Natasha Travenisk Hoff

**Integridade biótica dos ecossistemas na região do
Arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP**

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, área de Oceanografia Biológica.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. June Ferraz Dias

São Paulo

2015

Universidade de São Paulo

Instituto Oceanográfico

Integridade biótica dos ecossistemas na região do Arquipélago dos Alcatrazes, São
Sebastião - SP

Natasha Travenisk Hoff

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como
parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de
Oceanografia Biológica.

Julgada em ____ / ____ / _____

Prof^a. Dr^a. June Ferraz Dias

Conceito

Prof(a). Dr(a).

Conceito

Prof(a). Dr(a).

Conceito

Sumário

Resumo	xvi
---------------	------------

Abstract	xviii
-----------------	--------------

1 INTRODUÇÃO GERAL	1
---------------------------	----------

1.1 Introdução	1
1.2 Objetivo Geral e Hipótese do Trabalho	5
1.3 Área de Estudo	6
1.3.1 Origem Geológica e Sedimentação	8
1.3.2 Clima e Hidrodinâmica	9
1.3.3 Aspectos Biológicos	11

2 ASPECTOS ESTRUTURAIS DA ICTIOFAUNA DA REGIÃO DO ARQUIPÉLAGO	
--	--

DOS ALCATRAZES	13
-----------------------	-----------

2.1 Introdução	13
2.2 Objetivos Específicos	15
2.3 Material e Métodos de Coleta	15
2.3.1 Coleta de organismos em expedições	15
2.3.2 Dados pretéritos	16
2.4 Triagem do Material Biológico	19
2.5 Análise de Dados	19
2.5.1 Captura por Unidade de Esforço (CPUE)	19
2.5.2 Índices Ecológicos	20
2.5.3 Constância de Ocorrência	21
2.5.4 Análise de Variância - ANOVA	21
2.5.5 Análise de Agrupamento	22
2.6 Resultados	22
2.6.1 Junho de 1986	22
2.6.2 Setembro de 2011	28

2.6.3	Janeiro de 2014	38
2.6.4	Avaliação comparativa da ictiofauna	45
2.7	Discussão	52
3	INTEGRIDADE BIÓTICA DOS ECOSSITEMAS DO ARQUIPÉLAGO DOS	
	ALCATRAZES	61
3.1	Introdução	61
3.2	Objetivos Específicos	63
3.3	Material e Métodos de Coleta	63
3.4	Análise de Dados	63
3.4.1	IIB - Índice de Integridade Biótica	63
3.4.2	Curva ABC - Abundance Biomass Comparison	67
3.5	Resultados	68
3.6	Discussão	79
4	CARTA DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAMAMENTO DE	
	ÓLEO – CARTA SAO	83
4.1	Introdução	83
4.2	Objetivos Específicos	84
4.3	Material e Métodos	84
4.3.1	Levantamento de dados secundários	84
4.3.2	Dados <i>in situ</i>	85
4.3.3	Vídeos e imagens	85
4.4	Elaboração da carta SAO	86
4.5	Resultados	86
4.5.1	Recursos biológicos	86
4.5.2	Recursos socioeconômicos	90
4.5.3	Classificação do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL)	93
4.5.4	Carta de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo (Carta SAO)	94

4.6	Discussão	96
5	CONCLUSÃO	100
6	REFERÊNCIAS	102
7	ANEXOS	123
7.1	Planilhas - Recursos Biológicos	123
7.2	Segmentos - ISL	135

Lista de Figuras

1	Mapa do litoral central e norte do Estado de São Paulo, com destaque para as áreas pertencentes à ESEC Tupinambás e adjacências. A barra de cores à direita representa a variação da profundidade.	3
2	Mapa das ilhas, ilhotes, parciais e lajes que compõem o arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. A barra de cores à direita representa a variação da profundidade.	7
3	Malha amostral realizada durante campanha para levantamento ecológico, realizado em setembro de 2011, utilizando-se rede de arrasto de fundo com portas na região do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP.	17
4	Malha amostral realizada no trabalho de campo na região do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. Os pontos iniciais e finais de cada arrasto encontram-se representados pelas letras <i>i</i> e <i>f</i> respectivamente.	18
5	Famílias encontradas em junho de 1986 por Paiva Filho <i>et al.</i> (1989). Em cima, o número de espécies coletadas por família. Embaixo, sua frequência (%) em número e em biomassa, respectivamente.	25
6	Dendrogramas (UPGMA / Distância Euclidiana) apresentando a dissimilaridade entre as espécies (esquerda) e estações (direita) amostradas em 1986 por Paiva Filho <i>et al.</i> (1989).	27
7	Diagrama T-S espalhado das 15 estações oceanográficas realizadas na região do arquipélago dos Alcatrazes, entre 26 de setembro e 01 de agosto de 2011.	28
8	Perfis de temperatura ('*', preto) e salinidade ('o', vermelho) de cada estação oceanográfica realizada na região do arquipélago dos Alcatrazes entre 26 de setembro e 01 de outubro de 2011. Fonte: Hoff <i>et al.</i> (em preparação).	30
9	Famílias encontradas em setembro de 2011 nos entornos do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. Em cima, o número de espécies coletadas por família. Embaixo, sua frequência (%) em número e em biomassa, respectivamente. O nome de cada família foi reduzido para suas quatro primeiras letras.	36

10	Dendrogramas (UPGMA / Distância Euclidiana) apresentando a dissimilaridade entre as espécies (esquerda) e estações (direita) amostradas em setembro de 2011.	37
11	Perfis de temperatura de cada estação oceanográfica realizada na região do arquipélago dos Alcatrazes entre 22 e 23 de janeiro de 2014.	39
12	Famílias encontradas em janeiro de 2014 nos entornos do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. Em cima, o número de espécies coletadas por família. Embaixo, sua frequência (%) em número e em biomassa, respectivamente. . . .	43
13	Dendrogramas (UPGMA / Distância Euclidiana) apresentando a dissimilaridade entre as espécies (esquerda) e estações (direita) amostradas em janeiro de 2014. .	45
14	Curvas ABC aplicadas aos dados disponíveis em Paiva-Filho <i>et al.</i> (1989), no qual foram realizadas 6 coletas com rede de arrasto de fundo com portas nos arredores do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP, em junho de 1986.	73
15	Curvas ABC aplicadas aos dados obtidos nas estações 1 a 5, amostradas durante o levantamento ecológico rápido, no qual foram realizadas 15 coletas com rede de arrasto de fundo com portas nos arredores do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP, em setembro de 2011. . . .	74
16	Curvas ABC aplicadas aos dados obtidos nas estações 6 a 10, amostradas durante o levantamento ecológico rápido, no qual foram realizadas 15 coletas com rede de arrasto de fundo com portas nos arredores do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP, em setembro de 2011. . . .	75
17	Curvas ABC aplicadas aos dados obtidos nas estações 11 a 15, amostradas durante o levantamento ecológico rápido, no qual foram realizadas 15 coletas com rede de arrasto de fundo com portas nos arredores do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP, em setembro de 2011. . . .	76
18	Curvas ABC aplicadas aos dados obtidos nas 5 estações amostradas com rede de arrasto de fundo com portas nos arredores do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP, em janeiro de 2014.	77

19	Curvas ABC aplicadas ao total amostrado nos três períodos de coleta com rede de arrasto de fundo com portas nos arredores do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP, em 1986, 2011 e 2014.	78
20	Invertebrados marinhos registrados no arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP, sem fins científicos. Créditos: Leandro Inoue Coelho.	91
21	Carta operacional de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo da região do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. Identificação: ALC-100. . . .	95

Lista de Tabelas

- 1 Características das redes de pesca das embarcações utilizadas nos diferentes trabalhos. ND = dado não disponível. 18
- 2 Lista atualizada de espécies registradas por Paiva Filho *et al.* (1989) em junho de 1986 no arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. O nome das espécies foi atualizado. FN e FB representam as frequências (%) em número e em biomassa, respectivamente; $CPUE_n$ e $CPUE_b$ são a captura por unidade de esforço totais, em número de indivíduos ou gramas por minutos, respectivamente; e C_i é a constância de ocorrência, em porcentagem. 24
- 3 Índices ecológicos estabelecidos para os dados disponíveis em Paiva-Filho *et al.* (1989), com CPUE padronizada em 5 min. λ = Dominância de Simpson; D_s = Diversidade de Simpson; H' = Diversidade de Shannon e Weaver; R = Riqueza (Índice de Margalef); J' = Equabilidade (Índice de Pielou) 26
- 4 Lista de espécies registradas em setembro de 2011 no Arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. FN e FB representam as frequências (%) em número e em biomassa, respectivamente; $CPUE_n$ e $CPUE_b$ são a captura por unidade de esforço, em número de indivíduos ou gramas por minutos, respectivamente; e C_i é a constância de ocorrência, em porcentagem. 32
- 5 Índices ecológicos estabelecidos para os dados obtidos no presente trabalho, a partir do levantamento ecológico rápido (2011). λ = Dominância de Simpson; D_s = Diversidade de Simpson; H' = Diversidade de Shannon e Weaver; R = Riqueza (Índice de Margalef); J' = Equabilidade (Índice de Pielou) 37

6	Lista de espécies registradas no trabalho de campo em janeiro de 2014 no arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. FN e FB representam as frequências (%) em número e em biomassa, respectivamente; $CPUE_n$ e $CPUE_b$ são a captura por unidade de esforço, em número de indivíduos ou gramas por minutos, respectivamente; e C_i é a constância de ocorrência, em porcentagem.	41
7	Índices ecológicos estabelecidos para os dados obtidos no presente trabalho, a partir de coleta realizada em janeiro de 2014. λ = Dominância de Simpson; D_s = Diversidade de Simpson; H' = Diversidade de Shannon e Weaver; R = Riqueza (Índice de Margalef); J' = Equabilidade (Índice de Pielou).	44
8	Comparação entre ocorrência de espécies no arquipélago dos Alcatrazes nos diferentes anos e em regiões adjacentes, na plataforma continental de São Sebastião (PCSS), no Canal de São Sebastião (CSS) e na plataforma continental de Santos (PCS).	48
9	Índices ecológicos médios dos trabalhos de Paiva-Filho <i>et al.</i> (1989), dos projetos OPISS e ECOSAN e do presente trabalho. λ = Dominância de Simpson; D_s = Diversidade de Simpson; H' = Diversidade de Shannon e Weaver; R = Riqueza (Índice de Margalef); J' = Equabilidade (Índice de Pielou); ND = não disponível.	51
10	Informações sumarizadas sobre a presença das espécies registradas na região do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP, como fauna acompanhante (<i>bycatch</i>) das pescarias de frotas camaroeiras de acordo com Graça Lopes <i>et al.</i> (2002); Vianna <i>et al.</i> (2004) e Sedrez <i>et al.</i> (2013). R = rejeitado; M = comércio “mistura”; I = comércio “isolado”.	55
11	Métricas selecionadas para a avaliação da ictiofauna na região do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP.	64
12	Avaliação final da pontuação obtida através do Índice de Integridade Biótica - IIB. Adaptada de Karr (1981).	65

13	Pontuação final do IIB para o arquipélago dos Alcatrazes, a partir do trabalho de Paiva-Filho <i>et al.</i> (1989) e do presente estudo. ND = dado não disponível.	69
14	Resultado final das métricas utilizadas no cálculo do IIB para o arquipélago dos Alcatrazes, a partir do trabalho de Paiva-Filho <i>et al.</i> (1989) e do presente estudo. NA = não analisado.	70
15	Localização dos sítios arqueológicos encontrados na ilha de Alcatrazes, São Sebastião - SP.	92
16	Espécies de mamíferos marinhos registradas na região do Arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. Referências: 1. Martuscelli <i>et al.</i> (1996); 2. Martuscelli <i>et al.</i> (2000); 3. Santos <i>et al.</i> (2010); 4. Tavares <i>et al.</i> (2010); 5. Zerbini <i>et al.</i> (2010); 6. Souza <i>et al.</i> (2009). Proteção legal: nacional (N) ou internacional (I); não ameaçada (NA), vulnerável (V), em perigo (EP), criticamente em perigo (CP), provavelmente extinta (PE), extinta (E), sem informações ou dados insuficientes (SI).	123
17	Avifauna registrada na região do Arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. Referência: 1. Rezende (1987); 2. Campos <i>et al.</i> (2004); 3. Muscat <i>et al.</i> (2014); 4. Olmos <i>et al.</i> (1995); 5. Campos <i>et al.</i> (2007). Proteção legal: nacional (N) ou internacional (I); não ameaçada (NA), vulnerável (V), em perigo (EP), criticamente em perigo (CP), provavelmente extinta (PE), extinta (E), sem informações ou dados insuficientes (SI).	124
18	Espécies de testudíneos registradas na região do Arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. Referência: 1. Souza (2006 apud BATAUS; REIS, 2011, p. 36). Proteção legal: nacional (N) ou internacional (I); não ameaçada (NA), vulnerável (V), em perigo (EP), criticamente em perigo (CP), provavelmente extinta (PE), extinta (E), sem informações ou dados insuficientes (SI).	127

- 19 Espécies de peixes registradas na região do Arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. Referência: 1. Paiva Filho *et al.* (1989), 2. presente trabalho (2011), 3. presente trabalho (2014), 4. Relatório Laje Viva 2011-2012, 5. Gibran & Moura (2012). Proteção legal: nacional (N) ou internacional (I); não ameaçada (NA), vulnerável (V), em perigo (EP), criticamente em perigo (CP), provavelmente extinta (PE), extinta (E), sem informações ou dados insuficientes (SI). 127
- 20 Espécies de invertebrados marinhos registradas na região do Arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. Referências: 1. Nogueira & Amaral (2000), 2. Nogueira & Hove (2000), 3. Nogueira *et al.* (2001), 4. Nogueira & Rizzo (2001), 5. Melo *et al.* (2003), 6. Nogueira *et al.* (2003), 7. Radashevsky & Nogueira (2003), 8. Lanna *et al.* (2007), 9. Gagliardi (2009), 10. Rocha & Bonnet (2009), 11. Nogueira *et al.* (2010), 12. Coimbra & Bergue (2003), 13. Comunicação ICMBio (2012). Proteção legal: nacional (N) ou internacional (I); não ameaçada (NA), vulnerável (V), em perigo (EP), criticamente em perigo (CP), provavelmente extinta (PE), extinta (E), sem informações ou dados insuficientes (SI). 134
- 21 Espécies que compõem a herpetofauna registrada na região do Arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. Referências: 1. Vanzolini & Ramos (1977), 2. Cicchi *et al.* (2007), 3. Barbo & Sawaya (2008), 4. Bataus & Reis (2011), 5. Muscat *et al.* (2014). Proteção legal: nacional (N) ou internacional (I); não ameaçada (NA), vulnerável (V), em perigo (EP), criticamente em perigo (CP), provavelmente extinta (PE), extinta (E), sem informações ou dados insuficientes (SI). 135

Lista de Abreviaturas e Siglas

- λ – dominância de Simpson
- ABC – *Abundance Biomass Comparison*
- AC – Água Costeira
- ACAS – Água Central do Atlântico Sul
- ANOVA – análise de variância
- AT – Água Tropical
- Carta SAO – Carta de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo
- CB – Corrente do Brasil
- CCB – Corrente Costeira do Brasil
- C_i – constância de ocorrência
- Conabio – Comissão Nacional da Biodiversidade
- CPUE – captura por unidade de esforço
- CSS – canal de São Sebastião
- CTD – *Conductivity, Temperature and Depth*
- D_s – diversidade de Simpson
- ECOSAN – A influência do complexo estuarino da Baixada Santista sobre o ecossistema da plataforma adjacente
- ESEC – Estação Ecológica
- FHS – frente halina superficial
- FTP – frente térmica profunda
- H' – diversidade de Shannon e Weaver
- ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
- IIB – Índice de Integridade Biótica
- IO-USP – Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo
- J' – equabilidade de Pielou
- MB – Marinha do Brasil
- MMA – Ministério do Meio Ambiente
- OPISS – Oceanografia da Plataforma Interna de São Sebastião

PCI – plataforma continental interna

PCM – plataforma continental média

PCS – plataforma continental de Santos

PCSS – plataforma continental de São Sebastião

R – riqueza de Margalef

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza

TEBAR – Terminal Marítimo Almirante Barroso

UC – unidade de conservação

UPGMA – *Unweighted pair-group average*

ups – unidades práticas de salinidade

ZA – zona de amortecimento

ZEE – Zona Econômica Exclusiva

*Àquele que sabia, antes de mim, que a
bolsa ia aumentar... Mas não pudemos
mais falar sobre isso...*

Te amo e levo sempre comigo, vô!

Agradecimentos

Agradeço inicialmente à minha segunda casa, o Instituto Oceanográfico, por todo apoio logístico, institucional e emocional à realização desse projeto, desde o momento anterior a sua concepção; e à CAPES pela bolsa concedida.

À minha querida orientadora, agradeço por tudo. Por todo o conhecimento; pela oportunidade de conviver com uma pesquisadora incrível, empenhada não apenas em fazer pesquisa, mas também ensinar com entusiasmo; e por ter aceitado a ideia do projeto e só tê-la melhorado e tornado mais instigante. Mas mais do que profissionalmente, se hoje sou uma pessoa melhor, também foi por sua causa! Certamente, será sempre um prazer trabalhar com você!

À minha amada família, que, complicada a sua maneira, se mostra um forte ali-
cerce. Juntos vamos mais longe, superamos mais e complicadas barreiras, as dificuldades e tristezas se amenizam... Se existe uma força inexplicável, ela vem da família! Em espe-
cial, vô e vóvis, que sempre buscaram mostrar a importância de se manter a família unida e da moral e respeito que nos passaram.

À todos que participaram e auxiliaram nos trabalhos de campo, seja em 2011, à bordo do N/Pq. Soloncy Moura, e à bordo do B/Pq. Alpha Delphini em 2014. É sempre uma alegria poder trabalhar com pessoas empenhadas em fazer boa pesquisa!

Ao ICMBio e ESEC Tupinumbás, especialmente à Kelen Leite, Alexandre Costa e Marli Penteado, por toda confiança depositada e pelo apoio na realização de projetos em um local tão privilegiado quanto Alcatrazes.

Às minhas lindas amigas do FBI, Carol e Ana, sem as quais meu mundo seria menos perturbado, mas também bem menos feliz! O apoio de vocês, mesmo que a um oceano de distância, é fundamental.

Aos amigos da turma VII, Nancy, André e Tiago, pela amizade e pela incrível experiência de ter ido ao Hawaii com pessoas tão especiais. Filipe, Renato, Hanna, Pika-
chu, Iole, Laís e Clari também fizeram dos nossos raros momentos juntos mais felizes e memoráveis!

À Cris, pela amizade e carinho, e por cada palavra doce e de apoio... Deus nos

oferece anjos na forma de amigos...

Ao ForrIO & Gafieira, que tornou mais leve a vida e, por sorte, ainda trouxe grandes amigos a ela. Em especial, Carlos, Roberto, Anna e Ana Lucia, pelo bom coração, incentivo e companhia neste pouco tempo em que passamos a conviver! As segundas nunca mais serão as mesmas...

Ao pessoal do "café do Mário e cia.", por fazerem as tardes serem mais gostosas e divertidas. Em especial, à Lourdes, pelas conversas, conselhos, e, principalmente, pelos abraços!

Aos professores com os quais tive o prazer de conviver numa nova perspectiva, agora como monitora em suas disciplinas. June, Mário, Márcia, Michel, Marcos e Sueli: grandes mestres, grandes ensinamentos.

Aos estagiários do laboratório, Bruno, Sorriso, Claudia e Luana, e à técnica Helcy Sylbiger, que ajudaram na triagem do material coletado.

Ao Prof. Alfredo, por compartilhar comigo suas memórias e histórias relacionadas à Alcatrazes.

Aos Profs. Denis Abessa e Rubens Figueira, que me deram o prazer da primeira publicação, além do apoio sempre. Ao primeiro também agradeço a ajuda a partir do momento em que decidi adentrar um campo ainda de difícil compreensão para mim.

Ao Prof. Michel por acreditar na minha ideia de projeto e apoiar que fosse trabalhar com a June. Fez toda a diferença.

Ao Leandro Coelho pela imensa ajuda num momento crítico da dissertação.

Ao pessoal da secretaria de pós-graduação e das seções de transporte, bases, gráfica e embarcações.

À Isa, pelo apoio desde o início, por dividir seus conhecimentos comigo, pela companhia nos almoços, trabalho de campo e cafés. E, principalmente, por ajudar na revisão do trabalho e pelos bons conselhos.

Finalmente, agradeço à Deus por colocar em meu caminho pessoas tão especiais, que tanto me fizeram crescer profissional e pessoalmente de 2013 até hoje.

Resumo

A Estação Ecológica (ESEC) Tupinambás, uma UC marinha de proteção integral, está localizada no litoral norte do estado de São Paulo (SP). Foi criada em 1987, sendo utilizada pela Marinha do Brasil para exercícios de tiro até recentemente no arquipélago dos Alcatrazes (São Sebastião, SP). Isto justifica a baixa quantidade de informações disponíveis sobre essa região. Através do levantamento de informações sobre a composição biológica, aspectos socioeconômicos e oceanográficos da área do arquipélago, da utilização de índices ecológicos (dominância, diversidade, riqueza e equabilidade) e multimétricos (Índice ABC e Índice de Integridade Biótica), e da elaboração da Carta de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo, verificou-se (1) a semelhança da composição ictiofaunística do arquipélago dos Alcatrazes em relação à Santos e São Sebastião, (2) se a região mantém a integridade biótica da ictiofauna mesmo localizando-se entre regiões impactadas, e (3) se o ponto mais sensível ecologicamente detectado pela carta SAO pode ser a área de maior suscetibilidade de ser atingida por um derramamento de óleo. Os dados analisados são provenientes de trabalhos pretéritos e coletas realizadas em setembro de 2011 e janeiro de 2014. A composição ictíica variou ao longo do tempo e períodos de coleta, respondendo à composição sedimentar e à variabilidade das propriedades hidrográficas. Foi constatada alta similaridade da ictiofauna do arquipélago com aquelas encontradas na plataforma continental de Santos e São Sebastião. Em relação à integridade biótica local, a partir da ictiofauna, as duas técnicas aplicadas refletiram o histórico no estado de conservação da ESEC, com a melhora dos índices ao longo do período estudado. A produção da carta SAO resultou em um produto único, que poderá auxiliar a gestão da UC e em planos de contenção, e em um compêndio das espécies encontradas na região, dentre as quais se encontram algumas endêmicas e muitas ameaçadas, segundo critérios nacionais e internacionais. Finalmente, espera-se que a alta biodiversidade do entorno do arquipélago, que representa uma vasta fonte de conhecimentos para o futuro, se encontre protegida pelo respeito à legislação e fiscalização da ESEC em que se encontra, pela Área Delta da Marinha do Brasil, e pela distância da costa e de fontes de contaminação.

Palavras-Chaves: Unidade de Conservação, integridade biótica, ictiofauna, Alcatrazes, índice ABC, índice de integridade biótica, ESEC Tupinambás, carta SAO

Abstract

The Tupinambás Ecological Station (TES), a Marine Protected Area (MPA) of integral protection, is located on the northern coast of São Paulo state (SP). It was established in 1987 and it has been used by the Brazilian Navy for shooting practice until recently in the Alcatrazes archipelago (São Sebastião, SP). That accounts for the low amount of the available data in this region. Using information on the biological composition, socioeconomic and oceanographic aspects variables, combined with ecological (dominance, diversity, richness and evenness) and multimetric (ABC method and Biotic Integrity Index) indexes and the preparation of the Environmental Sensitivity Index (ESI) Map, we (1) assessed the similarity of the ichthyofauna of the Alcatrazes archipelago regarding compared to Santos and São Sebastião, (2) verified whether the region retains the ichthyofauna biotic integrity despite being located between affected regions and (3) verified whether the most ecologically sensitive region detected by the ESI map is the area most likely to be hit by an oil spill. The analyzed data come from previous works and samplings carried out in September 2011 and January 2014. The ichthyofauna varied over time and sampling points. Its distribution also reflected the sedimentary composition and the variability of hydrographic properties. High similarity between the ichthyofauna of the archipelago and those found on the continental shelf off Santos and São Sebastião. Regarding the biotic integrity, the two techniques applied reflected the conservation history of the TES, with an improvement in the indexes during the study period. The production of the ESI map resulted in a unique product that can assist in the management of the MPA and containment plans, and a species compendium found in the region, among which many of them are endemic and endangered, according to national and international classifications. Finally, it is expected that the high biodiversity of the archipelago surroundings, which still represents a vast source of knowledge for the future, is protected by the Delta Area of the Brazilian Navy, by the law that ensure the TES and by the distance from the coast.

Keywords: Marine Protected Area, biotic integrity, Alcatrazes, ABC method, Index of Biotic Integrity, Tupinambás Ecological Station, ESI map

1 INTRODUÇÃO GERAL

1.1 Introdução

As unidades de conservação (UCs) têm como principal finalidade a preservação da biodiversidade, além de promover a utilização sustentável das águas costeiras e marinhas e seus recursos através do uso apropriado de estruturas de gerenciamento e monitoramento (*Salm et al.*, 2000; *Weeks et al.*, 2009). Por definição, constituem estas unidades os espaços territoriais e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídas pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (*BRASIL*, 2000; *SMA*, 2005).

O sucesso de implantação das áreas de proteção marinha depende: de meios legais apropriados; da aceitação das comunidades costeiras; e de um sistema de gestão efetivo e bem embasado, voltado à proteção de processos ecológicos responsáveis pela manutenção da estrutura e função das comunidades (*Tundi Agardy*, 1994; *Salm et al.*, 2000).

Apesar das peculiaridades e dos conflitos por elas gerados, as UCs marinhas têm recebido atenção crescente. A criação das unidades de conservação no mundo atual compõe uma das principais formas de intervenção governamental, visando reduzir as perdas da biodiversidade face à degradação ambiental (*Vallejo*, 2009; *Soares et al.*, 2011).

O Brasil, país predominantemente tropical, é conhecido pela sua grande biodiversidade, o que impõe enormes desafios à conservação e ao manejo dos ecossistemas (*Araujo*, 2007). Gerou-se, então, a falsa ideia de um potencial de exploração inesgotável, levando à adoção de políticas de desenvolvimento pouco preocupadas com a sustentabilidade do uso de recursos naturais (*Prates & Blanc*, 2007).

A consciência da preservação desses biomas e ecossistemas, bem como a história do gerenciamento ambiental no Brasil, são recentes, tendo em vista que as primeiras iniciativas americanas surgiram em 1872 (*Medeiros*, 2006; *Ganem*, 2011; *Soares et al.*, 2011). Apenas nos últimos 70 anos se observa um desvio do pensamento expansionista e

imediatista, através da criação de diversas unidades de conservação (Ganem, 2011).

Um momento histórico importante na gestão das unidades de conservação brasileiras foi a promulgação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) pela Lei nº 9.985 de 2000 (BRASIL, 2000). O SNUC, gerido pelas três esferas de governo (federal, estadual e municipal), foi concebido a fim de potencializar o papel das UCs, planejando-as e administrando de forma integrada, salvaguardando o patrimônio biológico existente e contribuindo para a manutenção da diversidade biológica e genética no território nacional e nas águas jurisdicionais.

Prates *et al.* (2012) apontam que até 2012 o Brasil possuía 208 unidades de conservação no bioma costeiro e marinho, um número que pode ser considerado baixo dada a magnitude do mar territorial brasileiro somado à sua Zona Econômica Exclusiva (ZEE). Apesar de apresentar a maior costa tipicamente tropical do planeta e, consequentemente, uma complexa rede de habitats, 3,14 % de toda zona costeira e marinha estão inseridos em UCs de qualquer natureza.

Quando se considera a Meta Nacional 11 da Comissão Nacional da Biodiversidade (Conabio) - qual seja, a de promover a conservação efetiva de pelo menos 10 % de áreas marinhas e costeiras até 2020, por meio de unidades de conservação previstas na Lei do SNUC e outras categorias de áreas oficialmente protegidas (BRASIL, 2013), a representatividade do total protegido por unidades de proteção integral se reduz a apenas 0,13 % de toda a zona marinha, em um total de 4800 km² (Prates *et al.*, 2012).

Apesar do esforço crescente no âmbito federal, no contexto geral da América Latina, ainda há muito a ser feito em termos da delimitação de novas áreas e manejo coordenado e integrado das UCs (Guarderas *et al.*, 2008; Soares *et al.*, 2011).

Estação Ecológica Tupinambás - ESEC Tupinambás

Em 20 de julho de 1987, o Decreto Federal nº 94.656 deu origem a diversas Estações Ecológicas (ESEC), unidades de conservação federal de proteção integral, cujo objetivo básico é a preservação da natureza e a realização de pesquisas científicas. No

litoral paulista, estas Unidades visam resguardar, principalmente, os remanescentes florestais da Mata Atlântica que recobrem a Serra do Mar ao longo da costa (SMA, 2005). Desta forma, nas Estações Ecológicas fica proibida a visitação pública, exceto para atividades previstas nos objetivos e em conformidade com o que dispõe o Plano de Manejo correspondente, de acordo com o Decreto nº 4.340 de 22 de agosto de 2002 do SNUC (BRASIL, 2002).

Dentre as Unidades de Conservação criadas em 1987, encontra-se a Estação Ecológica Tupinambás, localizada nos municípios de Ubatuba e São Sebastião, no litoral norte do Estado de São Paulo, e administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Abrange dois conjuntos de ilhas, ilhotes, lajes e parcéis e o entorno marinho numa extensão de 1 quilômetro a partir da arrebentação das águas nos rochedos e praias, incluindo ambientes marinhos e terrestres (Figura 1). O primeiro conjunto de ilhas dista de 3 a 6 km da costa de Ubatuba, estando nas proximidades do Parque Estadual da ilha Anchieta, engloba a ilha das Cabras e a ilha das Palmas. Já o segundo conjunto de ilhas, ilhotes, parcéis e lajes dista aproximadamente 33 km da costa do município de São Sebastião e está inserido no arquipélago dos Alcatrazes e na Área Delta de Segurança da Marinha do Brasil (MB) (Pompéia et al., 1993; SMA, 2005).

Figura 1: Mapa do litoral central e norte do Estado de São Paulo, com destaque para as áreas pertencentes à ESEC Tupinambás e adjacências. A barra de cores à direita representa a variação da profundidade.

O arquipélago dos Alcatrazes, em especial, apresenta polêmicas sobre a sua

preservação. A primeira está relacionada com a constatação dos impactos gerados por exercícios de tiro da Marinha do Brasil, atuando desde a década de 80 na área. Além destas, há os riscos advindos da visitação predatória nas ilhas, atividades pesqueiras nos arredores e da atividade portuária, dada a proximidade com o Porto de São Sebastião e do TEBAR - Terminal Marítimo Almirante Barroso (*Pompéia et al.*, 1993; *Gibran & Moura*, 2012).

O estuário de Santos, ao sul do arquipélago dos Alcatrazes, apresenta um importante histórico de contaminação. O local abriga o maior porto brasileiro, além de estar próximo ao polo industrial de Cubatão e da existência de um emissário submarino, que despeja efluentes ainda dentro da baía de Santos. Diversos são os trabalhos que, ao longo do tempo, vêm ressaltando o impacto no sedimento e na biota do despejo de efluentes industriais e domésticos, das dragagens, dentre outros estressores ambientais (*Braga et al.*, 2000; *Abessa & Sousa*, 2001; *Abessa*, 2002; *Abessa et al.*, 2005; *Cesar et al.*, 2006, 2007; *Hortellani et al.*, 2008; *Sousa et al.*, 2008; *Azevedo et al.*, 2009; *Torres et al.*, 2009).

