécie ocorre preferencialmente em ilhas oceânicas como o Atol das Rocas, Fernando de Noronha e o Arquipélago de São Pedro e São Paulo, em contraste com suas congêneres, que ocorrem em regiões próximas à costa (PINHEIRO *et al.*, 2003).

Em 1998, com a implantação da Estação Científica do ASPSP, teve início o projeto Bioecologia das Lagostas do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, que tem como objetivo o conhecimento das características biológicas e ecológicas da fauna de lagosta que ocorre na região. Durante estes quase dez anos de pesquisa, foi possível realizar um estudo contínuo e aprofundado sobre a biologia de *P. echinatus*. Neste capítulo, será apresentada uma síntese dos resultados obtidos durante este período, abordando os aspectos populacionais, reprodutivos e alimentares desta espécie.

Estrutura populacional

Entende-se por estrutura da população o conjunto de características demográficas (taxas de natalidade e mortalidade, eventos de migração, organização da população no tempo e no espaço) resultante da ação e das interações de uma série de mecanismos evolutivos e ecológicos. O conhecimento de tais aspectos é a base da biologia pesqueira tradicional, sendo de fundamental importância para a implementação de políticas pesqueiras sustentáveis.

As observações sobre a estrutura populacional das lagostas residentes do ASPSP indicam que *P. echinatus* parece exibir um polimorfismo sexual, sendo os machos maiores e mais pesados que as fêmeas (**Figuras 19.2a, 19.2b e 19.2c**) (PINHEIRO *et al.*, 2003).

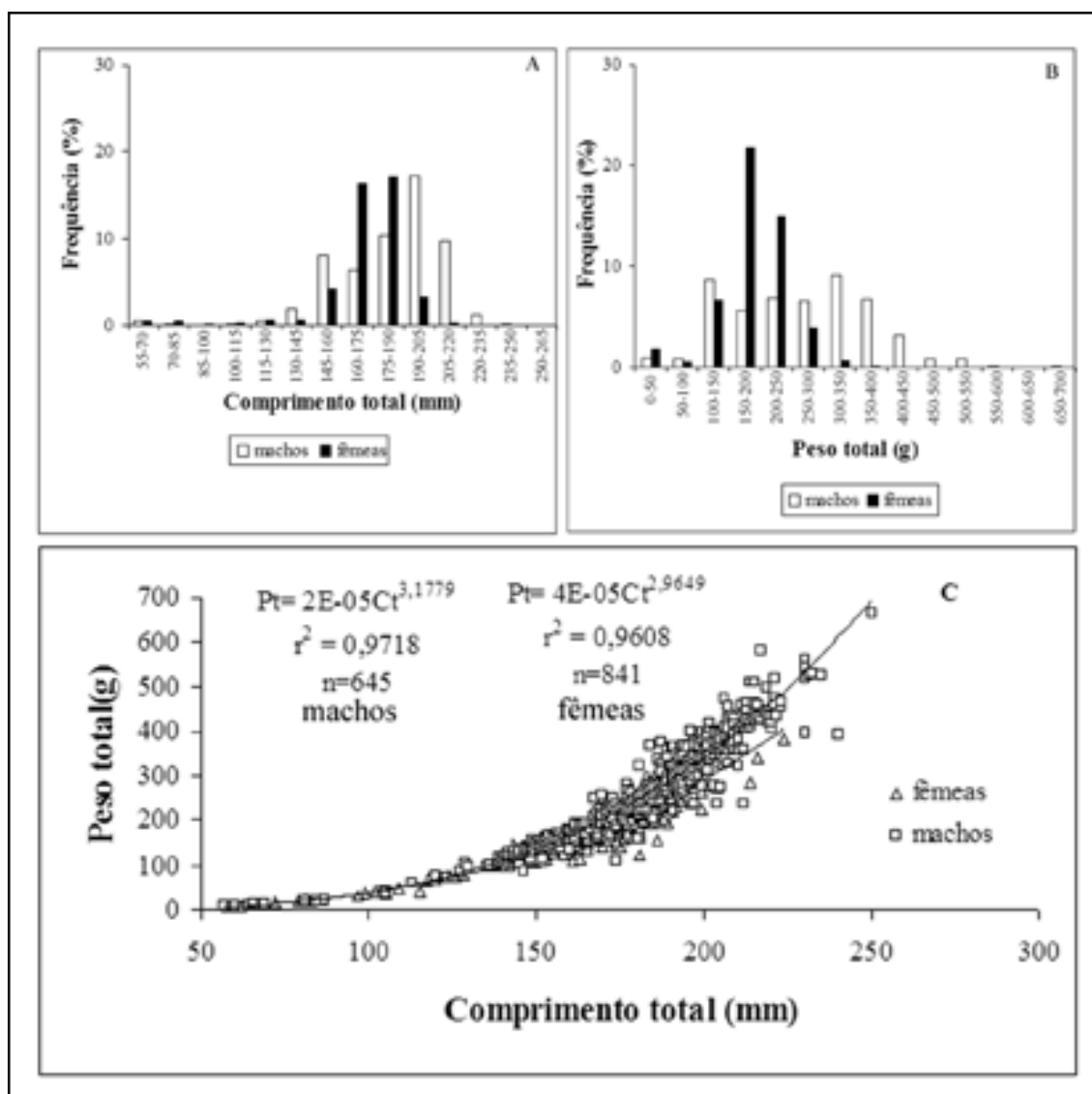


Figura 19.2. Estrutura populacional de *Panulirus echinatus* do Arquipélago São Pedro e São Paulo (amostras realizadas entre junho/1998 e setembro/1999). a) distribuição das classes de comprimento total para machos e fêmeas; b) distribuição das classes de peso total para machos e fêmeas; c) correlação entre peso e comprimento para machos (quadrado) e fêmeas (triângulo) (fonte: adaptado de PINHEIRO *et al.*, 2003).

Esta mesma tendência foi verificada em outras espécies de palinurídeos (KANCIRUK, 1980; VASCONCELOS & VASCONCELOS, 1994; IVO, 1996). Vasconcelos & Vasconcelos (1994) também observaram um polimorfismo sexual em *P. argus*, entretanto, as fêmeas parecem ser maiores que os machos. Adicionalmente, Darwin (1874) afirmou que, para a maioria dos metazoários, as fêmeas atingem maiores tamanhos que os machos, generalização que tem sido amplamente aceita por diversos autores subseqüentes (SHINE, 1988). O polimorfismo relacionado ao tamanho das espécies de palinurídeos comercialmente exploradas no Nordeste do Brasil pode ser resultado de diferenças no comportamento reprodutivo entre os sexos. Durante a sua fase ovígera, as fêmeas de *P. echinatus* carregam seus ovos aderidos aos pleópodos e, por isso, tendem a se comportar diferentemente dos machos. Durante o período reprodutivo, as fêmeas tendem a se esconder para se proteger de predadores, resultando em uma diminuição no padrão de atividade e, conseqüentemente, no tempo de forrageio. Por outro lado, os machos parecem não exibir mudanças no seu padrão de atividade e forrageio durante o período reprodutivo, justificando os maiores comprimentos e pesos alcançados pelos machos. Outra explicação pode ser inferida, baseando-se na

alocação de recursos energéticos diferenciais entre sexos. De acordo com HARTNOLL & GOULD (1988), o crescimento somático e a reprodução competem por recursos energéticos; assim, enquanto machos alocam recursos principalmente para o crescimento somático, com pouco investimento reprodutivo, as fêmeas necessitam investir grande parte de seus recursos na produção de gametas. Para os machos, este investimento em crescimento somático pode garantir alguma vantagem na competição com outros machos por fêmeas e pode explicar os maiores tamanhos em *P. echinatus*.

Tal padrão ocorre freqüentemente em vários grupos de decápodes que apresentam em comum a incubação de ovos, tais como siris, caranguejos grapsídeos, ermitões, camarões-palhaço e camarões-carídeos (GUERAO *et al.*, 1994; ZHANG *et al.*, 1997; PINHEIRO & FRANSOZO, 1998; CASTIGLIONI & SANTOS, 2000; MOURA *et al.*, 2000; MANTELATTO & MARTINELLI, 2001).

Pinheiro *et al.* (2003) também observaram uma diferença significativa na razão sexual em favor dos machos de *P. echinatus* (**Figura 19.3**). Este mesmo padrão foi observado em *P. argus* durante os meses de maior atividade reprodutiva, enquanto que, nos períodos de menor atividade, a razão sexual tendeu a um equilíbrio entre sexos de 1:1 (SOARES, 1994). Resultados semelhantes foram obtidos por COELHO *et al.* (1996) e IVO & NETO (1996) para *P. argus*, embora com *P. laevicauda* não tenha sido observado o mesmo padrão. WENNER (1972) afirma que diferenças na razão sexual entre as classes de tamanho são comuns e podem ser explicadas por diferenças na longevidade, mortalidade e crescimento. LINS-OLIVEIRA (1996) cita algumas hipóteses que podem explicar a predominância de um dos sexos: diferenças nas taxas de crescimento, migração diferencial durante a fase juvenil, mortalidade natural e reversão sexual acima de determinado comprimento são algumas delas. GÓES & FRANSOZO (2000) sugerem que estes desvios podem estar diretamente relacionados às metodologias e/ou à área escolhida para coleta. Por outro lado, MOUSSEAU & FOX (1998) afirmam que o sexo de uma prole pode ser influenciado por fatores bióticos e/ou abióticos; em muitas espécies, as fêmeas podem manipular ou responder ao seu ambiente de alguma maneira, o que sugere um ajuste adaptativo ao sexo da progênie.

Nesse contexto, PINHEIRO *et al.* (2003) sugerem que, para *P. echinatus*, as diferenças encontradas nas proporções entre os sexos podem ser resultado de comportamentos distintos. É possível que as fêmeas – por incubarem os ovos aderidos aos pleópodos, tornando-se menos ativas durante o período reprodutivo – tenham uma menor chance de serem capturadas. Por outro lado, os machos não modificam o seu padrão de atividade durante o ciclo reprodutivo e, dessa forma, podem ser capturados às mesmas taxas ao longo de todo ano.

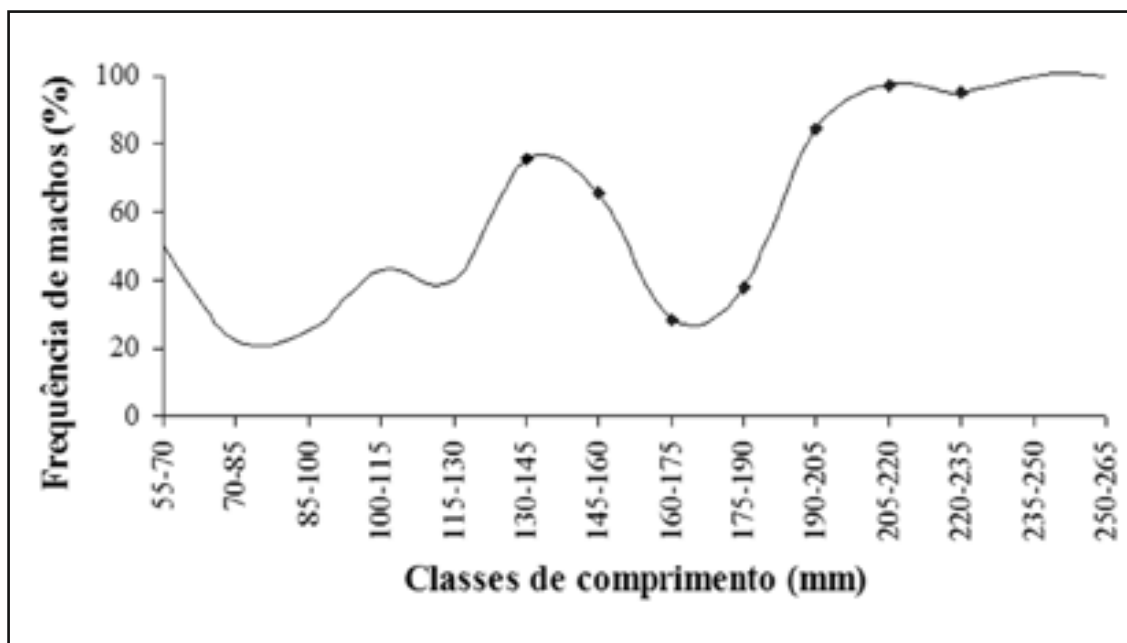


Figura 19.3. Razão sexual em cada uma das classes de comprimento de *Panulirus echinatus* coletadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (amostras realizadas entre junho/1998 e setembro/1999). Os quadrados preenchidos representam diferenças significativas na proporção entre sexos (* = $p < 0.05$) (fonte: adaptado de PINHEIRO *et al.*, 2003).

Aspectos reprodutivos

O conhecimento dos aspectos reprodutivos das espécies economicamente exploradas e que têm alto valor comercial é fundamental para fornecer as bases para um bom manejo. Um dos parâmetros reprodutivos bastante utilizado para fins de manejo é a determinação do tamanho médio de primeira maturação gonadal (L_{50}) por ser considerado indicador da passagem do indivíduo da fase juvenil para a fase adulta (reprodutiva) (SOARES & PERET, 1998).

PINHEIRO & LINS-OLIVEIRA (2006) obtiveram um valor de L_{50} de 13,5 centímetros de comprimento total para fêmeas de *P. echinatus* coletadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (**Figura 19.4**).

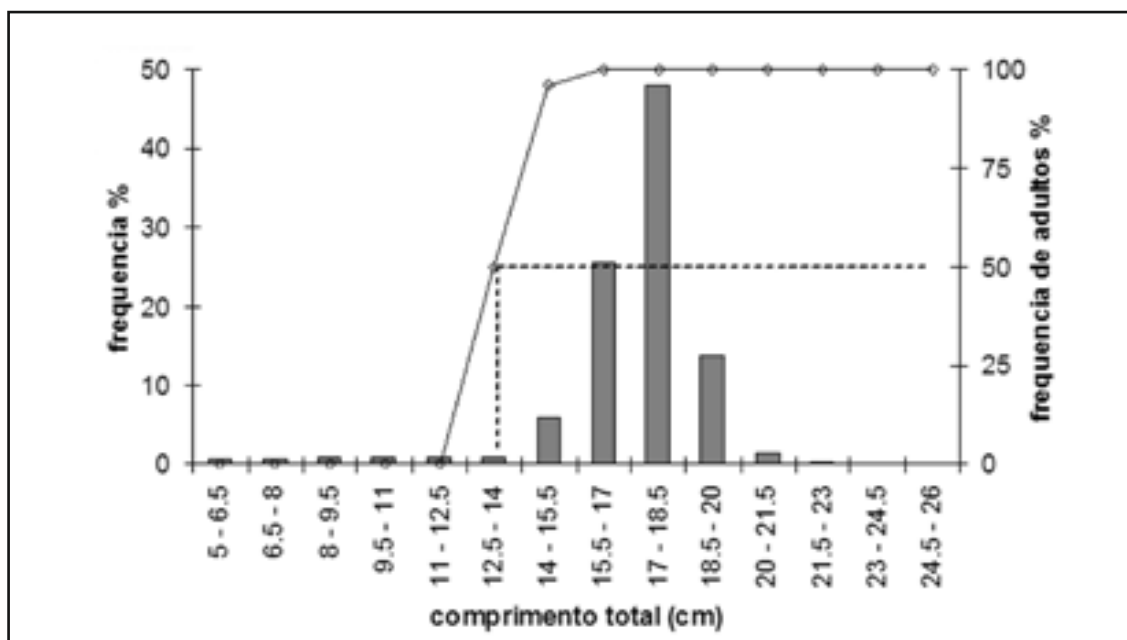


Figura 19.4. Distribuição das classes de comprimento total de fêmeas de *Panulirus echinatus* ($n = 654$ indivíduos) coletadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. A linha tracejada indica o tamanho (13,5 cm) em que 50% dos indivíduos da população encontram-se em idade reprodutiva (L_{50}) (fonte: adaptado de PINHEIRO & LINS-OLIVEIRA, 2006).

Por outro lado, BARRETO *et al.* (2003) obtiveram um L_{50} de 3,7 centímetros de comprimento de cefalotórax para machos de *P. echinatus* coletados no município de Tamandaré, costa nordeste do Brasil. Para se comparar os resultados obtidos por este autor com aqueles obtidos por PINHEIRO & LINS-OLIVEIRA (2006), o valor de L_{50} por ele obtido foi submetido às equações biométricas descritas por PINHEIRO *et al.* (2003). Como resultado, os valores 7,6 e 4,8 centímetros, equivalentes aos comprimentos total e de abdômen, respectivamente, foram encontrados. Esta diferença entre o L_{50} obtido por PINHEIRO & LINS-OLIVEIRA (2006) e por BARRETO *et al.* (2003) pode ser resultado de diferenças espaciais. LITTLE & WATSON (2005) apresentaram resultados que mostram diferenças no tamanho de maturação de acordo com a distribuição espacial de *Homarus americanus*. JUINIO (1987) afirmou que estas discrepâncias podem ser encontradas quando se comparam populações de diferentes áreas, devido a taxas de crescimento diferenciais.

Outra explicação pode ser atribuída às diferenças nas estratégias reprodutivas entre sexos, conforme sugerido por PINHEIRO *et al.* (2003) para explicar diferenças nos tamanhos atingidos por cada sexo em diversos grupos de crustáceos que incubam ovos. Assim, machos juvenis poderiam obter alguma vantagem na competição por fêmeas caso atingissem o tamanho de maturação gonadal mais cedo. Por outro lado, as fêmeas aparentemente não teriam benefícios em atingir a maturação gonadal com tamanhos reduzidos. De acordo com VAZZOLER (1982), discrepâncias no valor de L_{50} podem ser atribuídas ao percentual de indivíduos imaturos amostrados, e diferenças em tais percentuais poderiam resultar em subestimação ou em superestimação do valor de L_{50} . Além destes, outros fatores também podem levar a diferenças no L_{50} , tais como esforço de pesca empregado e condições ambientais diferenciadas entre os locais de coleta.

Comparando-se o valor de L_{50} encontrado para *P. echinatus* com os tamanhos mínimos de captura de suas congêneres (*P. argus* com 13 centímetros de cauda e *P. laevicauda* com 11 centímetros de cauda) do Nordeste do Brasil, *P. echinatus* é a espécie da família Palinuridae capturada comercialmente que atinge a maturidade com menores tamanhos (BARRETO *et al.*, 2003). Associada a uma crescente demanda do mercado externo por lagostas de tamanho reduzido (VASCONCELOS, comunicação pessoal), esta informação pode ser de grande valia para o manejo desta atividade pesqueira. Assim, devido ao seu tamanho reduzido, *P. echinatus* pode suprir esta fatia crescente de mercado sem provocar danos maiores ao estoque. Contudo, estudos adicionais são necessários para garantir um bom manejo da atividade, visando ao uso racional do recurso pesqueiro.

A relação entre o estoque reprodutor e o recrutamento é mantida em equilíbrio se, entre outros parâmetros populacionais, o comprimento médio de captura for aproximadamente igual ou superior ao comprimento médio de maturação gonadal (HENRIQUES, 1999). Comparando-se o valor médio de comprimento dos espécimes capturados pela frota pesqueira e o tamanho médio de primeira maturação gonadal, observou-se que o comprimento médio de captura (17 centímetros para fêmeas e 18,4 centímetros para machos) foi superior ao valor de L_{50} determinado por Pinheiro & Lins-Oliveira (2006), indicando que o estoque em questão encontra-se em equilíbrio.

PINHEIRO & LINS-OLIVEIRA (2006) realizaram um estudo no ASPSP e a classificação macro e microscópica dos estádios de desenvolvimento gonadal, o tamanho médio de maturação gonadal e a fecundidade média e sua relação com o comprimento dos indivíduos de *P. echinatus* foram analisados; detalhes sobre a metodologia empregada na obtenção do L_{50} , bem como resultados sobre outros aspectos reprodutivos não abordados neste texto, podem ser encontrados em tal artigo.

Hábitos alimentares e dieta natural

Os decápodes, de forma geral, são classificados como onívoros, mas apresentam características carnívoras e saprofíticas (JOLL & PHILLIPS, 1984; STONER & ZIMMERMAN, 1988; MAYFIELD *et al.*, 2000; CANNICCI *et al.*, 2002; SAINTE-MARIE & CHABOT, 2002).

O comportamento de forrageio dos palinurídeos é baseado primordialmente na quimiorrecepção e sua dieta inclui uma grande diversidade de organismos, como esponjas, poliquetas, moluscos, crustáceos, equinodermos e peixes (KANCIRUK, 1980; PHILLIPS *et al.*, 1980).

GÓES & LINS-OLIVEIRA (no prelo) analisaram o conteúdo estomacal de *P. echinatus* coletadas no ASPSP e, dentre os itens alimentares que compõem a dieta da espécie, os autores apontam o item “peixes” como o mais abundante (**Figura 19.5**). Porém, a ocorrência de peixes na dieta alimentar não está relacionada com uma captura ativa, e sim com a ingestão de peixes feridos ou mortos, como mencionado por Kanciruk (1980). O item “crustáceo” também esteve presente nos estômagos analisados, constatando-se a presença de fragmentos de carapaças e antenas de lagostas; entretanto, este fato não está associado diretamente ao canibalismo, conforme apontam outros autores (JOLL & PHILLIPS, 1984), que mencionam que tal material é proveniente da ingestão de exuvias, rejeitando a possibilidade de canibalismo de indivíduos em período de muda.