A MB utilizava áreas do arquipélago, entre elas o saco do Funil e a ilha da Sapata, para exercícios de tiro na chamada Área Delta. Anteriormente, a Marinha bombardeava com maior frequência o saco do Funil em toda sua extensão. Porém, graças a ações ambientalistas e descobertas de espécies endêmicas, negociou-se a transferência dos treinos em prol da criação do primeiro parque nacional marinho da região sudeste brasileira, o Parque Nacional Marinho dos Alcatrazes, em tramitação desde 2010. Os exercícios de tiro se restringem, agora, à ilha da Sapata (*CMADS*, 2013).

Entretanto, desde sua criação em 1987, a ESEC Tupinambás permanece sem um Plano de Manejo, que auxiliaria a organização e gerenciamento das atividades exercidas dentro dos limites desta Unidade de Conservação. Recentemente, o ICMBio vem investindo esforços que possam resultar na elaboração deste Plano, uma vez que sua falta também representa um obstáculo à criação do parque nacional marinho.

1.2 Objetivo Geral e Hipótese do Trabalho

Neste contexto, este estudo busca avaliar a composição e integridade da ictiofauna da região do arquipélago dos Alcatrazes, além de relacioná-la às características abióticas locais e com regiões adjacentes (Santos, ao sul, e a região costeira de São Sebastião, à nordeste do arquipélago). As estratégias adotadas foram:

- Caracterizar a ictiofauna da região do arquipélago dos Alcatrazes;
- Avaliar a qualidade e integridade biológica dos ecossistemas;
- Levantar informações existentes sobre a região acerca da composição biológica, da circulação local e de aspectos socioeconômicos, de modo a complementar e centralizar as informações obtidas até o presente momento e oferecendo melhor suporte às tomadas de decisão dos órgãos competentes;
- Mapear a sensibilidade ambiental do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP, a vazamentos de óleo, através de especificações estabelecidas pelo Ministério do Meio Ambiente, subsidiando a elaboração da Carta de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo (Carta SAO), buscando contribuir com os órgãos públicos com a oferta de dados detalhados em áreas ainda pouco estudadas, contribuindo para as ações de contingência em vazamentos de óleo.

Hipótese de Trabalho

Tendo em vista que a diversidade regional é determinada por processos operando em escalas temporal e espacial muito grandes (*Gibran & Moura, 2012*) e considerando a sua localização, próxima do limite entre a plataforma continental interna e média de São Sebastião, e o grau de proteção da região de uma unidade de conservação de proteção integral:

- O arquipélago dos Alcatrazes apresenta maior semelhança ictiofaunística com aquela observada na plataforma de Santos do que com a da região costeira de São Sebastião, mesmo que ambas estejam sujeitas a atividade antrópica.

- O arquipélago dos Alcatrazes mantém a integridade biótica da ictiofauna mesmo estando localizado entre duas regiões impactadas.
- O ponto do arquipélago mais sensível ecologicamente, detectado pela Carta SAO, pode ser a área de maior probabilidade de ser atingida por um derramamento de óleo que ocorra nas proximidades.

1.3 Área de Estudo

O arquipélago dos Alcatrazes situa-se no litoral do estado de São Paulo, estando a norte da cidade de Santos e ao sul de São Sebastião, da qual dista 33 km em direção sudoeste. O litoral norte do estado é caracterizado por uma costa recortada devido à proximidade da Serra do Mar, com a presença de inúmeras enseadas, praias de pequenas dimensões e baías delimitadas por esporões de serra que mergulham no mar (*Poletto & Batista, 2008; Rocha et al., 2010b*).

Como pode ser verificado na Figura 2, o arquipélago dos Alcatrazes é composto por:

- ilha de Alcatrazes ou ilha Principal: com uma área estimada em 194 ha, a ilha principal do arquipélago possui 2,5 km de comprimento em seu eixo maior e 500 a 600 m de largura. Apresenta litoral exclusivamente rochoso e diversas elevações, destacando-se os picos do Oratório, dos Alcatrazes e Pequeno, com 154, 316 e 242 m, respectivamente (*Pompéia et al., 1993*).
- ilhas dos Amigos ou da Sapata, do Paredão, do Porto ou do Farol e do Oratório;
- Cinco ilhotes sem denominação;
- Três lajes: laje das Trinta-Réis; laje do Nordeste, a 32,4 km da costa e com uma área de 40 m²; laje do Sudoeste, com metade da área da laje anterior e distando 32.1 km da costa;
- Parcel do Alagado ou de Dentro ou Nordeste, e parcel do Sudoeste ou de Fora.

Figura 2: Mapa das ilhas, ilhotes, parcéis e lajes que compõem o arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. A barra de cores à direita representa a variação da profundidade.

É importante ressaltar que grande parte do arquipélago encontra-se fora dos limites ESEC Tupinambás. Isto exclui parte da ilha de Alcatrazes, as ilhas da Sapata e do Farol, as lajes da Gaivota e do Alagado. Contudo, a porção marinha de parte dessas formações, inclusive da ilha Principal, está incluída na extensão de 1 km contemplada pela legislação (*Bataus & Reis*, 2011). O restante estaria dentro do entorno de 10 km previsto legalmente como zona de amortecimento (ZA). Entretanto, a ZA ainda não foi estabelecida, uma vez que a ESEC permanece ainda sem um Plano de Manejo.

1.3.1 Origem Geológica e Sedimentação

Alcatrazes, localizado na plataforma continental média (PCM) do litoral norte de São Paulo, tem sua origem geológica associada à formação de margens continentais do tipo Atlântica e foi condicionada por dois conjuntos de eventos de escalas temporais distintas: o processo tectônico Mesozóico-Cenozóico, há 64,4 milhões de anos, responsável pelo soerguimento da Serra do Mar e pela subsidência da bacia de Santos; e às sucessivas transgressões e regressões marinhas quaternárias que modelaram a distribuição sedimentar do litoral (*Conti & Furtado*, 2006; *Furtado et al.*, 2008a).

Furtado et al. (2008b) destacam que, em relação à sedimentação, a presença da ilha de São Sebastião divide a plataforma continental interna em duas porções. A leste-sudeste da ilha ocorrem depósitos mais significativos de pelitos, devido ao bloqueio da incidência direta de ondas. E a oeste-sudoeste da ilha, onde se localiza o arquipélago dos Alcatrazes, em que dominam sedimentos arenosos, palimpsestos, submetidos à incidência direta de ondas, que minimizam a deposição de pelitos e evitam a preservação de matéria orgânica.

Estudos recentes apontam que a região compreendida entre 25°S e a ilha de São Sebastião marca o limite entre duas zonas sedimentares caracterizadas por diferenças nas frações orgânicas e inorgânicas do sedimento e nos processos ambientais controlados por forçantes hidrodinâmicas distintas, incluindo a influência de sedimentos originados no *Río de La Plata* - Uruguai (*Campos et al.*, 2008; *Mahiques et al.*, 2008, 2011).

Ao estudar a geomorfologia da plataforma continental do estado de São Paulo, *Conti & Furtado* (2006) estabeleceram classes morfossedimentares. A classe na qual se encontra o arquipélago apresenta sedimento predominantemente arenoso, e consequentemente com menos silte e argila. Os grãos apresentam baixos valores de diâmetro médio e grau de seleção. A plataforma apresenta baixa declividade, com profundidade variando entre 24 e 74 m.

1.3.2 Clima e Hidrodinâmica

O arquipélago encontra-se sob influência do anticiclone subtropical com centro entre as latitudes 20°S e 30°S. Com a oscilação do anticiclone para norte durante o inverno, ocorre queda das médias de temperatura, além da estabilização da atmosfera e a consequente redução das chuvas na região. Durante o verão, a situação se inverte, tornando o clima mais quente e úmido (*Pompéia et al.*, 1991).

Castro et al. (2008) relatam que a PCM é mais larga durante o verão e estreita no inverno no litoral norte, devido às posições da frente halina superficial (FHS) e da frente térmica profunda (FTP). A FHS separa as regiões interna e média, enquanto que a FTP separa regiões média e externa da mesma plataforma. Desta forma, durante a estação em que se encontra mais ativa, a PCM estende-se desde 10-30 km a 60-80 km de distância da costa. No inverno, compreende uma faixa estreita entre 40-60 km e 60-80 km da costa. As temperaturas, em geral, permanecem próximas a 22,0-24°C na superfície e 14,0-15,0°C no fundo. A salinidade superficial e de fundo são aproximadamente 35,0-35,4 e 35,6-35,8, respectivamente.

Cacciari & Correa (1994) representam um dos escassos trabalhos sobre aspectos oceanográficos específicos da região de Alcatrazes. Através de diagrama T-S, reconheceram a presença de três massas de água: Água Costeira (AC), Água Tropical (AT) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Estas diferentes massas de água já foram identificadas no litoral norte por diversos autores (*Miranda*, 1982; *Castro & Miranda*, 1998; *Braga & Niencheski*, 2006). *Miranda* (1985) e *Castro* (1996) descrevem essas massas, dadas as

características termohalinas que assumem na plataforma:

- AC: resultante da mistura de água interior oriunda da drenagem continental com as águas da plataforma continental. Apresenta temperatura superior a 20°C e salinidade inferior a 35, sendo caracterizada por alto teor de silicato e teores significativos de nitrato e fosfato, segundo a maior ou menor influência continental.
- AT: caracterizada por temperaturas superiores a 20°C e salinidade maior que 36,4, além de possuir reduzido teor de nutrientes. É transportada na direção sudoeste pela camada superficial da Corrente do Brasil (CB), próxima à borda da plataforma continental.
- ACAS: água fria e rica em nutrientes, caracterizada por temperaturas inferiores a 18°C e salinidade entre 35 e 36,4. Apresenta as mesmas características originais desde sua formação na zona de Convergência Subtropical, sendo transportada pela CB em maior profundidade.

O afloramento da ACAS na plataforma continental durante, principalmente, os períodos de primavera e verão pode levar ao processo de ressurgência costeira, que ocorre de maneira mais intensa na região do cabo Frio (RJ). Eventos de águas extremamente frias sob a plataforma continental são observados também no inverno. Esse processo gera a estratificação da coluna de água (*Castro et al.*, 2008), além de alterar as propriedades químicas da água, como no caso do oxigênio dissolvido, nitrato e fosfato, tendo impacto direto nos ecossistemas marinhos. Complementando, *Pires-Vanin et al.* (1993) afirmam que, favorecendo o enriquecimento das águas da zona eufótica com nutrientes, a penetração da ACAS na plataforma continental ocasiona o aumento da produção primária pelo fitoplâncton, que sustenta uma biomassa maior de zooplâncton herbívoro. Consequentemente, este fenômeno cria melhores condições para a sobrevivência de larvas de peixes e animais bentônicos.

As correntes fluem predominantemente na direção paralela à costa na plataforma continental interna (PCI) e PCM no litoral norte de São Paulo, ou seja, na direção nordeste-sudoeste (*Castro*, 1996). Porém, *Castro* (1996) destaca que a alta variabilidade

das correntes na PCI e na PCM representa uma dificuldade em se estabelecer um padrão médio de circulação nestas regiões. Para a região da PCM (aproximadamente a região do arquipélago dos Alcatrazes), ocorre predominância de correntes para sudoeste, com velocidades de 0,20-0,30 m/s, e eventos frequentes de correntes fluindo para nordeste, com velocidades um pouco inferiores. A componente da velocidade perpendicular à costa é muito pequena. Esta apresenta valores típicos da ordem de 0,05 m/s, ou seja, uma ordem de grandeza menor do que a componente da velocidade paralela à costa.

Souza & Robinson (2004) descreveram a Corrente Costeira do Brasil (CCB), caracterizada como fria e relativamente lenta, mas altamente energética. Fluindo em direção contrária à CB, ocorre ao longo da plataforma sudeste, atingindo a latitude média de 25.2°S, chegando a alcançar 23°S, como ressaltou *Campos et al. (1999)*, anteriormente à descrição da CCB. Seu comportamento está relacionado à descarga do *Río de La Plata* e da Lagoa dos Patos (RS) e aos ventos locais ao longo da plataforma continental brasileira, e pode variar de acordo com fenômenos globais, como o *El Niño (ENSO - El Niño Southern Oscillation)* (*Campos et al., 1999; Souza & Robinson, 2004*). A presença desse fluxo atua nos processos de sedimentação na área de estudo, transportando sedimento do *Río de La Plata* para a plataforma continental de São Paulo (*Mahiques et al., 2008; Gyllencreutz et al., 2010; Mahiques et al., 2011*).

1.3.3 Aspectos Biológicos

A plataforma continental de São Sebastião foi descrita como oligo-mesotrófica em relação à produção primária (*Gianesella & Saldanha-Corrêa, 2008*). Também está sujeita a dois processos que a diferenciam: o enriquecimento sazonal devido à advecção da ACAS na plataforma, que atua como um agente fertilizador e provoca o deslocamento de populações de invertebrados da megafauna e de peixes, e o "efeito da sombra da ilha" (*Pires-Vanin et al., 2008*). Este último modifica as propriedades locais, provocando o aumento da produtividade das zonas circunjacentes, e conseqüentemente, eleva a biomassa das comunidades planctônicas, pelágicas e bênticas.

O arquipélago dos Alcatrazes é conhecido por seu endemismo terrestre, como as espécies *Bothrops alcatraz* (jararaca-de-Alcatrazes) e *Scinax alcatraz*, a perereca-de-Alcatrazes (Bataus & Reis, 2011). Mas também novas espécies endêmicas marinhas foram descritas, como o caso da esponja calcárea *Clathrina alcatraziensis* (Lanna et al., 2007) e do anelídeo *Eunice insularis* (Nogueira et al., 2001).

Dados recentes apontam uma alta biomassa de peixes na região, variando entre 700 e 1500 g/m², valores esses que se equiparam ou até mesmo superam aqueles encontrados em ilhas oceânicas, como Trindade e o arquipélago de São Pedro e São Paulo (Araujo, 2014).

Ao estudar assembléias de peixes recifais da costa sudeste brasileira, Gibran & Moura (2012) encontraram uma alta riqueza de espécies, além de espécimes maiores na região do arquipélago.

No entorno da ilha de Alcatrazes, foram registradas espécies ameaçadas ou sobreplotadas de peixes, como o mero (*Ephinephelus itajara*) e o cherne (*Epinephelus niveatus*), além das baleias -de-bryde, -jubarte e -franca, e de cinco espécies de golfinhos, como destacado por Souza¹ (2006 apud BATAUS; REIS, 2011, p. 36).

Entretanto, nota-se que há ainda grandes lacunas de conhecimento acerca da biodiversidade marinha da região, dada a inexistência de dados sobre as espécies de invertebrados, produtores primários e até mesmo da ictiofauna demersal não necessariamente associada ao costão rochoso.

¹SOUZA, E.G.A. **Encontro de Pesquisadores sobre ilha dos Alcatrazes**. Relatório. Promovido pelo IBAMA e Marinha do Brasil, Rio de Janeiro, 30 e 31 de agosto, 2006.

2 ASPECTOS ESTRUTURAIS DA ICTIOFAUNA DA REGIÃO DO ARQUIPÉLAGO DOS ALCATRAZES

2.1 Introdução

Ecossistemas costeiros são importantes tanto para as atividades humanas como para as comunidades biológicas. Estes sistemas apresentam alta complexidade, através de uma dinâmica não-linear com interações em múltiplas escalas de tempo e espaço (*Levin, 1999*).

Os efeitos da atividade humana em ambientes recifais e em ilhas representam uma grande preocupação global porque reduzem a capacidade dos ecossistemas de lidarem com distúrbios e mudanças ambientais (*Roberts et al., 2002; Elmqvist et al., 2003*).

Nas últimas décadas, as principais ameaças à biodiversidade destes ecossistemas são a ocorrência de espécies exóticas e a perda de *habitat* a curto prazo (*Fonseca et al., 2006; Serafini et al., 2010; Rocha & Bonnet, 2009*). Exemplo recente em área de preservação foi o registro de espécies de ascídias (*Rocha & Bonnet, 2009*) e do coral-sol (*Comunicação ICMBio, 2012*) introduzidas no arquipélago dos Alcatrazes.

Com indiscutível importância biológica e geológica, o arquipélago dos Alcatrazes é a terceira maior área em riqueza biológica da América do Sul, sendo considerado de “Extrema Importância Biológica” e com prioridade de ação “Extremamente Alta” no documento das Áreas e Ações Prioritárias para Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade, segundo a Portaria nº 09/2007, do Ministério do Meio Ambiente (*BRASIL, 2007*). Além disso, sua ilha principal apresenta alto grau de endemismo (*BRASIL, 2007*).

Araujo (2014) destaca que Alcatrazes representa um dos maiores estoques de biomassa de peixes quando comparado a outras ilhas oceânicas e costeiras brasileiras, com valores entre 700 e 1500g/m³. Ressalta também que a imposição da área delta pela Marinha do Brasil colaborou com uma efetiva proteção dos estoques, resultando em uma biomassa 400% superior àquela observada em outra ilha costeira de mesma distância da costa.

A descrição das características das comunidades ictíicas possui alta relevância uma vez que refletem a qualidade ambiental, incluindo a disponibilidade de alimento e a qualidade da água e do *habitat* (Bervoets *et al.*, 2005).

A partir dos estudos pioneiros de *Cunningham* (1983) e *Nonato et al.* (1983), que buscavam caracterizar e comparar a ictiofauna no litoral norte do estado de São Paulo, muitos outros estudos foram e vêm sendo desenvolvidos visando a compreensão dos padrões de distribuição espaçotemporais e os fatores que os condicionam, bem como a estrutura trófica. Nesse sentido, podemos citar os trabalhos de *Rocha* (1990); *Natali-Neto* (1994); *Rocha* (1997); *Rocha & Rossi-Wongtschowski* (1998) e *Rocha et al.* (2010a), para as enseadas e plataforma de Ubatuba; e *Rossi-Wongtschowski et al.* (1997); *Muto et al.* (2000); *Rossi-Wongtschowski et al.* (2008); *Soares et al.* (2008), para o Canal e plataforma de São Sebastião.

Os únicos trabalhos que tratam da ictiofauna marinha de Alcatrazes são aqueles desenvolvidos por *Paiva-Filho et al.* (1989); *Gibran & Moura* (2012) e *Araujo* (2014). O primeiro refere-se à ictiofauna demersal, em região mais profunda que 23 m, apontando a ordem Pleuronectiformes como o grupo mais importante dentre os capturados. Os demais retratam as comunidades ictíicas relacionadas ao costão rochoso, formação dominante no arquipélago.

A estimativa dos valores da diversidade das comunidades de peixes é importante para o entendimento da dinâmica dos ecossistemas porque mudanças na diversidade refletem alterações ocorridas nos processos, como produtividade, fluxos de energia e de matéria, estresse abiótico e interações biológicas (*Gutiérrez-Estrada et al.*, 2008), muito embora não indique quais desses processos seja a causa das alterações. Por suas características, o conhecimento da diversidade é também importante para o gerenciamento de atividades impactantes, conservação dos recursos e recuperação de ecossistemas degradados (*Melo*, 2008).

Em decorrência, a abordagem mais simples e inicial para o estudo das comunidades utiliza descritores ecológicos, como o número de indivíduos, as espécies às quais pertencem e o modo como variam no espaço e no tempo.

Por outro lado, esta é uma análise reducionista dos padrões de complexidade de uma comunidade (*Lima-Jr et al.*, 2006). Um dos motivos a ser considerado é que as espécies não contribuem igualmente com a diversidade de uma região porque este índice considera a riqueza específica e a equabilidade ou a distribuição dos indivíduos entre as espécies. A estimativa da riqueza, por si, depende do tamanho da amostra, ou seja, área ou número de indivíduos, não apresenta uma relação linear com a área avaliada, e o peso das espécies raras é o mesmo de espécies abundantes (*Hubálek*, 2000).

Por sua importância estratégica, do ponto de vista da conservação dos ecossistemas costeiros, este estudo busca caracterizar a ictiofauna da região do arquipélago dos Alcatrazes, avaliando sua distribuição espacial e temporal em três momentos distintos: julho de 1986, setembro de 2011 e janeiro de 2014. Além disso, pretende-se relacionar a composição ictífica com as das regiões adjacentes ao norte (São Sebastião) e ao sul (Santos).

2.2 Objetivos Específicos

- Descrever a composição da ictiofauna da região do arquipélago dos Alcatrazes;
- Verificar semelhanças entre a composição ictífica do arquipélago dos Alcatrazes com as encontradas nas plataformas continentais adjacentes a Santos e São Sebastião.

2.3 Material e Métodos de Coleta

Para atingir tais objetivos, foram utilizados dados coletados em expedições oceanográficas e a reanálise de dados pretéritos.

2.3.1 Coleta de organismos em expedições

As capturas da ictiofauna foram realizadas na região do arquipélago dos Alcatrazes em duas campanhas de coleta distintas:

- Coletas efetuadas entre setembro e outubro de 2011, que visavam um levantamento ecológico, cujo objetivo final era colaborar com a elaboração do Plano de Manejo

e recategorização da ESEC Tupinambás. Foram realizadas quinze estações oceanográficas à bordo do N/Pq. Soloncy Moura, pertencente ao ICMBio. As capturas utilizaram redes de arrasto de fundo com portas, operadas por dez minutos com velocidade de arrasto de 2 nós.

A malha amostral realizada encontra-se na Figura 3. Em todas as estações, foram coletados dados de temperatura e salinidade através de perfilagens com CTD.

- Campanha oceanográfica realizada entre os dias 22 e 23 de janeiro de 2014. Nesta expedição, à bordo do B/Pq. Alpha Delphini, utilizou-se uma rede de arrasto de fundo com portas.

A malha amostral foi composta de cinco pontos com arrastos de dez minutos de duração, representados na Figura 4, e com velocidade de arrasto de 2 nós.

Dados de temperatura e salinidade foram coletados em superfície, meia água e fundo, com termômetros de reversão e refratômetro, respectivamente. Entretanto, o refratômetro apresentou mau funcionamento e os dados de salinidade não foram considerados.

2.3.2 Dados pretéritos

- O único trabalho disponível é o de *Paiva-Filho et al.* (1989), no qual foram realizados seis arrastos de fundo ao redor da ilha de Alcatrazes com o B/Pq. Veliger II, do IO-USP, em junho de 1986. Seus resultados foram apresentados em CPUE para um tempo de arrasto de cinco minutos.

As informações gerais sobre as campanhas de coleta, bem como a descrição das características das redes de arrasto de fundo com portas utilizadas encontram-se na Tabela 1.

As informações sobre as regiões adjacentes, localizadas na plataforma continental interna e média ao largo de Santos e de São Sebastião foram obtidas a partir de:

- Projeto "Oceanografia da Plataforma Interna de São Sebastião - OPISS", em que foi amostrada uma rede de 21 estações na plataforma de São Sebastião com o

Figura 3: Malha amostral realizada durante campanha para levantamento ecológico, realizado em setembro de 2011, utilizando-se rede de arrasto de fundo com portas na região do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP.

Figura 4: Malha amostral realizada no trabalho de campo na região do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. Os pontos iniciais e finais de cada arrasto encontram-se representados pelas letras *i* e *f* respectivamente.

Tabela 1: Características das redes de pesca das embarcações utilizadas nos diferentes trabalhos. ND = dado não disponível.

Embarcação	Veliger II	Soloncy Moura	Alpha Delphini
Redes de pesca			
Tralha de chumbo	16,5 m	20,0 m	21,0 m
Malha no corpo	40 mm	40 mm	60 mm
Malha da manga	40 mm	60 mm	60 mm
Malha do ensacador	25 mm	30 mm	25 mm
Peso de cada porta	40 kg	ND	100 kg
Informações gerais das campanhas			
Data	Jun/1986	Set, Out/2011	Jan/2014
Profundidade local	23 – 52 m	27 – 56 m	33 – 53 m
Tempo de arrasto	5 a 15 min	10 min	10 min

N/Oc. Prof. W. Besnard em fevereiro de 1994 e outubro de 1997. Os resultados encontram-se publicados em *Rossi-Wongtschowski et al.* (2008).

- Projeto "A influência do complexo estuarino da Baixada Santista sobre o ecossistema da plataforma adjacente - ECOSAN", no qual a plataforma continental ao largo de Santos foi amostrada em duas campanhas de coleta, em agosto de 2005 e fevereiro de 2006 à bordo do N/Oc. Prof. W. Besnard. As espécies registradas estão disponíveis em (*Rocha & Dias*, aceito).

2.4 Triagem do Material Biológico

Os exemplares de actinoptérígios capturados nas coletas de 2011 e 2014 foram acondicionados em congeladores à bordo e identificados em laboratório, conforme os trabalhos de *Figueiredo & Menezes* (1978, 1980); *Menezes & Figueiredo* (1980, 1985); *Figueiredo & Menezes* (2000) e *Fröese & Pauly* (2014). Os elasmobrânquios capturados foram fotografados, e posteriormente identificados de acordo com *Gomes et al.* (2010), e tiveram seu comprimento e sexo registrados à bordo, sendo devolvidos vivos ao mar.

Para cada organismo coletado foram registradas informações sobre comprimento total e padrão (milímetros), peso individual (gramas).

2.5 Análise de Dados

2.5.1 Captura por Unidade de Esforço (CPUE)

O número de indivíduos coletados foi representado pela captura por unidade de esforço (CPUE). A CPUE expressa o rendimento em número e em biomassa da ictiofauna coletada por espécie e período de coleta, sendo obtida através da seguinte fórmula:

$$CPUE = \frac{\sum c_i}{\sum f_i}$$

em que c_i representa a captura (em número de indivíduos ou biomassa, em gramas) e f_i é o esforço de pesca (em minutos) referentes à estação i .

2.5.2 Índices Ecológicos

Para descrever a composição ictífica, foram estimados os índices descritores de comunidades. Estes índices são úteis na avaliação da estrutura da comunidade e na geração de informações básicas sobre a fauna na área de estudo, sendo aplicados para os três primeiros conjuntos de dados descritos na Seção 2.3. Os índices adotados, descritos em *Begon et al.* (2006), foram:

●**Dominância:** estimada pelo índice proposto por Simpson (λ):

$$\lambda = \sum_{i=1}^s \frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)}$$

em que n_i representa o número de indivíduos da i ésima espécie e N é o número total de indivíduos da população.

●**Diversidade:** avaliada pelos métodos de Simpson (D_s) e de Shannon e Weaver (H'):

$$D_s = 1 - \lambda$$

$$H' = - \sum (p_i * \ln p_i)$$

em que λ = dominância, p_i é a abundância proporcional da i ésima espécie dada por $p_i = n_i/N$, sendo n_i o número de indivíduos da i ésima espécie e N o número total de indivíduos na população.

O índice de diversidade de Simpson é considerado um indicador robusto, porque considera a variação das distribuições de abundância e pode ser usado com amostras de menores tamanhos. O índice de Shannon e Weaver, baseado na riqueza e na equabilidade, representa o número de espécies que seria esperado encontrar na comunidade se todas as espécies tivessem a mesma abundância ou equabilidade máxima. É sensível a espécies raras e a variações na abundância.

●**Riqueza:** determinada pelo índice de Margalef (R):

$$R = \frac{S-1}{\ln(N)}$$

em que S é o número máximo de espécies de uma amostra e N é o número de indivíduos.

É influenciado pelo esforço de amostragem e estabelece uma relação “funcional”

entre N e S, nem sempre existente.

●**Equabilidade:** calculada a partir do índice de Pielou (J'):

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

em que H' = diversidade de Shannon e Weaver, S = número máximo de espécies de uma amostra.

Para os dados obtidos durante o projeto ECOSAN, os resultados dos índices ecológicos D_s , H' e J' já estavam calculados e dada a disponibilidade do número de espécies e do total de indivíduos capturados, foi possível calcular os demais índices. Para o projeto OPISS, o mesmo não foi possível.

2.5.3 Constância de Ocorrência

Os dados também foram apresentados em função da constância de ocorrência em número e em biomassa, que corresponde à frequência percentual do número de indivíduos de uma determinada espécie ou a biomassa total dessa espécie em relação ao número de indivíduos ou biomassa totais, respectivamente.

A constância de ocorrência de cada espécie foi calculada de acordo com *Dajoz* (1983),

$$C_i = \frac{n_i}{N} * 100 ,$$

sendo C_i a constância de ocorrência em porcentagem da espécie i em n estações em relação ao total de estações (N). As espécies são agrupadas nas seguintes categorias: espécies constantes – presentes em mais de 50% das amostras; espécies acessórias – presentes em 25 a 50% das amostras; e espécies ocasionais ou visitantes – presentes em menos de 25% das amostras.

2.5.4 Análise de Variância - ANOVA

Ao final, verificou-se a semelhança entre a ocorrência de espécies no arquipélago dos Alcatrazes e nas plataformas continentais de São Sebastião e de Santos.

A análise de variância unifatorial (*One-Way ANOVA*) foi utilizada para testar a significância dos diferentes valores obtidos dos índices ecológicos nas diferentes estações

realizadas na região do arquipélago dos Alcatrazes e entre os diferentes projetos estudados.

2.5.5 Análise de Agrupamento

A análise de agrupamento foi utilizada a fim de se reconhecer a similaridade entre as espécies e as estações amostradas em cada período. Para tal, foram utilizadas as espécies com abundância superior a 1 % a fim de reduzir o efeito daquelas espécies menos representativas.

Dentre os três algoritmos disponíveis para realizar o agrupamento, utilizou-se o método UPGMA (*Unweighted pair-group average*), baseado na distância média entre todos os dados pertencentes a dois grupos, tendo a matriz de distâncias sido gerada a partir do cálculo da distância Euclidiana.

2.6 Resultados

A caracterização da ictiofauna foi realizada para cada conjunto de dados ao longo do tempo e é apresentada em ordem cronológica: em junho de 1986, setembro de 2011 e janeiro de 2014. Além disso, quando os dados estavam disponíveis, foi realizada a caracterização hidrográfica da região.

2.6.1 Junho de 1986

Hidrografia

Não há informações disponíveis.

Ictiofauna

A ictiofauna proveniente das 6 estações oceanográficas realizadas na região do arquipélago dos Alcatrazes em junho de 1986 foi composta por 29 espécies de 22 famílias (Tabela 2). A profundidade em que foram feitos os arrastos variou entre 23 e 52 m.

O número total de indivíduos foi 340, somando um total de 17,5 kg. Dentre todas as espécies capturadas, as mais abundantes em número de indivíduos perfizeram 82,2 % do total capturado em número e pertencem à cinco famílias, em ordem decrescente de

frequência relativa: Paralichthyidae, Triglidae, Dactylopteridae, Haemulidae e Sparidae. O número de espécies por família, bem como sua frequência em número e biomassa, pode ser observado na Figura 5. A família representada pelo maior número de espécies, bem como a que apresentou maior frequência em número e em biomassa, foi Paralichthyidae, com seis espécies.

Afora Paralichthyidae, as famílias Triglidae, Haemulidae e Sparidae contribuíram com 45,6 % da biomassa total coletada.

Tabela 2: Lista atualizada de espécies registradas por Paiva Filho *et al.* (1989) em junho de 1986 no arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. O nome das espécies foi atualizado. FN e FB representam as frequências (%) em número e em biomassa, respectivamente; $CPUE_n$ e $CPUE_b$ são a captura por unidade de esforço totais, em número de indivíduos ou gramas por minutos, respectivamente; e C_i é a constância de ocorrência, em porcentagem.

Família	Espécie	$CPUE_n$	FN (%)	$CPUE_b$	FB (%)	C_i (%)
Rhinobatidae	<i>Zapteryx brevirostris</i> (Müller & Henle, 1841)	0,06	0,30	26,44	3,84	33,33
Ophichthidae	<i>Ophichthus gomesii</i> (Castelnau, 1855)	0,06	0,12	0,01	0,00	16,67
Synodontidae	<i>Synodus foetens</i> (Linnaeus, 1766)	0,06	1,57	21,96	7,31	50,00
Batrachoididae	<i>Porichthys porosissimus</i> (Cuvier, 1829)	0,08	0,48	3,72	0,66	33,33
Ogcocephalidae	<i>Ogcocephalus vespertilio</i> (Linnaeus, 1758)	0,07	0,24	0,20	0,02	16,67
Syngnathidae	<i>Hippocampus erectus</i> Perry, 1810	0,07	0,12	0,06	0,01	16,67
Triglidae	<i>Prionotus punctatus</i> (Bloch, 1793)	0,10	14,83	59,11	17,02	100,00
Dactylopteridae	<i>Dactylopterus volitans</i> (Linnaeus, 1758)	0,67	10,61	39,60	12,82	66,67
Scorpaenidae	<i>Scorpaena ishmensis</i> Meek & Hildebrand, 1928	0,02	0,36	0,25	0,08	16,67
Serranidae	<i>Dules auriga</i> Cuvier, 1829	0,07	0,84	1,08	0,26	50,00
	<i>Diplectrum formosum</i> (Linnaeus, 1766)	0,04	0,72	3,91	1,29	33,33
Lutjanidae	<i>Rhomboplites aurorubens</i> (Cuvier, 1829)	0,47	3,74	11,18	2,04	33,33
Gerreidae	<i>Eucinostomus gula</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	0,11	1,81	7,24	2,38	16,67
Haemulidae	<i>Pomadasys corvinaeformis</i> (Steindachner, 1868)	0,02	0,12	0,31	0,03	16,67
	<i>Orthopristis ruber</i> (Cuvier, 1830)	0,49	6,27	50,17	15,73	66,67
Sparidae	<i>Pagrus pagrus</i> (Linnaeus, 1758)	0,47	4,22	44,28	7,20	66,67
Percophidae	<i>Percophis brasiliensis</i> Quoy & Gaimard, 1825	0,07	0,54	29,06	4,78	16,67
Achiridae	<i>Gymnachirus nudus</i> Kaup, 1858	0,04	0,72	0,70	0,23	33,33
Bothidae	<i>Bothus robinsi</i> Topp & Hoff, 1972	0,02	0,36	0,30	0,10	16,67
Paralichthyidae	<i>Citharichthys macrops</i> Dresel, 1885	0,07	0,90	1,55	0,42	50,00
	<i>Cyclopsetta chittendeni</i> Bean, 1895	0,02	0,36	0,77	0,25	16,67
	<i>Etropus longimanus</i> Norman, 1933	0,49	5,36	4,15	0,86	66,67
	<i>Paralichthys patagonicus</i> Jordan, 1889	0,38	4,34	29,02	7,14	83,33
	<i>Syacium micrurum</i> Ranzani, 1842	2,47	36,59	27,00	8,10	100,00
	<i>Syacium papillosum</i> (Linnaeus, 1758)	0,04	0,48	7,80	1,71	33,33
Cynoglossidae	<i>Symphurus jenynsi</i> Evermann & Kendall, 1906	0,02	0,36	1,03	0,34	16,67
Balistidae	<i>Balistes capriciscus</i> Gmelin, 1789	0,04	0,72	8,93	2,94	33,33
Monacanthidae	<i>Stephanolepis hispidus</i> (Linnaeus, 1766)	0,20	2,53	8,05	2,26	50,00
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides greeleyi</i> Gilbert, 1900	0,02	0,36	0,54	0,18	16,67

Famílias - 1986

Figura 5: Famílias encontradas em junho de 1986 por Paiva Filho *et al.* (1989). Em cima, o número de espécies coletadas por família. Embaixo, sua frequência (%) em número e em biomassa, respectivamente.

Dentre as espécies que ocorreram no arquipélago em 1986, sete delas constituem 82,2 % do total de indivíduos coletados: *Syacium micrurum*, *Prionotus punctatus*, *Dactylopterus volitans*, *Orthopristis ruber*, *Etropus longimanus*, *Paralichthys patagonicus* e *Pagrus pagrus*. Pode-se observar a baixa abundância da maioria das espécies na Tabela 2, uma vez que dezessete espécies apresentaram frequência relativa em número menor que 1 %. Com exceção de *S. micrurum*, a CPUE manteve-se entre 0,02 e 0,67 indivíduos por minuto de arrasto.

Em relação à biomassa, oito espécies compuseram 80,1 % da biomassa total capturada. Além das espécies já ditas como mais abundantes em número (exceto *E. longimanus*), *Synodus foetens* e *Percophis brasiliensis* também apresentaram maiores percentuais da biomassa total coletada. A CPUE em biomassa dessas espécies variou entre 429,1 e 59,1 g/min. *P. punctatus* representou 17,0 % da captura total, seguida por *O. ruber* e *D.*

volitans. Juntas, estas espécies perfizeram 45,6 % da biomassa coletada.

A Tabela 3 apresenta os índices ecológicos obtidos para cada estação amostrada em 1986. As estações 1 e 2, localizadas em regiões abrigadas do arquipélago, demonstraram maior diversidade de Simpson e, conseqüentemente, menor dominância.

Pelos índices de Shannon e Weaver e de Margalef, a estação 5, na região exposta e à sudeste da ilha de Alcatrazes, foi apontada como a de maior diversidade e riqueza, com valores 2,5 e 3 vezes superiores aos demais obtidos. As estações 5, 4 e 6 apresentaram os maiores valores de equabilidade, demonstrando uma maior uniformidade na distribuição dos indivíduos coletados entre as espécies identificadas. Entretanto, não foram detectadas diferenças significativas ($p < 0,01$) entre as estações em relação aos índices ecológicos.

Tabela 3: Índices ecológicos estabelecidos para os dados disponíveis em Paiva-Filho *et al.* (1989), com CPUE padronizada em 5 min. λ = Dominância de Simpson; Ds = Diversidade de Simpson; H' = Diversidade de Shannon e Weaver; R = Riqueza (Índice de Margalef); J' = Equabilidade (Índice de Pielou)

Estação	λ	Ds	H'	R	J'
1	0,259	0,742	1,676	2,338	0,699
2	0,389	0,611	1,496	2,387	0,624
3	0,375	0,625	1,495	2,457	0,649
4	0,337	0,664	1,630	2,118	0,838
5	0,258	0,742	2,782	6,131	0,963
6	0,189	0,811	2,021	2,955	0,788

Onze espécies de actinopterígios apresentaram constância de ocorrência C_i maior que 50 %, sendo consideradas constantes na área de estudo. Dentre elas, encontram-se quatro espécies de linguado (*Citharichthys macrops*, *E. longimanus*, *P. patagonicus* e *S. micrurum*).

Apenas sete espécies, compostas pela única espécie de elasmobrânquio coletada e outros seis actinopterígios, foram consideradas acessórias, com C_i igual a 33,33 %, ocorrendo em apenas dois pontos de coleta. As onze espécies restantes podem ser ditas como ocasionais ou visitantes, ocorrendo em poucas estações e em baixa abundância, com C_i igual a 16,67 %.

A Figura 6 apresenta os dendrogramas resultantes da análise de agrupamento

das espécies cuja abundância foi superior à 1 % e das estações amostradas em junho de 1986. Em relação às espécies, em uma distância de dissimilaridade de 20, observamos a formação de três grupos. O primeiro é formado apenas por *S. micrurum*, mais abundante e cuja ocorrência se deu em todas as estações. O segundo é formado por sete espécies das quais a abundância foi inferior à 7 %, podendo ser dividido em dois subgrupos: um composto por *Rhomboplites aurorubens* e *P. pagrus*, que compuseram aproximadamente 14 % da captura e foram mais abundantes na estação 5; e outro composto pelas demais espécies, de menor representatividade. *D. volitans* e *P. punctatus* formam o terceiro grupo e representaram 22 % das capturas.

Figura 6: Dendrogramas (UPGMA / Distância Euclidiana) apresentando a dissimilaridade entre as espécies (esquerda) e estações (direita) amostradas em 1986 por Paiva Filho *et al.* (1989).

Em relação ao dendrograma relativo às estações, a uma distância de dissimilaridade de 28, temos a formação de dois grupos. O primeiro é composto pelas estações 5 e 6, com maiores valores de H' e R , e onde foram obtidos o maior número de espécies, a maior abundância de *O. ruber*, *P. pagrus* e *R. aurorubens*, e menor abundância de *S. micrurum*. O segundo grupo, formado pelas demais estações, pode ser dividido em dois subgrupos: o primeiro formado pelas estações 3 e 4, com menor abundância de indivíduos e espécies, e, conseqüentemente, menor diversidade de Simpson; e outro subgrupo formado pelas estações 1 e 2, em que o número de indivíduos capturados foi maior, além da mais alta

abundância de *S. micrurum*.

2.6.2 Setembro de 2011

Hidrografia

O diagrama T-S espalhado resultante das quinze estações oceanográficas realizadas na região do arquipélago dos Alcatrazes pode ser visualizado na Figura 7. Nele observamos a interação das três massas de água descritas na Seção 1.3: AC, AT e ACAS. A temperatura variou entre 16,4 e 21,5°C enquanto a salinidade apresentou pouca variação (35,7 a 36,2 ups).

Figura 7: Diagrama T-S espalhado das 15 estações oceanográficas realizadas na região do arquipélago dos Alcatrazes, entre 26 de setembro e 01 de agosto de 2011.

Com relação aos perfis de temperatura e salinidade obtidos (Figura 8), pode-se observar homogeneidade da coluna d'água nos primeiros cinco metros, com temperaturas maiores que 20°C. A termoclina encontra-se entre cinco e vinte metros de profundidade.

A presença da ACAS foi detectada em praticamente toda a região, exceto no transecto realizado entre a costa e o arquipélago, nas estações 1, 3, 5 e 15.

Pequenas variações foram observadas próximas ao fundo, onde temperatura e salinidade variaram entre 16,4 e 18,2°C e de 36,1 a 36,2 ups, respectivamente, caracterizando a presença da ACAS.

Ictiofauna

A ictiofauna proveniente das quinze estações oceanográficas realizadas na região do arquipélago dos Alcatrazes em setembro de 2011 foi composta por 69 espécies de 37 famílias (Tabela 4). A profundidade em que foram feitos os arrastos variou entre 27, na estação 2, e 56 m, na estação 9.

O número total de indivíduos foi 2058, que somaram 172,7 kg, excetuando elasmobrânquios. Dentre todas as espécies capturadas, as mais abundantes em número de indivíduos perfizeram 81,9 % do total capturado e pertencem à nove famílias, em ordem decrescente de frequência relativa: Sciaenidae, Sparidae, Triglidae, Batrachoididae, Monacanthidae, Dactylopteridae, Diodontidae, Paralichthyidae e Rhinobatidae. O número de espécies por família, bem como sua frequência em número e biomassa, pode ser observado na Figura 9. As famílias representadas pelo maior número de espécies foram Sciaenidae e Paralichthyidae, com sete espécies cada, seguidas por Carangidae, representante do pelagial, e Rajidae, com cinco e quatro espécies, respectivamente.

Do total, as espécies das famílias Pristigasteridae, Pomatomidae, Carangidae, Sphyrnidae, Trichiuridae e Stromateidae foram consideradas de hábitos pelágicos, somando dez espécies ao todo. Essas espécies apresentaram baixa CPUE total, variando entre 0,01 e 0,27 indivíduos/min e de 0,22 a 8,89 g/min. Também representaram apenas 4,9 % em número e 9,3 % em biomassa coletada.

Dentre as 69 espécies que ocorreram no arquipélago, nove delas constituem 81,9 % do total de indivíduos coletados: *Ctenosciaena gracilicirrus*, *Pagrus pagrus*, *Prionotus punctatus*, *Porichthys porosissimus*, *Stephanolepis hispidus*, *Dactylopterus volitans*, *Chilomycterus spinosus*, *Syacium papillosum* e *Zapteryx brevirostris*. Pode-se observar a baixa abundância da maioria das espécies (Tabela 4), uma vez que 56 espécies apresenta-

Figura 8: Perfis de temperatura (*, preto) e salinidade (o, vermelho) de cada estação oceanográfica realizada na região do arquipélago dos Alcatrazes entre 26 de setembro e 01 de outubro de 2011. Fonte: Hoff *et al.* (em preparação).

ram frequência relativa em número menor que 1 %, ou seja, foram capturadas em número abaixo de 21 indivíduos.

Em relação à biomassa, foram aqui tratados apenas os actinopterígios. Dentre estes, oito espécies compuseram 81,6 % da biomassa total capturada. Excetuando *S. pillosum*, as espécies mais abundantes em biomassa também o foram em número, com CPUE variando entre 47,8 e 198 g/min. *C. gracilicirrhus* representou 23,7 % da captura total, seguida por *P. pagrus* e *P. punctatus*. Juntas, estas espécies perfizeram aproximadamente 59 % da biomassa coletada.

A Tabela 5 apresenta os índices ecológicos obtidos para cada estação amostrada em 2011. Os maiores valores de dominância (λ), e consequentemente, menor diversidade, foram obtidos nas estações 4 e 10. Estes pontos localizam-se à leste da ilha Principal, sendo as estações mais próximas da ilha de São Sebastião e do Canal de São Sebastião (CSS). Nestes locais também foram verificados baixos índices de riqueza. As estações expostas, ao sul da ilha Principal, apresentaram redução dos valores de dominância com o aumento da distância da ilha e, consequentemente, da costa. A estação 2, à norte da ilha Principal, foi a estação mais abrigada amostrada e apresentou a maior riqueza (R), seguida pelas estações distantes e expostas 11 e 12. A equabilidade de Pielou (J') respondeu à presença maior ou menor das espécies mais abundantes, principalmente *C. gracilicirrhus*. Desta forma, as estações 4 e 13 apresentaram os menores valores de J' , resultante da discrepante concentração de indivíduos daquela espécie. A estação 9 apresentou maior equabilidade, sendo este um ponto em que o número de indivíduos coletados foi reduzido a apenas oito, distribuídos entre 5 espécies, o que resultou também em uma baixa riqueza. Entretanto, não foram detectadas diferenças significativas ($p < 0,01$) entre as estações.

Famílias - 2011

Figura 9: Famílias encontradas em setembro de 2011 nos entornos do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. Em cima, o número de espécies coletadas por família. Embaixo, sua frequência (%) em número e em biomassa, respectivamente. O nome de cada família foi reduzido para suas quatro primeiras letras.

Em relação à constância de ocorrência, onze espécies apresentaram C_i maior que 50 %, ocorrendo em mais de dez estações, sendo consideradas constantes na área de estudo. Dentre elas, encontram-se três elasmobrânquios (*Z. brevirostris*, *Atlantoraja castelnaui* e *Rioraja agassizii*) e oito actinopterígeos (*P. porosissimus*, *D. volitans*, *P. punctatus*, *Orthopristis ruber*, *P. pagrus*, *C. gracilicirrhus*, *S. hispidus* e *C. spinosus*). Doze espécies, compostas apenas por actinopterígeos, foram consideradas acessórias, com C_i variando entre 26,7 e 46 %, e ocorreram em 4 ou mais estações oceanográficas amostradas. As demais 46 espécies, incluindo seis espécies de elasmobrânquios, podem ser ditas como ocasionais ou visitantes nas estações, dado seu baixo valor de C_i .

A Figura 10 apresenta os dendrogramas resultantes da análise de agrupamento das espécies cuja abundância foi superior à 1 % e das estações amostradas em setembro de 2011. Em relação às espécies, em um nível de dissimilaridade de 90, há a formação

Tabela 5: Índices ecológicos estabelecidos para os dados obtidos no presente trabalho, a partir do levantamento ecológico rápido (2011). λ = Dominância de Simpson; D_s = Diversidade de Simpson; H' = Diversidade de Shannon e Weaver; R = Riqueza (Índice de Margalef); J' = Equabilidade (Índice de Pielou)

Estação	λ	D_s	H'	R	J'
1	0,174	0,827	2,343	3,641	0,914
2	0,282	0,718	2,106	6,053	0,613
3	0,192	0,808	2,118	3,274	0,782
4	0,385	0,615	1,377	2,481	0,537
5	0,180	0,820	2,349	3,776	0,916
6	0,170	0,830	2,591	4,744	0,897
7	0,248	0,752	1,824	3,802	0,631
8	0,160	0,840	2,437	3,901	0,924
9	0,313	0,688	1,386	2,164	1,000
10	0,533	0,467	1,155	1,914	0,594
11	0,151	0,849	2,396	5,592	0,727
12	0,226	0,774	2,438	5,341	0,789
13	0,348	0,652	1,759	4,565	0,546
14	0,324	0,676	2,253	4,660	0,813
15	0,265	0,735	1,950	4,368	0,703

Figura 10: Dendrogramas (UPGMA / Distância Euclidiana) apresentando a dissimilaridade entre as espécies (esquerda) e estações (direita) amostradas em setembro de 2011.

de quatro grupos. *C. gracilicirrhus*, *P. pagrus* e *P. punctatus*, espécies mais abundantes nesta coleta, formaram cada uma um grupo. Já o quarto grupo, formado pelas demais espécies, menos representativas em abundância, exceto por *P. porosissimus*, que formou um subgrupo distinto.

Já as estações amostradas formaram dois grandes grupos no dendrograma apresentado, em um nível de dissimilaridade de 120. O primeiro grupo é formado pelas estações 2, 4 e 13, sendo o primeiro e o último locais de coleta mais próximos à ilha Principal. Estas três estações representaram 49,6 % dos indivíduos amostrados, e apresentaram as maiores concentrações de *C. gracilicirrhus*. O segundo grupo agrupa as doze estações restantes, correspondendo a 50,4 % dos organismos coletados. Destas, destacam as estações 7 e 11, que formaram um subgrupo distinto, com maiores concentrações de *C. gracilicirrhus* associada à ocorrência de *P. porosissimus*.

2.6.3 Janeiro de 2014

Hidrografia

A temperatura apresentou ampla variação, com valores variando entre 15,6 e 29,6°C. Os dados apresentados na Figura 11 refletem uma coluna de água altamente estratificada, em que a superfície esteve entre 27,8 e 29,6°C, enquanto, próximo ao fundo, a temperatura variou entre 15,6 e 16,4°C. Apesar dos dados de salinidade não estarem disponíveis, é nítida a influência da ACAS na região com temperaturas inferiores a 18°C, de acordo com critérios já citados anteriormente.

Ictiofauna

A ictiofauna proveniente das cinco estações oceanográficas realizadas na região do arquipélago dos Alcatrazes em janeiro de 2014 foi composta por 41 espécies de 24 famílias (Tabela 6). Apenas um espécime foi identificado em nível taxonômico de família. A profundidade em que ocorreram os arrastos variou entre 33, na estação 1, e 53 m, na estação 2.

O número total de indivíduos foi 1189, num total de 70,2 kg, excluindo-se os elasmobrânquios. Dentre todas as espécies capturadas, as mais abundantes em número

Figura 11: Perfis de temperatura de cada estação oceanográfica realizada na região do arquipélago dos Alcatrazes entre 22 e 23 de janeiro de 2014.

de indivíduos perfizeram 81,7 % do total e pertencem à sete famílias, em ordem decrescente de frequência relativa: Mullidae, Sparidae, Dactylopteridae, Paralichthyidae, Triglidae, Rhinobatidae e Batrachoididae. O número de espécies por família, bem como sua frequência em número e biomassa, pode ser observado na Figura 12. As famílias representadas pelo maior número de espécies foram Rajidae e Paralichthyidae, com seis espécies cada, seguidas por Sciaenidae e Carangidae, grupo pelágico, com quatro e três espécies, respectivamente.

Do total, as espécies da família Carangidae são consideradas de hábitos pelágicos, somando apenas três espécies. Essas espécies apresentaram CPUE total muito baixa, variando entre 0,02 e 0,06 indivíduos/min e 0,01 g/min. Também representaram 0,42 % em número e 0,02 % em biomassa coletada apenas.

Dentre as 41 espécies registradas, sete delas constituem 81,7 % do total de indivíduos coletados: *Mullus argentinae*, *Pagrus pagrus*, *Dactylopterus volitans*, *Etropus longimanus*, *Prionotus punctatus*, *Zaperyx brevirostris* e *Porichthys porosissimus*. Novamente, observou-se baixa abundância da maioria das espécies (Tabela 6), uma vez que 28 espécies apresentaram frequência relativa em número menor que 1 %, ou seja, foram capturadas em número abaixo de doze indivíduos.

Em relação à biomassa, tratamos apenas dos actinopterígios. Dentre estes, seis espécies compuseram 81,5 % da biomassa total capturada: *P. pagrus*, *D. volitans*, *P. punctatus*, *Paralichthys patagonicus*, *M. argentinae* e *Chilomycterus spinosus*. Sua CPUE total variou de 66,3 a 456,1 g/min. *P. pagrus* representou 32,5 % da captura total, seguida por *D. volitans* e *P. punctatus*. Juntas, estas espécies perfizeram aproximadamente 60 % da biomassa coletada.

Tabela 6: Lista de espécies registradas no trabalho de campo em janeiro de 2014 no arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. FN e FB representam as frequências (%) em número e em biomassa, respectivamente; CPUE_n e CPUE_b são a captura por unidade de esforço, em número de indivíduos ou gramas por minutos, respectivamente; e C_i é a constância de ocorrência, em porcentagem. NI1: indivíduo identificado até nível de família.

Família	Espécie	CPUE _n	FN (%)	CPUE _b	FB (%)	C _i (%)
Squatinae	<i>Squatina occulta</i> Vooren & da Silva, 1992	0,20	0,84			80
Rhinobatidae	<i>Zapteryx brevirostris</i> (Müller & Henle, 1841)	0,88	3,70			100
	<i>Rhinobatos horkelii</i> Müller & Henle, 1841	0,02	0,08			20
Rajidae	<i>Atlantoraja castelnaui</i> (Miranda Ribeiro, 1907)	0,14	0,59			100
	<i>Atlantoraja cyclophora</i> (Regan, 1903)	0,42	1,77			80
	<i>Psammobatis extenta</i> (Garman, 1913)	0,06	0,25			40
	<i>Psammobatis</i> sp. Günther, 1870	0,02	0,08			20
	<i>Rioraja agassizii</i> (Müller & Henle, 1841)	0,18	0,76			60
Synodontidae	<i>Synodus foetens</i> (Linnaeus, 1766)	0,02	0,08	0,00	0,00	20
Gadidae	<i>Urophycis brasiliensis</i> (Kaup, 1858)	0,18	0,76	39,10	2,78	60
Merlucciidae	<i>Merluccius hubbsi</i> Marini, 1933	0,12	0,50	8,13	0,58	40
Batrachoididae	<i>Porichthys porosissimus</i> (Cuvier, 1829)	0,60	2,52	38,51	2,74	100
Lophiidae	<i>Lophius gastrophysus</i> Miranda Ribeiro, 1915	0,04	0,17	40,73	2,90	40
Ogcocephalidae	<i>Ogcocephalus vespertilio</i> (Linnaeus, 1758)	0,36	1,51	9,49	0,68	60
Fistulariidae	<i>Fistularia petimba</i> Lacepède, 1803	0,02	0,08	0,47	0,03	20
Triglidae	<i>Prionotus punctatus</i> (Bloch, 1793)	1,04	4,37	164,11	11,68	100
Dactylopteridae	<i>Dactylopterus volitans</i> (Linnaeus, 1758)	3,16	13,29	220,24	15,67	100
Serranidae	<i>Dules auriga</i> Cuvier, 1829	0,54	2,27	12,54	0,90	60
Carangidae	<i>Decapterus punctatus</i> (Cuvier, 1829)	0,06	0,25	0,00	0,01	20
Continua...						

Tabela 6 – continuação

Família	Espécies	CPUE _n	FN (%)	CPUE _b	FB (%)	C _i (%)
Gerreidae	<i>Selene setapinnis</i> (Mitchill, 1815)	0,02	0,08	0,01	0,00	20
	<i>Trachurus lathami</i> Nichols, 1920	0,02	0,08	0,00	0,01	20
	<i>Diapterus auratus</i> Ranzani, 1842	0,02	0,08	1,88	0,13	20
	<i>Orthopristis ruber</i> (Cuvier, 1830)	0,10	0,42	0,39	0,03	20
	NII	0,02	0,08	0,00	0,00	20
Sparidae	<i>Pagrus pagrus</i> (Linnaeus, 1758)	4,80	20,19	456,11	32,46	80
Sciaenidae	<i>Bairdiella ronchus</i> (Cuvier, 1830)	0,02	0,08	8,24	0,59	20
	<i>Ctenosciaena gracilicirrhus</i> (Metzelaar, 1919)	0,02	0,08	1,98	0,14	20
	<i>Cynoscion striatus</i> (Cuvier, 1829)	0,02	0,08	0,00	0,00	20
	<i>Micropogonias furnieri</i> (Desmarest, 1823)	0,02	0,08	10,68	0,76	20
	<i>Mullus argentinae</i> Hubbs & Marini, 1933	7,00	29,44	80,67	5,74	100
Mullidae	<i>Upeneus parvus</i> Poey, 1852	0,02	0,08	0,00	0,00	20
Percophidae	<i>Percophis brasiliensis</i> Quoy & Gaimard, 1825	0,16	0,67	22,17	1,58	80
Bothidae	<i>Bothus sp.</i> Rafinesque, 1810	0,02	0,08	1,21	0,09	20
	<i>Citharichthys dinoceros</i> Goode & Bean, 1886	0,12	0,50	3,03	0,22	40
	<i>Etropus longimanus</i> Norman, 1933	1,94	8,16	16,50	1,17	80
	<i>Paralichthys isosceles</i> Jordan, 1891	0,02	0,08	2,13	0,15	20
	<i>Paralichthys patagonicus</i> Jordan, 1889	0,38	1,60	158,29	11,27	100
Diodontidae	<i>Paralichthys triocellatus</i> Miranda Ribeiro, 1903	0,46	1,93	22,49	1,60	60
	<i>Xystreurus rasile</i> (Jordan, 1891)	0,10	0,42	8,88	0,63	20
	<i>Chilomycterus spinosus</i> (Linnaeus, 1758)	0,30	1,26	66,34	4,72	60
	<i>Stephanolepis hispidus</i> (Linnaeus, 1766)	0,14	0,59	10,02	0,73	100
Monacanthidae						

Famílias - 2014

Figura 12: Famílias encontradas em janeiro de 2014 nos entornos do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. Em cima, o número de espécies coletadas por família. Embaixo, sua frequência (%) em número e em biomassa, respectivamente.

A Tabela 7 apresenta os índices ecológicos obtidos para cada estação amostrada em 2014. Nas estações mais próximas da ilha Principal (2, 3 e 4), o índice de dominância foi menor. Consequentemente, observou-se uma maior diversidade e riqueza de espécies. A equabilidade elevada mostra uniformidade dos organismos coletados dentre as espécies identificadas nestes locais. O maior valor de dominância foi obtido na estação 1, em que o número de indivíduos coletados foi superior às demais devido à grande concentração de *M. argentineae*. Este fato refletiu-se em uma baixa equabilidade, com o menor valor observado. Entretanto, não foram detectadas diferenças significativas ($p < 0,01$) entre as estações.

Em relação à constância de ocorrência, dezenove espécies apresentaram C_i maior que 50 %, sendo consideradas constantes na área de estudo. Dentre elas, encontram-se cinco elasmobrânquios, incluindo *Squatina occulta*, e quatorze actinoptérgios.

Apenas quatro espécies foram consideradas acessórias: *Psammobatis extenta*,

Tabela 7: Índices ecológicos estabelecidos para os dados obtidos no presente trabalho, a partir de coleta realizada em janeiro de 2014. λ = Dominância de Simpson; Ds = Diversidade de Simpson; H' = Diversidade de Shannon e Weaver; R = Riqueza (Índice de Margalef); J' = Equabilidade (Índice de Pielou).

Estação	λ	Ds	H'	R	J'
1	0,379	0,621	1,474	3,260	0,510
2	0,224	0,776	2,150	4,402	0,696
3	0,146	0,854	2,771	5,510	0,872
4	0,195	0,806	2,287	4,560	0,740
5	0,306	0,694	1,892	3,742	0,655

Merluccius hubbsi, *Lophius gastrophysus* e *Citharichthys dinoceros*. As demais dezoito espécies, incluindo duas espécies de elasmobrânquios e dezesseis de actinoptérígios, podem ser ditas como ocasionais ou visitantes, dada sua ocorrência em apenas uma estação.

A Figura 13 apresenta os dendrogramas resultantes da análise de agrupamento das espécies cuja abundância foi superior à 1 % e das estações amostradas em janeiro de 2014. As espécies *M. argentiniae*, *P. pagrus* e *D. volitans*, as três mais abundantes durante estas coletas, formaram três grupos independentes a partir de uma distância euclidiana de 75. Um quarto grupo é formado pelas demais espécies, que representaram menos de 10% em abundância de organismos coletados. Dentre elas, destacam-se *E. longimanus* e *P. punctatus*, que somam 12,6 % do total capturado.

Por sua vez, o dendrograma das estações reflete também a abundância das principais espécies capturadas, sendo observada a formação de três grupos dada uma distância euclidiana igual a 100. O primeiro é formado pelas estações 2 e 5, com maior diversidade de espécies e maior abundância de *P. pagrus*. As estações 3 e 4 formam o segundo grupo e destacam-se pela maior abundância de *P. punctatus*, *E. longimanus* e *Atlantoraja cyclophora*, além dos menores valores de dominância. O terceiro grupo é formado apenas pela estação 1, na qual foram obtidos os menores valores de riqueza e equabilidade, associados à alta abundância *D. volitans* e *M. argentiniae* e à ausência de *E. longimanus* e *A. cyclophora*.

Figura 13: Dendrogramas (UPGMA / Distância Euclidiana) apresentando a dissimilaridade entre as espécies (esquerda) e estações (direita) amostradas em janeiro de 2014.

2.6.4 Avaliação comparativa da ictiofauna

Entre 1986 e 2014, através de arrastos de fundo com portas em 26 diferentes pontos nos arredores do arquipélago dos Alcatrazes, foi registrada a ocorrência de doze espécies de elasmobrânquios e 78 de actinoptérígios (Tabela 8). Paralichthyidae foi representada pelo maior número de espécies, com 14 % do total de espécies registradas (treze espécies). Em seguida, os cienídeos contabilizam onze espécies. Carangidae e Rajidae contribuíram com cinco espécies cada. Essas famílias constituem 38 % do total de espécies capturadas. Ressalta-se a representatividade dos carangídeos nas capturas com a rede de arrasto de fundo, uma vez que a ocorrência de espécies pelágicas é acidental.

Apenas doze espécies (13 % do total) co-ocorreram nas três coletas: *Z. brevirostris*, *S. foetens*, *P. porosissimus*, *O. vespertilio*, *P. punctatus*, *D. volitans*, *D. auriga*, *O. ruber*, *P. pagrus*, *P. brasiliensis*, *E. longimanus* e *P. patagonicus*. Em termos de constância, 59 % das espécies são acessórias e o restante 41 %, constantes.

As famílias Sciaenidae, Carangidae, Sphyraenidae e Mullidae, muito comuns nos arrastos de 2011 e 2014, não foram representadas na coleta de 1986.