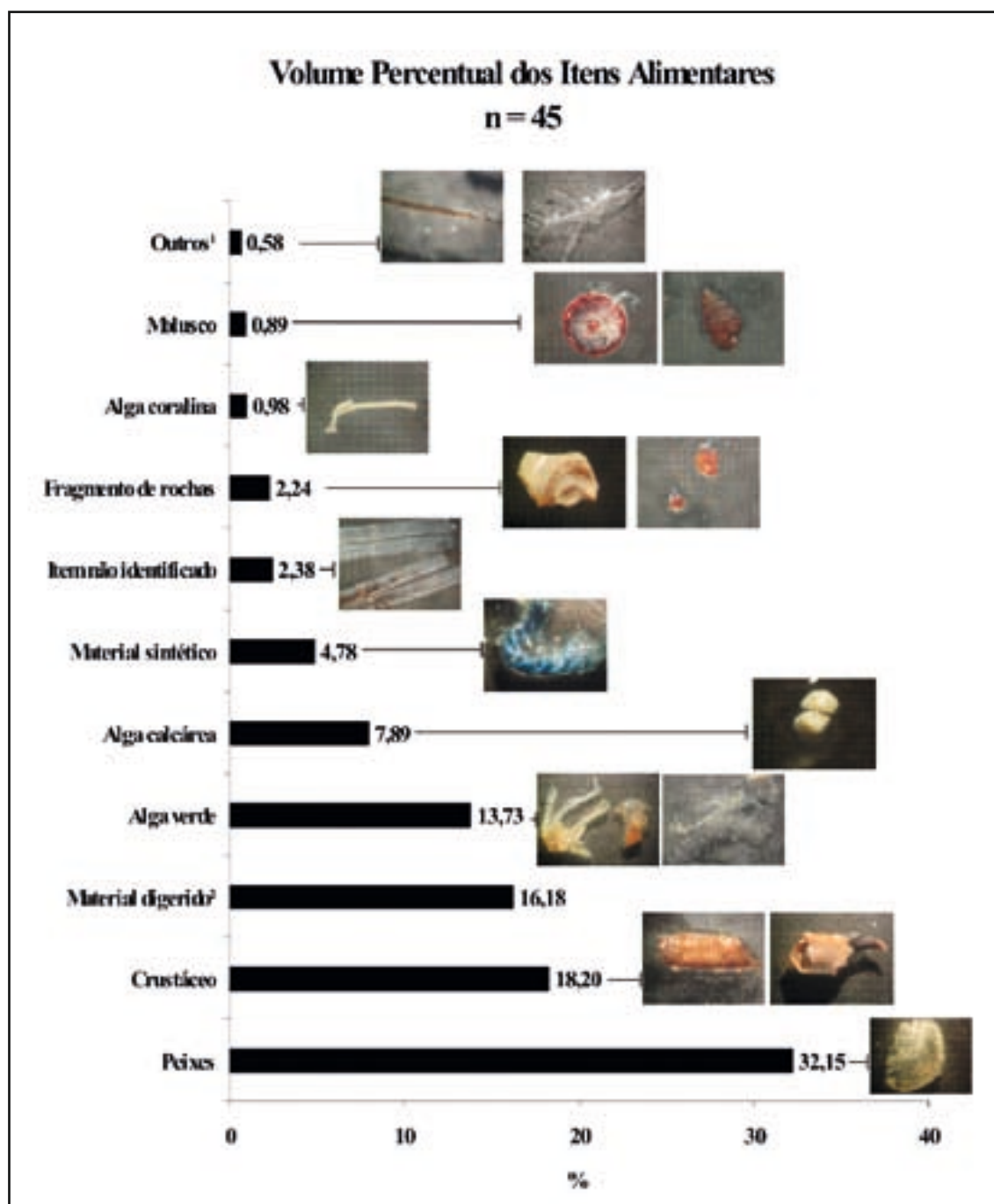


Figura 19.5. Volume percentual dos itens alimentares presentes nos estômagos de *Panulirus echinatus* coletadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo e analisados por GÓES & LINS-OLIVEIRA (no prelo). 1) item composto por grupos taxonômicos que apresentaram baixa frequência de ocorrência (i.e. hidrozoários, briozoários, gorgônias, corais e poliquetas); 2) o item material sintético foi quantificado por apresentar um grande volume percentual nos estômagos, apesar de evidentemente ter sido ingerido acidentalmente.

Um importante fato reportado por GÓES E LINS-OLIVEIRA (no prelo) foi a presença abundante de algas nos estômagos analisados. No ASPSP, a alga verde *Caulerpa racemosa* (Forsskal) forma densos carpetes (EDWARDS & LUBBOCK, 1983; obs. pess. *in situ*), sendo provável que as lagostas espinhosas ingiram esta alga enquanto se alimentam de organismos epifíticos que vivem nos bancos de algas. PHILLIPS *et al.* (1980) também reportam uma grande quantidade de algas verdes presentes nos estômagos de outros palinurídeos, porém citam que esta ingestão não deve ser acidental.

O estudo realizado por GÓES & LINS-OLIVEIRA (no prelo) evidenciou uma relevante presença de algas nos estômagos de *P. echinatus* do ASPSP, mas este fato continua duvidoso, e estes autores sugerem estudos sobre comportamento alimentar para elucidar tal questão. Embora tenha sido reportada a presença de material de origem vegetal como parte do conteúdo estomacal de palinurídeos, ainda não se sabe se isso representa uma alimentação direta ou ingestão acidental (KANCIRUK, 1980).

O item “alga calcárea” foi considerado secundário na dieta alimentar de *P. echinatus*; no entanto, este item tem uma importância nutricional muito grande para estes organismos, uma vez que a família Palinuridae não apresenta placas calcáreas (gastrólitos) como aquelas encontradas nas lagostas com quelas da família Nephropidae. Tais placas são responsáveis pela estocagem de cálcio durante o período de muda, o que permite que o novo exoesqueleto endureça rapidamente por meio da mobilização desta estocagem (PHILLIPS *et al.*, 1980). JOLL & PHILLIPS (1984) e MAYFIELD *et al.* (2000) reportam a presença de algas coralinas compondo a dieta de *Panulirus cygnus* e *Jasus lalandii*, respectivamente. KANCIRUK (1980) também relata que os palinurídeos geralmente se alimentam de organismos calcários e que este item corresponde a uma boa fonte de carbonato de cálcio para a solidificação do exoesqueleto.

GÓES & LINS-OLIVEIRA (no prelo) registraram a presença de pequenos fragmentos de rochas nos estômagos de *P. echinatus* analisados, o que deve estar associado ao hábito raspador que as lagostas podem apresentar. Dessa forma, as rochas seriam ingeridas acidentalmente no momento em que as lagostas se alimentam de outros organismos presentes no substrato.

Os estômagos analisados por GÓES & LINS-OLIVEIRA (no prelo) apresentaram uma frequência bastante alta de material digerido, justificada pela anatomia do trato digestivo das lagostas espinhosas. O seu estômago é formado por fortes músculos e um moinho gástrico, contendo três largos dentes (um dorsal e dois laterais), responsáveis por triturar e selecionar as partículas de alimento (Figura 19.6). O consumo da presa se inicia na boca, com o uso das potentes mandíbulas, e continua no estômago, com o moinho gástrico (PATHWARDAN, 1935; HERRNKIND *et al.*, 1975).



Figura 19.6. Morfologia interna do estômago de *Panulirus echinatus*. Em detalhe, o moinho gástrico com os três dentes opostos responsáveis por triturar o alimento.

De forma geral, as lagostas espinhosas *P. echinatus* do ASPSP podem ser consideradas onívoras, uma vez que se alimentam de organismos de origem vegetal e animal; generalistas, por consumirem uma grande diversidade de itens alimentares; e oportunistas, pois se alimentam das presas disponíveis no substrato (GÓES & LINS-OLIVEIRA, no prelo).

Considerações finais

Panulirus echinatus é submetida a uma exploração comercial intensa tanto no ASPSP quanto no Atol das Rocas e Arquipélago de Fernando de Noronha, onde esta espécie de lagosta é predominante. A exploração também ocorre nos arrecifes costeiros do litoral nordestino. É importante destacar que, das três espécies de lagostas exploradas comercialmente no Nordeste do Brasil, esta é a única que não dispõe de legislação que regule sua captura, devido à escassez de informações científicas disponíveis.

A localização ímpar do ASPSP, somada à facilidade de coleta e observação de lagostas, tornou possível a realização dos estudos bioecológicos e pesqueiros apresentados no presente capítulo.

Os resultados obtidos, especialmente aqueles relacionados à biologia reprodutiva, hábitos alimentares, comportamento e avaliação e caracterização do ciclo de vida, aportaram informações técnico-científicas fundamentais para uma melhor compreensão da importância destes crustáceos na cadeia trófica local, gerando subsídios para que os órgãos governamentais responsáveis pela implementação da legislação pesqueira possam, com base em dados científicos, elaborar portarias de regulamentação e planos de manejo que permitam a exploração sustentável deste importante recurso pesqueiro.

Agradecimentos

Agradecemos à Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM), bem como ao Programa Arquipélago de São Pedro e São Paulo e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio e pela ajuda logística; a todos os pesquisadores do Programa Arquipélago que participaram das expedições de coleta e aos colegas do Laboratório de Biologia Pesqueira da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, que tanto ajudaram nas coletas dos animais.

Referências bibliográficas

- Barreto, A.V.; Ivo, C.T.C. & Katsuragawa, M. 2003. **Comprimento médio na primeira maturidade gonadal dos machos da Lagosta Pintada, *Panulirus echinatus* (Smith, 1869), em recifes costeiros de Tamandaré, Pernambuco Brasil.** Boletim Técnico Científico do CEPENE 11: 91-97.
- Cannicci, S.; Gomei, M.; Boddi B. & Vannini, M. 2002. **Feeding habits and natural diet of the intertidal crab *Pachygrapsus marmoratus*: opportunistic browser or selective feeder?** Estuarine, Coastal and Shelf Science 54: 983-1000.
- Castiglioni, D.S. & Santos S. 2000. **Population structure of *Cyrtograpsus angulatus* Dana, 1851 (Brachyura: Grapsidae) in the Lagoa do Peixe, Rio Grande do Sul, Brazil.** Nauplius 8: 173-178.
- Coelho, P.A.; Dias, A.F.; Oliveira, G.M. & Pontes, A.C.P. 1996. **Estudo comparativo da pesca de lagostas com covos, redes-de-espera e mergulho no Estado de Pernambuco.** Boletim Técnico Científico do CEPENE 4: 173-196.
- Darwin, C.R. 1874. **The descent of man, and selection in relation to sex.** 2ed. Appleton, New York.
- Edwards, A. & Lubbock, R. 1983. **The ecology of Saint Paul's Rocks (Equatorial Atlantic).** Journal of Zoology London 200: 51-69.
- Fonleles-Filho, A.A. 1994. **A pesca predatória de lagostas no Estado do Ceará: causas e conseqüências.** Boletim Técnico Científico do CEPENE 2: 107-131.
- Góes, C.A. & Lins-Oliveira, J.E. No prelo. **Natural diet of spiny lobster, *Panulirus echinatus* Smith, 1869 (CRUSTACEA: DECAPODA: PALINURIDAE), from São Pedro and São Paulo Archipelago - Brazil.** Brazilian Journal of Biology.
- Gorini, M.A.; & Carvalho, J.C. 1982. **Geologia da margem continental inferior brasileira e do fundo oceânico adjacente.** In: Schobbenhaus, C. (Ed.). Geologia do Brasil. Ministério de Minas e Energia – República Federativa do Brasil, Brasília.
- Guerao, G.; Pérez-Baquera, J. & Ribera, C. 1994. **Growth and reproductive biology of *Paleomon xiphias* Risso, 1816 (Decapoda: Caridea: Palaemonidae).** Journal of Crustacean Biology 14: 280-288.
- Hartnoll, G. & Gould, P. 1988. **Brachyuran life history strategies and the optimization of egg production.** Symposium of Zoological Society of London 59: 1-9.
- Henriques, V.M.C. 1999. **Dinâmica da Reprodução da cioba, *Lutjanus analis* (Cuvier, 1828) (Osteichthyes: Lutjanidae), no município de Baía Formosa, Rio Grande do Norte.** Dissertação de mestrado, UFRN, Rio Grande do Norte, Natal.
- Herrnkind, W.F.; Vander Walker, J.A & Barr, L. 1975. **Population dynamics, ecology and behavior of spiny lobster *Panulirus argus* of St. John, Us VI. I: Habitation patterns of movement and general behavior.** Science Bulletin of Natural History 20: 31-45.
- IBAMA/CEPENE. 2005. **Relatório final do projeto de monitoramento da atividade pesqueira no litoral do Brasil – projeto estatpesca 2004.** Tamandaré.
- Ivo, C.T.C. 1996. **Biologia, pesca e dinâmica populacional das lagostas *Panulirus argus* (Latreille) e *Panulirus laeviscauda* (Latreille) (Crustacea: Palinuridae), capturadas ao longo da plataforma continental do Brasil, entre os Estados do Amapá e Espírito Santo.** Dissertação de mestrado, UFSCAR, São Paulo.
- Ivo, C.T.C. & Neto J.R. 1996. **Estudo comparativo sobre a pesca de lagostas com covo e rede de espera no Estado do Ceará.** Boletim Técnico Científico do CEPENE 4: 95-134.
- Joll, L.M. & Phillips, B.F. 1984. **Natural diet and growth of juvenile western rock lobsters *Panulirus cygnus* George.** Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 75: 145-169.
- Juinio, M.A.R. 1987. **Some aspects on the reproduction of *Panulirus penicillatus* (Decapoda) (Palinuridae).** Bulletin of Marine Science 4: 242-252.
- Kanciruk, P. 1980. **Ecology of Juvenile and Adult Palinuridae (spiny lobsters).** In Cobb, J. S., Phillips, B. F. (eds), The Biology and Management of Lobsters. Academic Press, New York, 2 vol., 59-96.
- Lins-Oliveira, J.E. 1996. **Estudo do sex-ratio entre Penaeidae através da utilização de um modelo de regressão linear adaptado.** Boletim DOL/CB/UFRN. EDUFRN 9: 67-74.

- Lins-Oliveira, J.E.; Vasconcelos, J.A. & Rey, H. 1993. **A problemática da pesca de lagostas no Nordeste do Brasil.** Boletim Técnico Científico do CEPENE 1: 187-210.
- Little, S.A. & Watson, W.H. 2005. **Differences in the size at maturity of female American lobsters, *Homarus americanus*, captured throughout the range of the offshore fishery.** Journal of Crustacean Biology 25: 585-592.
- Mantelatto, F.L.M. & Martinelli, J.M. 2001. **Relative growth and sexual dimorphism of the South Atlantic hermit crab *Loxopagurus loxochelis* (Anomura: Diogenidae) from Ubatuba, Brazil.** Journal of Natural History 35: 429-437.
- Mayfield, S.; Branch, G.M. & Cockcroft, A.C. 2000. **Relationships among diet, growth rate and food availability for the South African rock lobster, *Jasus lalandii* (Decapoda, Palinuridae).** Crustaceana 73: 815-834.
- Moura, N.F.O.; Coelho Filho, P.A. & Coelho, P.A. 2000. **Population structure of *Goniopsis cruentata* (Lateille, 1803) in the Paripe estuary, Brazil.** Nauplius 8: 73-78.
- Mousseau, T.A. & Fox, C.W. 1998. **The adaptative significance of maternal effects.** Trends in Ecology and Evolution 13: 403-407.
- Paiva, M.P. 1995. **Levantamento do estado da arte de pesquisa dos recursos vivos marinhos do Brasil.** (Programa REVIZEE – Recursos Pesqueiros). MMA/SMA/FEMAR/SECIRM.
- Pathwardan, S.S. 1935. **On the structure and mechanisms of the gastric mill in Decapoda. IV – The structure of the gastric mill in reptantous Macrura.** Proceedings of the Indian Academic Science 1: 414-422.
- Phillips, B.F.; Cobb, J.S. & George, R.W. 1980. **General Biology.** In Cobb, J. S. & Phillips, B. F. (eds), The Biology and Management of Lobsters. Academic Press, New York, 1 vol. 1-82.
- Pinheiro, M.A.A. & Fransozo, A. 1998. **Sexual maturity of the speckled swimming crab *Arenaeus cribrarius* (Lamarck, 1818)(Decapoda: Brachyura: Portunidae) in the Ubatuba litoral, São Paulo State, Brazil.** Crustaceana 71: 134-152.
- Pinheiro, A.P. & Lins-Oliveira, J.E. 2006. **Reproductive Biology of *Panulirus echinatus* (Crustacea: Palinuridae) from São Pedro and São Paulo Archipelago, Brazil.** Nauplius 14: 89-97.
- Pinheiro, A.P.; Freire, F.A.M. & Lins-Oliveira, J.E. 2003. **Population biology of *Panulirus echinatus* Smith, 1869 (Decapoda: Palinuridae) from São Pedro e São Paulo Archipelago, Northeastern Brazil.** Nauplius 11: 27-35.
- Sainte-Marie, B. & Chabot, D. 2002. **Ontogenic shifts in natural diet during benthic stages of American lobster (*Homarus americanus*), off the Magdalen Islands.** Fishery Bulletin 100: 106-116.
- Shine, R. 1988. **The evolution of large body size in females: A critique of Darwin's "fecundity advantage" model.** American Naturalist 131: 124-131.
- Soares, C.N.C. 1994. **Época de Reprodução da Lagosta *Panulirus argus* (Latreille), no litoral do Estado do Ceará.** Dissertação de mestrado, UFC, Fortaleza, Ceará.
- Soares, C.N.C. & Peret, A.C. 1998. **Tamanho médio de primeira maturação da lagosta *Panulirus laevicauda* (Latreille), no litoral do Estado do Ceará, Brasil.** Arquivos de Ciência do Mar 31: 12-27.
- Stoner, A.W. & Zimmerman, R.J. 1988. **Food pathways associated with penaeid shrimps in a mangrove-fringed estuary.** Fishery Bulletin 86: 543-552.
- Vasconcelos, J.A. & Lins-Oliveira, J.E. 1996. **Comparative study on the lobster fisheries with trap nets and fishing by diving in the Rio Grande do Norte State.** Boletim Técnico científico do CEPENE 4: 135-172.
- Vasconcelos, J.A.; Vasconcelos, E.M.S. & Lins-Oliveira, J.E. 1994. **Captura por unidade de esforço dos diferentes métodos de pesca (rede, mergulho e covo) empregados na pesca lagosteira do Rio Grande do Norte (Nordeste-Brasil).** Boletim Técnico Científico do CEPENE 2: 133-153.
- Vasconcelos, J.A. & Vasconcelos, E.M.S. 1994. **Determinação de novos parâmetros biométricos das lagostas *Panulirus argus* (Latreille) e *Panulirus laevicauda* capturadas no litoral do Rio Grande do Norte.** Boletim Técnico Científico do CEPENE 2(1): 51-58.
- Vazzoler, A.E.A.M. 1982. **Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes: reprodução e crescimento.** Brasília: CNPq.
- Wenner, A.M. 1972. **Sex ratio as a function of size in marine crustacea.** American Naturalist 106: 321-350.
- Zhang, D.; Lin, J. & Creswell, R.L. 1997. **Effect of eyestalk ablation on molt cycle and reproduction in the banded coral shrimp, *Stenopus hispidus* (Oliver).** Journal of Shellfish Research 16: 363-366.

Capítulo 20

Biologia de *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) (Brachyura) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo: Maturidade Sexual, Fecundidade, Crescimento e Ecologia Larval

Andrea Santarosa Freire
Marcelo Antônio Amaro Pinheiro
Mariana Mitsue Teschima
Katryana Camila Madeira
Andréa Green Koettker
Heloísa da Silva
Fernando D'Incao



Resumo

Grapsus grapsus é um caranguejo semiterrestre observado em grande quantidade nas ilhas oceânicas brasileiras. Foram realizadas 11 expedições ao Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPP) entre fevereiro/2003 e maio/2005 para estudar aspectos da sua biologia reprodutiva, crescimento e ecologia larval, e foram efetuadas a biometria e a análise do desenvolvimento gonadal dos caranguejos capturados para a determinação do tamanho da maturidade sexual morfológica, fisiológica e funcional. A fecundidade (número de ovos) foi obtida por meio da contagem e da pesagem de massa de ovos de fêmeas ovígeras ($n = 80$). Amostras de plâncton foram coletadas ao redor das ilhas durante o amanhecer e anoitecer. A largura da carapaça (LC) dos machos ($39,88 \pm 12,10$ milímetros) foi significativamente maior que a das fêmeas ($35,92 \pm 11,12$ milímetros). As fêmeas atingem maturidade funcional (LC = 33,8 milímetros) anteriormente aos machos (LC = 51,4 milímetros). A média da taxa de fecundidade das fêmeas foi 23.181 ovos (± 15.151), sendo o LC correspondente 41,74 milímetros ($\pm 5,38$). A longevidade máxima foi estimada em 942 dias e 890 dias para machos e fêmeas, respectivamente. As larvas do caranguejo *G. grapsus* ocorreram em todas as estações do ano, preferencialmente próximo às ilhas e no período noturno. No ASPP, a espécie está sujeita a condições ambientais extremas, como fortes ondas que varrem as ilhas, ausência de predadores sobre os adultos e o expressivo isolamento geográfico. Tais condições são determinantes dos comportamentos e parâmetros biológicos registrados no local.