As espécies que estão dentre as mais abundantes e são comuns aos três períodos de coleta, *P. punctatus*, *D. volitans* e *P. pagrus*, também o foram dada sua ocorrência nas

plataformas de São Sebastião e Santos. Apenas *P. pagrus* não ocorreu no CSS.

Das ocorrências registradas nas três áreas, apenas quatorze espécies não foram registradas nas regiões de São Sebastião e Santos: *S. occulta*, *Diapterus auratus*, *Thalassophryne montevidensis*, *Bairdiella ronchus*, *Pontinus rathbuni*, *Caulolatilus chrysops*, *Cynoscion microlepidotus*, *Sphyræna barracuda*, *Rhomboplites aurorubens* e *Gymnachirus nudus*. *S. occulta* foi coletada em baixa quantidade apenas em 2014, mas foi a única de ocorrência constante entre as estações de coleta daquele ano. *D. auratus*, *B. ronchus*, *T. montevidensis*, *P. rathbuni*, *C. chrysops*, *C. microlepidotus*, *S. barracuda*, *R. aurorubens* e *G. nudus* foram coletadas em apenas uma dentre as três coletas realizadas, sendo consideradas ocasionais de acordo com sua constância de ocorrência. *S. isthmensis* e *S. greeleyi* foram observadas apenas em 1986 e *Cynoscion striatus* nos dois últimos períodos, sendo as três espécies consideradas visitantes.

Comparando-se os resultados das capturas nos três anos com os das regiões adjacentes, ou seja, São Sebastião, no litoral norte de São Paulo, e Santos, no litoral central do Estado, nota-se que apenas nove espécies foram comuns às três regiões: *Z. brevirostris*, *P. porosissimus*, *O. vespertilio*, *P. punctatus*, *D. volitans*, *D. auriga*, *O. ruber*, *E. crossotus* e *P. patagonicus*. Se as coletas em Alcatrazes forem consideradas em conjunto para a área, o número de ocorrências nas plataformas ao largo de Santos e São Sebastião, no canal de São Sebastião e em Alcatrazes, esse número sobe para 42 espécies.

A maior semelhança entre o registro de ocorrência das espécies se deu entre o arquipélago e a plataforma continental de São Sebastião (PCSS), onde 74,4 % das espécies foram também registradas. De modo semelhante, 65 espécies encontradas no arquipélago foram descritas para a plataforma continental de Santos (PCS). Por outro lado, em relação à ictiofauna registrada no CSS, apenas 44 espécies (48,9 %) dentre aquelas 90 amostradas em Alcatrazes.

Dentre as famílias citadas anteriormente com maior abundância em número de espécies, que somaram 35, a maior semelhança se deu com aquelas observadas na PCS. Compõem essa semelhança 82,4 % das espécies pertencentes às famílias mais abundantes, enquanto 70,6 % foram também registradas na PCSS, e apenas 52,9 %, no CSS.

Apesar do tipo de pesca com arrasto com rede de fundo com portas não objetivar a captura de organismos pelágicos, sua presença não pode ser descartada, dada a relevância deste tipo de informação em uma região ainda tão pouco explorada. Desta forma, foram registradas sete famílias consideradas pelágicas, sendo elas Squalidae, Pristigasteridae, Pomatomidae, Carangidae, Sphyrnidae, Trichiuridae e Stromateidae. Espécies pertencentes a estas famílias compuseram 15,5 % daquelas registradas na área e sua ocorrência se deu, principalmente, em setembro de 2011, com sua maior abrangência amostral. Apenas três espécies de carangídeos ocorreram em 2014. Excetuando *Sphyrna barracuda*, todas as demais espécies são comuns à plataforma continental de Santos. Já em relação à São Sebastião, sete delas são comuns à plataforma e apenas cinco, ao Canal de São Sebastião.

A Tabela 9 traz um comparativo entre os índices ecológicos resultantes do trabalho de *Paiva-Filho et al.* (1989), dos projetos OPISS e ECOSAN, e das coletas realizadas em 2011 e 2014.

Os índices de dominância e diversidade de Simpson para a região de São Sebastião não se encontravam disponíveis para análise. Os valores obtidos para estes índices nos três períodos de coleta apresentaram pouca variação, com os valores de dominância entre 0,153 e 0,161 e a diversidade entre 0,840 e 0,847. Estes valores pouco diferem dos demais. Entretanto, aqueles obtidos para o arquipélago dos Alcatrazes estão abaixo dos valores resultantes dos dois períodos de coleta da plataforma continental ao largo de Santos, que apresentaram maior diversidade, tanto em relação ao índice de Simpson quanto de Shannon e Weaver. Em relação a esta última, os valores encontrados para a plataforma de São Sebastião foram semelhantes àqueles observados nos três períodos em estudo no arquipélago.

As coletas de 1986 (*Paiva-Filho et al.*, 1989) e 2014 foram as que apresentaram menores valores de riqueza de Margalef: 4,804 e 5,649, respectivamente, valores resultantes de um baixo número de espécimes e espécies coletados em relação aos demais. Para o ano de 2011, o resultado foi semelhante àqueles apresentados para a plataforma de São Sebastião, que estão pouco abaixo da plataforma continental de Santos.

A equabilidade, medida pelo índice de Pielou, esteve entre 0,579 e 0,711. Os valores mínimo e máximo foram encontrados na plataforma continental de São Sebastião em fevereiro de 1994 (Rossi-Wongtschowski *et al.*, 2008) e no trabalho de Paiva-Filho *et al.* (1989), respectivamente.

Entretanto, não foram detectadas diferenças significativas ($p < 0,01$) entre os índices ecológicos resultantes dos diferentes projetos e períodos comparados.

Tabela 8: Comparação entre ocorrência de espécies no arquipélago dos Alcatrazes nos diferentes anos e em regiões adjacentes, na plataforma continental de São Sebastião (PCSS), no Canal de São Sebastião (CSS) e na plataforma continental de Santos (PCS).

Família	Espécie	1986	2011	2014	PCSS	CSS	PCS
Squalidae	<i>Squalus cubensis</i> *						
Squatinidae	<i>Squatina occulta</i>						
Rhinobatidae	<i>Rhinobatos</i> sp.						
	<i>Rhinobatos horkelii</i>						
	<i>Zapteryx brevirostris</i>						
Rajidae	<i>Atlantoraja castelnaui</i>						
	<i>Atlantoraja cyclophora</i>						
	<i>Rioraja agassizii</i>						
	<i>Psammobatis</i> sp.						
	<i>Psammobatis extenta</i>						
Dasyatidae	<i>Dasyatis</i> sp.						
Myliobatidae	<i>Myliobatis freminvillei</i>						
Ophichthidae	<i>Ophichthus gomesii</i>						
Pristigasteridae	<i>Pellona harroweri</i>						
Ariidae	<i>Genidens barbus</i>						
Synodontidae	<i>Synodus foetens</i>						
Phycidae	<i>Urophycis brasiliensis</i>						
Merlucciidae	<i>Merluccius hubbsi</i>						
Ophidiidae	<i>Raneya brasiliensis</i>						
Batrachoididae	<i>Porichthys porosissimus</i>						

Continua...

Tabela 8 – continuação

Família	Espécie	1986	2011	2014	PCSS	CSS	PCS
	<i>Thalassophryne montevidensis</i>						
Lophiidae	<i>Lophius gastrophysus</i>						
Ogcocephalidae	<i>Ogcocephalus vespertilio</i>						
	<i>Ogcocephalus notatus</i>						
Fistulariidae	<i>Fistularia petimba</i>						
Syngnathidae	<i>Hippocampus erectus</i>						
Scorpaenidae	<i>Pontinus rathbuni</i>						
	<i>Scorpaena isthmensis</i>						
Triglidae	<i>Prionotus punctatus</i>						
Dactylopteridae	<i>Dactylopterus volitans</i>						
Serranidae	<i>Diplectrum formosum</i>						
	<i>Dules auriga</i>						
Priacanthidae	<i>Priacanthus arenatus</i>						
	<i>Heteropriacanthus cruentatus</i>						
Malacanthidae	<i>Caulolatilus chrysops</i>						
Pomatomidae	<i>Pomatomus saltatrix</i>						
Carangidae	<i>Chloroscombrus chrysurus</i>						
	<i>Decapterus punctatus</i>						
	<i>Selene setapinnis</i>						
	<i>Trachinotus carolinus</i>						
	<i>Trachurus lathami</i>						
Lutjanidae	<i>Rhomboplites aurorubens</i>						
Gerreidae	<i>Diapterus auratus</i>						
	<i>Eucinostomus argenteus</i>						
	<i>Eucinostomus gula</i>						
Haemulidae	<i>Orthopristis ruber</i>						
	<i>Pomadasys corvinaeformis</i>						
Sparidae	<i>Pagrus pagrus</i>						

Continua...

Tabela 8 – continuação

Família	Espécie	1986	2011	2014	PCSS	CSS	PCS
Sciaenidae	<i>Bairdiella ronchus</i>						
	<i>Ctenosciaena gracilicirrus</i>						
	<i>Cynoscion acoupa</i>						
	<i>Cynoscion jamaicensis</i>						
	<i>Cynoscion microlepidotus</i>						
	<i>Cynoscion striatus</i>						
	<i>Isopisthus parvipinnis</i>						
	<i>Macrodon atricauda</i>						
	<i>Menticirrus americanus</i>						
	<i>Micropogonias furnieri</i>						
	<i>Umbrina coroides</i>						
Mullidae	<i>Mullus argentinae</i>						
	<i>Upeneus parvus</i>						
Ephippidae	<i>Chaetodipterus faber</i>						
Sphyraenidae	<i>Sphyraena barracuda</i>						
	<i>Sphyraena guachancho</i>						
Percophidae	<i>Percophis brasiliensis</i>						
Trichiuridae	<i>Trichiurus lepturus</i>						
Stromateidae	<i>Peprilus paru</i>						
Bothidae	<i>Bothus sp.</i>						
	<i>Bothus robinsi</i>						
Achiridae	<i>Gymnachirus nudus</i>						
Paralichthyidae	<i>Citharichthys arenaceus</i>						
	<i>Citharichthys dinoceros</i>						
	<i>Citharichthys macrops</i>						
	<i>Cyclopsetta chittendeni</i>						
	<i>Etropus crossotus</i>						
	<i>Etropus longimanus</i>						

Continua...

Tabela 8 – continuação

Família	Espécie	1986	2011	2014	PCSS	CSS	PCS
	<i>Paralichthys isosceles</i>						
	<i>Paralichthys orbignyanus</i>						
	<i>Paralichthys patagonicus</i>						
	<i>Paralichthys triocellatus</i>						
	<i>Syacium micrurum</i>						
	<i>Syacium papillosum</i>						
	<i>Xystreureys rasile</i>						
Cynoglossidae	<i>Symphurus tessellatus</i>						
	<i>Symphurus jenynsi</i>						
Balistidae	<i>Balistes capriscus</i>						
Monacanthidae	<i>Stephanolepis hispidus</i>						
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides tyleri</i>						
	<i>Sphoeroides greeleyi</i>						
Diodontidae	<i>Chilomycterus spinosus</i>						

**Squalus cubensis* grupo *cubensis/megalops*, de acordo com Gomes *et al.* (2010).

Tabela 9: Índices ecológicos médios dos trabalhos de Paiva-Filho *et al.* (1989), dos projetos OPISS e ECOSAN e do presente trabalho. λ = Dominância de Simpson; Ds = Diversidade de Simpson; H' = Diversidade de Shannon e Weaver; R = Riqueza (Índice de Margalef); J' = Equabilidade (Índice de Pielou); ND = não disponível.

Trabalho	S	N	λ	Ds	H'	R	J'
Paiva-Filho <i>et al.</i> (1989) - Jun/86	29	340	0,153	0,847	2,392	4,804	0,711
OPISS – PC Fev/94	105	27214	ND	ND	2,546	8,400	0,579
OPISS – PC Out/97	98	7507	ND	ND	2,642	8,965	0,601
ECOSAN – Ago/05	93	10106	0,101	0,899	2,787	9,977	0,615
ECOSAN – Fev/06	89	4492	0,088	0,912	3,106	10,464	0,692
Presente trabalho - Set/11	69	2058	0,161	0,840	2,561	8,913	0,605
Presente trabalho - Jan/14	41	1189	0,158	0,842	2,364	5,649	0,637

2.7 Discussão

A ictiofauna da região do arquipélago dos Alcatrazes foi estudada em três momentos distintos ao longo do tempo: em junho de 1986, setembro de 2011 e janeiro de 2014. Tanto no primeiro quanto no último período, as coletas se restringiram ao entorno da ilha de Alcatrazes, a principal do arquipélago. Em 2011, questões logísticas propiciaram a exploração de uma estratégia amostral diferenciada, com maior variedade espacial e, com isso, capturar o maior número de espécies possível na área. A variação da profundidade amostrada nos três períodos foi semelhante, entre 23 e 56 m.

Dentre as famílias que compuseram aproximadamente 80 % do número de indivíduos total coletados em cada ano, Paralichthyidae, Triglidae, Dactylopteridae e Sparidae foram amostradas nos três períodos. Rhinobatidae e Batrachoididae foram famílias que aumentaram em termos de representatividade, tendo maior participação na composição da ictiofauna para as amostragens de 2011 e 2014.

Em seu trabalho, *Paiva-Filho et al.* (1989) apontam que os Pleuronectiformes, ordem à qual pertencem as famílias Achiridae, Bothidae e Paralichthyidae, não haviam sido registrados como o grupo mais abundante em nenhum estudo sobre a ictiofauna do litoral paulista. Ao longo das últimas décadas, diversos trabalhos realizados com arrastos de fundo apontam a família Sciaenidae como a mais abundante na região costeira de São Paulo e de grande importância na costa sudeste do Brasil em termos estruturais dos ecossistemas e como recurso pesqueiro (*Vazzoler*, 1975; *Giannini & Paiva Filho*, 1990; *Rocha & Rossi-Wongtschowski*, 1998; *Muto et al.*, 2000; *Rossi-Wongtschowski et al.*, 2008; *Rocha et al.*, 2010a; *Schmidt & Dias*, 2012).

Tanto em 2011 quanto em 2014, foram capturados cienídeos que apresentaram CPUE muito baixa e foram considerados, em sua maioria, espécies visitantes. Isso decorre da maior afinidade deste grupo com a Água Costeira (*Muto et al.*, 2000), pouco atuante na região no momento dessas coletas. *C. gracilicirrhus*, considerada uma das principais espécies do litoral norte de São Paulo (*Rocha & Rossi-Wongtschowski*, 1998; *Muto et al.*, 2000; *Rocha et al.*, 2010a; *Pombo et al.*, 2013) e cuja distribuição está relacionada à movimentação da AC (*Rossi-Wongtschowski & Paes*, 1993; *Muto et al.*, 2000),

representou uma exceção em 2011, tendo em vista que possivelmente foi capturado um cardume desta espécie.

Em relação às espécies que compuseram aproximadamente 80 % do número de indivíduos coletados nos três períodos, todas foram consideradas constantes na área de estudo de acordo com sua constância de ocorrência, exceto *Syacium papillosum*, coletada em 2011 e considerada uma espécie acessória.

Prionotus punctatus, *Dactylopterus volitans* e *Pagrus pagrus* foram as únicas espécies de maior abundância e que ocorreram nos três períodos. Para as duas últimas, houve um acréscimo considerável em sua abundância em número e em massa, dados pelos valores de CPUE obtidos. Enquanto a CPUE de *P. punctatus* aumentou quinze vezes entre 1986 e 2011, reduzindo novamente em 2014.

P. pagrus, espécie hermafrodita protogínica (Mitcheson & Liu, 2008) e pescado de relevante valor comercial, inclusive para exportação, é apontada como espécie sobrepesada no livro vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção do Estado de São Paulo (2009), devido à pesca excessiva, proveniente, em sua maior parte, de operações de pesca com técnicas de linha e anzol e de arrasto-duplo-de-fundo (Bressan et al., 2009). Ávila-da Silva (1996), estudando os aspectos reprodutivos desta espécie ao largo de São Paulo, constatou que a idade de primeira maturação gonadal é de aproximadamente três anos ou 259 mm, e a maior intensidade reprodutiva das fêmeas funcionais se dá entre agosto e dezembro. Dado que o comprimento total dos indivíduos coletados permaneceu abaixo de 297 mm e apresentou uma média de 172 mm, temos que a região pode estar sendo utilizada como área de crescimento e alimentação dessa espécie. Sua presença também está associada a sedimentos de fundo mais grossos (Manooch & Hassler, 1978; Rocha & Rossi-Wongtschowski, 1998), predominantes no arquipélago dos Alcatrazes (Hoff et al., 2015).

Além de sua importância comercial, principalmente em relação a *D. Volitans*, *P. punctatus* e *P. pagrus*, essas três espécies também são descritas como fauna acompanhante das pescarias de frotas camaroeiras dirigidas ao camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) e ao camarão-rosa (*Farfantepenaeus brasiliensis* e *F. paulensis*), de acordo

com *Graça Lopes et al.* (2002); *Vianna et al.* (2004); *Sedrez et al.* (2013). Por muitos anos, essas e muitas outras espécies, como *Lophius gastrophysus*, *Trichiurus lepturus* e *Merluccius hubbsi*, eram descartadas, tendo ganhado destaque comercial apenas nas últimas duas décadas (*Nascimento et al.*, 2012).

Além dessas, outras 32 e 27 espécies foram apontadas como fauna acompanhante da pesca de camarão de frotas de Santa Catarina e na região sudeste brasileira por *Sedrez et al.* (2013) e *Vianna et al.* (2004), respectivamente. Foram comuns aos dois trabalhos dezessete espécies: *Pellona harroweri*, *Urophycis brasiliensis*, *Porichthys porosissimus*, *P. punctatus*, *D. volitans*, *Dules auriga*, *Selene setapinnis*, *Orthopristis ruber*, *C. gracilicirrhus*, *Cynoscion jamaicensis*, *Isopisthus parvipinnis*, *Menticirrhus americanus*, *Micropogonias furnieri*, *Peprilus paru*, *Etropus crossotus* e *Stephanolepis hispidus*.

Já o trabalho de *Graça Lopes et al.* (2002) contou com uma diferente abordagem, analisando a fração rejeitada e/ou comercializada da fauna acompanhante de três diferentes frotas pesqueiras no litoral de São Paulo. Treze espécies foram, então, classificadas como rejeitadas pela pesca, sendo um elasmobrânquio (*Psammobatis sp.*) e doze actinoptérígios, incluindo *Ophichthys gomesii*, *P. harroweri*, *P. porosissimus*, *Thalassophryne montevidensis*, *Ogcocephalus vespertilio*, *Fistularia petimba*, *Hippocampus erectus*, *D. auriga*, *Cynoscion microlepidotus*, *Citharichthys arenaceus*, *S. hispidus* e *Chilomycterus spinosus*.

Dentre as 48 espécies aproveitadas para o comércio por pelo menos umas das frotas descritas por *Graça Lopes et al.* (2002), encontram-se oito das doze espécies de elasmobrânquios registradas no arquipélago, *M. hubbsi*, *L. gastrophysus*, quatro carangídeos, oito cienídeos e cinco linguados.

As informações sumarizadas a partir dos trabalhos de *Graça Lopes et al.* (2002); *Vianna et al.* (2004) e *Sedrez et al.* (2013) encontram-se na Tabela 10.

Tabela 10: Informações sumarizadas sobre a presença das espécies registradas na região do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP, como fauna acompanhante (*bycatch*) das pescarias de frotas camaroeiras de acordo com *Graça Lopes et al.* (2002); *Vianna et al.* (2004) e *Sedrez et al.* (2013). R = rejeitado; M = comércio “mistura”; I = comércio “isolado”.

Família	Espécie	Graça Lopes <i>et al.</i> (2002)	Sedrez <i>et al.</i> (2013)	Vianna <i>et al.</i> (2004)
Squalidae	<i>Squalus cubensis</i> *	I, R		
Squatinidae	<i>Squatina occulta</i>	I, R		
Rhinobatidae	<i>Rhinobatos sp.</i>			
	<i>Rhinobatos horkelii</i>	I, R		
	<i>Zapteryx brevirostris</i>			
Rajidae	<i>Atlantoraja castelnaui</i>	I, R		
	<i>Atlantoraja cyclophora</i>	I, R		
	<i>Rioraja agassizii</i>	I, R		
	<i>Psammobatis sp.</i>	R		
	<i>Psammobatis extenta</i>			
Dasyatidae	<i>Dasyatis sp.</i>	I, R		
Myliobatidae	<i>Myliobatis freminvillei</i>	I		
Ophichthidae	<i>Ophichthus gomesii</i>	R		
Pristigasteridae	<i>Pellona harroweri</i>	R		
Ariidae	<i>Genidens barbus</i>			
Synodontidae	<i>Synodus foetens</i>	M, I, R		
Phycidae	<i>Urophycis brasiliensis</i>	M, I, R		
Merlucciidae	<i>Merluccius hubbsi</i>	M, R		
Ophidiidae	<i>Raneya brasiliensis</i>	M, R		
Batrachoididae	<i>Porichthys porosissimus</i>	R		
	<i>Thalassophryne montevidensis</i>	R		
Lophiidae	<i>Lophius gastrophysus</i>	I, R		
Ogcocephalidae	<i>Ogcocephalus vespertilio</i>	R		
	<i>Ogcocephalus notatus</i>			

Continua...

Tabela 10 – continuação

Família	Espécie	Graça Lopes <i>et al.</i> (2002)	Sedrez <i>et al.</i> (2013)	Vianna <i>et al.</i> (2004)
Fistulariidae	<i>Fistularia petimba</i>	R		
Syngnathidae	<i>Hippocampus erectus</i>	R		
Scorpaenidae	<i>Pontinus rathbuni</i>			
	<i>Scorpaena isthmensis</i>			
Triglidae	<i>Prionotus punctatus</i>	M, I, R		
Dactylopteridae	<i>Dactylopterus volitans</i>	M, R		
Serranidae	<i>Diplectrum formosum</i>	M, R		
	<i>Dules auriga</i>	R		
Priacanthidae	<i>Priacanthus arenatus</i>	M, R		
	<i>Heteropriacanthus cruentatus</i>			
Malacanthidae	<i>Caulolatilus chrysops</i>	M		
Pomatomidae	<i>Pomatomus saltatrix</i>			
Carangidae	<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	M, R		
	<i>Decapterus punctatus</i>	M, I, R		
	<i>Selene setapinnis</i>	M, R		
	<i>Trachinotus carolinus</i>	M, I, R		
	<i>Trachurus lathami</i>			
Lujanidae	<i>Rhomboplites aurorubens</i>	M, I, R		
Gerreidae	<i>Diapterus auratus</i>			
	<i>Eucinostomus argenteus</i>	M, R		
	<i>Eucinostomus gula</i>	M		
Haemulidae	<i>Orthopristis ruber</i>	M, I, R		
	<i>Pomadasys corvinaeformis</i>	M, R		
Sparidae	<i>Pagrus pagrus</i>	M, I, R		
Sciaenidae	<i>Bairdiella ronchus</i>	R, M		
	<i>Ctenosciaena gracilicirrhus</i>	M, R		
	<i>Cynoscion acoupa</i>	M		
Continua...				

Tabela 10 – continuação

Família	Espécie	Graça Lopes <i>et al.</i> (2002)	Sedrez <i>et al.</i> (2013)	Vianna <i>et al.</i> (2004)
	<i>Cynoscion jamaicensis</i>	M, I, R		
	<i>Cynoscion microlepidotus</i>	R		
	<i>Cynoscion striatus</i>			
	<i>Isopisthus parvipinnis</i>	M, I, R		
	<i>Macrodon atricauda</i>			
	<i>Menticirrhus americanus</i>	M, I, R		
	<i>Micropogonias furnieri</i>	M, I, R		
	<i>Umbrina coroides</i>	M, I, R		
Mullidae	<i>Mullus argentinae</i>			
	<i>Upeneus parvus</i>	M, I, R		
Ephippidae	<i>Chaetodipterus faber</i>	M, R		
Sphyraenidae	<i>Sphyraena barracuda</i>			
	<i>Sphyraena guachancho</i>	M, I, R		
Percophidae	<i>Percophis brasiliensis</i>	M, I, R		
Trichiuridae	<i>Trichiurus lepturus</i>	M, I, R		
Stromateidae	<i>Peprilus paru</i>	M, I, R		
Bothidae	<i>Bothus sp.</i>			
	<i>Bothus robinsi</i>			
Achiridae	<i>Gymnachirus nudus</i>			
Paralichthyidae	<i>Citharichthys arenaceus</i>	R		
	<i>Citharichthys dinoceros</i>			
	<i>Citharichthys macrops</i>			
	<i>Cyclopsetta chittendeni</i>			
	<i>Etropus crossotus</i>	M, R		
	<i>Etropus longimanus</i>	M, R		
	<i>Paralichthys isosceles</i>	M, I		
	<i>Paralichthys orbignyanus</i>			
Continua...				

Tabela 10 – continuação

Família	Espécie	Graça Lopes <i>et al.</i> (2002)	Sedrez <i>et al.</i> (2013)	Vianna <i>et al.</i> (2004)
	<i>Paralichthys patagonicus</i>	M, I		
	<i>Paralichthys triocellatus</i>			
	<i>Syacium micrurum</i>			
	<i>Syacium papillosum</i>	M, I, R		
	<i>Xystreureys rasile</i>			
Cynoglossidae	<i>Symphurus tessellatus</i>			
	<i>Symphurus jenynsi</i>			
Balistidae	<i>Balistes capriscus</i>	M, I, R		
Monacanthidae	<i>Stephanolepis hispidus</i>	R		
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides tyleri</i>			
	<i>Sphoeroides greeleyi</i>			
Diodontidae	<i>Chilomycterus spinosus</i>	R		

**Squalus cubensis* grupo *cubensis/megalops*, de acordo com Gomes *et al.* (2010).

A região de São Sebastião está inserida na Província Argentina, que se estende de Cabo Frio à Península de Valdés (Argentina) e foi descrita por *Figueiredo* (1981) como uma região de transição faunística. Nessa área ocorre um conjunto de espécies de distribuição restrita, bem como um conjunto de formas tropicais e temperadas que por ela se encontram limitadas geograficamente.

Dentre as espécies descritas como endêmicas dessa região, 22 foram encontradas na área: sete elasmobrânquios (*Squalus cubensis*, *Rhinobatos horkelii*, *Z. brevirostris*, *Psammobatis extenta*, *Rioraja agassizii*, *R. castelnaui* e *R. cyclophora*) e 15 actinopterígeos, incluindo cinco espécies de linguados (*Etropus longimanus*, *Paralichthys isosceles*, *P. patagonicus*, *P. triocellatus* e *Xystreureys rasile*), as famílias dos gadídeos e batrachoidídeos, *M. hubbsi*, *D. auriga*, entre outros (*Figueiredo*, 1981).

Foram registradas apenas quatro das espécies ditas tropicais, *P. punctatus*, *C. ja-*

maicensis, *C. gracilicirrhus* e *Etropus crossotus*. Em geral, as espécies tropicais que ocorrem na Província Argentina são as de mais ampla distribuição dentro de cada gênero, havendo a possibilidade de superposição de distribuição geográfica com as espécies endêmicas correspondentes àquelas tropicais (Figueiredo, 1981).

A dinamicidade estrutural de uma comunidade de peixes demersais resulta das características geológicas e físico-químicas do *habitat*, como natureza dos depósitos de fundo, condições oceanográficas (salinidade, temperatura, circulação, entre outras), largura da plataforma continental e o grau de exposição à ação de ondas atuando em diferentes escalas temporais (Lowe-McConnell, 1999).

Alguns autores relatam que a ocorrência de determinadas espécies está relacionada à movimento da ACAS na plataforma continental (Rocha & Rossi-Wongtschowski, 1998; Muto *et al.*, 2000; Rossi-Wongtschowski *et al.*, 2008). Isso faz com que aquelas que ocupam regiões mais profundas ocorram em áreas mais rasas e/ou próximas à costa durante a intrusão da ACAS na plataforma. Na região do arquipélago, sob maior influência da ACAS em 2014, observamos a ocorrência de um crescente número dessas espécies e sua abundância, como, por exemplo, *D. auriga*, *E. longimanus*, *M. hubbsi*, *Mullus argentinae*, *X. rasile* e *R. cyclophora*.

Os mesmos autores listam espécies, como *C. gracilicirrhus*, *Stephanolepis hispidus*, *C. jamaicensis*, *O. ruber*, *M. americanus*, *I. parvipinnis* e *Eucinostomus argenteus*, que estão relacionadas a águas costeiras e rasas e, conseqüentemente, à AC. Essas espécies foram mais abundantes em 2011.

P. porosissimus e *P. punctatus* foram espécies de ampla distribuição na plataforma continental de São Sebastião, sendo sua distribuição mais afetada que sua abundância em virtude da composição das massas de água (Muto *et al.*, 2000). O mesmo foi observado em relação a essas espécies, coletadas nos três períodos e consideradas espécies constantes.

Os índices ecológicos refletiram poucas variações entre as estações realizadas em cada período. Também demonstraram um ambiente diverso e rico em espécies e homogêneo, com índices de diversidade, riqueza e equabilidade semelhantes àqueles obtidos

em regiões cuja prospecção foi mais intensa, como a plataforma continental ao largo de Santos, de São Sebastião e o canal de São Sebastião, independentemente da época ou período em que foram feitas as coletas.

A análise de agrupamento mostrou a dominância de um baixo número de espécies numericamente significativas, com ocorrência de algumas de importância intermediária e uma grande quantidade de espécies de ocorrência mais baixa. Estas últimas representaram mais de 50 % do número de espécies amostradas, mas menos de 10 % em número de indivíduos capturados em cada amostragem.

Finalmente, temos que a composição ictíica encontrada no arquipélago dos Alcatrazes variou ao longo do tempo e pontos de coleta. Estando sujeita às condições oceanográficas, a ictiofauna da região pode responder tanto à composição sedimentar quanto à dinâmica de massas d'água. Além disso, alta similaridade da ictiofauna do arquipélago com aquelas encontradas na plataforma continental de Santos e São Sebastião foi constatada e confirmada através dos testes estatísticos.

Apesar da avaliação da ictiofauna não ter considerado as variações sazonais, os resultados encontrados incluem muitas espécies comuns ao longo dos três períodos avaliados, o que sugere um padrão de uso e ocupação constante por essas espécies. Como se trata de uma área protegida, espera-se que as alterações ao longo do tempo não sejam respostas à pesca ou perda de *habitat*, porém necessitam estudos de acompanhamento com protocolos amostrais melhorados.

3 INTEGRIDADE BIÓTICA DOS ECOSSISTEMAS DO ARQUIPÉLAGO DOS ALCATRAZES

3.1 Introdução

Existe atualmente uma grande preocupação com os efeitos antropogênicos sobre os ecossistemas marinhos e sua fauna associada. Entretanto, medir de forma precisa o impacto das alterações é difícil, o que impulsiona o desenvolvimento e adequação de métodos de avaliação da qualidade ambiental (*Jaramillo-Villa & Caramaschi, 2008; Flores-Lopes et al., 2010*).

Neste aspecto, os índices multimétricos constituem importantes ferramentas de avaliação biológica de integridade ecológica de ecossistemas aquáticos, sendo utilizados em larga escala em programas de monitoramento ambiental, a fim de avaliar os efeitos de poluição no ambiente, principalmente de águas interiores (*Oliveira et al., 2008; Flores-Lopes et al., 2010*).

Um índice multimétrico considera múltiplos impactos, integrando informações de aspectos diversos de uma comunidade para fornecer o status ecológico do sistema, sem excluir dados provenientes de métricas individuais. Ademais, pode ser aplicado a diferentes tipos de ecossistemas - rios, florestas, estuários e recifes -, e elementos de qualidade biológica - invertebrados, fitoplâncton, macrófitas, peixes, etc. (*Karr & Chu, 2006; Oliveira et al., 2008; Flores-Lopes et al., 2010*).

Karr (1981) e *Jaramillo-Villa & Caramaschi (2008)* apontam que o uso da ictiofauna no monitoramento biológico justifica-se pela sua importância biológica e socioeconômica, e porque podem influenciar diretamente as leis relativas à regulamentação da pesca, por exemplo. Sua aplicação oferece diversas vantagens, tais como:

- Disponibilidade de informações sobre o ciclo de vida das espécies;
- Peixes ocupam de diferentes níveis tróficos;
- Ictiofauna é mais facilmente identificada em relação a outros grupos de organismos;

- Apresenta ampla ocupação do espaço;
- Entre outros.

As desvantagens encontradas no monitoramento ambiental a partir de peixes também são citadas pelos mesmos autores, sendo elas:

- Amostragem seletiva, podendo requerer maior esforço físico, além de licenças de coleta, o que demanda tempo;
- A mobilidade dos organismos em diferentes escalas de tempo pode torná-los indicadores inadequados de distúrbios localizados.

Ao longo dos anos, foram desenvolvidos diferentes métodos objetivando monitorar, através de indicadores das comunidades, perturbações no ambiente (*Karr & Chu, 2006; Jaramillo-Villa & Caramaschi, 2008; Oliveira et al., 2008; Casatti et al., 2009; Cabral et al., 2012*). Dentre estes, o Índice de Integridade Biótica (IIB), desenvolvido por *Karr (1981)*, baseia-se em atributos da fauna. Esse índice define a capacidade de um ecossistema de suportar e manter uma comunidade balanceada, integrada e adaptável de organismos, com riqueza de espécies, composição e organização funcional comparáveis à de ecossistemas não perturbados por atividades humanas (*Angermeier & Karr, 1986*).

Outro método que pode ser adotado de forma complementar ao IIB é o método ABC (*Abundance Biomass Comparison*), proposto por *Warwick (1986)*. Este método compara dominância, em termos de abundância, com dominância, em termos de biomassa. Foi inicialmente utilizado para monitorar comunidades bênticas de diferentes regiões, sendo, posteriormente, adaptado para a comunidade ictíica (*Yemane et al., 2005*). Além disso, ele é instantâneo, porque não utiliza referências temporais ou espaciais de amostras-controle (*Warwick, 1986*).

No Brasil, as iniciativas de se utilizar esse tipo de abordagem em avaliações ambientais através da ictiofauna são recentes e principalmente voltadas ao ambiente de águas continentais, como os trabalhos realizados no rio Paraíba do Sul - Rio de Janeiro (*Araújo, 1998; Araújo et al., 2003; Pinto & Araújo, 2007; Terra & Araújo, 2011*), rio Paciência - ilha do Maranhão (*Silva-Júnior, 2012*). Em ambientes transicionais ou marinhos, esses

métodos foram aplicados à ictiofauna do Complexo Estuarino de Paranaguá (*Otero et al.*, 2006; *Falcão et al.*, 2008), da Baía de Santos - São Paulo (*Rocha*, 2009), e na Baía de Todos os Santos - Bahia (*Dias et al.*, 2011).

Partindo-se do pressuposto de que o arquipélago dos Alcatrazes está localizado numa Estação Ecológica, e que portanto está sob proteção integral, neste capítulo, busca-se avaliar a integridade biótica dos ecossistemas do arquipélago dos Alcatrazes com base na ictiofauna local.

3.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a qualidade e integridade ambiental dos ecossistemas do arquipélago dos Alcatrazes, verificando-se a comunidade de peixes em três épocas (1986, 2011 e 2014);
- Se constatadas diferenças, buscar possíveis causas para as variações de qualidade ambiental ao longo do tempo.

3.3 Material e Métodos de Coleta

Os dados utilizados serão aqueles obtidos por *Paiva-Filho et al.* (1989), no levantamento ecológico de 2011 e na campanha realizada em janeiro de 2014, como descrito na Seção 2.3, e os resultados analisados no capítulo anterior.

3.4 Análise de Dados

3.4.1 IIB - Índice de Integridade Biótica

A fim de avaliar a qualidade e integridade ambiental dos ecossistemas do arquipélago dos Alcatrazes, utilizou-se o Índice de Integridade Biótica (IIB), desenvolvido por *Karr* (1981). O IIB é conceitualmente simples e se baseia na ideia de que se há redução da diversidade, da integridade trófica e da abundância, há alterações na integridade biótica e ecossistêmica.

A utilização do IIB implica na existência de um ambiente pristino, com o qual se possa comparar os valores encontrados, por isso, a classificação do índice foi adaptada para que a comparação ocorra entre os períodos de coleta. Seu uso permite a adaptação das métricas adotadas de modo a refletir as diferenças regionais na distribuição e estrutura das assembleias de peixes. Ou seja, as métricas não são universais, o que pode incorrer em vantagens, como a adaptabilidade do índice a ambientes diversos, e em desvantagens, como o aumento da subjetividade (Karr, 1981).

A escolha das métricas baseou-se em aplicações deste índice em ambientes marinhos, estuarinos (Henriques *et al.*, 2008a; Rocha, 2009; Dias *et al.*, 2011) e em águas interiores (Jaramillo-Villa & Caramaschi, 2008; Flores-Lopes *et al.*, 2010). Foram adotadas nove métricas (Tabela 11) pertencentes à três atributos funcionais, "riqueza e composição específica", "guildas tróficas" e "abundância e condição", representativos da estrutura e funcionamento da comunidade ictífica. As informações necessárias ao estudo das guildas tróficas de acordo com aquelas disponíveis em Soares *et al.* (2008), nos manuais de identificação de peixes marinhos do sudeste brasileiro (Figueiredo & Menezes, 1978, 1980; Menezes & Figueiredo, 1980, 1985; Figueiredo & Menezes, 2000) e, em último caso, no FishBase (Fröese & Pauly, 2014).

Tabela 11: Métricas selecionadas para a avaliação da ictiofauna na região do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP.

Grupo da métrica	Métrica
Riqueza e composição específica	Riqueza
	Número de espécies residentes
	Número de espécies de elasmobrânquios
Guildas tróficas	Dominância
	Proporção de espécies demersais generalistas - invertívoras
	Proporção de espécies pelágicas generalistas - invertívoras
	Proporção de espécies carnívoras - piscívoras
Abundância e condição	Número total de espécimes
	Proporção de espécimes jovens

Para valorar cada métrica, foram estabelecidos três intervalos entre o maior e

menor valores obtidos, que receberam pontuação 1, 3 ou 5. Dado que cada métrica pode imbuir características positivas ou negativas numa comunidade, a pontuação será crescente para uma métrica positiva e decrescente para uma métrica negativa. Foram, então, atribuídos valores para cada métrica, de modo que sua soma ofereça a pontuação do Índice de Integridade Biótica para cada ano avaliado. A avaliação do índice foi feita de acordo com a Tabela 12, adaptada da pontuação original apresentada por *Karr* (1981), que possuía subclassificações as quais não foram possíveis de serem adotadas neste trabalho, dado o número de métricas adotadas.

Tabela 12: Avaliação final da pontuação obtida através do Índice de Integridade Biótica - IIB. Adaptada de *Karr* (1981).

Avaliação	Métrica
Excelente	40 – 45
Bom	32 – 39
Regular	23 – 31
Pobre	13 – 22
Muito pobre	< 12

Métricas

Métricas podem ser definidas como variáveis ou fatores mensuráveis e representativos de componentes biológicos estruturais e funcionais dos agrupamentos biológicos. Devem refletir um aspecto diferente da comunidade ictíica que responda de diferentes maneiras aos estressores ambientais (*Oberdorff et al.*, 2002).

Karr (1981) aponta a escolha da riqueza e do número total de espécimes como critério primário de avaliação da integridade biótica como sendo de natureza intrínseca à escolha das métricas. Juntamente com outras medidas biológicas, como tamanho e biomassa, a riqueza de espécies responde primeiramente a pressões advindas da atividade pesqueira (*Henriques et al.*, 2008a). Para esta avaliação, utilizou-se o índice de Riqueza de Margalef, cujos resultados foram apresentados na Seção 2.6. Para um ambiente saudável, comportamento contrário aquele apresentado pela riqueza deve ser observado pela dominância (dominância de Simpson, neste caso).

A Subclasse *Elasmobranchii* é composta por espécies de raias e tubarões que, em sua maioria, são considerados predadores de ou próximo do topo da cadeia trófica no ambiente marinho, contribuindo com a manutenção do equilíbrio de comunidades de peixes e invertebrados em níveis tróficos inferiores (Camhi *et al.*, 1998; Gomes *et al.*, 2010). Os mesmos autores apontam que seu ciclo de vida do tipo K-estrategista torna estes organismos ainda mais suscetíveis às pressões de pesca, principalmente, e à contaminação por poluentes orgânicos e inorgânicos. Isso faz com que a métrica *número de espécies de elasmobrânquios* seja considerada positiva.

Assim como se dá a redução de espécies de elasmobrânquios em ambientes poluídos ou sob pressão, o número de espécies residentes também diminui (Jaramillo-Villa & Caramaschi, 2008). Neste caso, a avaliação é feita através da constância de ocorrência (C_i), calculada anteriormente.

Ao tratar das relações tróficas, devemos lembrar que a maioria dos peixes são oportunistas em seu hábito alimentar, ou seja, aproveitam-se da disponibilidade de alimentos que não compõem sua dieta usual; e que o comportamento alimentar das espécies deveria ser estudado sob diferentes condições, incluindo uma alteração do tipo de alimento disponível (Gerking, 1994). Entretanto, informações acerca dos hábitos alimentares de peixes são escassas no Brasil, contando com estudos pontuais.

As métricas pertencentes ao grupo das guildas tróficas ressaltam a diversidade de predadores (carnívoros e/ou piscívoros) e de peixes de alimentação invertívora. De modo geral, ao aumentar o grau de perturbação no meio, observa-se a redução das métricas relacionadas aos especialistas, aqueles organismos que concentram sua energia na obtenção de determinado tipo de alimento e raramente ampliam sua dieta (Pérez-Domínguez *et al.*, 2012).

Da relação entre espécies carnívoras e piscívoras, temos a segunda como sendo aquelas espécies carnívoras que têm peixes como principal item alimentar, ocupando os mais altos níveis tróficos (Gerking, 1994). Para tal especialidade, os piscívoros utilizam-se de estratégias de captura, como: a presença de estruturas prolongadas, como o ilício, cuja função é atrair as presas; a caça ou a emboscada, o que os diferenciam dos

demais (Gerking, 1994; Juanes *et al.*, 2002). Desta forma, quanto menor for a razão entre carnívoros e piscívoros, em maior número de espécies estarão os segundos, indicando melhor qualidade do ambiente.

A avaliação da proporção de espécimes jovens pode ser utilizada para verificar a capacidade do ecossistema em sustentar o desenvolvimento destas espécies, oferecendo abrigo e alimento para estes organismos. Através disso, pode-se resguardar espécies ex-plotadas na região e contribuir com o efeito *spillover*, verificado por Harmelin-Vivien *et al.* (2008) em áreas marinhas protegidas no Mar Mediterrâneo.

3.4.2 Curva ABC - Abundance Biomass Comparison

De modo complementar às informações resultantes do IIB, foi aplicado o método ABC (*Abundance Biomass Comparison*), proposto por Warwick (1986). Este método se baseia na teoria da seleção r-K (Pianka, 1970), na qual, em áreas sem perturbações, a comunidade deve ser dominada por espécies com estratégia K de ciclo de vida, ou seja, aquelas com crescimento lento, maturidade tardia e maior longevidade, sendo que a curva de biomassa deve se sobrepor à curva de abundância da comunidade. Com o aparecimento de perturbações ambientais, as espécies K-estrategistas cedem lugar para as r-estrategistas, que apresentam altas taxas de crescimento, pequeno porte, maturidade precoce, descritas geralmente como oportunistas. Quando ocorre essa substituição, a curva de biomassa está abaixo da abundância. A diferença entre as duas curvas é dada pela estatística W, que representa a área entre as curvas. Um sinal negativo indica que a curva de biomassa está abaixo da de abundância, sugerindo uma comunidade sujeita a perturbações (Yemane *et al.*, 2005).

As curvas de biomassa e abundância foram geradas a partir do ranqueamento das espécies em ordem decrescente, seguido pelo cálculo da porcentagem cumulativa de cada uma. As espécies de elasmobrânquios não foram incluídas, uma vez que não havia dados de biomassa para as coletas de 2011 e de 2014. O gráfico final é composto pela porcentagem cumulativa no eixo y e pelas espécies ranqueadas em escala logarítmica no

eixo x .

Para calcular a estatística W , foi utilizada a fórmula descrita por *Clarke* (1990):

$$W = \sum_{i=1}^S (B_i - A_i) / 50 * (S - 1),$$

em que i representa a i -ésima espécie coletada em uma determinada estação ou período, sendo B_i e A_i sua biomassa e abundância, respectivamente; e S é o número total de espécies amostradas em uma determinada estação ou período.

Os cálculos foram realizados para cada estação oceanográfica amostrada e para cada período de amostragem (1986, 2011 e 2014) e plotados utilizando-se rotina criada no programa MATLAB[®].

3.5 Resultados

A Tabela 13 apresenta os resultados obtidos para cada métrica adotada na avaliação do IIB. Pode-se observar que as métricas adotadas, de modo geral, têm um incremento de 1986 para 2011 e decaem em 2014.

Para o ano de 1986, o baixo número de indivíduos coletados refletiu uma comunidade menos rica e com uma baixa dominância. Também não foram observadas espécies pelágicas e/ou piscívoras neste período, o que resultou em um valor nulo de proporção de espécies pelágicas generalistas - invertívoras, e em um alto valor da proporção entre carnívoros e piscívoros. Para este ano, não foi possível obter a proporção de indivíduos jovens, pois os dados originais não estavam disponíveis.

Em 2011, um número de indivíduos seis vezes maior que aquele referente ao primeiro estudo, bem como maiores valores de riqueza, dominância e das métricas relacionadas às guildas tróficas, decorreram de uma malha amostral maior e de distribuição espacial diferente das demais.

Apesar de ter contado com o menor número de estações oceanográficas, em janeiro de 2014, coletou-se 3,5 vezes mais organismos que no ano de 1986 e aproximadamente metade do material coletado em 2011.

Destaca-se o aumento do número de espécies de elasmobrânquios, que passou de uma, em 1986, para nove, em 2011, e oito em 2014.

Apesar de baixa variação da dominância entre os períodos, o número e as espécies que compuseram 80% das amostradas em cada um variaram, sendo inicialmente dominada por mais espécies de *Paralichthyidae*. *P. punctatus*, *D. volitans* e *P. pagrus* apareceram e foram dominantes em todos os períodos.

Tabela 13: Pontuação final do IIB para o arquipélago dos Alcatrazes, a partir do trabalho de Paiva-Filho *et al.* (1989) e do presente estudo. ND = dado não disponível.

Métrica	1986	2011	2014
Riqueza	4,804	8,913	5,649
Número de espécies residentes	11	11	19
Número de espécies de elasmobrânquios	1	9	8
Dominância de Simpson	0,153 82,2 %	0,161 81,9 %	0,158 81,7 %
	<i>S. micrurum</i>	<i>C. gracilicirrhus</i>	<i>M. argentinae</i>
	<i>P. punctatus</i>	<i>P. pagrus</i>	<i>P. pagrus</i>
	<i>D. volitans</i>	<i>P. punctatus</i>	<i>D. volitans</i>
	<i>O. ruber</i>	<i>P. porosissimus</i>	<i>E. longimanus</i>
	<i>E. longimanus</i>	<i>S. hispidus</i>	<i>P. punctatus</i>
	<i>P. patagonicus</i>	<i>D. volitans</i>	<i>Z. brevisrostris</i>
	<i>P. pagrus</i>	<i>C. spinosus</i>	<i>P. porosissimus</i>
		<i>S. papillosum</i>	
		<i>Z. brevirostris</i>	
Proporção de espécies demersais generalistas - invertívoras	0,80	1,12	0,94
Proporção de espécies pelágicas generalistas - invertívoras	0	3	2
Proporção de espécies carnívoras - piscívoras	12	4,86	3,40
Número total de indivíduos	340	2058	1189
Proporção de indivíduos jovens	ND	0,32	0,78

Tabela 14: Resultado final das métricas utilizadas no cálculo do IIB para o arquipélago dos Alcatrazes, a partir do trabalho de Paiva-Filho *et al.* (1989) e do presente estudo. NA = não analisado.

Métrica	1986	2011	2014
Riqueza de Margalef	1	5	1
Número de espécies residentes	1	1	5
Número de espécies de elasmobrânquios	1	5	5
Dominância de Simpson	5	1	3
Proporção de espécies demersais generalistas - invertívoras	5	1	3
Proporção de espécies pelágicas generalistas - invertívoras	5	1	3
Proporção de espécies carnívoras - piscívoras	1	5	5
Número total de indivíduos	1	5	5
Proporção de indivíduos jovens	NA	1	5
IIB	20	25	33

O resultado final do IIB, então, pode ser visualizado na Tabela 14. Ao atribuir valores às métricas analisadas, observou-se um aumento da pontuação ao longo dos anos. Os anos de 1986, 2011 e 2014 somaram, respectivamente, 20, 25 e 33 pontos de um total de 45 pontos possíveis.

Como pôde ser observado, o menor valor do IIB foi obtido em 1986. Desta forma, tal momento foi classificado como pobre, em que a riqueza e o número de predadores de topo, apresentaram valores baixos. A presença de indivíduos jovens não foi avaliada para esse período, de forma que sua presença no cálculo do índice poderia elevar a classificação dessas coletas de pobre para regular.

Em 2011, dadas as altas proporções de indivíduos generalistas e uma dominância mais elevada, a amostragem foi classificada como regular, de acordo com o IIB.

As características da ictiofauna amostrada em 2014 resultaram em pontuações máximas e intermediárias da maioria das métricas utilizadas. Isso possibilitou que a situação observada neste período seja classificada como boa, na qual a riqueza esteve abaixo das expectativas e a estrutura trófica mostra algum sinal de estresse.

A Figura 14 representa os resultados obtidos através do método ABC associado à estatística W em 1986. A estação 1 apresentou curvas de abundância e biomassa próximas, com predominância da primeira, o que reflete num valor de W negativo, mas próximo de zero (-0,06), indicando um ambiente já sob pressão.

Para as estações 2 e 3, a oeste e sudoeste da ilha Principal, é notória a posição da curva de abundância acima daquela representando a biomassa, caracterizando um ambiente no qual a porção de indivíduos de baixa biomassa sobrepõem em número. Os respectivos valores de W, -0,22 e -0,21, corroboram estes resultados, mostrando que a área pode estar sofrendo certo grau de distúrbio. Nas demais estações, uma inversão é observada, com a prevalência da curva de biomassa sobre a abundância e valores positivos de W, entre 0,15 e 0,22.

O resultado da determinação do método ABC para dados de composição ictíica marinha obtidos em 2011 pode ser verificado nas Figuras 15, 16 e 17. Apenas as estações 3, 6, 8 e 9, localizadas na região exposta do arquipélago em sua maioria, apresentaram curvas de biomassa superando a de abundância. Consequentemente, os valores de W para tais estações foram positivos, mas próximos de zero (entre 0,08 e 0,11), exceto na estação 9, em que só três espécies foram coletadas e resultaram em um valor elevado de W (0,55).

Os gráficos das curvas ABC das estações 5 e 14, ambas abrigadas à norte da ilha Principal, mostraram um maior distanciamento entre as curvas. Nelas, a abundância superou a biomassa, mostrando a presença de um grande número de indivíduos de baixa biomassa, e os menores valores de W foram obtidos: -0,17 e -0,13, respectivamente. Nas demais estações, as curvas ABC permaneceram próximas, quando não se sobrepuseram. Os valores de W, apesar de negativos, estiveram próximos de zero, entre -0,008 e -0,07.

O resultado da determinação do método ABC para dados de composição ictíica marinha obtidos em 2014 pode ser verificado na Figura 18. Os gráficos apresentam curvas de abundância e biomassa muito semelhantes, que se sobrepõem, como no caso das estações 2 e 3. Desta forma, apesar de negativos, os valores de W permaneceram próximos de zero, entre -0,008 e -0,05. Isso implica em um ambiente que não se encontra degradado, mas também não está isento de perturbação, como observado para 60 % das

estações amostradas em 2011.

Uma comparação da aplicação do método ABC para dados de composição ictíica marinha obtidos nos três diferentes períodos de coleta nos arredores do arquipélago dos Alcatrazes pode ser visualizada na Figura 19. Apesar da baixa variação de W , entre -0,05 e -0,02, as curvas de abundância encontram-se acima daquelas de biomassa. Destaca-se o ano de 1986, no qual as curvas estiveram mais distantes, o que pode indicar uma comunidade sob maior grau de perturbação.

Figura 14: Curvas ABC aplicadas aos dados disponíveis em Paiva-Filho *et al.* (1989), no qual foram realizadas 6 coletas com rede de arrasto de fundo com portas nos arredores do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP, em junho de 1986.

Figura 15: Curvas ABC aplicadas aos dados obtidos nas estações 1 a 5, amostradas durante o levantamento ecológico rápido, no qual foram realizadas 15 coletas com rede de arrasto de fundo com portas nos arredores do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP, em setembro de 2011.

Figura 16: Curvas ABC aplicadas aos dados obtidos nas estações 6 a 10, amostradas durante o levantamento ecológico rápido, no qual foram realizadas 15 coletas com rede de arrasto de fundo com portas nos arredores do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP, em setembro de 2011.

Figura 17: Curvas ABC aplicadas aos dados obtidos nas estações 11 a 15, amostradas durante o levantamento ecológico rápido, no qual foram realizadas 15 coletas com rede de arrasto de fundo com portas nos arredores do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP, em setembro de 2011.

Figura 18: Curvas ABC aplicadas aos dados obtidos nas 5 estações amostradas com rede de arrasto de fundo com portas nos arredores do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP, em janeiro de 2014.

Figura 19: Curvas ABC aplicadas ao total amostrado nos três períodos de coleta com rede de arrasto de fundo com portas nos arredores do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP, em 1986, 2011 e 2014.

3.6 Discussão

Apesar de terem sido criados na década de 1980, o IIB e o método ABC ainda são muito pouco utilizados no Brasil, com maior enfoque em ambientes lacustres ou lóticos. Sob o ponto de vista da conservação, sua aplicação aos dados de ictiofauna marinha do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP mostrou importantes resultados, uma vez que a região pertence a uma área marinha protegida, a ESEC Tupinambás.

Tendo em vista que a ESEC foi criada no ano seguinte às coletas realizadas por *Paiva-Filho et al.* (1989), o primeiro período amostrado revela um ambiente sob maior pressão, em que a pesca ilegal e a atividade da Marinha do Brasil representavam as principais ameaças à ictiofauna.

Durante mais de vinte anos, observou-se um lapso de gestão entre a criação da ESEC e sua estruturação mínima. A atuação da MB no arquipélago, neste período, também representou um papel de proteção à área, pois as restrições impostas quando da implantação da Área Delta repeliram muitas das atividades ali exercidas anteriormente (*Leite*, 2014).

Dessa forma, num segundo momento, da retomada da fiscalização e atuação do corpo de funcionários do ICMBio na ESEC, nota-se que a instauração da Área Delta foi a principal causa da proteção e melhora da condição ambiental na região, entre o período que vai desde a criação da ESEC até 2011.

A partir de 2011, uma nova situação se moldou ao redor de Alcatrazes: o incentivo às pesquisas científicas e o apoio logístico para tal cresceram, bem como aumentou a fiscalização e presença de funcionários do ICMBio nos arredores do arquipélago (*Leite*, 2014).

As duas técnicas aplicadas refletiram o histórico da ESEC, mostrando resultados similares, com a melhora dos índices ao longo do período estudado, mesmo que para o uso do método ABC não tenha sido possível utilizar os dados de biomassa dos elasmobrânquios.

Por outro lado, a utilização dos indicadores da higidez do ecossistema através da ictiofauna apresenta limitações. No caso do método ABC não foi possível utilizar

os dados de biomassa dos elasmobrânquios, o que restringe a interpretação dos resultados obtidos, uma vez que foram retirados dos cálculos os maiores organismos, de maior biomassa e menor número, que puxariam a curva de biomassa para cima da curva de abundância numérica.

Quando da utilização de índices multimétricos, como o Índice de Integridade Biótica, *Borja & Dauer* (2008) destacam que as métricas utilizadas para a aplicação do IIB devem ser sensíveis e representativas, ou seja, devem responder à ação antrópica e serem capazes de medir o estado e as tendências em relação às decisões políticas e ações de gestão.

Em sua maioria, as métricas propostas a princípio para o cálculo do IIB em ambientes de águas interiores (*Karr*, 1981) sofreram adaptações para seu uso em regiões estuarinas (*Ramm*, 1988; *Cooper et al.*, 1994; *Harrison & Whitfield*, 2004; *Coates et al.*, 2007; *Cabral et al.*, 2012) e marinhas (*Henriques et al.*, 2008a,b; *Dias et al.*, 2011).

Métricas que envolviam proporções de espécies intolerantes ou sensíveis a distúrbios não foram adotadas apenas neste trabalho, mas também foram desconsideradas quando da análise da ictiofauna dos estuários portugueses (*Henriques et al.*, 2008b) pela mesma razão: a carência de informações acerca das espécies encontradas nos dois países.

Ao aplicar o IIB, o esforço amostral deve tentar obter uma amostra representativa de todas as espécies da área de estudo (*Karr*, 1981), uma vez que o comportamento das métricas responde de diferentes formas ao esforço amostral. Enquanto métricas baseadas em porcentagens de ocorrência de determinado padrão necessitam de um menor número de arrastos, aquelas baseadas em número de espécies requerem amostragens muito maiores (*Gamito et al.*, 2012). Por isso, *Angermeier & Karr* (1986) apontam a necessidade de se manter um esforço constante durante as coletas ou devem ser pesados os efeitos do esforço amostral. Neste trabalho, as métricas *Riqueza* e *Número total de indivíduos* aparentaram estar sob maior efeito do esforço de pesca.

As métricas adotadas para este trabalho responderam de maneira a refletir a história de proteção dessa UC, bem como as diferenças de amostragem na região do arquipélago durante os três períodos de coleta.

Ao propor o método ABC, *Warwick* (1986) sugeriu que a distribuição do número de indivíduos entre as espécies se comportaria diferentemente da distribuição da biomassa entre as espécies quando da existência da influência de distúrbios induzidos pela poluição. Não apenas neste aspecto, mas também a fim de avaliar os efeitos da pressão da pesca este método pode ser utilizado (*Yemane et al.*, 2005). Entretanto, apesar dos resultados semelhantes aos obtidos pelo IIB, quando da análise das curvas ABC, estas devem ser feitas com cautela.

As estações que apresentaram dominância pronunciada, com a dominância de três ou menos espécies em abundância, principalmente nos anos de 2011 e 2014, foram aquelas à leste/nordeste, onde estão mais suscetíveis às influências antrópicas de cidades próximas, como São Sebastião e Ilhabela. Dentre as estações estudadas nos diferentes anos, muitas das espécies que compunham 70 % em número ou biomassa o faziam nas duas curvas. Isso pode ser um indício de que muitos indivíduos jovens foram coletados, o que poderia reforçar a ideia da região ser uma área de alimentação e crescimento.

Ainda, o fato de 78 % dos indivíduos pertencentes às espécies mais representativas amostradas em 2014 serem jovens possivelmente alteraram os resultados obtidos pelo método ABC. Apesar de *Karr* (1981) e *Jaramillo-Villa & Caramaschi* (2008) apontarem a independência sazonal na análise do IIB, a influência exercida pela ocorrência de juvenis na relação biomassa/abundância já foi descrita anteriormente (*Jung & Houde*, 2003; *Otero et al.*, 2006; *Rocha*, 2009). Isso indica a necessidade de estudos temporais acerca da estrutura e funcionamento das comunidades que vivem nos arredores do arquipélago dos Alcatrazes.

Aplicando os métodos aqui estudados, *Dias et al.* (2011) encontraram na Baía de Todos os Santos (BA), uma ictiofauna estuarina impactada pela presença de uma refinaria instalada na região. Em relação ao IIB, o resultado final poderia ser classificado como pobre, de forma semelhante à verificada no primeiro período avaliado neste trabalho. Já quando da avaliação do método ABC, este revelou uma situação pior do que aquela observada para o arquipélago dos Alcatrazes, com W entre -0,07 e -0,28.

Resultados semelhantes foram obtidos em relação ao trabalho de *Rocha* (2009),

que estudou o uso de indicadores ecológicos na avaliação da contaminação ambiental na ictiofauna da Baía de Santos (SP).

Muitos autores concordam que qualquer método de avaliação da integridade biótica de uma região deva ser usado em combinação com outros (*Pinto et al.*, 2006; *Soares et al.*, 2011), e essa também é uma necessidade para as regiões costeiras brasileiras.

Considerando as dificuldades em se analisar esses índices em regiões ainda tão pouco estudadas, a interpretação desses resultados deve ser cautelosa. Ainda assim, as duas técnicas aplicadas refletiram o histórico da ESEC, com a melhora dos índices ao longo do período estudado. Mesmo que não tenha sido possível utilizar os dados de biomassa dos elasmobrânquios para o uso do método ABC, apresentando resultados similares.

Finalmente, as técnicas mostraram-se adequadas para o estudo da integridade biótica dos ecossistemas do arquipélago dos Alcatrazes. Também revelam a necessidade de uma proteção mais efetiva em se tratando de uma unidade de conservação de proteção integral, e de estudos mais aprofundados, que busquem compreender as relações ecológicas da ictiofauna da região.

4 CARTA DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO – CARTA SAO

4.1 Introdução

A exploração da bacia de Santos, decorrente principalmente das descobertas nas camadas exploratórias do pré-sal, e os processos inerentes à exploração de petróleo e gás tendem a crescer, aumentando o risco de derramamentos de óleo no ambiente marinho e costeiro (*Romero et al.*, 2011; *Dias-Brito et al.*, 2014).

Desta forma, as áreas costeiras são locais suscetíveis a acidentes. Estes podem resultar de colisões de navios, da operação de portos, refinarias e unidades de armazenamento, de navios encalhados, de rupturas de oleodutos, entre outros, trazendo grandes prejuízos aos ecossistemas costeiros, à vida humana e às atividades socioeconômicas (*Lima et al.*, 2008; *Meneghetti et al.*, 2011).

Embora a preocupação sobre os danos causados pelo derramamento de petróleo tenha aumentado nas últimas décadas, com um maior controle e cuidado em operações envolvendo a exploração, transporte e armazenamento de petróleo, a ocorrência dos acidentes ainda é significativa, sendo responsável por danos ecológicos e socioeconômicos elevados (*Poffo et al.*, 2001; *Cantagallo et al.*, 2007; *Meneghetti et al.*, 2011).

Apesar da redução progressiva do número de ocorrências e das melhorias no pronto atendimento aos vazamentos, não se deve menosprezar pequenos vazamentos, uma vez que estes acontecem com maior frequência e constituem a denominada poluição crônica (*Poffo et al.*, 2001; *Cantagallo et al.*, 2007).