Abstract

Biology of Grapsus grapsus (Linnaeus, 1758) (Brachyura) in the Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brazil: Sexual Maturity, Fecundity, Growth and Larval Ecology

The Rocky Shore Crab Grapsus grapsus is very abundant in the Brazilian oceanic islands. Eleven expeditions were conducted at the Arquipélago de São Pedro e São Paulo (St. Peter and St. Paul Rocks – SPSPR) from February/2003 to May/2005 to study the reproductive biology, growth and larval ecology of the species. The biometry and gonadal development analysis were conducted in the sampled crabs to estimate the size of the morphological, physiological and functional maturity. The fecundity (number of eggs) was obtained from counting and weighting the egg mass of ovigerous females ($n=80$). Plankton samples were collected near the islands, during dusk and dawn. The carapace length (CL) of males ($39.88 \pm 12.10\text{mm}$) was significantly larger than females ($35.92 \pm 11.12\text{mm}$). The females reached the functional maturity (CL=33.8mm) before males (CL=51.4mm). The mean fecundity was 23,181 eggs ($\pm 15,151$), with the correspondent CL of 41.74 mm (± 5.38). Maximum age was estimated in 942 days and 890 days for males and females respectively. Grapsus grapsus larvae were registered in all seasons, mainly near the islands and during dusk. In SPSPR, the species is under extreme environmental conditions, as rough waves, lack of predators to adult crabs and the huge geographic isolation. These conditions are determinant of their behavior and biological parameters registered in the site.

Introdução

O caranguejo *Grapsus grapsus* (LINNAEUS, 1758) (**Figuras 20.1 e 20.2a**) é uma espécie muito comum nos costões rochosos das ilhas oceânicas brasileiras e de todo o oceano Atlântico, distribuindo-se da Flórida, EUA, até o Espírito Santo, Brasil, no Atlântico ocidental; e da Califórnia, EUA, ao Chile e Galápagos, no Pacífico oriental (MELO, 1996). Apresenta um padrão circuntropical de distribuição e ocorre no cinturão tropical em três ou mais oceanos. As espécies circuntropicais da família Grapsidae conseguiram transpor as barreiras geográficas existentes para a distribuição longitudinal (grandes profundidades e a distância entre o continente africano e o americano) ou se dispersaram antes da formação de tais barreiras, indicando serem espécies muito antigas (RATTI, 2004).



Figura 20.1. *Grapsus grapsus* (LINNAEUS, 1758) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

Evolutivamente, as espécies de Grapsidae são muito interessantes e ocupam habitats que vão desde os ambientes intermareais até os bosques tropicais (ABLE et al., 1986). Esta capacidade de adaptação está associada a um complexo comportamento social, caracterizado por uma variedade de sinais e demonstrações ritualizadas (SEIPLE & SALMON, 1982). Os caranguejos grapsídeos de costões rochosos aparentemente afetam a comunidade sésil por alimentação preferencial sobre uma assembléia de algas ou mesmo por seu comportamento oportunista em relação a uma ampla variedade de itens alimentares (FLORES & PAULA, 2002a). Os caranguejos da zona intermareal também contribuem para o fluxo de energia do ambiente marinho para o terrestre, pois são predados por diversos vertebrados, inclusive aves marinhas (SPIVAK & SANCHES, 1992).

No Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (00°55'01"N–29°20'44"W), *G. grapsus* é observado em grande abundância sobre as rochas emersas, nas frestas entre as rochas abaixo da região intermareal e sobre os ninhais do atobá-marrom *Sula leucogaster* e das viuvinhas *Anous stolidus* e *Anous minutus*.

A biologia dos caranguejos grapsídeos de regiões estuarinas e costões rochosos tem sido estudada desde 1940 (FLORES & PAULA, 2002a), no entanto, existem poucos trabalhos publicados sobre *G. grapsus*, que se restringem apenas a observações sobre sua ocorrência e comportamento no ASPSP (HOLTHUIS et al., 1980), como também em Cuba (RATHBUN, 1918), Atol das Rocas (COELHO, 1965) e Fernando de Noronha (FAUSTO-FILHO, 1974; ESTON et al., 1986). Recentemente, aspectos de sua biologia foram estudados no litoral do Peru (ROMERO, 2003), além de descrito seu primeiro

estágio larval (GUERAO et al., 2001). No ASPSP, ocorre uma elevada interação entre *G. grapsus* e as aves locais: os caranguejos predam ovos e filhotes de *S. leucogaster* quando estes são perturbados pela presença humana na ilha (DARWIN, 1891; NELSON, 1978). Both (2001) inclusive salienta que *G. grapsus* pode constituir uma ameaça à conservação da população local de aves. Observações no ASPSP evidenciaram a inexistência de predadores em terra para os indivíduos adultos de *G. grapsus*, possibilitando a distribuição de exemplares desta espécie até o topo do Morro do Farol. Dessa forma, é de suma importância estudar o papel desta espécie no ecossistema local, como também caracterizar e monitorar sua biologia populacional.

O ciclo de vida dos caranguejos envolve a ocorrência de larvas planctônicas, o assentamento de pós-larvas e o crescimento em uma série de estágios imaturos e maduros. A transição entre os estágios imaturos (juvenis) e maduros (adultos) é acompanhada de mudanças na taxa de crescimento de algumas dimensões corpóreas, como a quela dos machos e o abdômen das fêmeas que se altera, expressivamente, com a muda pubertária. Com as alterações de tamanho destas estruturas, os exemplares de cada sexo tornam-se aptos morfologicamente à reprodução (maturidade morfológica). No entanto, para que os caranguejos possam se reproduzir, é necessário também que suas gônadas estejam maduras (maturidade fisiológica) e que eles possam executar comportamentos específicos (maturidade funcional). A maturidade morfológica, fisiológica e funcional nem sempre é sincronizada, podendo ser atingida em diferentes mudas (LÓPEZ-GRECO & RODRIGUEZ, 1999). Assim, análises comparativas que descrevam o tamanho em que cada sexo adquire características morfológicas e reprodutivas têm grande importância biológica (PINHEIRO & FRANZOSO, 1998). A determinação do tamanho em que ocorre o início da maturidade sexual de caranguejos é utilizada na implantação de planos de manejo de espécies pesqueiras, o que garante que a população possa atingir a maturidade e se reproduzir, ao menos, uma vez (KNUCKEY, 1996), e deve ser aplicado também ao monitoramento de populações em Unidades de Conservação.

O tamanho do início da maturidade, fecundidade e output reprodutivo é considerado o parâmetro básico da história de vida de uma espécie, refletindo em investimento na reprodução (ANGER & MOREIRA, 1998). A fecundidade (número de ovos incubados no abdômen das fêmeas por desova) é um parâmetro considerado importante para a determinação do potencial reprodutivo em crustáceos pleociematos (MANTELLATO & FRANZOSO, 1997) e pode ser afetada por fatores exógenos, como a temperatura, e também por fatores endógenos, como taxa de crescimento, idade do animal, comportamentos diferenciais associados à cópula e tempo de viabilidade dos espermatozóides na espermateca (HATTORI & PINHEIRO, 2003), variando intespecificamente e entre populações de uma mesma espécie em diferentes áreas (PINHEIRO et al., 2003). Dentre os caranguejos semiterrestres, a fecundidade de muitas espécies de grapsídeos estuarinos foi estudada (PINHEIRO et al., 2003), mas existem poucos trabalhos publicados com espécies de costões rochosos (FLORES & PAULA, 2002b).

A idade de primeira maturação e o decréscimo da fecundidade com a idade são exemplos da influência da idade no processo reprodutivo. A idade dos caranguejos é uma informação básica ao entendimento dos processos de reprodução, crescimento e mortalidade: por exemplo, o crescimento pode ser definido como a variação do tamanho (ou peso) com a idade; a taxa de mortalidade, por sua vez, é comumente idade-dependente.

O estudo do crescimento em crustáceos é difícil porque este grupo não apresenta estruturas rígidas que registrem eventos sazonais (como os otólitos e escamas dos peixes), o que não permite que se determine, diretamente, a idade dos indivíduos e a estrutura etária das populações (HARTNOLL, 1982). As aproximações comumente utilizadas para a determinação da idade em crustáceos são a manutenção de animais de idade conhecida em cativeiro, experimentos de marcação-soltura-recaptura e análises de dados de distribuição de frequência em tamanho (BLHUM & BREY, 2001; PAULY *et al.*, 1984).

A quantificação da idade e das taxas de crescimento de uma espécie, assim como seus aspectos reprodutivos, são informações básicas ao estabelecimento de medidas conservacionistas em ilhas oceânicas. Outra informação importante para a conservação das populações das ilhas é a integração do conhecimento sobre todas as fases do ciclo de vida das espécies, especialmente no caso de *G. grapsus*, que apresenta uma fase pelágica e outra semiterrestre.

Durante a desova, as fêmeas de caranguejos auxiliam a liberação e eclosão dos ovos com movimentos rítmicos do abdômen e manipulação da massa ovígera com as quelas. Do ovo eclode uma forma embrionária conhecida como pré-zoé, que rapidamente sofre uma muda para o primeiro estágio de zoé (WARNER, 1977). A maior parte das espécies de grapsídeos apresenta de quatro a seis estágios larvais planctônicos, sendo que as espécies com cinco ou mais estágios normalmente exibem uma maior amplitude de distribuição geográfica (ANGER, 1995). Posteriormente, as larvas passam por metamorfose para a fase de megalopa ou pós-larva. A duração do desenvolvimento larval de *G. grapsus* ainda não foi descrita, embora o seu padrão de distribuição circuntropical, aliado ao número expressivo de estágios de zoés em Grapsidae, sugere que a dispersão larval pelágica representa um importante papel na colonização de novas áreas, repercutindo no amplo alcance geográfico desta espécie. Por outro lado, o isolamento geográfico do ASPSP sugere que a população de *G. grapsus* seja mantida principalmente por auto-recrutamento.

Este capítulo reúne os estudos em andamento sobre o caranguejo *G. grapsus* no ASPSP e apresenta informações sobre sua biologia reprodutiva (maturidade e fecundidade), crescimento (análise dos deslocamentos modais em distribuições de frequência de classes de tamanho) e ecologia larval (abundância e variação espaço temporal).

Material & métodos

O ASPSP está localizado no oceano Atlântico entre o Brasil e a África, próximo à linha do Equador, a 1.100 km da costa brasileira (**Figura 20.2b**). As águas em torno do arquipélago pertencem à Zona Econômica Exclusiva do Brasil (ZEE), sendo reconhecidas internacionalmente por seu potencial pesqueiro, particularmente de grandes peixes migratórios, como os atuns. Suas quatro maiores ilhotas estão separadas por pequenos canais, formando entre si uma enseada em forma de ferradura com profundidade entre 4 e 25 metros. A ilha Belmonte é a maior das 14 ilhas que compõe o Arquipélago, com cerca de 500 m².

A captura dos caranguejos foi realizada na ilha Belmonte, nas áreas de nidificação dos atobás, piscinas de marés e costões rochosos. Os caranguejos foram coletados manualmente entre

fevereiro/2003 e maio/2005 e imediatamente embalados e congelados. Alguns comportamentos da espécie foram também observados em campo e registrados por fotografias.

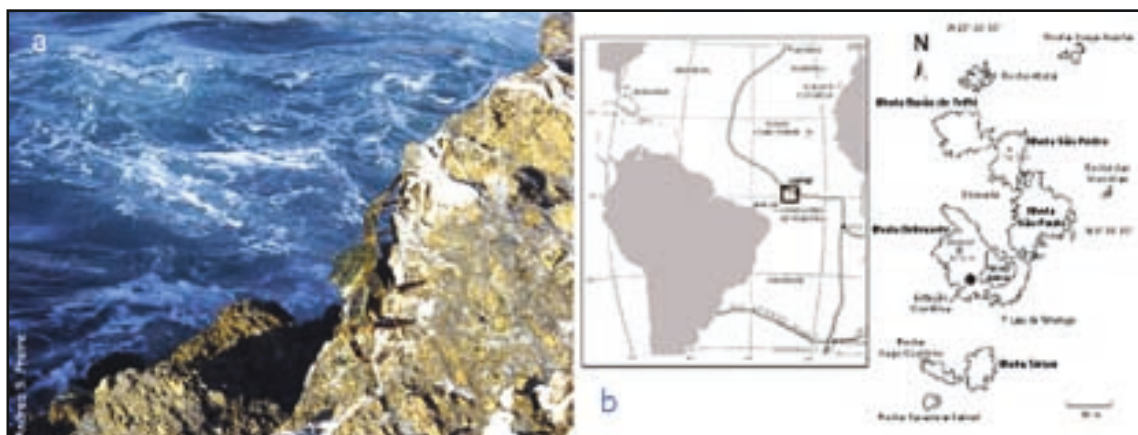


Figura 20.2. a) *Grapsus grapsus*; b) localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (adaptado de BOWEN, 1966) e da ilha Belmonte (adaptado de FEITOZA et al., 2003).

As larvas de *G. grapsus* foram obtidas a partir de arrastos de plâncton realizados em abril, agosto e novembro/2003 (outono, inverno e primavera, respectivamente) e março/2004 (verão). As amostras foram coletadas na enseada e em diferentes distâncias ao redor do ASPSP (100 metros, 500 metros e 1.500 metros), compreendendo três réplicas por distância, colhidas nos períodos diurno e noturno. Em abril, não houve coleta na enseada e o outono foi representado por amostras coletadas posteriormente (maio/2005). Os arrastos foram horizontais e de superfície, realizados com uma rede cônico-cilíndrica de 200 μ m de malha com fluxômetro acoplado. As amostras foram fixadas em formaldeído 4% neutralizado com bórax.

Em laboratório, os exemplares tiveram as seguintes estruturas morfológicas medidas com paquímetro de precisão (0,05 milímetros): carapaça (maior largura cefalotorácica = LC), abdome (maior largura do 5º somito = LA), quela maior (comprimento do própodo = CP) e gonopódio (comprimento do primeiro par = CG). Os animais foram classificados segundo seu estágio de maturação gonadal, de acordo com Pinheiro & Fransozo (2002). A massa de ovos e três alíquotas com 1.000 ovos de cada fêmea foram desidratadas em estufa (48 h por 60° C) e pesadas em balança analítica (0,001 grama), com posterior quantificação do número total de ovos (fecundidade individual = NO). A fecundidade potencial de espécie foi estabelecida por ajuste de função potência ($y=axb$) aos pontos empíricos da relação NO x LC. Os ovos foram medidos e caracterizados sob microscópio estereoscópio com aumento de 100x.

O tamanho no início da maturidade morfológica e fisiológica foi determinado para cada sexo, seguindo os métodos descritos por Hattori & Pinheiro (2007). A maturidade morfológica foi estimada por análise das relações biométrica entre CP x LC e CG x LC (machos) e LA x LC (machos e fêmeas). Os dados também foram ajustados pela função potência para a obtenção da constante que especifica o padrão de crescimento de crescimento relativo (b). O software MATURE 1 e 2 (SOMERTON & MACINTOSH, 1983) foi utilizado para estimar a maturidade de acordo com o padrão de crescimento obtido anteriormente. A maturidade fisiológica foi estabelecida com base no tamanho em que metade da população se encontra com gônadas maduras, sendo os caranguejos com gônadas imaturas considerados juvenis. Os gráficos de frequência de adultos por tamanho foram ajustados segundo Fonteles-Filho (1989). A maturidade morfológica e fisio-

lógica obtida para cada sexo foi comparada para verificar a possível sincronia destes eventos e para se determinar a maturidade funcional.

Foram obtidas distribuições de frequência em classes de tamanho (5 milímetros de LC) para cada sexo por data de amostragem. As distribuições foram constituídas por componentes normais, apresentando característica polimodal. A dispersão das médias das curvas normais em relação ao tempo (dias) foi utilizada para se estimar as curvas de crescimento segundo o modelo de Bertalanffy (1938). A longevidade ($t_{máx}$) foi estimada pela equação de crescimento invertida, considerando que o tamanho corpóreo esperado (LC) atinja 99% do comprimento assintótico (D'INCAO & FONSECA, 1999).

Os parâmetros de crescimento foram estimados variando os parâmetros da equação (k , t_0 e LC_{inf}). Foi selecionada uma coorte para cada sexo, que apresentou ritmo de crescimento e consistência biológica ao ciclo de vida da espécie (longevidade, coeficiente de crescimento e comprimento assintótico). O coeficiente de determinação (R^2) foi considerado para a escolha da curva de melhor ajuste aos dados obtidos e as idades foram corrigidas com base no valor de t_0 .

As larvas da espécie foram triadas integralmente na maioria das amostras, embora algumas tenham sido analisadas por subamostragem, utilizando pipeta de 10 mL. As zoés de *G. grapsus* foram identificadas de acordo com Brossi-Garcia & Rodrigues (1993, 1997), Fransozo *et al.*, (1998); Guerao *et al.* (2001) e Flores *et al.* (2003), estando as amostras de verão (março/2004) ainda em análise. Os resultados de abundância larval (ind. $\times 100m^{-3}$) foram expressos em histogramas específicos.

Resultados

Foram capturados 703 exemplares (383 machos e 320 fêmeas). Os machos apresentaram o tamanho (LC) variando de 14,2 a 69,5 milímetros ($39,88 \pm 12,10$ milímetros), com média significativamente superior ($p < 0,05$) à das fêmeas, cuja variação foi de 9,1 a 57,3 milímetros ($35,92 \pm 11,12$ milímetros).

Maturidade morfológica, fisiológica e funcional

A relação CP x LC em machos foi representada por três regressões matemáticas: a) $LC < 28$ mm: $CP = 0,544LC^{0,91}$ ($n = 74$; $r^2 = 0,94$); b) $28 \leq LC < 51,4$ mm: $CP = 0,214LC^{1,19}$ ($n = 228$; $r^2 = 0,96$); c) $LC \geq 51,4$ mm: $CP = 0,0179LC^{1,82}$ ($n = 68$; $r^2 = 0,90$) (**Figura 20.3a**). O programa MATURE 1 revelou melhor ajuste de duas regressões ao conjunto de dados relativos aos exemplares com $LC < 54$ milímetros ($F = 36,11$; $p < 0,01$), evidenciando com $LC = 28$ milímetros (tamanho na muda pré-puberal), o ponto de separação entre elas. Neste caso, a linha fase inferior caracteriza um crescimento alométrico negativo ($b = 0,91$), passando a alométrico positivo na linha fase superior ($b = 1,19$). O mesmo foi verificado para o grupo de animais com $LC > 51,4$ milímetros, também representado por duas regressões ($F = 63,84$; $p < 0,01$), com elevação expressiva da constante de crescimento alométrico (b) de 0,91 para 1,84 a partir deste tamanho, que representa o ponto de separação entre estas regressões (tamanho na muda puberal).

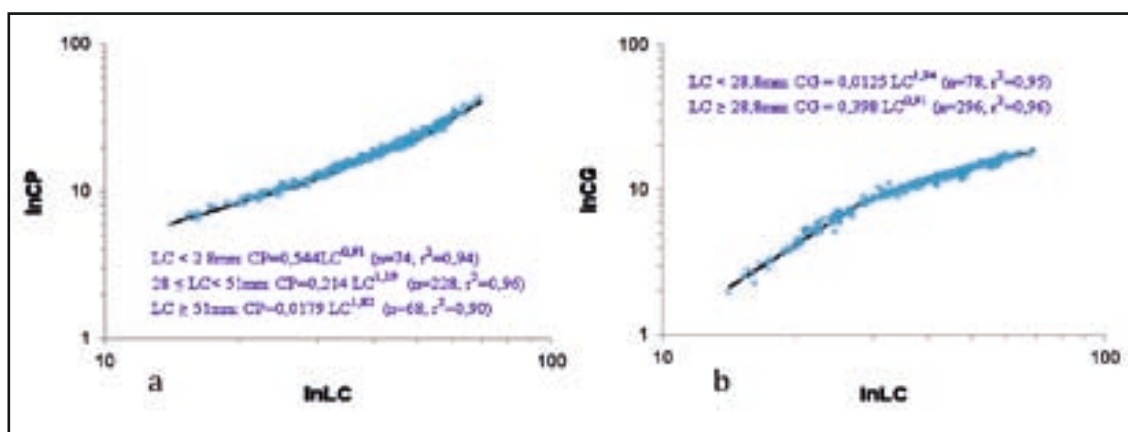


Figura 20.3. Análise de regressão em machos de *Grapsus grapsus* para a relação biométrica (a) do comprimento do propódio (CP) (n = 370) e (b) comprimento do gonopódio (CG) (n = 374) pela largura cefalotorácica (LC).

A relação CG x LC foi representada por duas regressões matemáticas: a) $LC < 28,8 \text{ mm}$: $CG = 0,0125 LC^{1,94}$ (n = 78; $r^2 = 0,95$) e b) $LC \geq 28,8 \text{ mm}$: $CG = 0,398 LC^{0,91}$ (n = 296; $r^2 = 0,96$) (**Figura 20.3b**). O programa MATURE 1 revelou melhor ajuste de duas regressões ao conjunto de dados desta relação biométrica ($F = 532,17$; $p < 0,01$), evidenciando com $LC = 28,8$ milímetros (tamanho na muda pré-puberal), o ponto de separação entre elas. Neste caso, a linha fase inferior caracteriza um expressivo crescimento alométrico positivo ($b = 1,94$), passando a um crescimento alométrico negativo a partir deste tamanho ($b = 0,91$).

A relação LA x LC em fêmeas foi representada por três regressões matemáticas: a) $LC < 23,8 \text{ mm}$: $LA = 0,119 LC^{1,37}$ (n = 52; $r^2 = 0,98$); b) $23,8 \leq LC < 33,8 \text{ mm}$: $LA = 0,0314 LC^{1,80}$ (n = 87; $r^2 = 0,94$); c) $LC \geq 33,8 \text{ mm}$: $LA = 0,777 LC^{0,96}$ (n = 176; $r^2 = 0,97$) (**Figura 20.4**). O programa MATURE 1 revelou melhor ajuste de duas regressões ao conjunto de dados representado pelos exemplares com $LC < 23,8$ milímetros ($F = 27,42$; $p < 0,01$), evidenciando com $LC = 23,8$ milímetros (tamanho na muda pré-puberal), o ponto de separação entre elas. Neste caso, a linha fase inferior caracteriza um crescimento alométrico positivo ($b = 1,37$), com aumento da taxa de alometria positiva na linha fase superior ($b = 1,80$).

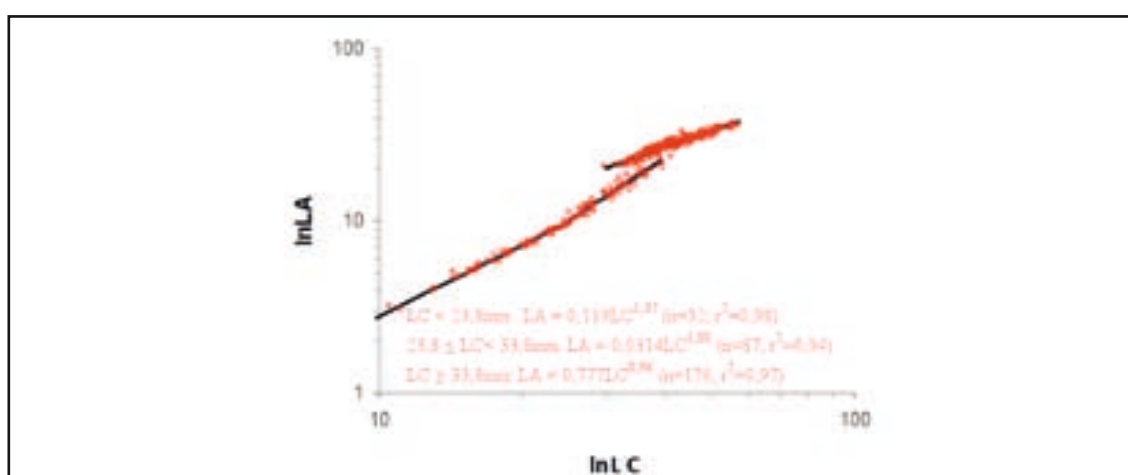


Figura 20.4. Análise de regressão em fêmeas de *Grapsus grapsus* para a relação biométrica da largura do abdômen (LA) pela largura da carapaça (LC) (n = 315).

Entre 29,9 a 39,35 milímetros de largura cefalotorácica, foi constada sobreposição entre dois conjuntos de pontos no diagrama de dispersão, tendo sido utilizado o programa MATURE 2 para o cálculo das regressões e estimativa do tamanho na maturidade. Neste caso, a linha fase inferior é a mesma que representa a linha fase superior no conjunto de dados analisado anteriormente, evidenciando uma elevada taxa de crescimento alométrico positivo para a variável LA ($b = 1,80$), que assume tendência isométrica na linha fase superior com a qual apresenta sobreposição ($b = 0,96$). Estas duas regressões apresentaram expressiva diferença entre si ($F = 769,91$; $p < 0,01$).

A **Figura 20.5** representa a curva de maturidade fisiológica de cada sexo e observa-se que a maturidade dos machos (38,4 milímetros) ocorreu com tamanho superior ao das fêmeas (33,4 milímetros).

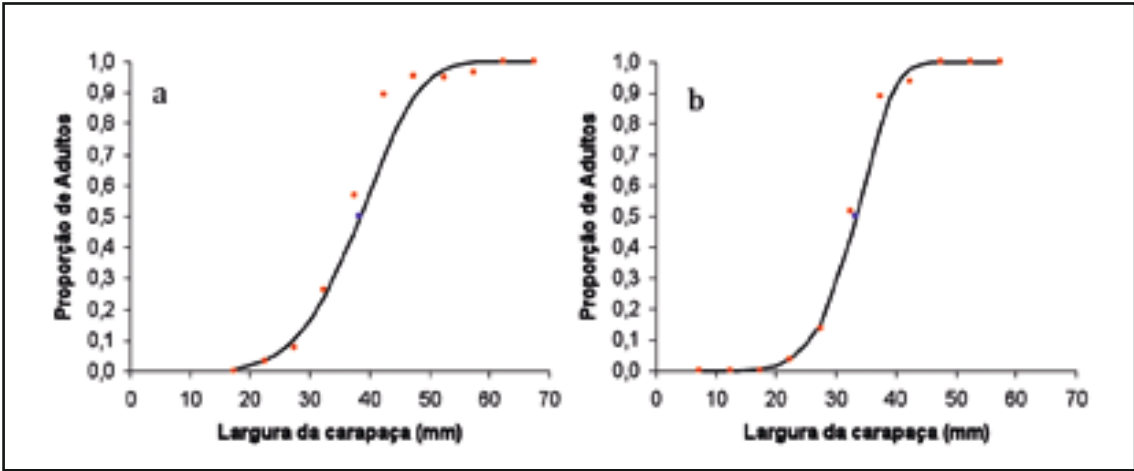


Figura 20.5. Curva de maturidade fisiológica de *Grapsus grapsus* para (a) machos ($n = 288$) e (b) fêmeas ($n = 303$).

A **Tabela 20.1** apresenta a comparação entre os valores obtidos para a maturidade morfológica e fisiológica de machos e fêmeas de *G. grapsus*.

Tabela 20.1. Estimativas de maturidade morfológica e fisiológica de <i>Grapsus grapsus</i> no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.							
Sexo	Maturidade sexual morfológica						Maturidade sexual fisiológica (LC mm)
	Relação biométrica	Alometria	Ponto de separação (LC mm)	Alometria	Ponto de separação (LC mm)	Alometria	
Machos	CP x LC	--	28,0	+	51,4	+++	38,4
	CG x LC	+++	28,8	–			
Fêmeas	LA x LC	++	23,8	+++	33,8	0	33,4

Os machos de *G. grapsus* apresentam maturidade morfológica com tamanho (LC) variando entre 28,0 e 31,2 milímetros, anterior à maturidade fisiológica (38,4 milímetros). Na muda pré-puberal ($28,0 < LC < 31,2$ mm), são perceptíveis modificações na taxa de alometria das variáveis CP e CG, embora a maior modificação quelar ocorra a partir de 51,4 milímetros, quando acontece a muda puberal deste sexo, com otimização da condição de manipulação da fêmea na cópula.

Para as fêmeas, a análise da relação LA x LC evidenciou duas modificações na linha de tendência dos pontos, ocorrendo a primeira com 23,8 milímetros (muda pré-puberal) e outra com 33,8

milímetros (muda puberal). O tamanho de maturidade fisiológica das fêmeas (33,4 milímetros) foi praticamente síncrono ao de maturidade morfológica (33,8 milímetros).

Assim, as fêmeas atingem maturidade funcional (33,8 milímetros) anteriormente aos machos (51,4 milímetros).

Fecundidade

Foram encontradas fêmeas ovígeras (**Figura 20.6a**) em todas as expedições, havendo uma tendência a maior ocorrência durante o verão e a primavera (**Figura 20.6b**).

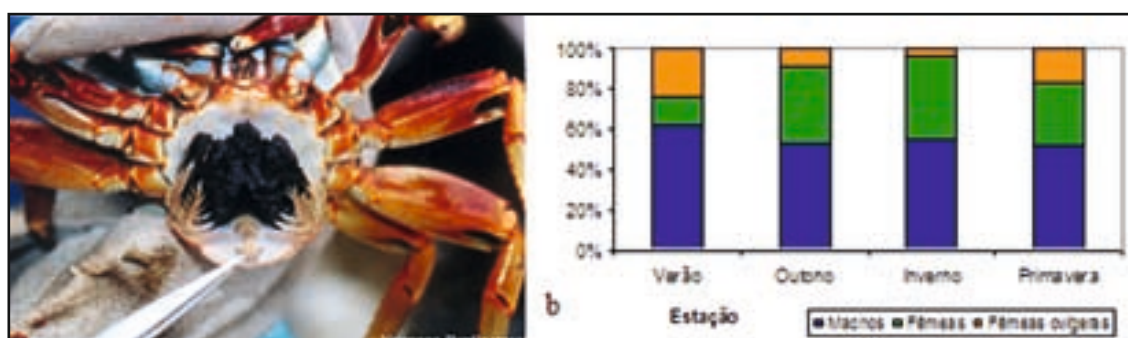


Figura 20.6. a) fêmea ovígera de *Grapsus grapsus*; b) proporção de machos, fêmeas não ovígeras e fêmeas ovígeras em cada estação do ano, entre fevereiro/2003 e maio/2005.

As fêmeas ovígeras analisadas ($n = 80$) apresentaram tamanho variando de 31,6 a 55,4 milímetros ($41,7 \pm 5,38$) e peso variando de 11,5 a 59 gramas ($27,7 \pm 10,4$). A fecundidade variou de 2.359 a 83.551 ovos (23.181 ± 15.151) e os ovos apresentaram diâmetro entre 0,27 e 0,49 milímetros ($0,36 \pm 0,02$). A maioria das fêmeas apresentou ovos nos estágios iniciais e intermediários de desenvolvimento embrionário (**Figura 20.7**) e apenas 33% apresentaram em estágio final. Neste último caso, o embrião ocupava praticamente todo o volume do ovo, sendo possível visualizar os olhos compostos, cromatóforos abdominais e dorsais, grumos vitelínicos, gotas de óleo, carapaça, maxilípedes e somitos abdominais.

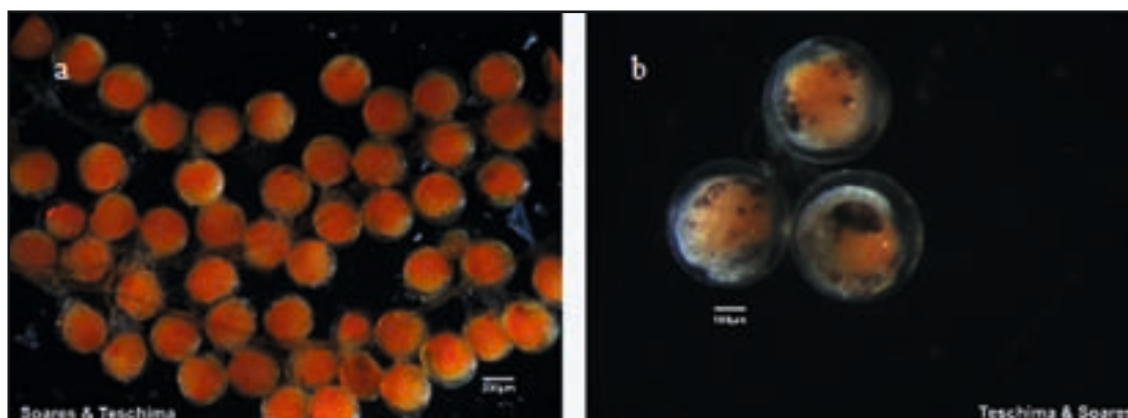


Figura 20.7. Ovos de *Grapsus grapsus* no estágio (a) intermediário e (b) final de desenvolvimento.

A fecundidade (número de ovos) foi positivamente correlacionada com o tamanho da fêmea (LC), relação expressa por equação matemática apresentada na **Figura 20.8a**. Os coeficientes de determinação (r^2) foram altos nos ovos em estágio inicial devido ao pequeno número de fêmeas analisadas. Os coeficientes foram baixos nos ovos no estágio final possivelmente por perda de ovos pelas fêmeas nesta fase. Assim, optou-se por aceitar a regressão NO x LC realizada com os ovos iniciais e intermediários como a mais representativa da espécie ($NO = 612,11LC^{1,071}$; $n = 77$; $p < 0,01$). A regressão realizada com as fêmeas por classes de tamanho (**Figura 20.8b**) mostrou aumento da variabilidade da fecundidade em tamanhos acima de 45 milímetros.

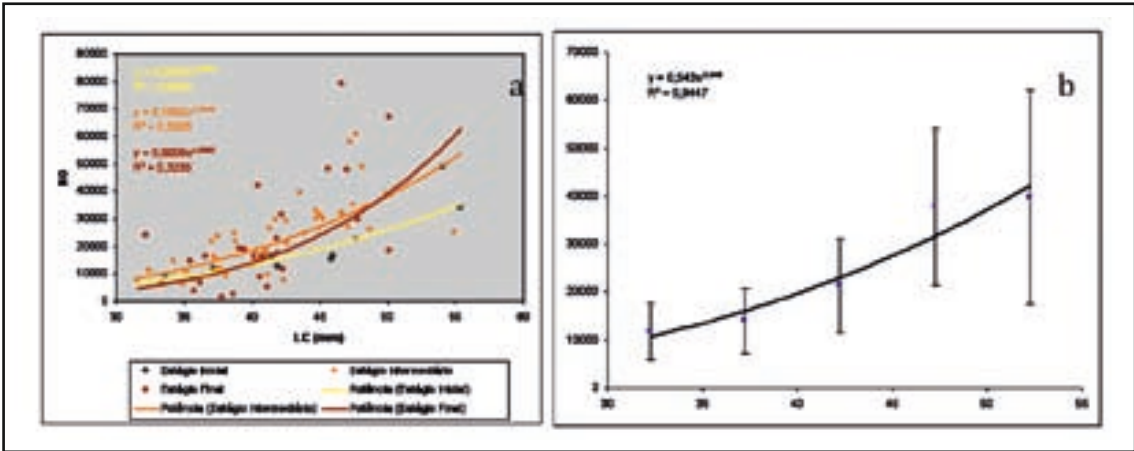


Figura 20.8. a) gráfico de dispersão e função potência da fecundidade (número de ovos = NO) pelo tamanho da fêmea (largura da carapaça = LC) de *Grapsus grapsus* com ovos em estágio inicial, intermediário e final (b) média e desvio da fecundidade (NO) nas classes de tamanho (LC) para ovos em estágios inicial e intermediário.

Considerando a maturidade sexual das fêmeas (LC = 33,8 milímetros), o tamanho médio das fêmeas ovígeras (LC = 42 milímetros) e a variabilidade da fecundidade acima de 45 milímetros, sugere-se nesta espécie que o valor de 45 milímetros de LC para as fêmeas seja uma referência para a manutenção da viabilidade da reprodução no local.

Crescimento

As médias das curvas normais ajustadas às distribuições de freqüência em tamanho (LC) foram plotadas em função do tempo (dias), possibilitando a obtenção das curvas de crescimento. As curvas selecionadas apresentaram elevado coeficiente de correlação ($r = 0,96$) para ambos os sexos, assim como tamanho assintótico (LC_{∞}) compatível com os tamanhos máximos observados para os machos (69,5 milímetros) e fêmeas (57,3 milímetros).

Os parâmetros das curvas de crescimento e a longevidade máxima estimados para os sexos são apresentados na **Tabela 20.2** e as curvas de crescimento na **Figura 20.9**.

Tabela 20.2. Parâmetros de crescimento do modelo de Bertalanffy (LC_{∞} , k , e t_0) e de longevidade máxima ($t_{m\acute{a}x}$), estimados para as coortes de *G. grapsus* do Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

	LC_{∞}	k (dias)	T_0	$T_{m\acute{a}x}$ (dias)	$T_{m\acute{a}x}$ (anos)
Machos	71,82	0,00412	-175,5	942,1	2,6
Fêmeas	46,01	0,00456	-119,5	890,2	2,4

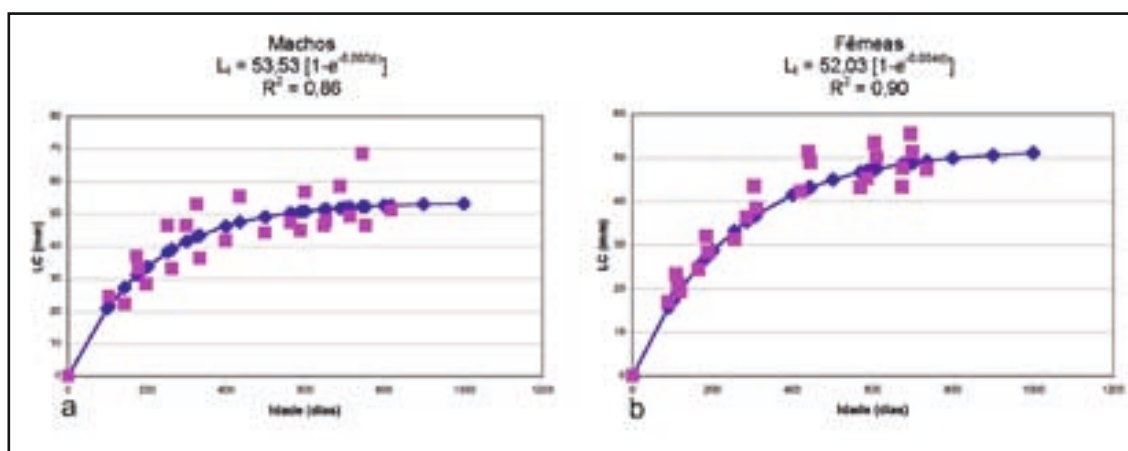


Figura 20.9. Curvas de Crescimento segundo Bertalanffy para machos (a) e fêmeas (b) de *Grapsus grapsus* do Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

As curvas de crescimento indicam que *G. grapsus* atingem a maturidade sexual com 305 dias (machos) e 290 dias (fêmeas). A menor fêmea ovígera capturada tinha 254 dias e a fecundidade média foi verificada com 486 dias.

Ecologia larval

As larvas do caranguejo *G. grapsus* (Figura 20.10) ocorreram em todas as estações do ano, principalmente no período noturno. As concentrações de zoés na enseada são muito mais altas que a partir de 100 metros de distância do ASPSP (Figura 20.10). A análise preliminar das amostras de março de 2004 (verão) já constatou a presença de larvas de *G. grapsus* em dois dos seis arrastos realizados, ambos noturnos.

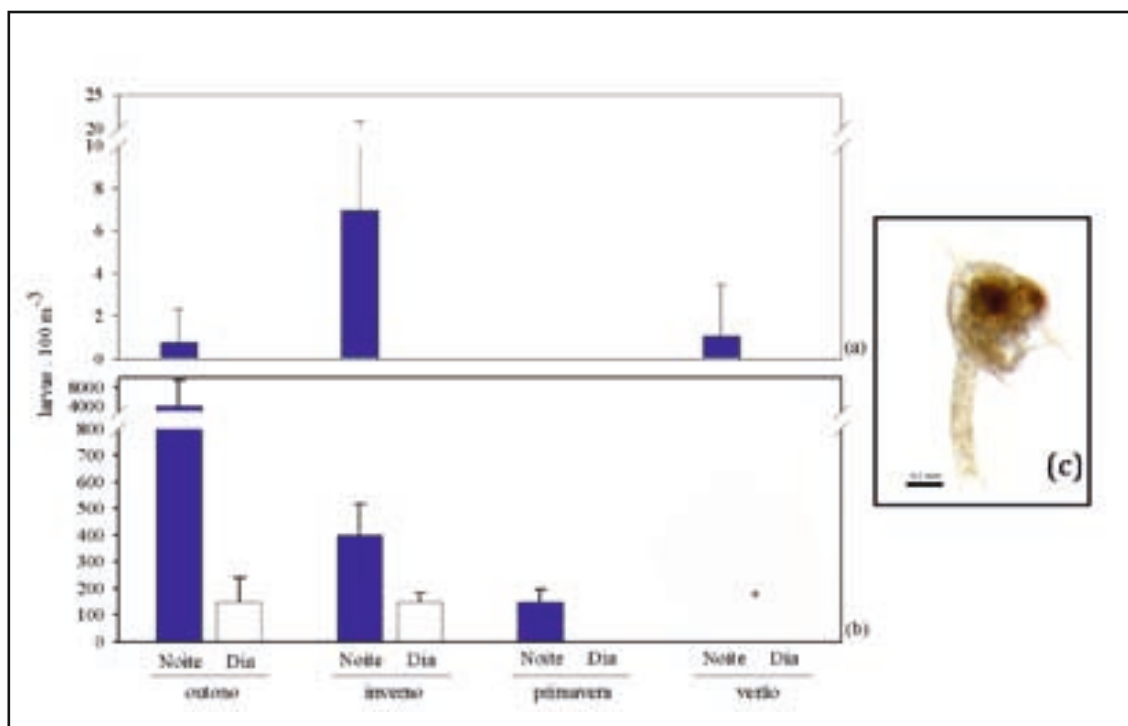


Figura 20.10. Abundância de larvas de *Grapsus grapsus* (média e desvio padrão) ao redor do arquipélago (a) e na enseada (b). * as amostras da enseada de março/2004 (verão) ainda estão sendo analisadas; c) larva zoé de *G. grapsus*.