Como apontado por *Poletto & Batista* (2008) e *Rocha et al.* (2010b), a presença do Porto de São Sebastião e do Terminal Petrolífero da Petrobras (TEBAR) agrega novos cenários aos impactos potenciais e à poluição ambiental em São Sebastião, que já enfrenta conflitos socioambientais gerados pelas diversas atividades humanas na região, como a pesca, turismo e indústrias. No litoral norte do Estado de São Paulo, São Sebastião e Ilhabela são os municípios mais afetados por acidentes relacionados a atividades com óleos e outros produtos nocivos (*Poletto & Batista*, 2008).

Portanto, temos que a integridade ecológica da região acaba pressionada pelo avanço destes centros urbanos e, conseqüentemente, pela poluição, especulação imobiliária sem planejamento, pelo enorme fluxo de turismo, pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais não tratados, pela operação de terminais marítimos e pela introdução crônica de petróleo no mar (*Lima et al.*, 2008; *Vasconcelos et al.*, 2010).

A fim de contribuir com a proteção do arquipélago dos Alcatrazes, este capítulo visa a elaboração da Carta de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo - Carta SAO, seguindo os procedimentos estabelecidos pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), disponível em *Zamboni* (2004). Essas especificações e normas técnicas já resultaram no mapeamento de diversas ilhas, costões e regiões costeiras no litoral paulista, como os trabalhos de *Lima et al.* (2008); *Poletto & Batista* (2008); *Rocha et al.* (2010b); *Romero et al.* (2010), e mais recentemente um mapeamento completo de todo o litoral paulista foi publicado pela UNESP - campus de Rio Claro (*Dias-Brito et al.*, 2014).

Além de seu uso como fonte primária de informações para o planejamento de contingência e para a implementação de ações de resposta a incidentes de poluição por óleo, as cartas SAO podem ser utilizadas na gestão costeira e constituir ferramentas essenciais ao planejamento ambiental da zona costeira e marinha (*Gherardi et al.*, 2008).

4.2 Objetivos Específicos

- Elaborar uma carta de sensibilidade ambiental dos ecossistemas do arquipélago dos Alcatrazes ao derramamento de óleo;
- Verificar se a região mais sensível, de acordo com a Carta SAO, seria a de maior probabilidade de ser atingida por um derramamento de óleo.

4.3 Material e Métodos

4.3.1 Levantamento de dados secundários

O levantamento de informações pretéritas é de extrema relevância para o desenvolvimento da pesquisa, uma vez que fornecem dados importantes que nem sempre são

passíveis de obtenção durante os trabalhos de campo.

Os principais dados que compuseram este levantamento foram:

- Espécies de aves, mamíferos, testudíneos, organismos bentônicos e ictiofauna registradas no arquipélago dos Alcatrazes;
- Tipo de proteção legal das espécies encontradas nas bases do ICMBio (<http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/lista-de-especies.html>), baseada na Portaria nº445/2014, e da *IUCN* (2013);
- Histórico de vazamentos de óleo na região;
- Aspectos socioeconômicos, como sítios arqueológicos, ocupação, acesso;
- Circulação local.

Foram considerados trabalhos publicados em revistas especializadas, relatórios técnicos, monografias, dissertações e teses em que foram registradas a ocorrência de dados específicos do arquipélago, principalmente em relação ao registro das espécies e aspectos socioeconômicos.

4.3.2 Dados *in situ*

As informações *in situ* relativas às espécies que compõem a ictiofauna do arquipélago dos Alcatrazes, apresentadas no Capítulo 2.

4.3.3 Vídeos e imagens

Imagens e vídeos realizados durante o levantamento ecológico rápido e durante as coletas, bem como aqueles cedidos pelo Analista Ambiental do ICMBio Alexandre Gomes da Costa, que pertence à equipe gestora da ESEC Tupinambás, foram utilizados para a classificação do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL).

4.4 Elaboração da carta SAO

A carta SAO foi elaborada de acordo com *Zamboni* (2004), sendo o tipo *carta estratégica* adotado neste trabalho, uma vez que se trata de uma abrangência regional. O mapeamento inclui três tipos de informações principais:

- Sensibilidade ambiental do litoral ao óleo, definida por um Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL). Cada segmento classificado é representado por cor e código próprios na carta;
- Recursos biológicos sensíveis ao óleo existentes na área da carta, atentando para espécies protegidas, raras, ameaçadas ou em perigo de extinção, e para locais onde ocorrem concentrações ou fases importantes de seus ciclos de vida;
- Atividades socioeconômicas que podem ser prejudicadas por derramamentos de óleo ou afetadas pelas ações de resposta. Especificamente, estas atividades são restritas a áreas sob gerenciamento especial, como unidades de conservação, sítios históricos ou culturais, uma vez que a região encontra-se no limite de uma UC de proteção integral e dentro da Área Delta da Marinha do Brasil.

A classificação do ISL das ilhas do arquipélago dos Alcatrazes foi estabelecida baseando-se no conhecimento de suas características geomorfológicas, considerando o tipo de substrato, a declividade e o grau de exposição à energia de ondas. As duas primeiras características provêm dos vídeos e imagens disponibilizadas. A terceira resulta do levantamento secundário acerca dos aspectos oceanográficos da região.

Ao final, a carta foi produzida em formato digital, com escala 1:50000, utilizando o *software* livre *Generic Mapping Tools* - GMT (*Wessel & Smith*, 1991).

4.5 Resultados

4.5.1 Recursos biológicos

Mamíferos Marinhos

Dados apresentados por *Martuscelli et al.* (1996); *Santos et al.* (2010); *Tavares et al.* (2010) apontam a ocorrência de onze espécies de mamíferos marinhos (Anexos, Tabela 16).

Dentre essas, *Pontoporia blainvillei* e *Balaena australis* são classificadas como em perigo pelo ICMBio, e a baleia Jubarte (*Megaptera novaeangliae*) é considerada vulnerável. Em relação às demais, a IUCN aponta a falta de informações sobre a maior parte dessas espécies.

Indivíduos pertencentes a espécies de golfinho foram registrados em maior número enquanto as demais espécies, geralmente apresentam hábitos solitários.

Avifauna

Muscat et al. (2014) realizaram levantamentos primário e secundário de aves terrestres, costeiras e marinhas registradas no arquipélago dos Alcatrazes. No total, 88 espécies pertencentes a 34 famílias foram encontradas na região, apontada como o maior ninhal do sudeste brasileiro e o segundo maior no país (Anexos, Tabela 17).

Em sua maioria, a avifauna é composta por espécies visitantes ou de passagem, que utilizam a região para forrageio. Dentre elas se destacam as migratórias sulistas, como o pinguim-de-Magalhães e os albatrozes do gênero *Thalassarche*; transequatoriais, como o maçarico-branco (*Calidris alba*); neárticas, como o falcão-peregrino (*Falco peregrinus*); e intratropicais e de altitude, como os sabiás do gênero *Turdus* (*Muscat et al.*, 2014).

Segundo *Campos et al.* (2004), *Sula leucogaster* e *Larus dominicanus* nidificam em todas as ilhas de maiores dimensões do arquipélago, enquanto *Fregata magnificens* nidifica durante todo o ano na ilha de Alcatrazes, onde apresentam altas concentrações. Ainda segundo aqueles autores, as espécies de trinta-réis nidificam nas ilhas de Alcatrazes e da Tartaruga, na Laje das Trinta-Réis e na ilha dos Amigos.

Thalasseus maximus, o trinta-réis-real, e *Sterna hirundinacea* estão na lista de espécies brasileiras ameaçadas como em perigo e vulnerável, respectivamente.

Testudíneos

Dentre as cinco espécies de testudíneos registradas no Brasil, duas ocorrem no arquipélago dos Alcatrazes (Anexos, Tabela 18): *Chelonia mydas* (tartaruga-verde) e *Eretmochelys imbricata* (tartaruga-de-pente). Essas espécies foram identificadas na região por *Silvestre & Penteado* (2009), sendo classificadas como vulnerável e em perigo, respectivamente, pelo ICMBio e pela IUCN.

Elasmobrânquios

Dentre as espécies registradas por *Paiva-Filho et al.* (1989); *Gibran & Moura* (2012) e *Instituto Laje Viva* (2012) e durante este trabalho, nos anos de 2011 e 2014 (Capítulo 2), três gêneros e treze espécies de elasmobrânquios (Anexos, Tabela 19).

Z. brevirostris, *A. cyclophora* e *R. agassizii* encontram-se listadas como vulneráveis enquanto *A. castelnaui* foi classificada como em perigo pelo IUCN. Pela lista de espécies ameaçadas brasileiras, as duas últimas citadas foram dadas como em perigo.

Actinopterígios

Ao todo, 148 espécies de actinopterígios foram registradas na região do arquipélago dos Alcatrazes (Anexos, Tabela 19), de acordo com *Paiva-Filho et al.* (1989); *Gibran & Moura* (2012) e *Instituto Laje Viva* (2012) e durante este trabalho, nos anos de 2011 e 2014 (Capítulo 2). Tanto o trabalho *Gibran & Moura* (2012) e o Relatório do Projeto Laje Viva se baseiam em observações visuais em mergulhos e não em capturas e exame de exemplares.

Em relação ao seu grau de proteção, duas espécies foram classificadas como em perigo pelo IBAMA e pela IUCN, respectivamente: *Genidens barbatus* (bague-branco) e *Epinephelus marginatus*. O cavalo-marinho, *Hippocampus erectus*, e o badejo-amarelo, *Mycteroperca interstitialis*, foram classificados como vulneráveis por ambas instituições, enquanto *Epinephelus marginatus*, *Scarus zelindae* (peixe-papagaio-banana), *Sparisoma frondosum* (peixe-papagaio-cinza), *Sparisoma axillare* (budião) e *Elacatinus figaro* (neon) obtiveram a mesma classificação em escala nacional apenas.

Em sua maioria, as espécies de actinopterígios não se encontram ameaçadas segundo os critérios do IBAMA e da IUCN ou ainda não foram estudadas com esta abor-

dagem. Entretanto, a ocorrência das espécies demersais e pelágicas capturadas com rede de arrasto de fundo com portas sobreplotadas ou descartadas como *bycatch* já foi abordada anteriormente (Seção 2.7), revelando a importância de uma UC efetiva para essas espécies.

Invertebrados marinhos

A fauna de invertebrados marinhos descrita para o arquipélago, em especial para o entorno da ilha de Alcatrazes, encontra-se descrita na Tabela 20 nos Anexos. É composta por:

- Doze espécies de poliquetas (*Nogueira & Hove*, 2000; *Nogueira et al.*, 2001; *Nogueira & Rizzo*, 2001; *Nogueira et al.*, 2003, 2010);
- Quatro espécies de esponjas: *Clathrina aurea*, *C. conifera*, *C. alcatraziensis* e *Leucascus roseus* (*Lanna et al.*, 2007);
- Dezesseis espécies de ascídias (*Rocha & Bonnet*, 2009);
- Uma espécie (*Mussismilia hispida*) e dois gêneros (*Palythoa* e *Zoanthus*) de corais (*Nogueira & Amaral*, 2000; *Nogueira & Rizzo*, 2001; *Gagliardi*, 2009);
- Três espécies de crustáceos (*Coimbra & Bergue*, 2003; *Melo et al.*, 2003);
- E o gênero de equinodermo *Echinometra* (*Gagliardi*, 2009).

Além disso, já foram também registrados fotograficamente outros equinodermos e crustáceos (Figura 20), como lagostas, ouriços e estrelas-do-mar, sem finalidade científica ou identificação dos organismos em nível de espécie.

Apesar das espécies listadas não terem sido avaliadas quanto ao seu estado de proteção nacional ou internacional, *Rocha & Bonnet* (2009) apontam a preocupante presença de uma ascídia introduzida no arquipélago, *Ciona intestinalis*, além de pelo menos outras quatro que podem estar na mesma situação (*Didemnum granulatum*, *Diplosoma listerianum*, *Lissoclinum fragile* e *Styela canopus*). Os autores revelam a necessidade de se considerar a presença do porto de São Sebastião como fonte de estresse para a região.

Outra espécie de coral, *Tubastraea tagusensis* - coral-sol, também foi registrado na região em 2012 e é descrito como invasor no litoral brasileiro (*Comunicação ICMBio*, 2012).

Herpetofauna e Anurofauna

A herpetofauna da região (Anexos, Tabela 21) é constituída por quatro espécies de cobras (*Cicchi et al.*, 2007), uma anfisbena (*Barbo & Sawaya*, 2008), quatro espécies de lagarto (*Vanzolini & Ramos*, 1977; *Bataus & Reis*, 2011; *Muscat et al.*, 2014) e um anuro (*Bataus & Reis*, 2011).

Dentre elas, *B. alcatraz* e *S. alcatraz* são espécies endêmicas da ilha de Alcatrazes e, portanto, consideradas como criticamente em perigo pela IUCN e pelo IBAMA.

4.5.2 Recursos socioeconômicos

Histórico de vazamentos de óleo

Poffo et al. (2001) relacionou a ocorrência de 232 acidentes em 27 anos de registros no litoral norte do estado de São Paulo, entre 1974 e 2000. Neste trabalho, os autores observaram um aumento progressivo no número de ocorrências entre 1974 até 1994, seguido de um declínio acentuado em 1996, mas novamente com tendência ascendente até 2000. Dentre as principais causas de derramamento, falhas mecânicas e operacionais em navios são responsáveis por mais de 50 % das ocorrências.

Não há registros de vazamentos de óleo que tenham atingido o arquipélago dos Alcatrazes, resultado condizente com o levantamento de *Poffo et al.* (2001), no qual foi relatado que 91 % das manchas de óleo ficaram restritas ao canal de São Sebastião, havendo casos em que foram atingidas praias da ilha de São Sebastião, em sua porção leste.

Sítios arqueológicos

Em 2011, foi realizado um programa de gestão do patrimônio cultural da ESEC Tupinambás, sob organização da Fundação Cultural São Sebastião. Durante este trabalho, foram registradas a ocorrência de cinco sítios arqueológicos na ilha de Alcatrazes,

Figura 20: Invertebrados marinhos registrados no arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP, sem fins científicos. Créditos: Leandro Inoue Coelho.

georreferenciados na Tabela 15 (*Bornal & Galdino, 2012*). A região do Saco do Funil apresentou alto potencial arqueológico, presente em dois sítios encontrados com vestígios pré-coloniais (SA2 e SA3). Também foram encontrados outros três sítios arqueológicos:

- Um na região denominada Porto dos Faroleiros (SA1), com vestígios pré-coloniais e materiais oriundos de edificações destinadas ao corpo de faroleiros da Marinha, possivelmente das primeiras décadas do século XX.
- Dois na região denominada Abrigo Portinho (SA4 e SA5), compostos por fragmentos cerâmicos.

Tabela 15: Localização dos sítios arqueológicos encontrados na ilha de Alcatrazes, São Sebastião - SP.

Sítio Arqueológico	Latitude	Longitude
SA1	-24,10063	-45,69596
SA2	-24,09707	-45,68956
SA3	-24,09861	-45,68889
SA4	-24,10005	-45,69543
SA5	-24,09975	-45,69450

Os vestígios arqueológicos analisados seriam resultantes da ocupações temporárias indígenas e da construção de residências e apoio aos faroleiros.

Para composição da carta SAO, os sítios serão identificados por coordenadas geográficas, disponíveis em *Bornal & Galdino (2012)*.

Local histórico

Pode-se considerar como local histórico o farol de Alcatrazes, localizado em 24°05,75'S e 45°42,18'W. A partir da sua instalação e posteriormente dos faroleiros, no início do século XX, deu-se a ocupação histórica de Alcatrazes (*Bornal & Galdino, 2012*).

Ocupação

A única ocupação da ilha de Alcatrazes se dá pela existência de um posto de operações da Marinha do Brasil, na região nordeste da ilha. Este posto serve não apenas ao corpo da Marinha, mas também a pesquisadores autorizados a permanecerem na ilha.

Acesso

O acesso ao arquipélago se dá através de embarcações, distando aproximadamente 32 km a partir do Porto de São Sebastião. Para desembarcar na ilha, é necessária uma autorização do ICMBio e da Marinha do Brasil. Como não há píer para atracação, o desembarque é feito a partir de botes na região do Portinho, na face abrigada da ilha.

Circulação local

A circulação na plataforma continental norte de São Paulo encontra-se descrita na Seção 1.3 baseada nos estudos de *Castro* (1996). As correntes fluem predominantemente na direção paralela à costa. Na plataforma continental interna, são predominantes as correntes para nordeste durante o verão e sudoeste no inverno. Na plataforma média, a circulação é dominada por fluxos com sentido sudoeste tanto no inverno quanto no verão com velocidades entre 0,20 e 0,30 m/s.

4.5.3 Classificação do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL)

Os segmentos classificados quanto ao Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) das ilhas e lajes pertencentes ao arquipélago dos Alcatrazes podem ser observados na Seção 7.2. Nota-se primariamente que são formados por costões rochosos, que, em sua maioria, são expostos e com alta inclinação, fazendo com que sejam classificados com ISL 1. Com essas características, a penetração do óleo é baixa e sua remoção tenderia a ocorrer rapidamente e de modo natural, com a ação das ondas.

Alguns pontos do costão exposto e do saco do Funil na ilha de Alcatrazes, além da laje do Paredão e um trecho da ilha da Sapata foram classificados com ISL 2, por serem compostos de costões expostos, mas de menor declividade. O comportamento do óleo seria semelhante àquele observado em um costão rochoso classificado com ISL 1.

Já os setores abrigados da ilha de Alcatrazes, a porção norte das ilhas do sul, a ilha do Foral e as lajes do Farol e Dupla foram classificadas com ISL 8 por serem compostas por encostas de rocha lisa ou não lisa, mas abrigadas da ação das ondas, o que

aumenta a persistência do óleo no ambiente. Isso faz com que o impacto na biota seja alto e a limpeza do ambiente seja necessária, devido à baixa remoção natural.

Deve-se atentar ao fato de haver muitas fendas nos costões, sejam eles expostos ou não, o que facilitaria a penetração de óleo e aumentaria seu potencial tóxico na biota.

4.5.4 Carta de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo (Carta SAO)

A carta de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo, carta SAO, produto final deste capítulo, pode ser visualizada na Figura 21. A carta, cuja identificação é ALC-100, resume os dados biológicos e socioeconômicos aqui compilados, além da classificação do ISL da linha de costa das ilhas do arquipélago e das características da circulação local. Inclui também as áreas da ESEC Tupinambás e informações relativas à Área Delta da Marinha do Brasil, como a proibição da pesca e de fundeio na região.

Figura 21: Carta operacional de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo da região do arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. Identificação: ALC-100.

4.6 Discussão

As Cartas SAO surgiram em 1998 com a finalidade de reduzir as consequências ambientais de derramamentos porque canalizam respostas objetivas de ações em caso de derrame de óleo (*Jensen et al.*, 1998). No Brasil, apenas a partir do vazamento de 1300 m³ de óleo na Baía de Guanabara em (RJ) em janeiro de 2000 iniciaram-se ações para prevenção e resposta aos derramamentos de óleo (*Vasconcelos et al.*, 2010). Entretanto, apenas em 2003 as atividades de mapeamento foram iniciadas, tendo sido escolhidas como piloto as bacias do Ceará e Potiguar (*Zamboni*, 2004).

Hoje, além de fazerem parte de Planos de Emergência Individuais (PEI), que visam aperfeiçoar, facilitar e ampliar a capacidade de resposta aos incidentes de poluição por óleo, e dos Planos de Área (cujo propósito é integrar e consolidar os PEI), as Cartas SAO são também requisitos obrigatórios em vários processos de licenciamento ambiental (*Vasconcelos et al.*, 2010).

Dentre os três níveis de mapeamento, as cartas operacionais ou de detalhe destinam-se ao planejamento de contingência em nível local e a orientar a implementação de ações de resposta a derramamentos localizados, em pontos específicos da costa. Assim, devem representar com o detalhe necessário os locais de alto risco e/ou sensibilidade existentes na área mapeada utilizando-se grandes escalas (*Gherardi et al.*, 2008). Dessa forma, a elaboração da carta SAO em escala de detalhe foi a maneira mais adequada de representar a sensibilidade ao derramamento de óleo do arquipélago dos Alcatrazes.

Como visto, o arquipélago é composto por ilhas, lajes e parciais formados por substratos rochosos, resultado na predominância do ISL 1. Por isso, não oferece substratos tão suscetíveis à contaminação por óleo quanto ecossistemas costeiros, como estuários, manguezais ou praias. Porém, é uma região que apresenta uma alta biodiversidade de organismos, com espécies terrestres endêmicas, e abrigando muitas espécies de peixes exploradas economicamente, e servindo de rota de migração de aves, testudíneos e mamíferos marinhos, além de ser o maior ninhal da região sudeste do Brasil. Logo, os impactos de um derramamento de óleo nesse ambiente estão associados, principalmente, ao contato do óleo com esses organismos e ao seu efeito numa unidade de conservação marinha de

proteção integral.

Além disso, pode-se lembrar de que os organismos nectônicos nadarão para longe do derramamento, fazendo com que a área de busca por alimento pelas “aves” costeiras e marinhas seja ampliada. Soma-se o fato de que os organismos sésseis dos costões e os planctônicos da zona de contato não sobreviverão, bem como os que forrageiam estas áreas serão expostos.

Wieczorek (2006) estabelece que ao analisar a Carta SAO, as áreas prioritárias de proteção são aquelas em que o ISL é maior ou igual a 8 e que sejam áreas de alimentação, repouso ou reprodução de espécies. Assim, temos que as áreas prioritárias de proteção do arquipélago dos Alcatrazes encontram-se principalmente na sua ilha principal, a ilha de Alcatrazes, em sua porção abrigada à noroeste e no Saco do Funil; e no saco do Oratório, na região abrigada das ilhas do Sul.

A circulação na plataforma norte de São Paulo flui predominantemente para sul em suas porções interna e média, revelando uma fragilidade do arquipélago em caso de derrames acidentais que ocorram na região sul da ilha de São Sebastião ou dentro do canal de São Sebastião.

O trabalho de *Soares* (1994) alerta que um derrame de 250.000 toneladas de determinada substância no ponto central do canal de São Sebastião, em situações hidrográficas de inverno, atingiria as ilhas de Alcatrazes em quinze horas com ventos de nordeste.

Entretanto, dada a distância entre o arquipélago e a região portuária de São Sebastião, a região pode ser considerada como “pouco suscetível” em termos de suscetibilidade a derramamentos de óleo, pois não há pontos de risco de grandes vazamentos de óleo próximo à área. Os maiores riscos de vazamentos estão associados ao tráfego de navios e petroleiros que rumam os portos de São Sebastião ou Santos.

Nem todos os aspectos significativos à sensibilidade de um determinado local ao derramamento de óleo são passíveis de representação nas cartas SAO (*Lima et al.*, 2008). Nesse sentido, a geração de bancos de dados que acompanhem as cartas é fundamental, de forma a agregar mais informações que aquelas retratadas cartograficamente. Isto posto,

temos que estes bancos de dados devem ser adotados de forma integrada às cartas, como ferramenta de gestão em emergências.

Sabe-se que o número de pesquisas autorizadas pela ESEC Tupinambás vem aumentando desde 2008, passando de dois naquele ano para 59 ao final de 2013 (Leite, 2014). Desta forma, esperamos que um maior número de trabalhos sejam publicados nos próximos anos. Isso se mostrou de fundamental importância quando da elaboração da carta SAO, uma vez que quanto mais se sabe sobre um local, melhor serão as estratégias adotadas para sua proteção. Algumas das lacunas de conhecimento detectadas por este trabalho foram:

- Estudos sobre fitoplâncton e produtividade primária: importantes para uma melhor compreensão do efeito da presença das ilhas que compõem o arquipélago numa região descrita como oligo-mesotrófica;
- Registro de espécies de invertebrados marinhos, algas e grupos recifais;
- Presença sazonal e uso da região pelos actinoptérígios e elasmobrânquios: auxiliaria no entendimento do papel do arquipélago num contexto regional;
- Caracterização do sistema de correntes na região: muitos trabalhos abordaram a questão relativa à distribuição das massas de água na plataforma continental do litoral norte paulista, mas o único e mais completo trabalho sobre correntes já realizado foi o de Castro (1996).

O mapeamento realizado por Dias-Brito *et al.* (2014) contemplou a ilha de Alcatrazes, ilha principal do arquipélago, apresentada predominantemente com baixa sensibilidade ambiental apenas por sua característica física predominante, o costão rochoso. Entretanto, o baixo grau de detalhamento do arquipélago abordado, com a classificação do ISL de apenas uma ilha do arquipélago e ainda sem considerar qualquer aspecto biológico, torna o trabalho aqui apresentado de grande relevância, podendo ser utilizado em conjunto com o Atlas já publicado.

Os ecossistemas da região do arquipélago se mostraram com uma alta biodiversidade, uma das maiores do litoral norte de São Paulo, protegida não só pelos limites da

ESEC Tupinambás e pela Área Delta da Marinha do Brasil, mas também pela distância da costa. Este fato possibilita que o arquipélago esteja protegido de pequenos vazamentos de óleos ocorridos no Canal de São Sebastião, resultando em um ambiente pouco suscetível a derramamentos, mas sensível dada a sua importância biológica.

Importante notar que uma unidade de conservação marinha não está necessariamente protegida de derramamentos de óleo, que podem ocorrer além de seus limites. Assim, dá-se a importância de se realizar o mapeamento da sensibilidade da UC ao óleo. Dessa forma, o mapeamento da carta SAO realizado no arquipélago dos Alcatrazes servirá de ferramenta essencial para ações de combate a vazamentos de óleo, bem como para a elaboração de planos de contingência.

Apesar da responsabilidade de elaboração de cartas de sensibilidade ser dos órgãos governamentais, este trabalho contribui com o mapeamento de áreas sensíveis ao derramamento de óleo em uma das regiões menos impactadas, até o momento, do litoral do estado de São Paulo.

5 CONCLUSÃO

As conclusões deste trabalho podem ser observadas sob três diferentes pontos de vista: em relação às hipóteses propostas no início deste estudo, às metodologias adotadas tanto na avaliação da integridade biótica da ictiofauna quanto na elaboração da carta SAO, e em relação à biodiversidade que o arquipélago dos Alcatrazes abriga.

1.Quanto às hipóteses propostas:

A primeira hipótese, de que o arquipélago dos Alcatrazes apresenta maior semelhança ictiofaunística com aquela observada na plataforma continental de Santos do que com a da região costeira de São Sebastião, foi refutada, não havendo diferenças significativas entre o número de espécies que ocorreram em cada área e no arquipélago. De fato, seria mais plausível um transporte do ictioplâncton para regiões mais ao sul, o que remete à necessidade de estudos sobre conectividade na região.

A segunda hipótese de que o arquipélago mantém a integridade biótica da ictiofauna mesmo estando localizado entre duas regiões impactadas foi confirmada, dados os melhores valores observados dos índices aplicados à ictiofauna local.

Ao verificar pela carta SAO que a região abrigada da ilha de Alcatrazes e das ilhas do Sul e o saco do Funil apresentaram o maior ISL, que a circulação da região é predominantemente para sul, e que a maior fonte de poluição por óleo é o canal de São Sebastião, confirma-se a terceira hipótese, de que o ponto do arquipélago mais sensível ecologicamente poderia ser a área de maior probabilidade de ser atingida por um derramamento de óleo que ocorra nas proximidades.

2.Quanto às metodologias adotadas:

Os índices ecológicos caracterizaram a ictiofauna do arquipélago dos Alcatrazes em três momentos diferentes ao longo do tempo, levando a uma melhor compreensão da sua distribuição e relação com as diferentes massas de água que ocupam a plataforma continental naquela região. Muito embora muitas críticas sejam levantadas sobre o uso do índice de diversidade (*Barrantes & Sandoval, 2009*), seu uso foi associado a outros indicadores, como o recomendado, para que as comparações

pudessem ser consideradas mais amplamente.

Os métodos adotados para a avaliação da integridade biótica, propostos por *Karr* (1981) e *Warwick* (1986), puderam ser adaptados para o presente estudo e permitiram uma comparação entre os diferentes pontos e períodos de coleta, que por sua vez, refletiram uma melhoria no estado de conservação da ESEC Tupinambás. Este trabalho também representou uma aplicação única no Brasil: em um ambiente marinho e insular.

Tanto os diversos indicadores ecológicos da estrutura do ecossistema como os métodos de avaliação da qualidade biótica podem ser utilizados por órgãos ambientais e em programas de monitoramento associados a outras técnicas.

As normas e especificações para a geração da carta SAO estabelecidas por *Zamboni* (2004) resultaram em um produto único da região, que poderá auxiliar na gestão da unidade de conservação e em planos de contenção, em caso de incidentes com petróleo que venham atingir o arquipélago. Também expôs uma grande lacuna de conhecimentos sobre a região.

3.Finalmente, quanto à alta biodiversidade do arquipélago dos Alcatrazes, esta se encontra protegida pelas restrições de pesca e do tráfego de embarcações na Área Delta da Marinha do Brasil, pela existência da Estação Ecológica Tupinambás e pela distância da costa. Dentre estes, a pesca demersal afeta não somente as espécies-alvo, mas aquelas removidas pela captura de *bycatch*, além de desestruturar os habitats associados à superfície de fundo.

A região ainda representa uma grande fonte de conhecimentos para o futuro, seja para compreender as relações ecológicas, ocupação e uso da área pelos diferentes organismos, seja para sua conservação e manejo.

6 REFERÊNCIAS

Referências

- Abessa, D. M. S. (2002), Avaliação da qualidade de sedimentos do sistema estuarino de Santos, SP, Brasil, Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico.
- Abessa, D. M. S., & E. C. P. M. Sousa (2001), Preliminary studies on the acute toxicity of marine sediments collected close to the sewage outfalls from Baixada Santista, SP, Brazil, em *Proceedings of the 1st Brazilian Congress on Environmental Research, Santos, SP*, pp. 52–55.
- Abessa, D. M. S., R. S. Carr, B. R. F. Rachid, E. C. P. M. Sousa, M. A. Hortelani, & J. E. Sarkis (2005), Influence of a Brazilian sewage outfall on the toxicity and contamination of adjacent sediments, *Mar. Pollut. Bull.*, 50(8), 875–885.
- Angermeier, P. L., & J. R. Karr (1986), Applying an Index of Biotic Integrity based on stream-fish communities: considerations in sampling and interpretation, *N. Am. J. Fish Manage.*, 6, 418–429.
- Araujo, F. G. (1998), Adaptação do Índice de Integridade Biótica usando a comunidade de peixes para o Rio Paraíba do Sul, *Rev. Brasil. Biol.*, 58(4), 547–558.
- Araujo, F. G., I. Fichberg, B. C. T. Pinto, & M. G. Peixoto (2003), A preliminary Index of Biotic Integrity for monitoring the condition of the Rio Paraíba do Sul, Southeast Brazil, *Environ. Manage.*, 32(4), 516–526.
- Araujo, M. A. R. (2007), *Unidades de Conservação no Brasil: da república à gestão de classe mundial*, 272 pp., SEGRAC, Belo Horizonte.
- Araujo, R. M. (2014), Fatores preditores da variação espacial na biomassa de peixes recifais ao longo da província brasileira, Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

- Azevedo, J. S., W. S. Fernandez, L. A. Farias, D. T. I. Fávaro, & E. S. Braga (2009), Use of *Cathorops spixii* as bioindicator of pollution of trace metals in the Santos Bay, Brazil, *Ecotoxicology*, 18(5), 577–586.
- Barbo, F. E., & R. J. Sawaya (2008), Amphisbaenians, municipality of São Paulo, state of São Paulo, Southeastern Brazil, *Check List*, 4(1), 5–11.
- Barrantes, G., & L. Sandoval (2009), Conceptual and statistical problems associated with the use of diversity indices in ecology, *Rev. Biol. Trop.*, 57(3), 451–460.
- Bataus, Y. S. L., & M. L. Reis (2011), *Plano de ação nacional para a conservação da herpetofauna insular ameaçada de extinção*, série espécies ameaçadas nº 21 ed., 124 pp., Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBio, Brasília.
- Begon, M., C. R. Townsend, & J. L. Harper (2006), *Ecology: from individuals to ecosystem*, 4th ed., 759 pp., Blackwell Publishing, Victoria.
- Bervoets, L., G. Knaepkens, M. Eens, & R. Blust (2005), Fish community responses to metal pollution, *Environ. Pollut.*, 138(2), 338–349.
- Borja, A., & D. M. Dauer (2008), Assessing the environmental quality status in estuarine and coastal systems: comparing methodologies and indices, *Ecol. Indic.*, 8(4), 331–337.
- Bornal, W. G., & C. Galdino (2012), *Programa de gestão do patrimônio cultural da ESEC Tupinambás: Etapa prospectiva. Relatório Final*, Fundação Cultural São Sebastião, São Sebastião.
- Braga, E. S., & L. F. H. Niencheski (2006), Composição das massas de água e seus potenciais produtivos, em *O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil*, pp. 161–197, Edusp, São Paulo.
- Braga, E. S., C. V. D. H. Bonetti, L. Burone, & J. Bonetti-Filho (2000), Eutrophication and bacterial pollution caused by industrial and domestic wastes at the Baixada Santista Estuarine System - Brazil, *Mar. Pollut. Bull.*, 40(2), 165–173.

BRASIL (2000), Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. D.O.U. de 19/07/2000.

BRASIL (2002), Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002. Regulamenta artigos da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências. D.O.U. de 23/08/2002.

BRASIL (2007), Ministério do Meio Ambiente. Reconhece como áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira as áreas que menciona. Portaria n. 09, de 23 de janeiro de 2007. D.O.U. de 24/01/2007.

BRASIL (2013), Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Comissão Nacional de Biodiversidade. Resolução CONABIO nº 06, de 03 de setembro de 2013. Dispõe sobre as Metas Nacionais de Biodiversidade para 2020.

Bressan, P. M., M. C. M. Kierulff, & A. M. Sugieda (2009), *Fauna ameaçada de extinção no estado de São Paulo: Vertebrados*, 648 pp., Zoológico de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, Governo de São Paulo, São Paulo.

Cabral, H. N., V. F. Fonseca, R. Gamito, C. I. Gonçalves, J. L. Costa, K. Erzini, J. Gonçalves, J. Martins, L. Leite, J. P. Andrade, S. Ramos, A. Bordalo, E. Amorim, J. M. Neto, J. C. Marques, J. E. Rebelo, C. Silva, N. Castro, P. R. Almeida, I. Domingos, L. S. Gordo, & M. J. Costa (2012), Ecological quality assessment of transitional waters based on fish assemblages in Portuguese estuaries: The Estuarine Fish Assessment Index (EFAI), *Ecol. Ind.*, 19, 144–153.

Cacciari, P. L., & J. A. F. Correa (1994), Distribuição das massas de água presentes na região costeira entre a Ilha da Vitória e o Arquipélago de Alcatrazes, *IX Mini-Simpósio de Biologia Marinha. São Sebastião*, pp. 5–6.

Camhi, M., S. Fowler, J. Musick, A. Bräutigam, & S. Fordham (1998), *Sharks and their*

- relatives: ecology and conservation*, occasional paper of the iucn species survival commission (20) ed., 39 pp., IUCN, Gland, Switzerland.
- Campos, E. J. D., C. A. D. Lentini, J. L. Miller, & A. R. Piola (1999), Interannual variability of the sea surface temperature in the South Brazil Bight, *Geophys. Res. Lett.*, 26(14), 2061–2064.
- Campos, E. J. D., A. R. Piola, R. P. Matano, & J. L. Miller (2008), Plata: A synoptic characterization of the southwest atlantic shelf under influence of the plata river and patos lagoon outflows, *Cont. Shelf Res.*, 28(13), 1551–1555.
- Campos, F. P., D. Paludo, P. J. Faria, & P. Martuscelli (2004), Aves insulares marinhas, residentes e migratórias, do litoral do estado de são paulo, *Aves marinhas insulares brasileiras: bioecologia e conservação. Editora da UNIVALI, Itajaí, SC, Brasil*, pp. 57–82.
- Cantagallo, C., J. C. C. Milanelli, & D. Dias-Brito (2007), Limpeza de ambientes costeiros brasileiros contaminados por petróleo: uma revisão, *Panam. J. Aquat. Sci.*, 2(1), 1–12.
- Casatti, L., J. L. Veronezi-Júnior, & C. P. Ferreira (2009), Dieta do cascudo *Aspidoras fuscoguttatus* (Ostariophysi, Callichthyidae) em riachos com diferentes características limnológicas e estruturais, *Biota Neotrop.*, 9(1), 113–121.
- Castro, B. M. (1996), Correntes e massas de água da plataforma continental norte de São Paulo, Tese de Livre-Docência – Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico.
- Castro, B. M., & L. B. Miranda (1998), Physical oceanography of the western atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S, *The Sea*, 11, 209–251.
- Castro, B. M., L. B. Miranda, L. S. Silva, R. F. C. Fontes, A. F. Pereira, & A. L. Coelho (2008), Processos físicos: Hidrografia, circulação e transporte, em *Oceanografia de um ecossistema subtropical - Plataforma de São Sebastião, SP*, pp. 59–121, Edusp, São Paulo.

- Cesar, A., C. D. S. Pereira, A. R. Santos, D. M. S. Abessa, N. Fernandez, R. B. Choueri, & T. A. DelValls (2006), Ecotoxicological assessment of sediments from the Santos and São Vicente estuarine system- Brazil, *Braz. J. Oceanogr.*, 54, 55–63.
- Cesar, A., R. B. Choueri, I. Riba, C. Morales-Caselles, C. D. S. Pereira, A. R. Santos, D. M. S. Abessa, & T. A. DelValls (2007), Comparative sediment quality assessment in different littoral ecosystems from Spain (Gulf of Cadiz) and Brazil (Santos and São Vicente estuarine system), *Environ. int.*, 33(4), 429–435.
- Cicchi, P. J. P., M. A. Sena, D. M. Peccinini-Seale, & M. R. Duarte (2007), Snakes from coastal islands of State of São Paulo, Southeastern Brazil, *Biota Neotrop.*, 7(2), 227–240.
- Clarke, K. R. (1990), Comparisons of dominance curves, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 138(1), 143–157.
- CMADS (2013), Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - Câmara dos Deputados. Após pedido de Tripoli, Marinha anuncia fim dos exercícios com tiros no Parque Nacional dos Alcatrazes. <<http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cmads/noticias/apos-pedido-de-tripoli-marinha-anuncia-fim-dos-exercicios-com-tiros-no-parque-nacional-dos-alcatrazes>>. Acessado em 10 de março de 2014.
- Coates, S., A. Waugh, A. Anwar, & M. Robson (2007), Efficacy of a multi-metric fish index as an analysis tool for the transitional fish component of the Water Framework Directive, *Mar. Pollut. Bull.*, 55(1), 225–240.
- Coimbra, J. C., & C. T. Bergue (2003), A new recent marine Ostracoda species (Hemicytheridae) from Brazil, *Iheringia, Sér. Zool.*, 93(3), 243–247.
- Comunicação ICMBio (2012), Expedição remove coral invasor em Tupinambás, 24 abr. 2012. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/comunicacao/noticias/4-geral/2818-expedicao-remove-coral-invasor-em-tupinambas.html>. Acesso em: 09 abr. 2015.

- Conti, L. A., & V. V. Furtado (2006), Geomorfologia da plataforma continental do estado de São Paulo, *Rev. Bras. Geoc.*, 32(2), 305–312.
- Cooper, J. A. G., A. E. L. Ramm, & T. D. Harrison (1994), The Estuarine Health Index: a new approach to scientific information transfer, *Ocean Coast. Manage.*, 25(2), 103–141.
- Cunningham, P. T. M. (1983), Estudo comparativo da ictiofauna da costa oeste e Enseada das Palmas da Ilha Anchieta, Enseada do Flamengo e Enseada da Fortaleza (Lat. 23°29'S-23°33'S, Long. 45°03'W-45°09'W), Ubatuba, Estado de São Paulo - Brasil, Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico.
- Dajoz, R. (1983), *Ecologia geral*, 472 pp., Vozes, Petrópolis.
- Dias, J. F., A. M. Gonçalves, W. S. Fernandez, H. L. N. Silbiger, C. B. Fiadi, & T. C. S. Schmidt (2011), Ichthyofauna in an estuary of the Mataripe area, Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil, *Braz. J. Oceanogr.*, 59(1), 75–95.
- Dias-Brito, D., J. C. C. Milanelli, P. S. Riedel, & A. Wieczorek (2014), *Sensibilidade do litoral paulista a derramamentos de petróleo: um atlas em escala de detalhe*, 236 pp., UNESP, Rio Claro.
- Elmqvist, T., C. Folke, M. Nyström, G. Peterson, J. Bengtsson, B. Walker, & J. Norberg (2003), Response diversity, ecosystem change, and resilience, *Front. Ecol. Environ.*, 1(9), 488–494.
- Falcão, M. G., H. A. Pichler, F. C. Félix, H. L. Spach, M. E. Barril, K. C. B. Araujo, & R. S. Godefroid (2008), A ictiofauna como indicador de qualidade ambiental em planícies de maré do complexo estuarino de Paranaguá, Brasil, *Cadernos da Escola de Saúde Ciências Biológicas*, 1.
- Figueiredo, J. L. (1981), Estudo das distribuições endêmicas de peixes da província zoogeográfica marinha argentina, Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências.

- Figueiredo, J. L., & N. A. Menezes (1978), *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. II. Actinopterygii (1)*, 110 pp., Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Figueiredo, J. L., & N. A. Menezes (1980), *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. III. Actinopterygii (2)*, 90 pp., Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Figueiredo, J. L., & N. A. Menezes (2000), *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. VI. Actinopterygii (5)*, 116 pp., Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Flores-Lopes, F., M. Cetra, & L. R. Malabarba (2010), Utilização de índices ecológicos em assembléias de peixes como instrumento de avaliação da degradação ambiental em programas de monitoramento, *Biota Neotrop.*, 10(4), 183–193.
- Fonseca, G. A. B., R. A. Mittermeier, & C. G. Mittermeier (2006), Conservation of island biodiversity: importance, challenges, and opportunities, *Center for Applied Biodiversity Science*, pp. 1–14.
- Fröese, R., & D. Pauly (2014), FishBase. World Wide Web electronic publication. <<http://www.fishbase.org>>, version 08/2014 .
- Furtado, V. V., M. Rodrigues, L. A. Conti, & R. L. Barcellos (2008a), História evolutiva da região de São Sebastião, em *Oceanografia de um ecossistema subtropical - Plataforma de São Sebastião, SP*, pp. 25–37, Edusp, São Paulo.
- Furtado, V. V., R. L. Barcellos, L. A. Conti, M. Rodrigues, & M. M. Mahiques (2008b), Sedimentação, em *Oceanografia de um ecossistema subtropical - Plataforma de São Sebastião, SP*, pp. 141–180, Edusp, São Paulo.
- Gagliardi, M. H. (2009), distribuição de comunidades bentônicos nos costões rochosos do saco do funil, ilha de alcatrazes, são sebastião - sp, Monografia de Graduação.

- Gamito, R., S. Pasquaud, A. Courrat, H. Drouineau, V. F. Fonseca, C. I. Gonçalves, N. Wouters, J. L. Costa, M. Lepage, M. J. Costa, & H. N. Cabral (2012), Influence of sampling effort on metrics of fish-based indices for the assessment of estuarine ecological quality, *Ecol. Ind.*, 23, 9–18.
- Ganem, R. S. (2011), *Conservação da biodiversidade: legislação e políticas públicas*, série memória e análise de leis; n. 2 ed., 437 pp., Câmara dos Deputados, Edições Câmara, Brasília.
- Gerking, S. D. (1994), *Feeding ecology of fish*, 416 pp., Academic Press, California, United States of America.
- Gherardi, D. F. M., A. P. Cabral, A. H. F. Klein, D. C. E. H. Muehe, M. A. Noernberg, M. G. Tessler, & S. M. Sartor (2008), Mapeamento da sensibilidade ambiental ao óleo da bacia marítima de Santos, *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, 12(2), 11–31.
- Gianesella, S. M. F., & F. M. P. Saldanha-Corrêa (2008), Produção primária e fitoplâncton, em *Oceanografia de um ecossistema subtropical - Plataforma de São Sebastião, SP*, pp. 223–251, Edusp, São Paulo.
- Giannini, R., & A. M. Paiva Filho (1990), Os Sciaenidae (Teleostei: Perciformes) da Baía de Santos (SP), Brasil, *Bolm. Inst. oceanogr., S. Paulo*, 38(1), 69–86.
- Gibran, F. Z., & R. L. Moura (2012), The structure of rocky reef fish assemblages across a nearshore to coastal islands' gradient in Southeastern Brazil, *Neotrop. ichthyol.*, 10(2), 369–382.
- Gomes, U. L., C. N. Signori, O. B. F. Gadig, & H. R. S. Santos (2010), *Guia para identificação de tubarões e raias do Rio de Janeiro*, 234 pp., Technical Books, Rio de Janeiro.
- Graça Lopes, R., A. R. G. Tomás, S. L. S. Tutui, E. S. Rodrigues, & A. Puzzi (2002), Fauna acompanhante da pesca camaroeira no litoral do estado de São Paulo, Brasil, *B. Inst. Pesca, São Paulo*, 28(2), 173–188.

- Guarderas, A. P., S. D. Hacker, & J. Lubchenco (2008), Current status of marine protected areas in Latin America and the Caribbean, *Conserv. Biol.*, 22(6), 1630–1640.
- Gutiérrez-Estrada, B. C., R. Vasconcelos, & M. J. Costa (2008), Estimating fish community diversity from environmental features in the Tagus estuary (Portugal): Multiple Linear Regression and Artificial Neural Network approaches, *Appl. Ichthyol.*, 24, 150–162.
- Gyllencreutz, R., M. M. Mahiques, D. P. Alves, & I. K. C. Wainer (2010), Mid-to late-holocene paleoceanographic changes on the southeastern brazilian shelf based on grain size records, *The Holocene*, 20(6), 863–875.
- Harmelin-Vivien, M., L. Diréach, J. Bayle-Sempere, E. Charbonnel, J. A. García-Charton, D. Ody, A. Pérez-Rufaza, O. Reñones, P. Sánchez-Jerez, & C. Valle (2008), Gradients of abundance and biomass across reserve boundaries in six Mediterranean marine protected areas: Evidence of fish spillover?, *Biol. Cons.*, 141(7), 1829–1839.
- Harrison, T. D., & A. K. Whitfield (2004), A multi-metric fish index to assess the environmental condition of estuaries, *J. Fish Biol.*, 65(3), 683–710.
- Henriques, S., M. P. Pais, M. J. Costa, & H. Cabral (2008a), Development of a fish-based multimetric index to assess the ecological quality of marine habitats: the Marine Fish Community Index, *Mar. Pollut. Bull.*, 56, 1913–1934.
- Henriques, S., M. P. Pais, M. J. Costa, & H. Cabral (2008b), Efficacy of adapted estuarine fish-based multimetric indice as tools for evaluating ecological status of the marine environment, *Mar. Pollut. Bull.*, 56(10), 1696–1713.
- Hoff, N. T., D. M. Abessa, & R. C. L. Figueira (2015), Levels of metals, arsenic and phosphorus in sediments from two sectors of a Brazilian Marine Protected Area (Tupinambas Ecological Station), *Mar. Pollut. Bull.*, 91(2), 403–409.
- Hortellani, M. A., J. E. S. Sarkis, D. M. S. Abessa, E. C. P. M. Sousa, et al. (2008), Avaliação da contaminação por elementos metálicos dos sedimentos do Estuário Santos-São Vicente, *Quím. Nova*, 31(1), 10.

- Hubálek, Z. (2000), Measures of species diversity in ecology: an evaluation, *Folia Zool.*, 49(4), 241–260.
- Instituto Laje Viva (2012), *Relatório de expedições de levantamento primário para o plano de manejo da ESEC Tupinambás*, 9 pp., Instituto laje Viva, Santos.
- IUCN (2013), The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. <<http://www.iucnredlist.org>>. Acessado em 21 de novembro de 2013.
- Jaramillo-Villa, U., & E. P. Caramaschi (2008), Índices de integridade biótica usando peixes de água doce: Uso nas regiões tropical e subtropical, *Oecol. Bras.*, 12(3), 7.
- Jensen, J. R., J. N. Halls, & J. Michel (1998), A systems approach to Environmental Sensitivity Index (ESI) mapping for oil spill contingency planning and response, *Photogramm. Eng. Rem. S.*, 64, 1003–1014.
- Juanes, F., F. A. Buckel, & F. S. Scharf (2002), Feeding ecology of piscivorous fishes, em *Handbook of fish biology and fisheries*, vol. 1, editado por H. P. J. B. & J. D. Reynolds, pp. 267–283, Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK.
- Jung, S., & E. D. Houde (2003), Spatial and temporal variabilities of pelagic fish community structure and distribution in Chesapeake, USA, *Estuar. Coast. Shelf S.*, 58, 335–351.
- Karr, J. R. (1981), Assessment of biotic integrity using fish communities, *Fisheries*, 6(6), 21–27.
- Karr, J. R., & E. W. Chu (2006), Seven foundations of biological monitoring and assessment, *Biol. Ambient.*, 20(2), 7–18.
- Lanna, E., A. L. Rossi, F. F. Cavalcanti, E. Hajdu, & Klautau (2007), Calcareous sponges from São Paulo State, Brazil (porifera: Calcarea: Calcinea) with the description of two new species, *J. Mar. Biol.*, 87, 1553–1561.
- Leite, K. L. (2014), Gestão e integração de uma Unidade de Conservação Marinha Federal (estação Ecológica Tupinambás) no contexto regional de gerenciamento costeiro do

- Estado de São Paulo, Dissertação de mestrado, Escola Nacional de Botânica Tropical, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Levin, S. A. (1999), Towards a science of ecological management, *Conserv. Ecol.*, 3(2), 6.
- Lima, M. V., D. Dias-Brito, & J. C. C. Milanelli (2008), Mapeamento da sensibilidade ambiental a derrames de óleo em Ilhabela, São Paulo, *Rev. Bras. Cart.*, 60(2), 145 – 154.
- Lima-Jr, S. E., I. B. Cardone, & R. Goitein (2006), Fish assemblage structure and aquatic pollution in a Brazilian stream: some limitations of diversity indices and models for environmental impact studies, *Ecol. Freshw. Fish*, 15, 284–290.
- Lowe-McConnell, R. H. (1999), *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais / R. H. Lowe-McConnell; tradução Anna Emília de M. Vazzoler; Angelo Antônio Agostinho, Patrícia T. M. Connhingham*, 534 pp., Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Mahiques, M. M., C. C. G. Tassinari, S. Marcolini, R. A. Violante, R. C. L. Figueira, I. C. A. Silveira, L. Burone, & S. H. M. Sousa (2008), Nd and Pb isotope signatures on the Southeastern South American upper margin: Implications for sediment transport and source rocks, *Mar. Geol.*, 250(1), 51–63.
- Mahiques, M. M., S. H. M. Sousa, L. Burone, R. H. Nagai, I. C. A. Silveira, R. C. L. Figueira, R. G. Soutelino, L. Ponsoni, & D. A. Klein (2011), Radiocarbon geochronology of the sediments of the são paulo bight (southern brazilian upper margin), *An. Acad. Bras. Cienc.*, 83(3), 817–834.
- Manooch, C. S., & W. W. Hassler (1978), Synopsis of biological data on the red porgy, *Pagrus pagrus* (Linnaeus), *NOAA Tch. Rep. NMFS Circ.*, 412, 1–19.
- Martuscelli, P., F. Olmos, R. Silva e Silva, I. P. Mazzarella, F. V. Pino, & E. N. Raduan (1996), Cetaceans of são paulo, southeastern brazil, *Mammalia*, 60(1), 125–140.

- Medeiros, R. (2006), Evolução das tipologias e categorias de áreas protegidas no Brasil, *Ambient. Soc.*, 9(1), 41–64.
- Melo, A. S. (2008), O que ganhamos ‘confundindo’ riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade?, *Biota Neotrop.*, 8(3), 21–27.
- Melo, G. A. S., R. M. Vezzani, & O. Campos-Jr. (2003), Type catalogue of the Crustacea Decapoda in the collections of the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Brazil, *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 116(2), 423–437.
- Meneghetti, G. T., P. S. Riedel, J. R. Sturaro, J. C. N. Epiphanyo, & L. S. Galvão (2011), Caracterização da sensibilidade ambiental ao óleo–litoral sul paulista com o apoio de técnicas de geoprocessamento, *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)*, pp. 4979–4985.
- Menezes, N. A., & J. L. Figueiredo (1980), *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. IV. Actinopterygii (3)*, 96 pp., Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Menezes, N. A., & J. L. Figueiredo (1985), *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. V. Actinopterygii (4)*, 105 pp., Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Miranda, L. B. (1982), Análise de massas de água da plataforma continental da região oceânica adjacente: Cabo de São Tomé (RJ) à Ilha de São Sebastião (SP), Tese de Livre-Docência – Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico.
- Miranda, L. B. (1985), Forma de correlação T-S de massa de água das regiões costeira e oceânica entre o Cabo de São Tomé (RJ) e a Ilha de São Sebastião (SP), Brasil, *Bolm Inst. oceanogr.*, 33(2), 105–119.
- Mitcheson, Y. S., & M. Liu (2008), Functional hermaphroditism in teleosts, *Fish and Fisheries*, 9(1), 1–43.

- Muscat, E., J. Y. Saviolli, A. Costa, C. A. Chagas, M. Eugênio, E. L. Rotenberg, & F. Olmos (2014), Birds of the Alcatrazes archipelago and surrounding waters, São Paulo, southeastern Brazil, *Check List - J. of species lists and distribution*, 10(4), 729–738.
- Muto, E. Y., L. S. H. Soares, & C. L. D. B. Rossi-Wongtschowski (2000), Demersal fish assemblages off são sebastião, southeastern brazil: structure and environmental conditioning factors (summer 1994), *Rev. bras. oceanogr.*, 48(1), 9–27.
- Nascimento, M. C., G. Velasco, T. A. Okey, V. Christensen, & A. C. Z. Amaral (2012), Trophic model of the outer continental shelf and upper slope demersal community of the southeastern brazilian bight, *Sci. Mar.*, 76(4), 763–779.
- Natali-Neto, J. F. (1994), Ictiofauna do ecossistema tropical marinho de Ubatuba (23°36' -24°22'S; 44 33' -45 08'W), SP-Brasil, entre 50 e 100 metros de-profundidade: composição, distribuição, abundância e diversidade, Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo.
- Nogueira, J. M. M., & A. C. Z. Amaral (2000), *Amphicorina schlenzar*, a small sabellid (Polychaeta, Sabellidae) associated with a stony coral on the coast of São Paulo State, Brazil, *B. Mar. Sci.*, 67(1), 617–623.
- Nogueira, J. M. M., & H. A. Hove (2000), On a new species of *Salmacina* Claparède, 1870 (polychaeta: Serpulidae) from São Paulo State, Brazil, *Beaufortia, Amsterdam*, 50(8), 151–161.
- Nogueira, J. M. M., & A. E. Rizzo (2001), A new species of *Branchiomaldane* (Polychaeta: Arenicolidae) from the State of São Paulo, southeastern Brazil, *J. Mar. Biol.*, 81, 415–421.
- Nogueira, J. M. M., T. M. Steiner, & A. C. Z. Amaral (2001), Descriptions of two new species of *Eunice* Cuvier, 1817 (Polychaeta: Eunicidae) from coastal islands of the State of São Paulo, Brazil, *Sci. Mar.*, 65(1), 47–57.
- Nogueira, J. M. M., P. A. Hutchings, & A. C. Z. Amaral (2003), *Articulatia*, a new genus

- of Terebellinae (Polychaeta: Terebellidae) living in Brazilian corals, *J. Mar. Biol.*, 83, 761–770.
- Nogueira, J. M. M., G. San Martín, & A. C. Z. Amaral (2010), Description of five new species of Exogoninae Rioja, 1925 (Polychaeta: Syllidae) associated with the stony coral *Mussismilia hispida* (Verrill, 1868) in São Paulo State, Brazil, *J. Nat. Hist.*, 35(12), 1773–1794.
- Nonato, E. F., A. C. Z. Amaral, & J. L. Figueiredo (1983), Contribuição ao conhecimento da ictiofauna do litoral norte do estado de São Paulo, *Bolm. inst. oceanogr.*, 32(2), 143–152.
- Oberdorff, T., D. Pont, B. Hugueny, & J. P. Porchers (2002), Development and validation of a fish-based index for the assessment of 'river health' in France, *Freshwater Biol.*, 47, 1720–1734.
- Oliveira, R. B. S., C. M. Castro, & D. F. Baptista (2008), Desenvolvimento de índices multimétricos para utilização em programas de monitoramento biológico da integridade de ecossistemas aquáticos, *Oecol. Bras.*, 12(3), 9.
- Otero, M. E. B., H. L. Spach, H. A. Pichler, G. M. L. N. Queiroz, & A. L. C. Santos, C. Silva (2006), O uso de atributos das assembléias de peixes para avaliar a integridade biótica em habitats rasos das Baías de Antonina e Paranaguá, Paraná, *Acta Biol. Par.*, 34(1-2), 69–82.
- Paiva-Filho, A. M., J. M. M. Schileigelow, R. Giannini, & B. R. Neto (1989), Contribuição ao conhecimento da ictiofauna da Ilha de Alcatrazes (SP), Brasil, *Relatório Interno do Instituto Oceanográfico da USP*, (25), 1–6.
- Pianka, E. R. (1970), Comparative autecology of the lizard *Cnemidophorus tigris* in different parts of its geographic range, *Ecology*, pp. 703–720.
- Pinto, B. C. T., & F. G. Araújo (2007), Assessing of biotic integrity of the fish community in a heavily impacted segment of a tropical river in Brazil, *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 50(3), 489–502.

- Pinto, B. C. T., M. G. Peixoto, & F. G. Araújo (2006), Effects of the proximity from an industrial plant on fish assemblages in the rio Paraíba do Sul, southeastern Brazil, *Neotrop. ichthyol.*, 4(2), 269–278.
- Pires-Vanin, A. M. S., C. L. D. B. Rossi-Wongtschowski, E. Aidar, H. S. L. Mesquita, L. S. H. Soares, M. Katsuragawa, & Y. Matsuura (1993), Estrutura e função do ecossistema de plataforma continental do atlântico sul brasileiro: síntese dos resultados, *Publção esp. Inst. oceanogr.*, 10, 217–231.
- Pires-Vanin, A. M. S., S. M. F. Giancesella, & L. S. H. Soares (2008), O ecossistema de plataforma de São Sebastião e os principais fatores que regem seu funcionamento, em *Oceanografia de um ecossistema subtropical - Plataforma de São Sebastião, SP*, pp. 449–462, Edusp, São Paulo.
- Poffo, I. R. F., J. C. M. Xavier, & R. R. Serpa (2001), A história dos 27 anos de vazamento de óleo no litoral norte do estado de são paulo (1974-2000), *Rev. Meio Amb. Ind.*, 30, 98–104.
- Poletto, C. R. B., & G. T. Batista (2008), Sensibilidade ambiental das ilhas costeiras de Ubatuba, SP, Brasil, *Ambi-Agua*, 3(2), 106 – 121.
- Pombo, M., M. R. Denadai, F. B. Santos, E. Bessa, C. Moraes, & A. Turra (2013), Population biology of the barbel drum *Ctenosciaena gracilicirrhus* (Metzelaar, 1919) (Perciformes: Sciaenidae) in Caraguatatuba Bay, southeastern Brazil, *Braz. J. Oceanogr.*, 61(3), 169–175.
- Pompéia, S. L., A. Pereira, L. Rossi, M. P. M. Aidar, R. P. Moraes, & R. P. Santos (1993), A vegetação da Ilha de Alcatrazes-São Paulo, *Anais do III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira, Serra Negra-SP*, pp. 54–67.
- Pompéia, S. L., M. P. M. Aidar, R. P. Moraes, L. Rossi, & R. P. Santos (1991), *Arquipélago dos Alcatrazes: aspectos ambientais ea degradação da vegetação*, CETESB/SMA, São Paulo.

- Prates, A., & D. Blanc (2007), Áreas aquáticas protegidas como instrumento de gestão pesqueira, *Série Áreas Protegidas do Brasil*, 4.
- Prates, A. P. L., M. A. Gonçalves, & M. R. Rosa (2012), *Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil*, 152 pp., MMA, Brasília.
- Pérez-Domínguez, R., S. Maci, A. Courrat, M. Lepage, A. Borja, J. M. Urriarte, A. Neto, H. Cabral, V. S. Raykov, & A. Franco (2012), Current developments on fish-based indices to assess ecological-quality status of estuaries and lagoons, *Ecol. Indic.*, 23, 34–45.
- Ramm, A. E. (1988), The Community Degradation Index: a new method for assessing the deterioration of aquatic habitats, *Wat. Res.*, 22(3), 293–301.
- Roberts, C. M., C. J. McClean, J. E. N. Veron, J. P. Hawkins, G. R. Allen, D. E. McAlister, C. G. Mittermeier, F. W. Schueler, M. Spalding, F. Wells, et al. (2002), Marine biodiversity hotspots and conservation priorities for tropical reefs, *Science*, 295(5558), 1280–1284.
- Rocha, G. R. A. (1990), Distribuição, abundância e diversidade da ictiofauna na região de Ubatuba-SP (23 20'S-24 00'S; 44 30'W 45 30'W), Brasil, Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Rocha, G. R. A., & C. L. D. B. Rossi-Wongtschowski (1998), Demersal fish community on the inner shelf of Ubatuba, southeastern Brazil, *Rev. bras. oceanogr.*, 46(2), 93–109.
- Rocha, M. L. C. F. (1997), Variação na composição e na abundância da ictiofauna ao longo de 24 horas, na Enseada das Palmas, Ilha Anchieta (SP), Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo.
- Rocha, M. L. C. F. (2009), Indicadores ecológicos e biomarcadores de contaminação ambiental na ictiofauna da baía de Santos e do canal de Bertioga, São Paulo, Brasil, Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico.