Em relação ao comportamento reprodutivo, foram observadas muitas cópulas (**Figura 20.11**), especialmente nas expedições realizadas entre novembro e maio. Inicialmente, ocorre a fase de pré-cópula, em que o macho segura a fêmea e a arrasta para um local longe de outros machos. Tal ação é realizada pelo macho após várias tentativas de aproximação com a fêmea, por meio de sinalizações constantes com os quelípodos. Na cópula, o macho, geralmente de maior porte, se posiciona abaixo da fêmea e a duração deste comportamento é de aproximadamente 2 minutos. Após a separação do casal, o macho pode novamente abordar a mesma fêmea ou procurar outra para copular.

Foram observadas várias liberações larvais, com a fêmea se posicionando nos costões em proximidade à água, aguardando que as ondas se encarreguem da remoção e dispersão das larvas recém-eclodidas (**Figura 20.11**).

Em relação à alimentação, foram observados *G. grapsus* se alimentando de restos de peixes descartados pelos pesquisadores, predando ovos e filhotes de atobás e viuvinhas, de exúvias encontradas sobre as pedras e se alimentando por canibalismo de caranguejos inteiros ou de suas patas, que são arrancadas durante confrontos agonísticos (**Figura 20.12**). Não foram observados ataques a *Pachygrapsus corrugatus* (von Martens, 1872) e *Plagusia depressa* (Fabricius, 1775), que também ocorrem nos costões rochosos. Existe também uma quantidade expressiva de caranguejos mortos ou mutilados pelos atobás e viuvinhas, sendo comum a presença de cicatrizes profundas oriundas de bicadas sobre a carapaça ou a falta de uma ou mais patas. Foi observada uma muda durante um trabalho de biometria das carapaças, com duração de aproximadamente 55 minutos (**Figura 20.11**). Os dados de estimativa populacional estão sendo processados.

Existe grande variedade de coloração nos exemplares de *G. grapsus* do ASPSP, como a carapaça vermelha, vermelho-esverdeada e verde. Os caranguejos vermelhos tendem a ter o formato da carapaça ligeiramente mais arredondado, agrupam-se facilmente e inibem a presença de caranguejos menores ou verdes. Os caranguejos vermelhos são machos com LC superior a 43 milímetros, atingindo o máximo de 69,5 milímetros. As poucas fêmeas que apresentam carapaça vermelha atingem no máximo 55 milímetros de LC e têm um padrão de cor ligeiramente diferente (sem as estrias amarelas). Caranguejos verdes podem ser juvenis ou adultos; não foi encontrada ainda uma relação entre a cor da carapaça e a maturidade ou estágio de muda da espécie.

Discussão

As estimativas de maturidade, fecundidade, crescimento e análise da abundância e sazonalidade de larvas no plâncton são aplicações usuais e necessárias ao melhor conhecimento da biologia populacional, principalmente em espécies de valor econômico. As análises usualmente empregadas para auxiliar o manejo da captura foram aplicadas para *G. grapsus*, visando ao seu monitoramento populacional no ASPSP e em outras ilhas oceânicas do Atlântico.

Caranguejos machos são capazes de copular quando têm as gônadas maduras e seus caracteres sexuais secundários já formados (quelas de maior porte), enquanto nas fêmeas a maior importância recai na maturação gonadal (HATTORI & PINHEIRO, 2007). As fêmeas de *G. grapsus*

atingem maturidade funcional (33,8 milímetros) anteriormente aos machos (51,4 milímetros), similarmente ao que ocorre para a maioria dos caranguejos braquiúros já estudados. O grande intervalo entre a maturação de cada sexo permite aos machos copularem com fêmeas pequenas, como foi observado em campo. Machos de maior porte com quelas mais desenvolvidas apresentam vantagem na seleção de suas parceiras e na competição intra-específica com outros machos (PINHEIRO & FRANZOSO, 1998). Com um maior porte, os machos conseguem manipular e copular com mais facilidade as fêmeas, favorecendo o pareamento com fêmeas com uma maior variação de tamanho. A assincronia do tamanho de maturidade fisiológica e morfológica em machos já foi descrita também para portunídeos (sirís) (PINHEIRO & FRANZOSO, 1998). A maturidade fisiológica das fêmeas (33,4 milímetros) ocorreu com tamanho similar do menor tamanho de fêmea ovígera (31 milímetros), assim como em *U. cordatus* Linnaeus, 1763 (HATORI & PINHEIRO, 2007). Existem poucos trabalhos publicados que comparam os tamanhos na maturidade em caranguejos braquiúros, o que viria a contribuir para o conhecimento das estratégias reprodutivas das famílias envolvidas (HATTORI & PINHEIRO, 2007).

A reprodução de caranguejos grapsídeos usualmente segue padrões sazonais bem definidos, incluindo a reprodução no verão, no inverno ou em momentos alternados da primavera ao verão (FLORES & FRANZOSO, 1998). A presença de fêmeas ovígeras de *G. grapsus* ao longo de todas as estações já era esperada no ASPSP, uma vez que nas regiões tropicais a época reprodutiva apresenta padrão geralmente contínuo (SASTRY, 1983). A presença de larvas de *G. grapsus* em todos os meses de coleta é indicativa de que esta espécie se reproduz ao longo de todo o ano. A maior concentração de larvas na enseada, todas no primeiro estágio de desenvolvimento larval, evidencia a desova das fêmeas no início do período noturno.

Observa-se na **Tabela 20.3** que a fecundidade média e o tamanho dos ovos de *G. grapsus* estão entre os valores intermediários para Grapsoidea, sendo a fecundidade inferior à de *G. cruentata* (LATREILLE, 1803), espécie de manguezal que apresenta dimensões similares. O número de ovos produzidos por crustáceos decápodos pode ter grande variação de acordo com a filogenia, estilo de vida, habitat, espaço interno no cefalotórax para acúmulo de vitelo (PINHEIRO et al., 2003) e formato do abdômen (FLORES & PAULA, 2002b). A alta fecundidade de caranguejos estuarinos é justificada pela maior quantidade de alimento disponível num ambiente muito produtivo (LIMA et al., 2006). Fêmeas de *Cyrtograpsus angulatus* Dana, 1851 habitando lagoas costeiras tiveram fecundidade superior àquelas que vivem em frestas de rochas em ilhas argentinas (GRECO & RODRIGUEZ, 2004). As fêmeas de *G. grapsus* estão sujeitas às ondas de grande magnitude, que eventualmente varrem toda a ilha, o que certamente causa a perda de ovos, embora não tenha sido observada pressão de predação sobre elas. O pequeno tamanho do ovo em relação à amplitude de LC das fêmeas, ao se comparar com as outras espécies, pode indicar uma estratégia de alta produção inicial de ovos.

Tabela 20.3. Fecundidade (número de ovos) e tamanho dos ovos em espécies de Grapsoidea.

Espécies de Grapsoidea	Local	LC (mm)	Ovos (número e diâmetro)	
		Mín - Máx.	Média ± SD	µm
<i>Goniopsis cruentata</i> ^{1,2}	SP, Brasil	25,1 - 41,4	57.235 ± 35.235	-
	RJ, Brasil	34,4 - 47,2	74.751 ± 27.296	-
<i>Grapsus grapsus</i>	ASPSP	24,2 - 55,4	23.181 ± 15.151	360
<i>Pachygrapsus marmoratus</i> ³	Portugal	10,0 - 35,0	15.623 ± 14.722	338
<i>Planes minutus</i> ⁴	Açores	11,0 - 22,0	8.934	320
<i>Chasmagnathus granulata</i> ⁵	RS, Brasil	14,5 - 25,6	19.250 ± 6.816	-
<i>Cyrtograpsus angulatus</i> ⁶	Argentina	14,3 - 33,4	15.285 ± 1.594	428
<i>Cyrtograpsus altimanus</i> ⁶	Argentina	6,2 - 11,3	1.867 ± 108	545

Fontes: 1. Cobo & Fransozo (1998); 2. Silva & Oshiro (2002); 3. Flores & Paula (2002); 4. Frick *et al.* (2003); 5. Ruffino *et al.* (1994); 6. Greco & Rodriguez (2004).

O tamanho assintótico (LC_{∞}) para *G. grapsus* foi compatível com os tamanhos máximos observados em campo para machos (69,5 milímetros) e fêmeas (57,3 milímetros). Cabe ressaltar que a literatura cita que esta espécie pode atingir tamanhos maiores em outras localidades geográficas, como 87,0 milímetros para machos na ilha Clarion, na costa oeste do México (RATHBUN, 1918), 79,2 milímetros para fêmeas na ilha Clipperton (GARTH, 1965) e 79,8 milímetros (machos) e 74,6 milímetros (fêmeas) estudados por Romero (2003) em Lima, Peru. Embora não sejam conhecidos trabalhos sobre crescimento da espécie, as estimativas realizadas foram consideradas satisfatórias devido à coerência com os dados de campo, além de serem condizentes com os resultados obtidos com outros grapsídeos (D'INCAO *et al.*, 1993; PIMENTA *et al.*, 2005). O estudo de crescimento em *G. grapsus* é o primeiro esforço para o entendimento da dinâmica populacional de uma espécie potencialmente longeva, submetida a um elevado grau de isolamento, constituindo um modelo biológico de grande importância para a melhor compreensão do processo evolutivo.

Os resultados apresentados devem ser comparados posteriormente com estudos realizados nas outras ilhas, onde as condições ambientais são bastante diferentes, seja pela presença de praias e/ou pela existência de maiores recursos alimentares. No Atol das Rocas, *G. grapsus* é observado predando filhotes de tartarugas recém-eclodidos; em Galápagos, é conhecido por remover ectoparasitos de iguanas marinhas; em praias do Chile, estes caranguejos são comumente predados pela ave *Cinclodes nigrofumosus* (Passeriformes: Furnariidae) (SABAT *et al.*, 2003). *Grapsus grapsus* se reproduz o ano inteiro e o investimento reprodutivo precisa compensar a perda de ovos imposta pelas fortes ondas existentes no ASPSP. As fêmeas da espécie se reproduzem a partir da metade de sua idade máxima estimada, o que sugere vários eventos reprodutivos ao longo da sua vida. As larvas concentram-se próximo ao ambiente parental. A continuação dos estudos de ecologia larval, incluindo o recrutamento das pós-larvas e o acompanhamento das variações na população de adultos, poderá esclarecer se a população local se mantém por auto-recrutamento.



Figura 20.11. Observações sobre o comportamento de *Grapsus grapsus* no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. a) pré-cópula; b), c) cópula; d) liberação das larvas; e) ventilação da massa de ovos; f), g) ecdise; h) caranguejo mutilado.



Figura 20.12. Observações sobre o comportamento de *Grapsus grapsus* no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. a), b), c) canibalismo; d) predação de filhote do atobá *Sula leucogaster*; e) predação de filhote de viuvinha *Anous* sp.; f) consumo de ecdises; g) consumo de restos de peixes; h) caranguejo com cicatriz de bicada na carapaça.

Agradecimentos

Agradecemos às tripulações dos barcos Transmar I e Transmar II, pelo apoio em campo; a Vanessa Bevilacqua, Leonardo Wedekin, Maurício G. Vianna, Naomi G. Souza, Gabriela de Oliveira, Alesandra B. Birolo, Nicolle C. Ferreira, Luis Carlos P. Macedo Soares e Sérgio Arantes, pelo esforço de coleta; a V. Bevilacqua, Bruno C. Silva, L.C.P.M. Soares, Matheus C. Moreira, Mariana M. Aguiar, Edson Faria Junior e Bárbara S. Menezes, todos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), pelo processamento de amostras; ao apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para o desenvolvimento dos projetos Ciclo de Vida de Crustáceos Decápodes e Estomatópodes no ASPSP (processo nº 48.0040/2004-4) e Padrões de Conectividade nas Populações Marinhas do ASPSP (processo nº 55.8470/2005-0); à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (processo nº 05/58085-5), pela concessão de bolsa de mestrado a Andrea G. Koettker; à Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM), pelo apoio logístico na realização das expedições.

Referências bibliográficas

- Able, L.G.; Campanella, P.J. & Salmon, M., 1986. **Natural history and social organization of the semiterrestrial grapsid crab *Pachygrapsus transversus***. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 104: 153-170.
- Anger, K. & Moreira, G.S. 1998 **Morphometric and reproductive traits of tropical caridean shrimps**. Journal Crustacean Biology, 18: 823-838.
- Anger, K., 1995. **The conquest of freshwater and land by marine crabs: adaptations in life-history patterns and larval bioenergetics**. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 193: 119-145.
- Bertalanffy, L. Von., 1938. **A quantitative theory of organic growth (Inquires on growth laws II)**. Human Biology, 10 (2): 181-213.
- Bluhm, B. & Brey, T., 2001. **Age determination in the Antarctic shrimp *Notocrangon antarcticus* (Crustacea : Decapoda), using the autofluorescent pigment lipofuscin**. Marine Biology, 138: 247-257.
- Both, R., 2001. **Análise da sazonalidade da avifauna marinha do Arquipélago de São Pedro e São Paulo**. 98 p. Dissertação (Mestrado em Zoologia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS.
- Bowen, V.T., 1966. **St. Paul's on the subway**. Oceanus, 12(4): 2-4
- Brossi-Garcia, A.L. & Rodrigues, M.D., 1993. **Zoeal morphology of *Pachygrapsus gracilis* (Saussure, 1858) (Decapoda, Grapsidae) reared in the laboratory**. Invertebrate Reproduction and Development, 24(3): 197-204.
- Brossi-Garcia, A.L. & Rodrigues, M.D., 1997. **Zoeal morphology of *Pachygrapsus transversus* (Gibbes) (Decapoda, Grapsidae) reared in the laboratory**. Revista Brasileira de Zoologia, 14(4): 803-819.
- Cobo, V.J. & Fransozo, A., 1998. **Relative growth of *Goniopsis cruentata* (Crustacea, Brachyura, Grapsidae) on the Ubatuba region, São Paulo, Brazil**. Iheringia, Série Zoologia, 84: 21-28.
- Coelho, P.A., 1965. **Crustáceos decápodos do Atol das Rocas**. Ciência e cultura, 17 (2): 309-310.
- Darwin, C., 1891. **Countries visited during the voyage of H.M.S. "Beagle" round the world**. London: Ward lock.
- D'incao, F. & Fonseca, D.B., 1999. **Performance of the von Bertalanffy growth curve in penaeid shrimps: a critical approach**. In: INTERNATIONAL CRUSTACEAN CONGRESS, IV., 1999, Amsterdam., Netherlands Proceeding Of the Fourth International Crustacean Congress, p. 733-737.
- D'incao, F.; Ruffino, M.L.; Silva, K.G.; Braga, A.C.; Marques, L.H.C. 1993. **Crescimento de *Chasmagnathus granulata* Dana, 1851, em um Marisma do Estuário da Lagoa dos Patos, RS (DECAPODA: GRAPSIDAE)**. Revista Brasileira de Biologia, 53 (4): 637-643.
- Eston, A.; Migotto, A.E.; Oliveira Filho, E.C.; Rodrigues, S.A. & Freitas, J.C., 1986. **Vertical distribution of benthic marine organisms on the rocky coasts of the Fernando de Noronha Archipelago (Brazil)**. Boletim Instituto Oceanográfico, 34: 37- 53.
- Fausto-Filho, 1974. **Stomatopod and decapod crustaceans of the Archipelago of Fernando de Noronha, Northeast Brazil**. Arquivos de Ciências do Mar, 14 (1): 1-35.
- Feitoza, B.M., Rocha, L.A., Júnior, O.J.L., Floeter, S.R., Gasparini, J.L. 2003. **Reef fishes of St. Paul's Rocks: new records and notes on biology and zoogeography**. Aqua Journal of Ichthyology and Aquatic Biology, 7(2): 61-82.
- Flores, A.A.V.; Paula, J.; Dray, T., 2003. **First zoeal stages of grapsoid crabs (Crustacea: Brachyura) from the East African coast. Zoological Journal of the Linnean Society**. 137, 355-383.
- Flores, A.A.V. & Fransozo, M.L.N., 1998. **External factors determining seasonal breeding in a subtropical population of the shore crab *Pachygrapsus transverses* (Gibbes, 1850) (Brachyura, Grapsidae)**. Invertebrate Reproduction and Development 34 (2-3): 149-155
- Flores, A.V. & Paula, J., 2002a. **Population dynamics of the shore crab *Pachygrapsus marmoratus* (Brachyura: Grapsidae) in the central Portuguese coast**. Journal. Marine Biology, 82: 229-241.
- Flores, A.V. & Paula, J., 2002b. **Sexual maturity, larval release and reproductive output of two brachyuran crabs from a rocky intertidal area in central Portugal**. Invertebrate Reproduction and Development , 42 (1): 21-34.
- Flores, A.A.V.; Paula, J. & Dray, T., 2003. **First zoeal stages of grapsoid crabs from the east African coast**. Zoological Journal of Linean Society, 137: 355-383.

- Fonteles – Filho, A. A., 1989 **Recursos pesqueiros. Biologia e dinâmica populacional**. Ceará: Imprensa Oficial do Ceará. 296p.
- Fransozo, A.; Cuesta, J.A. & Negreiros-Fransozo, M.L. 1998. **The first zoeal stages of two species of Grapsidae and a key to such larvae from the Brazilian coast**. *Crustaceana*, 71(3): 331-343.
- Frick, M.G.; Williams, K.L.; Bolten, A.B.; Bjorndal, K.A. & Martins, H.R. 2003. **Diet and fecundity of columbus crabs, *Planes minutus*, associated with oceanic-stage loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, and inanimate flotsam**. *Journal of Crustacean Biology*: 350–355.
- Garth, J.S., 1965. **The brachyuran decapod crustaceans Clipperton Island**. *Proceedings of the California Academy of Science*, 33 (1): 1-45.
- Greco, L.S.L., Rodriguez, EM., 2004. **Reproductive performance in *Cyrtograpsus angulatus* and *Cyrtograpsus altimanus* (Brachyura, Varunidae) from Jabali Island, Argentina**. *Journal of Crustacean Biology*, 24: 213–216.
- Guerao, G.; Schubart, C.D. & Cuesta, J.A., 2001. **The first zoeal stages of *Grapsus grapsus* (Linnaeus) and *Geograpsus lividus* (H. Milne Edwards) (Decapoda, Brachyura, Grapsidae) from the Western Atlantic**. *Nauplius* 9 (2): 111-121.
- Hartnoll, R.G., 1982. Growth. In: BLISS, D. E., (Ed.). **The Biology of Crustacea. Embryology, Morphology and Genetics**. New York: Academic Press., v.2, p. 111-185
- Hattori, G.Y. & Pinheiro, M.A.A., 2003. **Fertilidade do caranguejo do mangue *Ucides cordatus* (Linnaeus) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae), em Iguape (São Paulo, Brasil)**. *Revista Brasileira de Zoologia*, 20 (3): 309-313.
- Hattori, G.Y. & Pinheiro, M.A.A., 2007. **Sexual maturity of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae), at Iguape (SP), Brazil**. *Fishery Bulletin*.
- Holthuis, L.B.; Edwards, A.J. & Lubbock, H.R., 1980. **The Decapod and Stomatopod Crustacea of St. Paul's Rocks**. *Zoologische Mededelingen*, 56 (3): 27-51.
- Knuckey, I.A., 1996. **Maturity in male mud crab, *Scylla serrata*, and use of mating scars as a functional indicator**. *Journal of Crustacean Biology*, 16: 487-495.
- Lima, G.V.; Soares, M.R.S. & Oshiro, L.M.Y. 2006. **Reproductive biology of the sesarmid crab *Armases rubripes* (Rathbun) (Decapoda, Brachyura) from an estuarine area of Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil**. *Iheringia. Série Zoologia*, 96 (1): 47-52.
- López- Greco, L.S. & Rodriguez, M., 1999. **Annual reproduction and growth of adult crabs *Chasmagnathus granulata* (Crustacea, Brachyura, Grapsidae)**. *Cahiers de Biologie Marine*, 40: 155-164
- Mantellato, F.L.M. & Franzoso, A., 1997. **Fecundity of the crab *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 (Decapoda, Brachyura, Porunidae) from Ubatuba region, São Paulo, Brazil**. *Crustaceana*, 70 (2): 214-226.
- Melo, G.A.S., 1996. **Manual de identificação dos Brachyura (Caranguejos e Siris) do litoral Brasileiro**. São Paulo: Plêiade, FAPESP. 604p.
- Nelson, B.J., 1978. **The Sulidae – Gannets and Boobies**. London: Oxford University Press. 1012p.
- Pauly, D.; Ingles, J.; Neal, R., 1984. **Application to shrimp stocks of objective methods for the estimation of growth, mortality and recruitment-related parameters from length-frequency data (ELEFAN I and II)**. In: GULLAND, J. A.; ROTHCHILD, B. J., (Ed). **Penaeid shrimps- their biology and management**. Surrey: Fishing News Boock Ltd. p 220-234.
- Pinheiro, M.A.A.; Baveloni, M.A. & Terceiro, O.S.L., 2003. J. A.; ROTHCHILD, B. J., (Ed). **Penaeid shrimps- their biology and management**. Surrey: Fishing News Boock Ltd. p 220-234.
- Pimenta, A.M.; Barutot, R.A.; D'incao, F. & Fonseca, D.B. 2005. **Growth of *Armases rubripes* (Rathbun, 1897) in the estuary of the Lagoa dos Patos, Southern Brazil**. *Nauplios* 13(2): 183-189.
- Pinheiro, M.A.A. & Franzoso, A., 1998. **Sexual maturity of the speckled swimming crab *Arenaeus cribrarius* (Lamarck, 1818) (Decapoda, Brachyura, Portunidae) in the Ubatuba Littoral, São Paulo State, Brazil**. *Crustaceana* 71 (4): 434-452.
- Pinheiro, M.A.A.; Baveloni, M.A. & Terceiro, O.S.L., 2003. **Fecundity of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Brachyura, Ocypodidae)**. *Invertebrate Reproduction and Development* , 43 (1): 19-26.

- Pinheiro, M.A.A. & Fransozo, A., 2002. **Reproductive dynamics of the speckled swimming crab *Arenaeus cribrarius* (Lamarck, 1818) (Brachyura, Portunidae), on the north coast of São Paulo State, Brazil.** Journal of Crustacean Biology, 22 (2): 416-428.
- Rathbun, M.J., 1918. **Synopsis of the American Sesarmae, with description of a new species.** Proceedings of the Biological Society of Washington, 11: 89-92.
- Ratti, A. P., 2004. **Taxonomia e Biogeografia da Superfamília Grapsoidea MacLeay (excl. Gecarcinidae) (Crustacea: Decapoda: Brachyura) do Atlântico Ocidental.** 376p. Tese (Doutorado em Zoologia). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, SP
- Romero, L., 2003. **Comportamiento reproductivo y mutilaciones en el cangrejo de las rocas *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) (Crustacea, Decapoda).** Revista Peruana de Biología, 10 (2): 195-202.
- Ruffino, M.L., Telles, M.D. & D'Incao, F. 1994. **Reproductive aspects of *Chasmagnathus granulata* (Dana, 1851) (Decapoda: Grapsidae) in the Los Patos Lagoon Estuary - Brazil .** Nauplius, 2: 43-52.
- Sabat, P., Farina, J.M.; Soto-Gamboa, M. 2003 **Terrestrial birds living on marine environments: does dietary composition of *Cinclodes nigrofumosus* (Passeriformes: Furnariidae) predict their osmotic load ?** Revista Chilena de Historia Natural, 76: 335-343.
- Sastry, A.N., 1983. **Ecological aspects of reproduction.** In: VERNBERG, J.J. & VERNBERG, W.B. (Eds.), The biology of Crustacea, New York: Academic Press, v.8, p 179- 270.
- Seiple, W & Salmon, M., 1982. **Comparative social behavior of two grapsid crabs, *Sesarma reticulatum* and *S. cinereum*.** Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 62: 1-24.
- Silva, Z.S. & Oshiro, L.M.Y. 2002. **Aspectos reprodutivos de *Goniopsis cruentata* (Latreille) (Crustacea, Brachyura, Grapsidae) na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil.** Revista Brasileira de Zoologia, 19(3):907-914.
- Somerton, D.A. & Macintosh, R.A., 1983. **The size at sexual maturity of the blue king crab, *Paralithoides platypus* in Alaska.** Fishery Bulletin, 81 (3): 621- 628.
- Spivak, E.D. & Sanches, N. 1992. **Prey selection by *Larus behcheri atlanticus* in Mar Chiquita Lagoon, Buenos Aires, Argentina: a possible explanation for its discontinuous distribution.** Revista Chilena de Historia Natural, 65: 209-220.
- Warner, G.F., 1977. **The Biology of Crabs.** London: Elek Science, 202p



Capítulo 21

O Zooplâncton no Arquipélago de São Pedro e São Paulo

Luis Carlos Pinto de Macedo-Soares

Manoela Costa Brandão

Andréa Green Koettker

Bárbara Santos Menezes

Liane Stumpf

Andrea Santarosa Freire

Resumo

O zooplâncton desempenha um papel fundamental nos ecossistemas marinhos, constituindo um importante elo entre a produção primária e os níveis mais elevados da teia trófica. É composto por organismos holoplanctônicos e por ovos e formas larvais de muitas espécies animais, sendo que larvas de decápodes, copépodes, eufausiáceos e os ovos e larvas de peixes estão entre os principais componentes do plâncton marinho. Foram realizadas coletas de plâncton, dia e noite, nas quatro estações do ano, em diferentes distâncias do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP). As abundâncias médias do zooplâncton no local encontram-se dentro dos valores registrados na costa brasileira, com dominância dos copépodes (88%). Existe uma variação sazonal da abundância relacionada principalmente aos meses mais quentes e ao período noturno, sugerindo a sazonalidade da reprodução e evidenciando a ocorrência de migração vertical. Dentre os decápodes, foram identificados até o momento 43 morfotipos, com predominância das zoés de braquiúros. *Thysanopoda tricuspidata* e *Euphausia americana* foram os eufausiáceos mais abundantes em amostras noturnas. O ASPSP apresenta uma alta abundância zooplanctônica, principalmente no verão e outono e à noite.

Abstract

Zooplankton in the Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brazil

*Marine zooplankton links primary production and the highest levels of the trophic web. It is composed by holoplanktonic organisms, eggs and larval forms of many animal species. Decapods larvae, copepods, euphausiids, eggs and fish larvae are the main groups in marine plankton. Surface plankton samples were collected in the Arquipélago de São Pedro e São Paulo (St. Peter and St. Paul Rocks) in all year at different distances from the islands, during the dusk and dawn. The mean abundance of zooplankton was similar to those recorded in the Brazilian coast, with dominance of copepods (88%). There was a seasonal variation in the zooplankton concentration mainly related with the warm months and at night, suggesting spawning and larval hatching during this period and vertical migration. Among decapod larvae, 43 morphotypes were identified, with dominance of brachyuran zoea. *Thysanopoda tricuspidata* and *Euphausia americana* were the most abundant euphausiids in night samples. The zooplanktonic abundance is very high in the area, mainly in the summer and fall and at night.*

Introdução

O zooplâncton desempenha um papel fundamental nos ecossistemas marinhos, controlando as populações fitoplanctônicas, regenerando nutrientes e exportando material biogênico para as populações bênticas. Constitui também um elo entre a produção primária e os níveis mais elevados da teia trófica, representando uma importante fração na dieta de peixes como atuns, cavalas e dourados (RISSIK *et al.*, 1997; CHAMPALBERT *et al.*, 2005). Analisando o conteúdo estomacal de atuns juvenis, Tanabe (2001) encontrou como principais presas as larvas de peixes, eufausiáceos, copépodes, anfípodes e cefalópodes. O zooplâncton é composto por organismos holoplanctônicos e meroplanctônicos, onde estão incluídos ovos e formas larvais de vários grupos, como peixes e crustáceos de interesse comercial.

Larvas de decápodes, copépodes e eufausiáceos estão entre os principais componentes do plâncton marinho. A ocorrência de larvas na coluna d'água depende do ciclo de vida dos crustáceos e dos padrões de reprodução das espécies, enquanto que a abundância dos crustáceos holoplanctônicos está relacionada principalmente à produtividade primária. A presença das larvas planctônicas na coluna d'água pode indicar o período de desova dos adultos e inventários de fauna a partir de larvas fornecem resultados diferentes dos levantamentos baseados em adultos (KOETTKER & FREIRE, 2006).

Os peixes apresentam várias estratégias reprodutivas, dentre elas a liberação de gametas e ovos na água e a conseqüente eclosão de larvas planctônicas. Quando as larvas são liberadas na coluna d'água, elas podem permanecer dentro das correntes marinhas que rodeiam o habitat adulto ou podem ser introduzidas em diferentes camadas d'água e serem transportadas pelas correntes (PEDROTTI & FENAUX, 1992). Dados de abundância e composição de espécies de ictioplâncton podem elucidar padrões de distribuição e desova de espécies não residentes assim como espécies locais e determinar a importância de uma área como um berçário (CHUTE & TURNER, 2001). A dispersão e a retenção larval são mecanismos de conectividade e manutenção de populações em ecossistemas marinhos. O conhecimento da conectividade e suas conseqüências demográficas são importantes para o gerenciamento de populações para a pesca ou conservação (SALE & KRITZER, 2003).

Regiões que circundam as ilhas oceânicas podem apresentar um aumento da biomassa planctônica, fenômeno denominado efeito-ilha (DOWER & MACKAS, 1996; HERNÁNDEZ-LÉON *et al.*, 2001; PALACIOS, 2002). Este fenômeno pode contribuir para o aumento de produtividade e potencial pesqueiro perto destas ilhas e ainda pode ser significativo para o balanço global de CO₂ (PALACIOS, 2002). Vários mecanismos que podem influenciar o fenômeno do efeito-ilha estão sendo investigados, como vórtices à barlavento formados por fluxos de turbulência ou por espiral de Ekman; ressurgências; drenagem da própria ilha e processos bênticos (HERNÁNDEZ-LÉON *et al.*, 2001; PALACIOS, 2002). O efeito-ilha tem sido historicamente estudado em relação ao aumento de clorofila e produção primária e, mais recentemente, em relação ao aumento da densidade de larvas de peixes e as conseqüências para a pesca local, sendo escassos os estudos de zooplâncton (HERNANDEZ-LÉON *et al.*, 2001).

A manutenção de populações em torno de ilhas, a exemplo do que ocorre no ambiente estuarino, pode também ser favorecida de acordo com a capacidade do zooplâncton em migrar verticalmente no sistema de circulação das massas de água. A migração vertical nictemeral permite a transferência de energia e matéria entre diferentes profundidades. Esta migração ocorre quando o zooplâncton desce para maiores profundidades de dia, evitando a exposição a predadores visuais, raios ultravioletas e parâmetros físico-químicos indesejados, e sobe para a superfície à noite em busca principalmente de alimento (VEGA-PÉREZ & HERNANDEZ, 1997; QUEIROGA & BLANTON, 2005).

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPPSP) é uma importante área de concentração de peixes pelágicos e apresenta fauna diversificada de peixes recifais (LESSA *et al.*, 2001; FEITOZA *et al.*, 2003), sendo também uma região de captura de lagostas. Além disso, o seu grande isolamento geográfico favorece o endemismo de espécies, e a concentração de pescado sugere a ocorrência de efeito-ilha.

O presente capítulo objetiva descrever a abundância e a composição do zooplâncton no ASPSP e analisar a sua variação espacial, sazonal e nictemeral. São apresentadas informações também sobre larvas de crustáceos decápodes e estomatópodes, copépodes, eufausiáceos, ovos e larvas de peixes.

Material & métodos

Área de estudo

O ASPSP (00°55'01"N–29°20'44"W) é formado por um pequeno grupo de dez ilhotas e várias pontas de rochas que se elevam de profundidades abissais até poucos metros acima da superfície. Está localizado nas proximidades da cordilheira Meso-Atlântica, a cerca de 1.100 km da costa do Brasil (**Figura 21.1**). Suas quatro maiores ilhotas estão separadas por pequenos canais, formando entre si uma enseada em forma de ferradura com profundidade entre 4 e 25 metros. A megafauna bêntica das rochas emersas é dominada pelo caranguejo braquiúro *Grapsus grapsus*, onde também são facilmente observadas as espécies *Pachygrapsus corrugatus* e *Plagusia depressa*. O ASPSP caracteriza-se por ser uma área de concentração de espécies comercialmente importantes, com destaque para os peixes pelágicos das famílias Scombridae (atuns e cavalas), Coryphaenidae (dourados), Istiophoridae (agulhões) e Xiphiidae (espadarte); para as recifais das famílias Lutjanidae (pargo e cioba), Serranidae (peixes-serra) e Carangidae (xaréus), bem como as consideradas forrageiras, como Exocoetidae (peixes-voadores), Hemiramphidae (agulhinhas) e Belonidae (peixes-agulha), que apresentam importância ecológica na cadeia alimentar (LESSA *et al.*, 2001). Feitoza *et al.* (2003) encontraram na área 75 espécies de peixes, sendo 58 de recifes e 17 pelágicas.

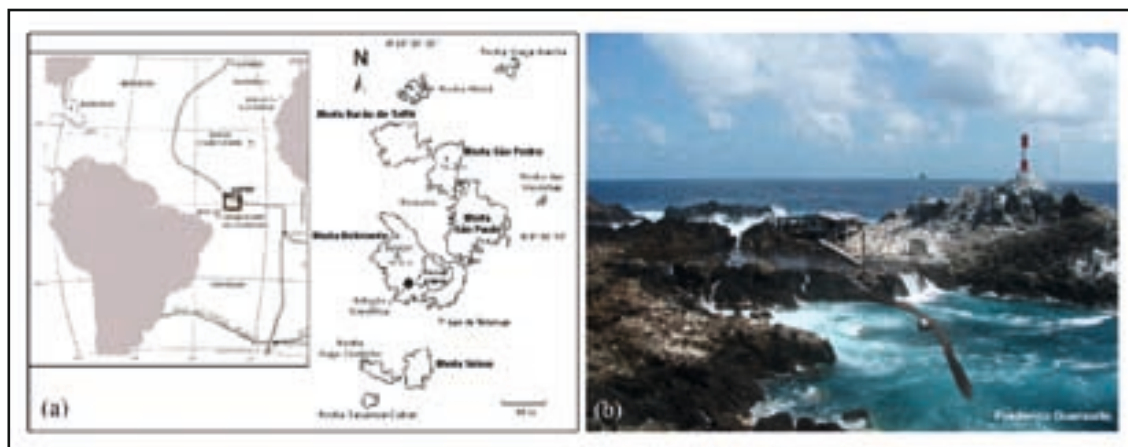


Figura 21.1. a) localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (adaptado de BOWEN, 1966) e da ilha Belmonte (adaptado de FEITOZA *et al.*, 2003); b) vista da ilha Belmonte e da enseada.

Amostragem e processamento

As amostras de zooplâncton foram coletadas em quatro expedições realizadas em abril, agosto e novembro de 2003 e março de 2004 (outono, inverno, primavera e verão) em diferentes distâncias ao redor do ASPSP: 100 metros, 500 metros e 1.500 metros (perto, intermediário e longe), com três réplicas por distância, à noite e de dia. A partir do mês de agosto, foram realizadas coletas na enseada, também com três réplicas (**Figura 21.2**). Os arrastos (10 minutos) foram horizontais e de superfície, realizados com uma rede cônico-cilíndrica com 50 centímetros de diâmetro de boca e 200 µm de malha com fluxômetro acoplado, totalizando 90 amostras. Para cada ponto de coleta, foram registrados dados de temperatura e salinidade subsuperficiais.

Os grupos mais abundantes foram subamostrados, enquanto os demais foram quantificados da amostra total. Em todas as expedições, foram quantificadas e triadas as larvas de decápodes e estomatópodes, copépodes, eufausiáceos e os ovos e larvas de peixes. Para a expedição de março de 2004, foi realizada a quantificação de todos os grupos do zooplâncton. As larvas de decápodes e os eufausiáceos foram identificados de acordo com a literatura especializada.



Figura 21.2. a) coleta noturna em mar aberto; b) coleta diurna na enseada.

Análise dos dados

Foi utilizada a Análise de Variância de dois fatores para verificar a existência de diferença significativa entre as estações do ano e período noite/dia (variação nictemeral) para a abundância das larvas de crustáceos decápodes, copépodes, eufausiáceos e ovos e larvas de peixes coletados na enseada, bem como para os dados de temperatura e salinidade. O mesmo teste foi aplicado para o zooplâncton e grupos mais dominantes quanto aos diferentes gradientes de distância e variação nictemeral na amostragem de março de 2004 (verão). Da mesma forma, foi aplicada a Análise de Variância de três fatores para verificar a existência de diferença significativa entre as estações do ano, distância da ilha Belmonte e período noite/dia para a abundância dos organismos em estudo coletados em mar aberto. Os dados biológicos foram transformados por $\log(x+1)$ para atender as premissas da ANOVA. O teste de Bartlett foi conduzido para verificar a homocedasticidade das variâncias e as diferenças significativas constatadas foram detectadas pelo teste de Tukey (ZAR, 1996).

Resultados

O zooplâncton durante o verão

Foram encontrados 43 grupos (**Figuras 21.3 e 21.4**) nas amostras da expedição realizada no verão (março de 2004). A abundância média do zooplâncton foi de $39.923,77 \pm 29.525,19 \text{ ind} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$. O grupo dominante foi Copepoda (88% de dominância), com abundância média de $35.644,30 \pm 27.681,56 \text{ ind} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$. O segundo grupo mais abundante foi o de larvas de Gastropoda, com $828,93 \pm 726,39 \text{ ind} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$, seguido de zoés de Brachyura ($261,76 \pm 851,57 \text{ ind} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$), Larvacea ($613,89 \pm 547,46 \text{ ind} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$), Chaetognatha ($348,45 \pm 439,99 \text{ ind} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$) e Euphausiacea ($312,09 \pm 358,12 \text{ ind} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$). Ovos de peixes também foram encontrados com uma abundância média relevante ($354,92 \pm 332,27 \text{ ind} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$) (**Figuras 21.3 e 21.4**). Excluindo-se os copépodes, as larvas e ovos de invertebrados e peixes compõem 46% do zooplâncton total.

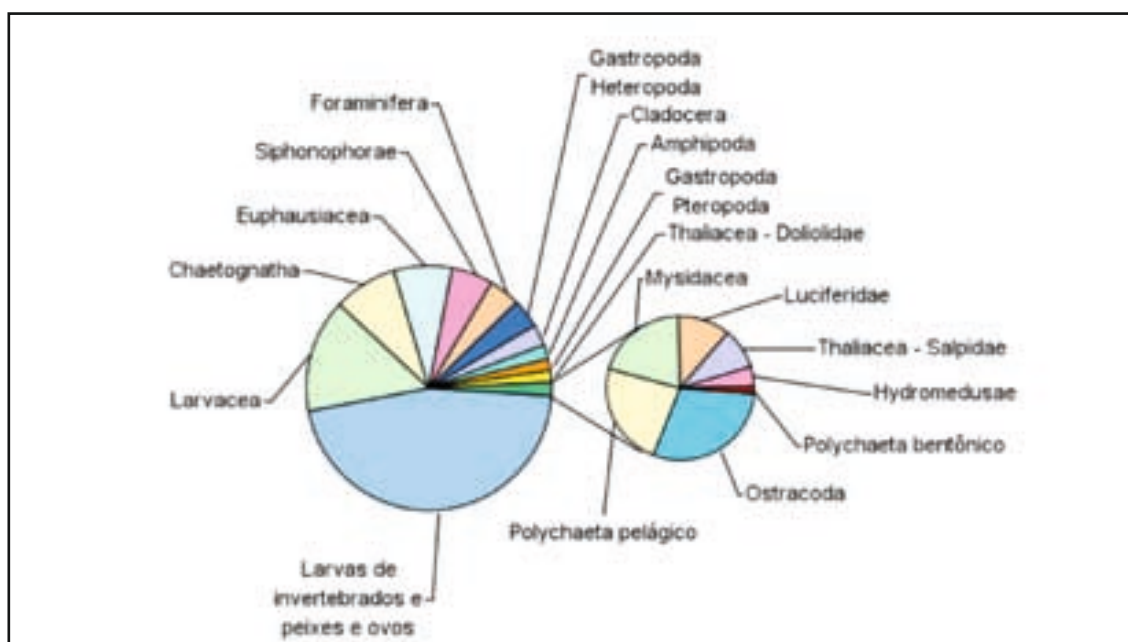


Figura 21.3. Composição do zooplâncton no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, excluído o grupo Copepoda em março de 2004.

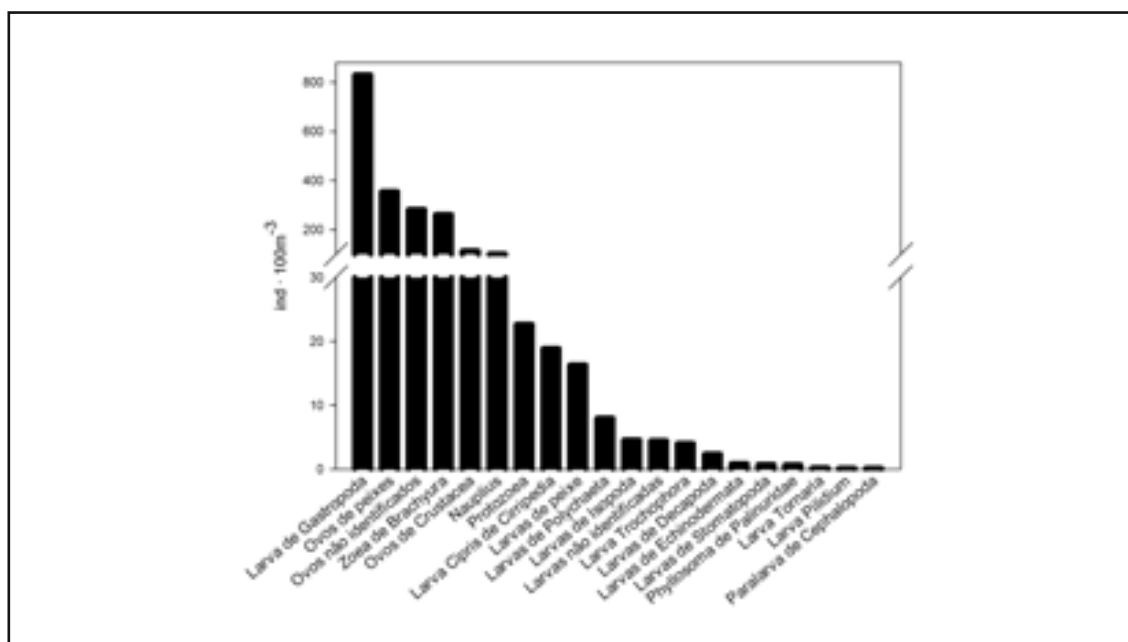


Figura 21.4. Abundância média ($\text{ind} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$) das larvas de invertebrados e peixes e de ovos no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, em março de 2004.

O zooplâncton total apresentou abundância significativamente maior ($p < 0,01$) no período noturno (**Figura 21.5a**). Cladóceros e larvas de peixe foram significativamente mais abundantes nas coletas diurnas. Não foi verificada uma diferença significativa na abundância do zooplâncton total entre as três distâncias amostradas. A variação espacial somente foi observada para os sifonóforos, gastrópodes pterópodes, eufausiáceos e doliolídeos, significativamente mais abundantes longe do arquipélago, e para os cladóceros, que tiveram abundância significativamente maior no ponto perto do ASPSP.

Na enseada, não foi constatada uma interação significativa entre os fatores analisados. Apesar da variação nictemeral não mostrar valores significativos (**Figura 21.5b**), provavelmente devido à baixa profundidade da coluna d'água da enseada, verificou-se uma tendência a maior abundância de ovos de peixes e zoés de *Brachyura* no período noturno.

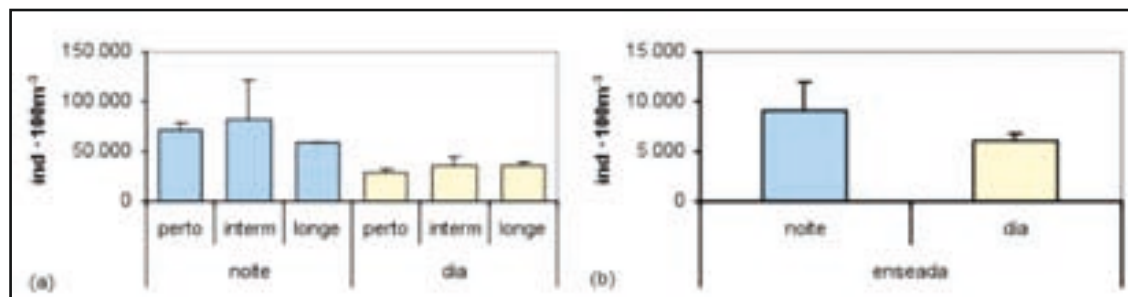


Figura 21.5. Abundância (média e desvio padrão) do zooplâncton no Arquipélago de São Pedro e São Paulo coletados durante a noite e o dia (a) em diferentes distâncias da ilha Belmonte e (b) na enseada.

Variação temporal dos parâmetros ambientais

A temperatura da água apresentou uma variação média no período de coleta entre 28,3°C (verão) e 26,4°C (primavera), sendo significativamente superior ($p < 0,01$) no verão e no outono nas amostras noturnas e diurnas. A salinidade variou, em média, entre 37,6 (verão) e 36,0 (outono), apresentando-se significativamente maior ($p < 0,01$) no verão nas amostras noturnas do verão e nas diurnas do inverno.

Variação espaço-temporal e nictemeral de larvas de decápodes, copépodes e eufausiáceos

Durante o período de estudo, o ASPSP apresentou uma abundância média de $273,39 \pm 1.089,18$ ind · 100 m⁻³ de larvas de decápodes, $42.782,38 \pm 47.763,64$ ind · 100 m⁻³ de copépodes e $239,99 \pm 446,83$ ind · 100 m⁻³ de eufausiáceos.

As larvas de decápodes foram significativamente ($p < 0,01$) mais abundantes no período noturno no outono e longe do ASPSP (**Figura 21.6a**). Os copépodes foram significativamente ($p < 0,05$) mais abundantes à noite no outono, no verão e no inverno e distribuídos igualmente no gradiente de distância. No período diurno, a maior abundância foi registrada na primavera e longe da ilha Belmonte (**Figura 21.6b**). A abundância dos eufausiáceos foi significativamente ($p < 0,01$) superior no período noturno no verão e no outono, na distância intermediária e longe. De dia, a abundância foi maior no verão longe do ASPSP (**Figura 21.6c**).

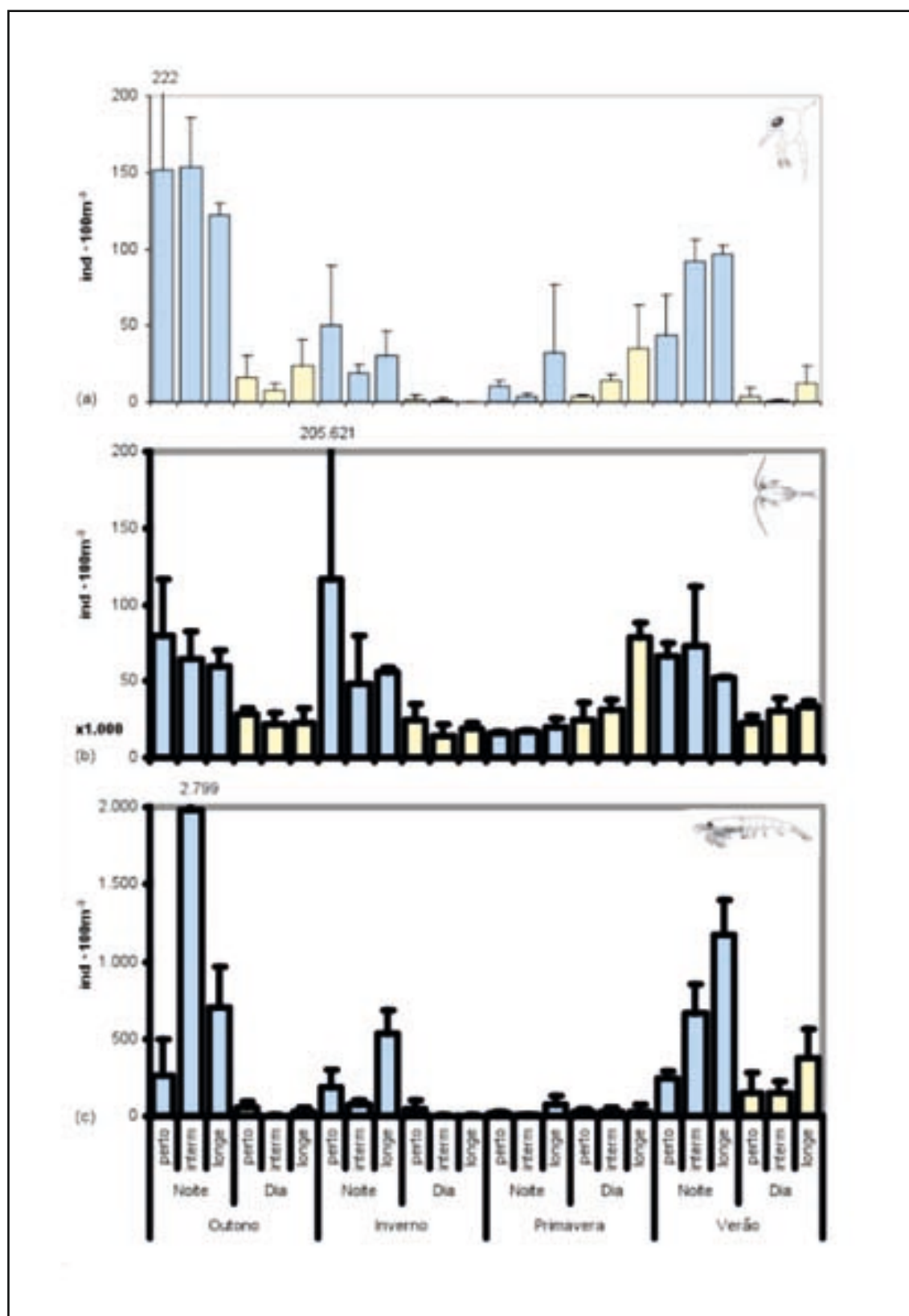


Figura 21.6. Abundância (média e desvio padrão) de (a) larvas de decápodes, (b) copépodes e (c) eufausiáceos, coletados em três diferentes distâncias no entorno do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, à noite e de dia, nas quatro estações do ano (outono/2003, inverno/2003, primavera/2003 e verão/2004).

Na enseada, a abundância média de larvas de crustáceos decápodes foi significativamente ($p < 0,05$) maior no período noturno, sem diferença significativa na abundância entre as três estações do ano analisadas. No período diurno, as larvas foram mais abundantes no inverno. As zoés de Brachyura e os copépodes foram significativamente ($p < 0,01$) mais abundantes nas

coletas noturnas do inverno, enquanto que os eupausiáceos apresentaram abundância significativamente ($p < 0,05$) superior também no inverno, mas sem variação nictemeral.

Dentre as larvas de decápodes e estomatópodes, foram identificados até o momento 43 morfotipos, sendo 39 decápodes e quatro estomatópodes. As zoés de *Brachyura* foram as larvas mais abundantes em todos os meses de coleta, principalmente na enseada, onde a porcentagem de ocorrência variou de 71% a 100% da média total de larvas amostradas (**Figura 21.7**). Foram representadas em grande parte por larvas das famílias Xanthidae (*Platypodiella spectabilis* (HERBST, 1974) e três morfotipos) e Grapsidae (*Grapsus grapsus* e *Pachygrapsus* sp.). Ao contrário dos braquiúros, as larvas de Dendrobranchiata foram mais abundantes nas estações situadas entre 500 e 1.500 metros de distância da ilha de Belmonte, representando 98% e 93% das larvas amostradas no período diurno em abril e agosto, respectivamente, sendo as protozoés de *Sergestes* sp. as larvas predominantes deste táxon. Os carídeos foram mais abundantes no outono, no inverno e na primavera. A distribuição dos carídeos mostrou uma relação com o estágio de desenvolvimento larval, uma vez que os estágios iniciais se concentraram na enseada e os mais avançados ao redor do arquipélago. Filossomas de Palinuridea ocorreram com maior abundância no outono e no verão, representadas principalmente por larvas de *Panulirus laevicauda* (LATREILLE, 1817) e *Panulirus* sp., mas também por alguns silarídeos, que só apareceram no plâncton no outono. Larvas de estomatópodes foram amostradas apenas no inverno e no verão.

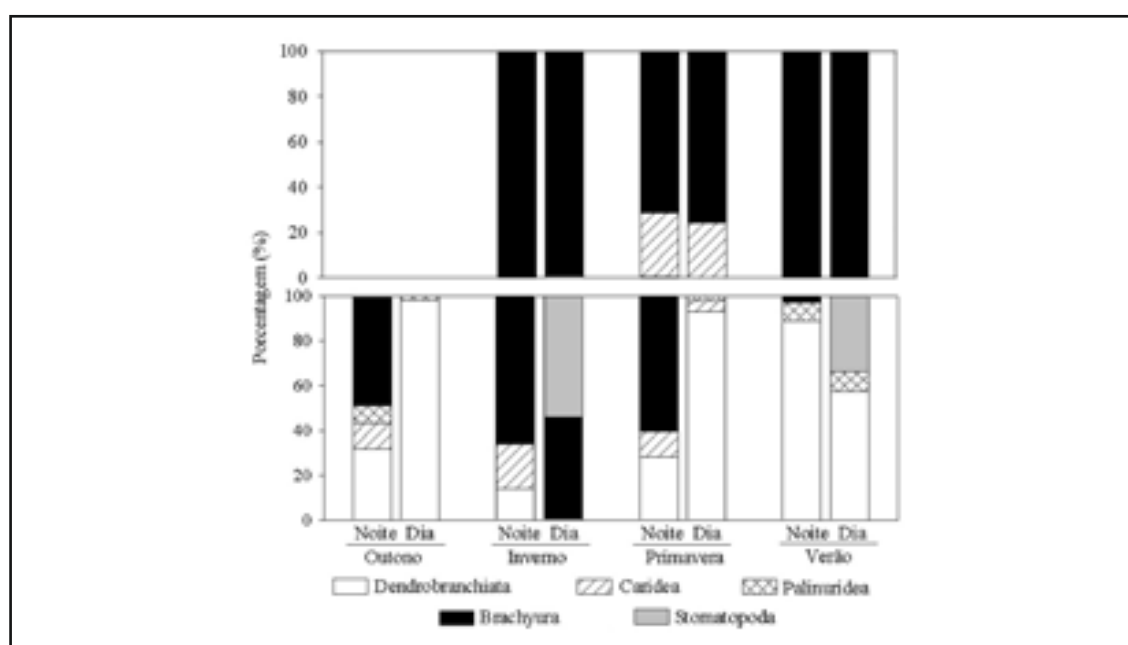


Figura 21.7. Porcentagem de ocorrência das larvas de Dendrobranchiata, Caridea, Palinuridea, Brachyura e Stomatopoda nas coletas da (a) enseada e (b) ao redor do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, de dia e à noite, nas quatro estações do ano.

Foram identificadas 11 espécies pertencentes a quatro gêneros da família Euphausiidae: *Euphausia americana* Hansen, 1911; *E. similis* G.O. Sars, 1885; *E. tenera* Hansen, 1905; *Thysanopoda tricuspidata* Guérin Méneville, 1837; *T. aequalis* Hansen, 1905; *T. orientalis* Hansen, 1910; *Stylocheiron carinatum* G.O. Sars, 1883; *S. suhmii* G.O. Sars, 1883; *S. affine* Hansen, 1910; *S. abbreviatum* G.O. Sars, 1883 e *Nematoscelis megalops* G.O. Sars, 1883 (**Figura 21.8**). No período noturno, as espécies mais abundantes ao redor do ASPSP foram *T. tricuspidata*, com média de $130,74 \text{ ind} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$, e *E. americana*, com $119,87 \text{ ind} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$, enquanto no período diurno

T. aequalis apresentou maior abundância, com média $8,65 \text{ ind} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$, seguido de *S. carinatum*, com $6,42 \text{ ind} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$. Do total de eufausiáceos encontrados, 56% são larvas, sendo que a maioria (91%) ocorreu no período noturno. Os adultos também apresentaram este padrão nictemeral, com 99% dos organismos encontrados à noite.

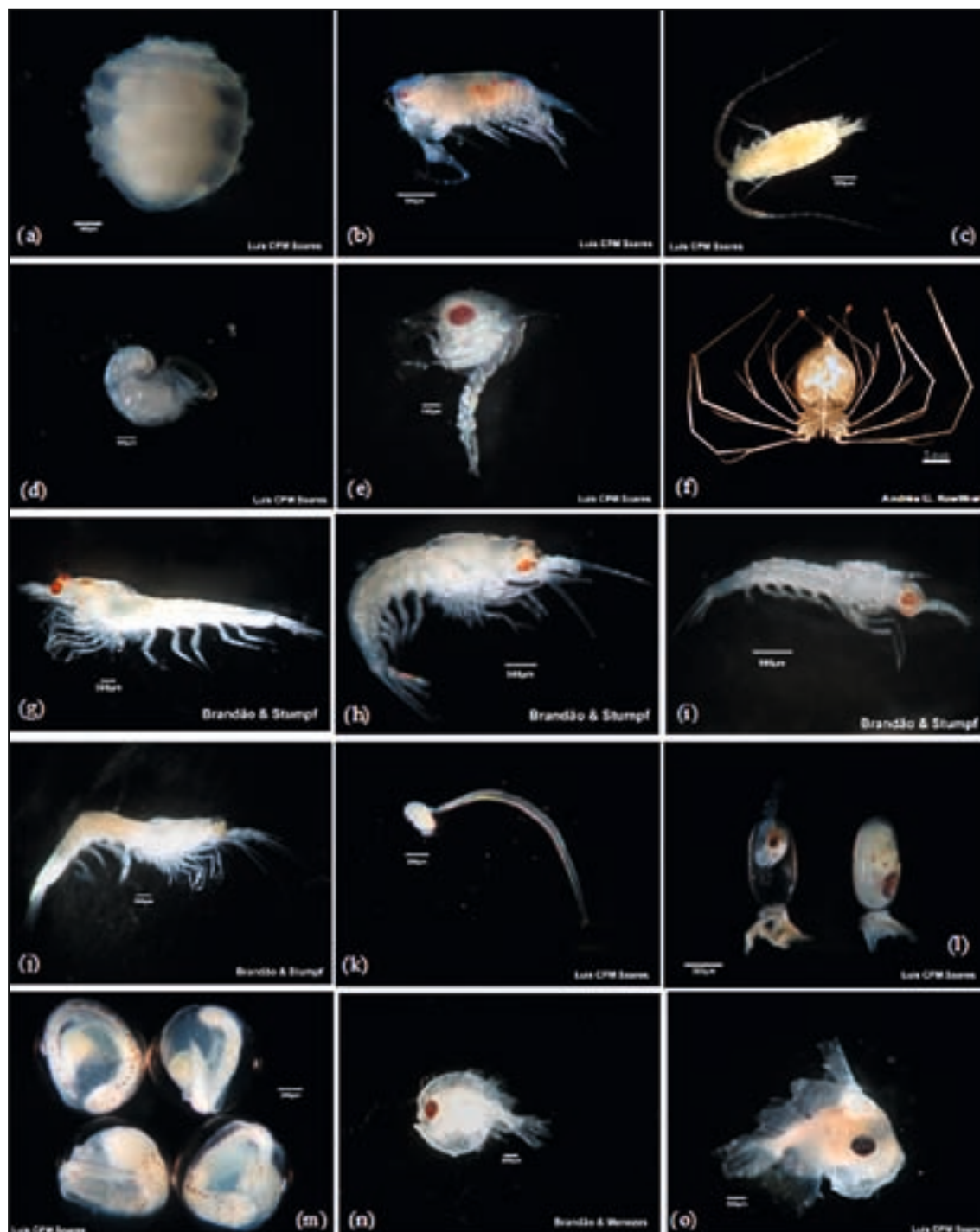


Figura 21.8. a) larva Trochophora de Polychaeta; b-c) Copepoda; d) larva de Gastropoda; e) zoea de Brachyura; f) larva de *Scyllarides* sp.; g) fêmea de *Euphausia americana*; h) fêmea de *Thysanopoda aequalis*; i) furcilia II de *Stylocheiron carinatum*; j) fêmea de *Thysanopoda tricuspidata*; k) Larvacea, *Oikopleura*; l) ovos de peixe com estruturas adesivas; m) ovos de peixe com desenvolvimento embrionário avançado; n-o) larvas de peixes.

Variação espaço-temporal e nictemeral do ictioplâncton

A abundância média do ictioplâncton no ASPSP foi de $310,21 \pm 810,30 \text{ ind} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$ para os ovos e $38,33 \pm 127,13 \text{ ind} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$ para as larvas. Os ovos de peixes foram significativamente

($p < 0,01$) mais abundantes nas amostras do verão coletadas à noite perto da ilha Belmonte e distribuído igualmente no gradiente de distância nas amostras diurnas. Na primavera, constatou-se um pico na abundância à noite longe do ASPSP, bem como outros casos particulares nas demais estações do ano (**Figura 21.9a**). A abundância de larvas de peixe foi significativamente ($p < 0,01$) maior no período noturno no outono e no período diurno no verão. As larvas de peixes apresentam-se igualmente distribuídas no gradiente de distância analisado (**Figura 21.9b**).

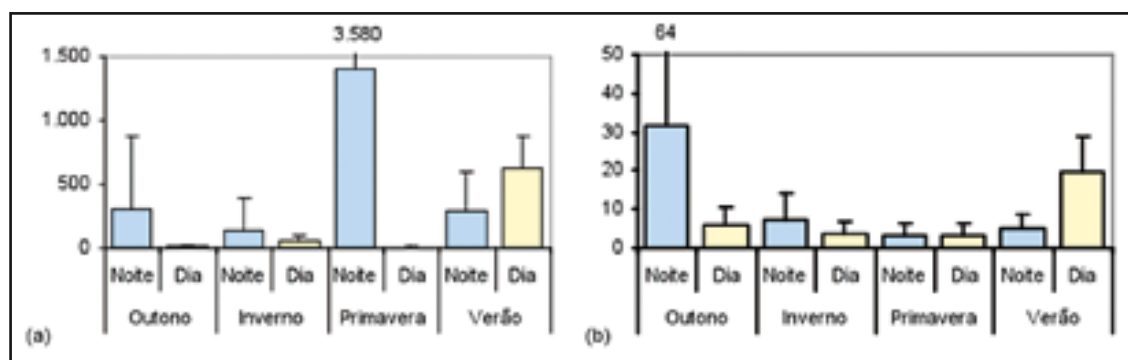


Figura 21.9. Abundância (média e desvio padrão) de (a) ovos de peixes e (b) larvas de peixes coletados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, a noite e de dia, nas quatro estações do ano (outono/2003, inverno/2003, primavera/2003 e verão/2004).

Na enseada, o ictioplâncton não apresentou variação nictemeral, com as larvas de peixes significativamente ($p < 0,01$) mais abundantes no inverno. Foram encontrados ovos em diferentes estágios de desenvolvimento embrionário e com estratégias distintas quanto à permanência no ambiente marinho. Ovos com estruturas adesivas foram encontrados em amostras coletadas na enseada e ovos com gotas de óleo, que facilitam a flutuação na coluna d'água, foram encontrados em mar aberto. A posterior identificação do ictioplâncton poderá elucidar de que espécies ou famílias são as larvas presentes nos diferentes gradientes de distância e na enseada (**Figura 21.8**).

Discussão

Regiões oceânicas tropicais apresentam como regra uma baixa produtividade primária (THURMAN & BURTON, 2001). Apesar deste padrão, a abundância zooplânctônica no ASPSP demonstrou-se superior à encontrada na costa nordeste brasileira, que variou entre 330 a 1.081 ind · 100 m⁻³ (CAVALCANTI & LARRAZÁBAL, 2004) e na costa oeste equatorial africana, com uma abundância média de 8.780 ind · 100 m⁻³ (CHAMPALBERT *et al.*, 2005).

O padrão de dominância dos copépodes, representando mais de 88% do total dos organismos do zooplâncton (CAVALCANTI & LARRAZÁBAL, 2004; CHAMPALBERT *et al.*, 2005), foi confirmado no ASPSP, demonstrando que este táxon desempenha um papel central na transferência de energia entre os níveis da teia trófica. A alta porcentagem de larvas de invertebrados e peixes em relação aos outros taxa holoplanctônicos demonstra a sincronia entre a ocorrência de larvas e a abundância do plâncton. Há uma importante relação entre a biomassa e os diferentes tamanhos do zooplâncton e a alimentação de larvas e juvenis de peixes pelágicos de alto valor econômico, como atuns (RISSIK *et al.*, 1997). Segundo Freitas & Muelbert (2004), uma sobreposição parcial entre zooplâncton e ovos de peixes sugere uma sincronia entre as desovas e disponibilidade de alimento para as futuras larvas.

Geralmente, locais onde larvas de invertebrados e peixes ocorrem em altas densidades e podem evitar a ação de predadores mais facilmente podem ser chamados de berçários (BECK *et al.*, 2001). Em um ambiente oceânico onde se encontra o ASPSP, a alta abundância de larvas indica ainda que o local oferece condições ambientais propícias à reprodução de invertebrados e peixes, demonstrando sua importância como local de desova, desenvolvimento larval e alimentação para espécies do Atlântico equatorial.

A temperatura e a salinidade da água registradas correspondem aos valores médios anuais do Atlântico equatorial (SOARES-GOMES & FIGUEIREDO, 2002). Mesmo em uma região equatorial, a temperatura da água é um fator determinante no controle do ciclo de vida dos invertebrados e dos peixes, visto a correlação entre a abundância dos organismos holoplanctônicos e dos ovos e larvas nos períodos de temperaturas significativamente mais elevadas (outono e verão). Este padrão foi observado por Castro *et al.* (2005) na Baía da Guanabara, onde o aumento da abundância de larvas de peixes foi associado aos meses mais quentes.

Apesar de apresentarem período reprodutivo mais estendido em comparação com as espécies de regiões temperadas, o bentos marinho tropical também pode apresentar ciclos reprodutivos razoavelmente específicos. Sendo assim, em qualquer período do ano uma abundância considerável de larvas meroplanctônicas pode ser encontrada em águas tropicais neríticas (RAYMOND, 1983). Em águas oceânicas, a abundância de larvas é consideravelmente menor que na região costeira. No entanto, a ocorrência de larvas durante todo o ano e a variação nos períodos reprodutivos das diferentes espécies bênticas puderam ser visualizadas neste trabalho, já que a presença de certos *taxa* variou entre um a três meses ou durante todo o ano, com picos em determinadas épocas.

Apesar do isolamento das populações do ASPSP, os valores de abundância de larvas de decápodes, copépodes e eufausiáceos encontram-se dentro dos valores registrados na costa brasileira, destacando-se alta abundância média de copépodes e eufausiáceos (**Tabela 21.1**). Dentre os decápodes, as zoés de *Brachyura* foram as larvas mais abundantes em todos os meses de coleta, resultado encontrado em diversos estudos zooplanctônicos (FERNANDES *et al.*, 2002; GONZÁLES-GORDILLO & RODRIGUES, 2003; GRABE, 2003; KOETTKER & FREIRE, 2006), uma vez que, dentre os decápodes, os braquiúros são o grupo mais diverso e liberam um grande número de ovos a cada desova. Robledo & Mujica (1999) encontraram abundâncias entre 7,4 a 55,1 ind · 100 m⁻³ de eufausiáceos na Ilha de Páscoa, valores inferiores aos registrados no ASPSP. Em regiões equatoriais, como o ASPSP, a proporção de eufausiáceos, grandes copépodes e outros grandes crustáceos é maior do que em maiores latitudes (CHAMPALBERT *et al.*, 2005).

A identificação das larvas de decápodes e estomatópodes resultou na ocorrência de 43 unidades taxonômicas. Os trabalhos realizados até o momento no ASPSP com a identificação adulta somam 21 espécies (HOLTHUIS *et al.*, 1980; SANKARANKUTTY *et al.*, 2001; VIANA *et al.*, 2004; VIANA, 2005). Dentre estas, apenas quatro espécies e três gêneros foram também identificadas na forma larval. Segundo Boltovskoy (1981), se em uma amostra de plâncton são reconhecidas larvas de determinadas espécies, é possível estabelecer a presença das espécies adultas correspondentes na região. Desta forma, a identificação larval mostrou que há mais espécies de decápodes e estomatópodes que o estabelecido para o ASPSP.

A abundância média de ovos de peixes encontrados no ASPSP foi superior à encontrada na costa norte da Bahia por Mafalda Jr. *et al.* (2004), indicando sua utilização como local de desova. Já a abundância de larvas de peixes está de acordo com a tendência descrita por Ekau *et al.* (1999), que relata uma menor abundância em áreas oceânicas em relação a regiões costeiras, não ultrapassando $60 \text{ ind} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$. As concentrações de ovos e larvas de peixes verificadas no local apresentaram-se dentro dos valores registrados ao longo da costa brasileira, com uma alta concentração principalmente de ovos (**Tabela 21.1**). Larvas e ovos de peixes de menor tamanho podem ter sido subestimados nas outras amostragens ao largo da costa brasileira, uma vez que nestes trabalhos o ictioplâncton foi coletado com rede de 300 a 500 μm .

Tabela 21.1. Quadro comparativo da abundância de larvas de Decapoda, Euphausiacea, Copepoda, ovos e larvas de peixes, em regiões costeiras e oceânicas brasileiras e no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

	Referência	Localidade	Ind $\cdot 100 \text{ m}^3$
Larvas Decapoda	Fernandes <i>et al.</i> (2002)	Entrada da Baía da Guanabara, RJ	40 a 78.800
	Koettker & Freire (2006)	Arquipélago do Arvoredo, SC	100 a 12.900
	Presente trabalho	ASPSP	1,63 a 8.824
Euphausiacea	Presente trabalho	ASPSP	1,87 a 2.911
	Machado <i>et al.</i> (1980)	Região oceânica, CE	210 a 490
	Freire (1991)	Região oceânica, ES	50 a 400
Copepoda	Dias (1994)	Costa do RJ	3.000 a 415.800
	Presente trabalho	ASPSP	3.318 a 362.335
	Klein (1977)	Região costeira de Paracuru, CE	8.000 a 20.000
	Valentin <i>et al.</i> (1977)	Região costeira de Cabo Frio, RJ	3.000 a 8.000
	Cavalcanti & Larrazábal (2004)	Costa do Nordeste (REVIZEE/NE II)	99 a 475
Ovos de peixes	Presente trabalho	ASPSP	3,27 a 5.624
	Freitas & Muelbert (2004)	Costa Sudeste e Sul - Cabo Frio ao Cabo de Santa Marta	5 a 4.066
	Franco & Muelbert (2003)	Quebra de plataforma do Sul - Cabo de Santa Marta ao Chuí	1 a 103
	Mafalda Jr. <i>et al.</i> (2004)	Costa norte da Bahia (abundância média)	189
Larvas de peixes	Castro <i>et al.</i> (2005)	Entrada da Baía da Guanabara, RJ	23,9 a 6.100
	Presente trabalho	ASPSP	1,29 a 1.071
	Freitas & Muelbert (2004)	Costa Sudeste e Sul - Cabo Frio ao Cabo de Santa Marta	30 a 450
	Ekau <i>et al.</i> (1999)	Costa do Ceará e Pernambuco	10 a 154
	Franco & Muelbert (2003)	Quebra de plataforma do Sul - Cabo de Santa Marta ao Chuí	5,9 a 58,9

A maior abundância noturna do holoplâncton e dos ovos e larvas sugere a ocorrência de desova e eclosão de larvas durante a noite e do movimento de migração vertical. Padrão semelhante foi encontrado no ASPSP, em relação à abundância do ictionêuston, e na Baía da Guanabara, onde as maiores abundâncias de larvas de decápodes foram encontrados nas amostras noturnas coletadas na superfície (LESSA *et al.*, 1999; FERNANDES *et al.*, 2002, respectivamente).

O padrão de migração do zooplâncton não ocorre como uma população compacta, mas como variações de padrões intermediários de acordo com fatores endógenos, biológicos e físicos (CHAMPALBERT *et al.*, 2005).

No geral, a variação espacial do zooplâncton não foi verificada, a não ser para alguns grupos pelágicos que apresentaram maior abundância na maior distância amostrada, e para alguns casos particulares que demonstraram alta abundância em uma situação particular de distância, estação do ano e período. Alguns grupos holoplanctônicos, como Chaetognatha, apresentam preferência por águas mais afastadas da costa (LIANG & VEGA-PÉREZ, 2002). Estudos anteriores verificaram uma variação na composição do zooplâncton em distância de até 30 km ao redor de montanhas submarinas (DOWER & MACKAS, 1996). Portanto, a distância de amostragem escolhida neste estudo pode ter sido um dos fatores responsáveis por não se detectar um efeito-ilha local, visto que a maior distância amostrada foi de 1,5 Km. Estudos posteriores poderão ser realizados ao redor do arquipélago com maiores distâncias (p. ex., 50 km), a fim de verificar a existência do efeito-ilha.

A elevada abundância do zooplâncton pode indicar a presença de zonas de turbulência, com enriquecimento de nutrientes e fitoplâncton, agindo como regiões de retenção e recrutamento de zooplâncton, de larvas e juvenis de peixes ao redor do ASPSP (RISSIK *et al.*, 1997; PALACIOS, 2002). Estudos posteriores de circulação de correntes poderão descrever fisicamente a ocorrência do efeito-ilha. Identificações futuras destes organismos poderão evidenciar quais famílias ou espécies desovam e/ou ocorrem como adultos na enseada e nos diferentes gradientes de distância, como já está sendo verificado para as larvas de decápodes e para os eufausídeos.

O ASPSP apresenta uma elevada abundância zooplanctônica para uma ilha verdadeiramente oceânica. Alguns fatores influenciam significativamente o aumento da abundância do zooplâncton, como a sazonalidade (verão e outono) e o movimento de migração vertical (noite). No geral, o efeito-ilha não foi detectado em função da distância amostrada e dos padrões de circulação e de turbulência ainda pouco conhecidos no local. Estudos posteriores poderão verificar a influência destes padrões na abundância e na composição no zooplâncton no arquipélago.

Agradecimentos

Agradecemos às tripulações dos barcos Transmar I e Transmar II, pelo apoio logístico nas coletas de plâncton; aos biólogos Gabriela de Oliveira, Maurício G. Vianna e Naomi G. Souza, pelo esforço de coleta; aos alunos Alesandra B. Birolo, Larissa B. Juk, Mariana M. Teshima, Mariana M. Aguiar, Rodrigo C.C.B. Merege, da UFSC, pela triagem das amostras; ao apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para o desenvolvimento dos projetos Ciclo de Vida de Crustáceos Decápodes e Estomatópodes no ASPSP (processo nº 48.0040/2004-4) e Padrões de Conectividade nas Populações Marinhas do ASPSP (processo nº 55.8470/2005-0); à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (processo nº 05/58085-5), pela concessão de bolsa de mestrado a Andrea G. Koettker; à Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM), pela infra-estrutura e treinamento, que possibilitaram a realização das expedições.

Referências bibliográficas

- Beck, M.W.; Heck, K.L.; Able, K.W.; Childers, D.L. 2001. **The Identification, Conservation, and Management of Estuarine and Marine Nurseries for Fish and Invertebrates**. BioScience 51 (8): 633-641.
- Boltovskoy, D. (Ed.). 1981. **Atlas del zooplâncton del Atlântico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplâncton marino**. Mar del Plata, Argentina: Publicación especial del INIDEP. 936 p.
- Bowen, V.T. 1966. **St. Paul's on the subway**. Oceanus 12 (4): 2-4.
- Castro, M.S.; Bonecker, A.C.T. & Valentin, J.L., 2005. **Seasonal variation in fish larvae at the entrance of Guanabara Bay, Brazil**. Brazilian Archives of Biology and Technology 48(1): 121-128.
- Cavalcanti, E.A.H. & Larrazábal, M.E.L. 2004. **Macrozooplâncton da Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil (segunda expedição oceanográfica – REVIZEE/NE II) com ênfase em Copepoda (Crustacea)**. Revista Brasileira de Zoologia 21(3): 467-475.
- Champalbert, G.; Pagano, M.; Kouamé, B. & Riandey, V. 2005. **Zooplankton spatial and temporal distribution in a tropical oceanic area off West Africa**. Hydrobiologia 548: 251-265.
- Chute, A.S. & Turner, J.T. 2001. **Plankton studies in Buzzards Bay, Massachusetts, USA. V. Ichthyoplankton, 1987 to 1993**. Marine Ecology Progress Series 224: 45-54.
- Dias, C.O. 1994. **Distribuição de Copepoda (Crustacea) ao largo da costa do estado do Rio de Janeiro**. Revista Brasileira de Biologia 54(4): 147-156.
- Dower, J.F. & Mackas, D.L. 1996. **"Seamounts effects" in the zooplankton community near Cobb Seamount**. Deep-sea Research, 43(6): 837-858.
- Ekau, W.; Westhaus-Ekau, P. & Medeiros, C. 1999. **Large scale distribution of fish larvae in the continental shelf waters off North-East Brazil**. Archive of Fishery and Marine Research 47(2-3): 183-200.
- Feitoza, B.M., Rocha, L.A., Júnior, O.J.L., Floeter, S.R. & Gasparini, J.L. 2003. **Reef fishes of St. Paul's Rocks: new records and notes on biology and zoogeography**. Aqua, Journal of Ichthyology and Aquatic Biology 7(2): 61-82.
- Fernandes, L.D.A.; Bonecker, S.L.C. & Valentin, J.L. 2002. **Dynamic of decapod crustacean larvae on the entrance of Guanabara Bay**. Brazilian Archives of Biology and Technology 45(4): 491-498.
- Franco, B.C. & Muelbert, J.H. 2003. **Distribuição e composição do ictioplâncton na quebra de plataforma do sul do Brasil**. Atlântica 25(1): 75-86.
- Freire, A.S. 1991. **Variação espaço-temporal do zooplâncton e das espécies de euphausiacea (Crustacea) ao largo da costa Leste do Brasil (18° - 23° S, 38° - 41° W)**. 137 p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) - Programa de pós-graduação em Oceanografia Biológica, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Freitas, D.M. & Muelbert, J.H. 2004. **Ichthyoplankton distribution and abundance off southeastern and southern Brazil**. Brazilian Archives of Biology and Technology 47(4): 601-612.
- González-Gordillo, J.I. & Rodríguez, A. 2003. **Comparative seasonal and spatial distribution of decapod larvae assemblages in three coastal zones off the south-western Iberian Peninsula**. Acta Oecologica: 219-233.
- Grabe, S.A. 2003. **Seasonal periodicity of decapod larvae and population dynamics of selected taxa in New Hampshire (USA) coastal waters**. Journal of Plankton Research 25(4): 417-428.
- Hernández-León, S.; Almeida, C.; Gómez, M.; Torres, S.; Montero, I. & Portillo-Hahnefeld, A. 2001. **Zooplankton biomass and indices of feeding and metabolism in island-generated eddies around Grand Canaria**. Journal of Marine Systems 30: 51-66.
- Holthuis, L.B.; Edwards, A.J. & Lubbock, H.R. 1980. **The decapod and stomatopod crustacea of St Paul's Rocks**. Zoologische Mededelingen 56(3): 27-51.
- Klein, V.L.M. 1977. **Sobre a composição e abundância relativa do plâncton, na plataforma continental do Estado do Ceará**. Arquivos de Ciências Marinhas 17(1): 21-27.
- Koettker, A.G. & Freire, A.S. 2006. **Spatial and temporal distribution of decapod larvae in the subtropical waters of the Arvoredo archipelago, SC, Brazil**. Iheringia, Série Zoologia 96(1): 31-39.
- Lessa, R.P.; Mafalda Jr., P.O.; Advíncula, R.; Lucchesi, R.B.; Bezerra Jr., J.L.; Vaske Jr., T. & Hellebrandt, D. 1999. **Distribu-**

tion and abundance of ichthyoneuston at seamounts and islands off northeastern Brazil. Archive of Fishery and Marine Research 47(2/3): 133-144.

Lessa, R.P.; Bezerra Jr., J.L.; Mafalda Jr., P.O.; Vaske Jr., T. & Luchesi, R.B. 2001. **Ictioneuston da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) no Nordeste do Brasil, Arquipélago São Pedro/São Paulo (Programas JOPS II e REVIZEE).** In: Resumos do I Workshop Científico/Ambiental do Programa Arquipélago. Natal. p. 25.

Liang, T.H. & Vega-Pérez, L.A. 2002. **Distribution, abundance and biomass of chaetognaths off São Sebastião**

- region, Brazil in February 1994.** Revista Brasileira de Oceanografia 50: 1-12.
- Machado, W.L.; Littlepage, J.L. & Costa, F.P. 1980. **Sobre a biomassa, densidade e distribuição do zooplâncton marinho na região nordeste do Brasil.** Arquivos de Ciências Marinhas 20(1/2): 43-54.
- Mafalda Jr., P.O.; Sinque, C.; Muelbert, J.H. & Souza, C.S. 2004. **Distribuição e Abundância do Ictioplâncton na costa Norte da Bahia, Brasil.** Tropical Oceanography 32(1): 69-88.
- Palacios, D.M. 2002 **Factors influencing the island-mass effect of the Galápagos Archipelago.** Geophysical Research Letters 29(23): 2134-2137.
- Pedrotti, M.L. & Fenaux, L. 1992. **Dispersal of echinoderm larvae in a geographical area marked by upwelling (Ligurian Sea, NW Mediterranean).** Marine Ecology Progress Series 86: 217-227.
- Queiroga, H. & Blanton, J. 2005. **Interactions between behavior and physical forcing in the control of horizontal transport of decapod crustacean larvae.** Advances in Marine Biology 47: 107-214.
- Raymond, J.E.G. 1983. **Plankton and productivity in the oceans. Vol.2, Zooplankton.** 2th ed. Oxford, England: Pergamon Press. 824p.
- Rissik, D.; Suthers, I.M. & Taggart, C.T. 1997. **Enhanced zooplankton abundance in the lee of an isolated reef in the south Coral Sea: the role of flow disturbance.** Journal of Plankton Research 19(9): 1347-1368.
- Robledo, O.B. & Mujica, A.R. 1999. **Eufáusidos de Isla de Pascua.** Investigaciones Marinas 27: 65-72.
- Sale, P.F. & Kritzer, J.P. 2003. **Determining the extent and spatial scale of population connectivity: decapods and coral reef fishes compared.** Fisheries Research 65: 153-172.
- Sankarankutty, C.; Oliveira, J.E.L. & Ferreira, A.C. 2001. **On a large specimen of *Panulirus argus* (Latreille, 1804) (Crustacea: Decapoda: Palinuridae) from Archipelago of São Pedro and São Paulo, Brazil.** Nauplius 9(1): 67-68.
- Soares-Gomes, A. & Figueiredo, A.G. 2002. **O Ambiente Marinho.** In: PEREIRA, R.C. & SOARES-GOMES, A. (Eds.), Biologia Marinha, Rio de Janeiro: Editora Interciência, p 1- 33.
- Tanabe, T. 2001. **Feeding habits of skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* and other tuna *Thunnus* spp. juveniles in the tropical western Pacific.** Fisheries Science 67 (4): 563-570.
- Thurman, H.V. & Burton, E.A. 2001. **Introductory oceanography.** 9th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall. 554p.
- Valentin, J.L.; Barth, R.; Carris, E.; Macedo, F.E.; Ribas, W.M.; Mureb, A.; Pessoti, E. & Tenenbaum, D.R. 1977. **Evolução das características biológicas das águas de ressurgência de Cabo Frio (Brasil) durante um fundeio de 4 dias na estação fixa.** Publicação do Instituto de Pesquisas da Marinha 103: 1-15.
- Vega-Pérez, L.A. & Hernandez, S. 1997. **Composição e distribuição da família Paracalanidae (Copepoda: Calanoida) ao largo de São Sebastião, estado de São Paulo-Brasil, com ênfase em três espécies de *Paracalanus*.** Revista Brasileira de Oceanografia 45(1/2): 61-75.
- Viana, G.F.S.; Ramos-Porto, M. & Torres, M.F.A. 2004. **Crustáceos decápodos coletados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.** Boletim Técnico-Científico do CEPENE 12(1): 43-50.
- Vianna, M.G. 2005. **Caracterização do infralitoral e ocorrência de crustáceos decápodos no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.** 48p. Monografia - Graduação em Ciências Biológicas - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Zar, J. H. 1996. **Biostatistical analysis.** 3 ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall. 662p.