- Rocha, M. L. C. F., W. S. Fernandez, & A. M. Paiva Filho (2010a), Spatial and temporal distribution of fish in Palmas Bay, Ubatuba, Brazil, *Braz. J. Oceanogr.*, 58(1), 31–43.
- Rocha, M. L. F., & J. F. Dias (2015), Inventory of chondrichthyes and actinopterygii species collected in the central coast of são paulo state, brazil, *Biota Neotrop.*, 15(2), 1–9.
- Rocha, R. M., & N. Y. K. Bonnet (2009), Ascídias (tunicata, ascidiacea) introduzidas no arquipélago de alcatrazes, são paulo, *Iheringia, Sér. Zool.*, 99(1), 27–35.
- Rocha, T. C. F., D. Dias-Brito, & J. C. C. Milanelli (2010b), Mapeamento da sensibilidade ambiental do litoral de Ubatuba - SP a vazamentos de petróleo, *Rev. Bras. Cart.*, 63(01), 157–170.
- Romero, A. F., P. S. Riedel, & J. C. C. Milanelli (2010), Carta de sensibilidade ambiental ao óleo do sistema estuarino-lagunar de cananéia-iguape, litoral sul de são paulo, *Rev. Bras. Cart.*, 62(Edição Especial 1), 229–238.
- Romero, A. F., P. S. Riedel, J. C. C. Milanelli, & A. C. R. Lammardo (2011), Mapa de vulnerabilidade ambiental ao óleo—um estudo de caso na bacia de santos, brasil, *Rev. Bras. Cart.*, 63(3), 315–332.
- Rossi-Wongtschowski, C. L. D., L. S. H. Soares, & E. Y. Muto (2008), Ictiofauna, em *Oceanografia de um ecossistema subtropical - Plataforma de São Sebastião, SP*, pp. 381–404, Edusp, São Paulo.
- Rossi-Wongtschowski, C. L. D. B., & E. T. Paes (1993), Padrões espaciais e temporais da comunidade de peixes demersais do litoral norte do Estado de São Paulo - Ubatuba, Brasil, *Publção esp. Inst. oceanogr, S. Paulo*, (10), 169–188.
- Rossi-Wongtschowski, C. L. D. B., L. S. H. Soares, & E. Y. Muto (1997), A ictiofauna demersal do Canal e da Plataforma Interna de São Sebastião, *Relat. téc. insto oceanogr.*, (41), 47–64.

- Salm, R. V., J. R. Clark, & E. Siirila (2000), *Marine and coastal protected areas: a guide for planners and managers*, Island Press, Switzerland.
- Santos, M. C. O., S. Siciliano, A. F. C. Vicente, F. S. Alvarenga, E. Zampirolli, S. P. Souza, & A. Maranhão (2010), Cetacean records along São Paulo state coast, southeastern Brazil, *Braz. J. Oceanogr.*, 58(2), 123–142.
- Schmidt, T. C. S., & J. F. Dias (2012), Pattern of distribution and environmental influences on the Sciaenidae community of the Southeastern Brazilian coast, *Braz. J. Oceanogr.*, 60(2), 233–243.
- Sedrez, M. C., J. O. Branco, F. Freitas Júnior, H. S. Monteiro, & E. Barbieri (2013), Ichthyofauna bycatch of sea-bob shrimp (*Xiphopenaeus kroyeri*) fishing in the town of Porto Belo, SC, Brazil, *Biota Neotrop.*, 13(1), 165–175.
- Serafini, T. Z., G. B. França, & J. M. Andriguetto-Filho (2010), Ilhas oceânicas brasileiras: biodiversidade conhecida e sua relação com o histórico de uso e ocupação humana, *JICZM*, 10(3), 281–301.
- Silva-Júnior, M. G. (2012), ECOLOGIA DA ICTIOFAUNA DO ESTUÁRIO DO RIO PACIÊNCIA, ILHA DO MARANHÃO – BRASIL, Tese de doutorado, Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas.
- Silvestre, & M. Penteado (2009), *Monitoramento de tartarugas marinhas capturadas em redes de cerco localizada no entorno costeiro da Estação Ecológica Tupinambás, São Paulo, Brasil*, 5 pp., ICMBio.
- SMA (2005), *Litoral Norte*, Secretaria do Meio Ambiente/Coordenadoria de Planejamento Ambiental Estratégico e Educação Ambiental, São Paulo.
- Soares, I. D. (1994), Modelo numérico de dispersão oceânica: aplicações ao Canal de São Sebastião e adjacências, Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo.

- Soares, L., L. Silva-Júnior, A. Castro, & U. Saint-Paul (2011), Comunidade de peixes como indicador de qualidade ambiental de alguns canais de maré do estuário do rio Paciência, São Luís – MA, *Bol. Lab. Hidrobiol.*, 24(1), 1–12.
- Soares, L. S. H., E. Y. Muto, M. R. Gasparro, & C. L. B. Rossi-Wongtschowski (2008), Organização trófica dos peixes, em *Oceanografia de um ecossistema subtropical - Plataforma de São Sebastião, SP*, pp. 404–425, Edusp, São Paulo.
- Sousa, E. C. P. M., A. Cesar, & M. R. Gasparro (2008), Sediment quality of the santos estuarine system, em *Perspectives on Integrated Coastal Zone Management in South America*, pp. 195–204, IST Press, Lisboa.
- Souza, R. B., & I. S. Robinson (2004), Lagrangian and satellite observations of the Brazilian Coastal Current, *Cont. Shelf Res.*, 24(2), 241–262.
- Tavares, M., I. B. Moreno, S. Siciliano, D. Rodriguez, M. C. O. Santos, J. Lailson-Brito Jr, & M. E. Fabián (2010), Biogeography of common dolphins (genus delphinus) in the southwestern atlantic ocean, *Mammal Rev.*, 40(1), 40–64.
- Terra, B. F., & F. G. Araújo (2011), A preliminary fish assemblage index for a transitional river–reservoir system in southeastern Brazil, *Ecol. Ind.*, 11, 874–881.
- Torres, R. J., D. M. S. Abessa, F. C. Santos, L. A. Maranhão, M. B. Davanzo, M. R. L. Nascimento, & A. A. Mozeto (2009), Effects of dredging operations on sediment quality: contaminant mobilization in dredged sediments from the port of santos, sp, brazil, *J. Soil. Sediment.*, 9(5), 420–432.
- Tundi Agardy, M. (1994), Advances in marine conservation: the role of marine protected areas, *Trends Ecol. Evol.*, 9(7), 267–270.
- Vallejo, L. R. (2009), Unidade de Conservação: Uma Discussão Teórica á Luz dos Conceitos de Território e Políticas Públicas, *GEOgraphia*, 4(8), 57–78.
- Vanzolini, P. E., & A. M. M. Ramos (1977), A new species of *Colobodactylus*, with notes

- on the distribution of a group of stranded microteiid lizards (Sauria, Teiidae), *Papéis Avulsos Zool.*, 31(3), 19–47.
- Vasconcelos, T. L., C. C. A. Barbosa, D. S. Valdevino, & L. A. C. M. Sá (2010), Cartas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo e sua distribuição no Brasil, *III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação*.
- Vazzoler, G. (1975), Distribuição da fauna de peixes demersais e ecologia dos Sciaenidae da plataforma continental brasileira, entre as latitudes 29°21'S (Torres) e 33°41'S (Chuí), *Bolm. inst. oceanogr.*, 24, 85–169.
- Vianna, M., F. E. S. Costa, & C. N. Ferreira (2004), Length-weight relationship of fish caught as by-catch by shrimp fishery in the southeastern coast of Brazil, *B. Inst. Pesca, São Paulo*, 30(1), 81–85.
- Warwick, R. M. (1986), A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities, *Mar. Biol.*, 92(4), 557–562.
- Weeks, R., G. R. Russ, A. C. Alcala, & A. T. White (2009), Effectiveness of marine protected areas in the Philippines for biodiversity conservation, *Conserv. Biol.*, 24(2), 531–540.
- Wessel, P., & W. H. F. Smith (1991), Free software helps map and display data, *Eos, Trans. Amer. Geophys. Union*, 72(41), 441–446.
- Wieczorek, A. (2006), Mapeamento de sensibilidade a derramamentos de petróleo do Parque estadual da Ilha do Cardoso - PEIC e áreas do entorno, Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro.
- Yemane, D., J. G. Field, & R. W. Leslie (2005), Exploring the effects of fishing on fish assemblages using Abundance Biomass Comparison (ABC) curves, *J. Mar. Sci.*, 62(3), 374–379.

Zamboni, A. (2004), *Especificações e normas técnicas para elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo: cartas SAO*, 107 pp., MMA, Brasília.

Ávila-da Silva, A. O. (1996), Idade, crescimento, mortalidade e aspectos reprodutivos do pargo, *Pagrus pagrus* (teleostei: Sparidae), na costa do estado de são paulo e adjacências, Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo.

7 ANEXOS

7.1 Planilhas - Recursos Biológicos

Tabela 16: Espécies de mamíferos marinhos registradas na região do Arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. Referências: 1. Martuscelli *et al.* (1996); 2. Martuscelli *et al.* (2000); 3. Santos *et al.* (2010); 4. Tavares *et al.* (2010); 5. Zerbini *et al.* (2010); 6. Souza *et al.* (2009). Proteção legal: nacional (N) ou internacional (I); não ameaçada (NA), vulnerável (V), em perigo (EP), criticamente em perigo (CP), provavelmente extinta (PE), extinta (E), sem informações ou dados insuficientes (SI).

Espécie		Densidade	Fonte	Proteção legal		Presença sazonal											
Nome comum	Nome científico			Categoria	Esfera	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Golfinho-Pintado-do-Atlântico	<i>Stenella frontalis</i>	média	1,2,3,5,6	SI	I e N		x			x		x	x	x			x
Baleia-de-Bryde	<i>Balaenoptera edeni</i>	baixa	1,2,3,6	SI	I e N	x	x	x	x			x				x	x
Golfinho-de-dente-rugoso	<i>Steno bredanensis</i>	média	2,6	NA	I e N			x							x		
Baleia-franca	<i>Eubalaena australis</i>	baixa	2	EP	I e N												
Toninha	<i>Pontoporia blainvillei</i>		2	EP	I e N												
Golfinho-nariz-de-garrafa	<i>Tursiops truncatus</i>	alta	2,6	NA	I e N			x									
Falsa orca	<i>Pseudorca crassidens</i>	baixa	2	SI	I e N												
Golfinho comum	<i>Delphinus sp.</i>	média	2,6		I e N											x	
Baleia-jubarte	<i>Megaptera novaeangliae</i>	baixa	2,6	V	I e N									x			
Golfinho-comum-de-bico-longo	<i>Delphinus capensis</i>	média	4	SI	I e N												
Orca	<i>Orcinus orca</i>	baixa	6	SI	I e N		x										

Tabela 17: Avifauna registrada na região do Arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. Referência: 1. Rezende (1987); 2. Campos *et al.* (2004); 3. Muscat *et al.* (2014); 4. Olmos *et al.* (1995); 5. Campos *et al.* (2007). Proteção legal: nacional (N) ou internacional (I); não ameaçada (NA), vulnerável (V), em perigo (EP), criticamente em perigo (CP), provavelmente extinta (PE), extinta (E), sem informações ou dados insuficientes (SI).

Nome comum	Espécie	Nome científico	Fonte	Proteção legal		Presença sazonal											
				Categoria	Esfera	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Pinguim-de-Magalhães		<i>Spheniscus magellanicus</i>	3	NA	I						x			x		x	
Albatroz-Real		<i>Diomedea epomophora</i>	4	V	I e N												
Albatroz-de-nariz-amarelo		<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	3	EP	I e N				x		x					x	
Albatroz-de-sobrancelha		<i>Thalassarche melanophris</i>	3	NA	I						x						
Petrel-gigante		<i>Macronectes giganteus</i>	3	NA	I							x					
Bobo-escuro		<i>Puffinus griseus</i>	3	NA	I				x								
Bobo-grande-de-sobre-escuro		<i>Puffinus gravis</i>	3	NA	I				x		x				x		
Bobo-pequeno		<i>Puffinus puffinus</i>	3	NA	I				x							x	
Bobo-grande		<i>Calonectris borealis</i>	4	NA	I				x								
Alma-de-mestre		<i>Oceanites oceanicus</i>	3	NA	I				x							x	
Tesourão		<i>Fregata magnificens</i>	1,3,4,5	NA	I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Atobá-pardo		<i>Sula leucogaster</i>	2,3,4,5	NA	I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Biguá		<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	3	NA	I												x
Garça-vaqueira		<i>Bubulcus ibis</i>	3	NA	I				x								x
Garça-moura		<i>Ardea cocoi</i>	3	NA	I									x			
Garça-branca-pequena		<i>Egretta thula</i>	3	NA	I	x			x								
Urubu-de-cabeça-vermelha		<i>Cathartes aura</i>	3	NA	I												x
Urubu-de-cabeça-preta		<i>Coragyps atratus</i>	3	NA	I				x					x	x	x	x
Gavião-carijó		<i>Rupornis magnirostris</i>	3	NA	I				x					x	x	x	
Caracará		<i>Caracara plancus</i>	3	NA	I									x			
Carrapateiro		<i>Milvago chimachima</i>	3	NA	I				x					x	x	x	
Falcão-de-peito-laranja		<i>Falco deiroleucus</i>	3	NA	I				x								x
Falcão-de-coleira		<i>Falco femoralis</i>	3					x									
Falcão-peregrino		<i>Falco peregrinus</i>	3	NA	I	x										x	
Saracura-três-potes		<i>Aramides cajanea</i>	3	NA	I				x					x	x	x	x
Sanã-castanha		<i>Rufirallus viridis</i>	3	NA	I											x	
Piru-piru		<i>Haematopus palliatus</i>	3	NA	I												x

Continua...

Tabela 17 – continuação

Nome comum	Espécie	Fonte	Nome científico	Proteção legal		Presença sazonal											
				Categoria	Esfera	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Vira-pedras		3	<i>Arenaria interpres</i>	NA	I											x	
Maçarico-branco		3	<i>Calidris alba</i>	NA	I											x	
Mandrião-parasítico		3	<i>Stercorarius parasiticus</i>	NA	I				x								
Gaivotão		2,3,4,5	<i>Larus dominicanus</i>	NA	I				x					x	x	x	x
Trinta-réis-de-bico-vermelho		2,3,4,5	<i>Sterna hirundinacea</i>	NA e VU	I e N				x	x	x	x	x	x	x	x	
Trinta-réis-de-bando		3,4,5	<i>Thalasseus aciflavus</i>						x	x	x	x	x	x	x	x	
Trinta-réis-real		2,3,4,5	<i>Thalasseus maximus</i>	NA e EP	I e N						x	x	x	x	x	x	x
Rolinha-roxa		3	<i>Columbina talpacoti</i>	NA	I				x							x	
Juriti-pupu		3	<i>Leptotila verreauxi</i>	NA	I				x					x		x	
Juriti-gemedeira		3	<i>Leptotila rufaxilla</i>	NA	I				x							x	
Alma-de-gato		3	<i>Playa cayana</i>	NA	I				x					x		x	
Anu-preto		3	<i>Crotophaga ani</i>	NA	I				x							x	x
Anu-branco		3	<i>Guirra guirra</i>	NA	I				x					x	x	x	
Andorinhão-de-sobre-cinzentos		3	<i>Chaetura cinereiventris</i>	NA	I											x	
Andorinha-doméstica-grande		3	<i>Polymus guainumbi</i>	NA	I				x							x	
Beija-flor-de-garganta-verde		3	<i>Amazilia fimbriata</i>	NA	I				x						x	x	x
Martim-pescador-grande		3	<i>Megasceryle torquata</i>	NA	I				x								
Martim-pescador-verde		3	<i>Chloroceryle amazona</i>	NA	I				x							x	
Araponga		3	<i>Procnias nudicollis</i>	V	I											x	
Abre-asa-de-cabeça-cinza		3	<i>Mionectes rufiventris</i>	NA	I									x			
Gibão-de-couro		3	<i>Hirundinea ferruginea</i>	NA	I				x							x	
Risadinha		3	<i>Camptostoma obsoletum</i>	NA	I									x	x		
Guaracava-de-barriga-amarela		3	<i>Elaenia flavogaster</i>	NA	I				x					x	x	x	
Tuque		3	<i>Elaenia mesoleuca</i>	NA	I											x	
Maria-cavaleira		3	<i>Myiarchus ferox</i>	NA	I				x					x	x	x	
Gritador		3	<i>Sirystes sibilator</i>	NA	I											x	
Bem-te-vi		3	<i>Pitangus sulphuratus</i>	NA	I				x					x	x	x	
Bem-te-vi-rajado		3	<i>Myiodinastes maculatus</i>	NA	I											x	
Neinei		3	<i>Megarynchus pitangua</i>	NA	I											x	
Bentevisinho-de-penacho-vermelho		3	<i>Myiozetetes similis</i>	NA	I				x							x	
Suiriri		3	<i>Tyrannus melancholicus</i>	NA	I				x							x	

Continua...

Tabela 19 – continuação																	
Espécie		Nome científico	Fonte	Proteção legal	Presença sazonal												
Nome comum				Categoria	Esfera	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Salama		<i>Anisotremus virginicus</i>	4,5														
Marimbá		<i>Diplodus argenteus argenteus</i>	4,5	NA	I												
Peixe-pena		<i>Calamus pennatula</i>	4	NA	I												
Pargo		<i>Pagrus pagrus</i>	1,2,3	NA	I	x	x			x				x			
Cangauá, roncador		<i>Bairdiella ronchus</i>	3			x											
		<i>Ctenosciaena gracilicirrhus</i>	2,3			x								x			
Pescada-amarela		<i>Cynoscion acoupa</i>	2	NA	I									x			
Goete		<i>Cynoscion jamaicensis</i>	2											x			
Pescada-de-dente		<i>Cynoscion microlepidotus</i>	2											x			
Maria-mole		<i>Cynoscion striatus</i>	2,3			x								x			
Tortinha		<i>Isopisthus parvipinnis</i>	2											x			
		<i>Macrodon atricauda</i>	2											x			
Betara, papa-terra		<i>Menticirrhus americanus</i>	2											x			
Corvina		<i>Micropogonias furnieri</i>	2,3			x								x			
Corvina-riscada		<i>Umbrina coroides</i>	2											x			
		<i>Odontoscion dentex</i>	5														
Trilha		<i>Mullus argentinae</i>	2,3			x								x			
Salmonete		<i>Pseudupeneus maculatus</i>	4														
		<i>Upeneus parvus</i>	2,3,5			x								x			
Pirajica		<i>Kyphosus sectatrix</i>	4														
		<i>Kyphosus</i> spp.	5														
Piaba-do-mar		<i>Pempheris schomburgkii</i>	4,5														
Paru, enxada		<i>Chaetodipterus faber</i>	2,4,5											x			
Peixe-borboleta		<i>Chaetodon striatus</i>	4,5	NA	I												
		<i>Holacanthus ciliaris</i>	4	NA	I												
Soldado		<i>Holacanthus tricolor</i>	5	NA	I												
Frade, paru-da-pedra		<i>Pomacanthus paru</i>	4,5	NA	I												
Sinhá-rosa		<i>Abudefduf saxatilis</i>	4,5														
		<i>Chromis multilineata</i>	4,5														
		<i>Chromis jubauna</i>	4														
		<i>Stegastes fuscus</i>	4,5	NA	I												
Continua...																	

Tabela 20: Espécies de invertebrados marinhos registradas na região do Arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. Referências: 1. Nogueira & Amaral (2000), 2. Nogueira & Hove (2000), 3. Nogueira *et al.* (2001), 4. Nogueira & Rizzo (2001), 5. Melo *et al.* (2003), 6. Nogueira *et al.* (2003), 7. Radashevsky & Nogueira (2003), 8. Lanna *et al.* (2007), 9. Gagliardi (2009), 10. Rocha & Bonnet (2009), 11. Nogueira *et al.* (2010), 12. Coimbra & Bergue (2003), 13. Comunicação ICMBio (2012). Proteção legal: nacional (N) ou internacional (I); não ameaçada (NA), vulnerável (V), em perigo (EP), criticamente em perigo (CP), provavelmente extinta (PE), extinta (E), sem informações ou dados insuficientes (SI).

Espécie Nome científico	Fonte	Proteção legal	
		Categoria	Esfera
<i>Salmacina ceciliae</i>	2		
<i>Amphicorina schlenzae</i>	1		
<i>Eunice insularis</i>	3		
<i>Eunice marconii</i>	3		
<i>Sphaerosyllis isabellae</i>	11		
<i>Sphaerosyllis brasiliensis</i>	11		
<i>Sphaerosyllis mussismiliaicola</i>	11		
<i>Grubeosyllis breviararticulata</i>	11		
<i>Grubeosyllis longiarticulata</i>	11		
<i>Branchiomaldane maryae</i>	4		
<i>Dipolydora armata</i>	7		
<i>Articulatia aberrans</i>	6		
<i>Clathrina aurea</i>	8		
<i>Clathrina conifera</i>	8		
<i>Clathrina alcatraziensis</i>	8		
<i>Leucascus roseus</i>	8		
<i>Eudistoma clavatum</i>	10		
<i>Ciona intestinalis</i>	10		
<i>Perophora viridis</i>	10		
<i>Aplidium accarense</i>	10		
<i>Diplosoma listerianum</i>	10		
<i>Lissoclinum fragile</i>	10		
<i>Lissoclinum perforatum</i>	10		
<i>Polysyncraton amethyestum</i>	10		
<i>Didemnum cineraceum</i>	10		
<i>Didemnum granulatum</i>	10		
<i>Didemnum rodriguesi</i>	10		
<i>Trididemnum orbiculatum</i>	10		
<i>Botrylloides nigrum</i>	10		
<i>Botryllus planus</i>	10		
<i>Styela canopus</i>	10		
<i>Pyura vittata</i>	10		
<i>Tubastraea tagusensis</i>	13		
<i>Mussismilia hispida</i>	1	SI	I
<i>Palythoa</i> sp.	4,9		
<i>Zoanthus</i> sp.	4		
<i>Aurila ornellasae</i>	12		
<i>Echinometra</i> spp.	9		
<i>Spinolambrus fraterculus</i>	5		
<i>Austinixa patagoniensis</i>	5		

Tabela 21: Espécies que compõem a herpetofauna registrada na região do Arquipélago dos Alcatrazes, São Sebastião - SP. Referências: 1. Vanzolini & Ramos (1977), 2. Cicchi *et al* (2007), 3. Barbo & Sawaya (2008), 4. Bataus & Reis (2011), 5. Muscat *et al.* (2014). Proteção legal: nacional (N) ou internacional (I); não ameaçada (NA), vulnerável (V), em perigo (EP), criticamente em perigo (CP), provavelmente extinta (PE), extinta (E), sem informações ou dados insuficientes (SI).

Espécie		Fonte	Proteção legal	
Nome comum	Nome científico		Categoria	Esfera
Cobras				
Dormideira	<i>Dipsas albifrons</i>	2		
Falsa-coral	<i>Siphlophis pulcher</i>	2	NA	I
Coral-verdadeira	<i>Micrurus corallinus</i>	2		
Jararaca-de-Alcatrazes	<i>Bothrops alcatraz</i>	2	CP	I e N
Anfisbena				
	<i>Amphisbaena hogei</i>	3		
Lagartos				
	<i>Colobodactylus taunayi</i>	1		
	<i>Mabuya macrorhyncha</i>	4		
	<i>Hemidactylus mabouia</i>	4		
Lagarto-teiú	<i>Salvator merianae</i>	5	NA	I
Anuros				
Perereca-de-Alcatrazes	<i>Scinax alcatraz</i>	4	CP	I e N

7.2 Segmentos - ISL

Ilha da Sapata

1. Informações gerais

Área de estudo: Ilha da Sapata

Código do segmento: SSAA001-IS

Coordenadas geográficas:

2. Características físico-ambientais: Hábitat natural(X) Hábitat artificial()

3. Oceanografia física

Tipo de arrebentação: ascendente

4. Descrição geomorfológica

Tipo de litoral: costão rochoso

Substrato rochoso: compacto(X) fragmentado() blocos() matacões() abrigado()

semi-abrigado(X) exposto()

Declividade: alta

5.Estado de conservação

Feição: ruim() médio() bom(X) ótimo()

Resíduos/efluentes: não observado(X) esgoto doméstico() rejeitos industriais()
lixo urbano() resíduos naturais()

6.Comportamento potencial do óleo: a ausência de fraturas, nas quais o óleo poderia infiltrar e permanecer, facilitaria a ação das ondas na retirada do óleo.

7.Comentários: local contém uma instalação da marinha e alvos pintados.

8.Classificação da sensibilidade local: ISL 1

1.Informações gerais

Área de estudo: Ilha da Sapata

Código do segmento: SSAA002-IS

Coordenadas geográficas:

2.Características físico-ambientais: Hábitat natural(X) Hábitat artificial()

3.Oceanografia física

Tipo de arrebentação: ascendente

4.Descrição geomorfológica

Tipo de litoral: costão rochoso

Substrato rochoso: compacto(X) fragmentado() blocos() matacões() abrigado()
semi-abrigado(X) exposto()

Declividade: baixa

5.Estado de conservação

Feição: ruim() médio() bom() ótimo(X)

Resíduos/efluentes: não observado(X) esgoto doméstico() rejeitos industriais()
lixo urbano() resíduos naturais()

6.Comportamento potencial do óleo: a ausência de fraturas, nas quais o óleo poderia infiltrar e permanecer, facilitaria a ação das ondas na retirada do óleo.

7.Comentários:

8.Classificação da sensibilidade local: ISL 2

Ilha do Farol**1. Informações gerais**

Área de estudo: Ilha do Farol

Código do segmento: SSAA003-IF

Coordenadas geográficas:

2. Características físico-ambientais: Hábitat natural(☒) Hábitat artificial(☐)**3. Oceanografia física**

Tipo de arrebentação: ascendente

4. Descrição geomorfológica

Tipo de litoral: costão rochoso

Substrato rochoso: compacto(☐) fragmentado(☐) blocos(☒) matacões(☐) abrigado(☒)
semi-abrigado(☐) exposto(☐)

Declividade: alta

5. Estado de conservação

Feição: ruim(☐) médio(☐) bom(☒) ótimo(☐)

Resíduos/efluentes: não observado(☒) esgoto doméstico(☐) rejeitos industriais(☐)
lixo urbano(☐) resíduos naturais(☐)

6. Comportamento potencial do óleo: poderia penetrar nas muitas fissuras e permanecer entre as rochas.**7. Comentários:****8. Classificação da sensibilidade local:** ISL 8

Ilha do Paredão**1. Informações gerais**

Área de estudo: Ilha do Paredão

Código do segmento: SSAA004-IP

Coordenadas geográficas:

2. Características físico-ambientais: Habitat natural(☒) Habitat artificial(☐)**3. Oceanografia física**

Tipo de arrebentação: ascendente

4. Descrição geomorfológica

Tipo de litoral: costão rochoso

Substrato rochoso: compacto(☒) fragmentado(☐) blocos(☐) matacões(☐) abrigado(☐)
semi-abrigado(☒) exposto(☐)

Declividade: baixa

5. Estado de conservação

Feição: ruim(☐) médio(☐) bom(☐) ótimo(☒)

Resíduos/efluentes: não observado(☒) esgoto doméstico(☐) rejeitos industriais(☐)
lixo urbano(☐) resíduos naturais(☐)

6. Comportamento potencial do óleo: a ausência de fraturas, nas quais o óleo poderia infiltrar e permanecer, facilitaria a ação das ondas na retirada do óleo.**7. Comentários:****8. Classificação da sensibilidade local:** ISL 1

Laje do Farol

1. Informações gerais

Área de estudo: Laje do Farol

Código do segmento: SSAA005-LF

Coordenadas geográficas:

2. Características físico-ambientais: Hábitat natural(☒) Hábitat artificial(☐)

3. Oceanografia física

Tipo de arrebentação: ascendente

4. Descrição geomorfológica

Tipo de litoral: costão rochoso

Substrato rochoso: compacto(☒) fragmentado(☐) blocos(☐) matacões(☐) abrigado(☒)
semi-abrigado(☐) exposto(☐)

Declividade: baixa

5. Estado de conservação

Feição: ruim(☐) médio(☐) bom(☐) ótimo(☒)

Resíduos/efluentes: não observado(☒) esgoto doméstico(☐) rejeitos industriais(☐)
lixo urbano(☐) resíduos naturais(☐)

6. Comportamento potencial do óleo: a ausência de fraturas, nas quais o óleo poderia infiltrar e permanecer, facilitaria a ação das ondas na retirada do óleo.

7. Comentários: local de descanso para muitas aves

8. Classificação da sensibilidade local: ISL 8

Laje do Paredão

1. Informações gerais

Área de estudo: Laje do Paredão

Código do segmento: SSAA006-LP

Coordenadas geográficas:

2. Características físico-ambientais: Hábitat natural(☒) Hábitat artificial(☐)

3. Oceanografia física

Tipo de arrebentação: ascendente

4. Descrição geomorfológica

Tipo de litoral: costão rochoso

Substrato rochoso: compacto(☒) fragmentado(☐) blocos(☐) matacões(☐) abrigado(☐)

semi-abrigado(☒) exposto(☐)

Declividade: baixa

5. Estado de conservação

Feição: ruim(☐) médio(☐) bom(☐) ótimo(☒)

Resíduos/efluentes: não observado(☒) esgoto doméstico(☐) rejeitos industriais(☐)

lixo urbano(☐) resíduos naturais(☐)

6. Comportamento potencial do óleo: a rocha possui poucas fendas, o que ainda facilitaria a ação das ondas na retirada do óleo.

7. Comentários:

8. Classificação da sensibilidade local: ISL 2

Laje do Pescador ou Dupla**1. Informações gerais**

Área de estudo: Laje do Pescador ou Dupla

Código do segmento: SSAA007-LD

Coordenadas geográficas:

2. Características físico-ambientais: Hábitat natural(☒) Hábitat artificial(☐)**3. Oceanografia física**

Tipo de arrebentação: ascendente

4. Descrição geomorfológica

Tipo de litoral: costão rochoso

Substrato rochoso: compacto(☐) fragmentado(☒) blocos(☐) matacões(☐) abrigado(☐)
semi-abrigado(☒) exposto(☐)

Declividade: média

5. Estado de conservação

Feição: ruim(☐) médio(☐) bom(☐) ótimo(☒)

Resíduos/efluentes: não observado(☒) esgoto doméstico(☐) rejeitos industriais(☐)
lixo urbano(☐) resíduos naturais(☐)

6. Comportamento potencial do óleo: óleo pode penetrar nas fraturas e permanecer nas rochas.**7. Comentários:****8. Classificação da sensibilidade local: ISL 8**

Laje da Gaivota ou Singela**1. Informações gerais**

Área de estudo: Laje da Gaivota ou Singela

Código do segmento: SSAA008-LS

Coordenadas geográficas:

2. Características físico-ambientais: Hábitat natural(☒) Hábitat artificial(☐)**3. Oceanografia física**

Tipo de arrebentação: ascendente

4. Descrição geomorfológica

Tipo de litoral:

Substrato rochoso: compacto(☒) fragmentado(☐) blocos(☐) matacões(☐) abrigado(☐)
semi-abrigado(☐) exposto(☒)

Declividade: baixa

5. Estado de conservação

Feição: ruim(☐) médio(☐) bom(☐) ótimo(☒)

Resíduos/efluentes: não observado(☒) esgoto doméstico(☐) rejeitos industriais(☐)
lixo urbano(☐) resíduos naturais(☐)

6. Comportamento potencial do óleo: a rocha possui poucas fendas, o que ainda facilitaria a ação das ondas na retirada do óleo.**7. Comentários:****8. Classificação da sensibilidade local:** ISL 1

Ilhas do sul (Caranha, Rasa, Oratório)

1. Informações gerais

Área de estudo: Ilhas da Caranha, Rasa e do Oratório

Código do segmento: SSAA009-S

Coordenadas geográficas: -24.111636, -45.708119 a -24.111100, -45.708744; -24.110552, -45.702995 a -24.111078, -45.704531; -24.111200, -45.704936 a -24.111842, -45.707942 (sentido anti-horário)

2. Características físico-ambientais: Hábitat natural(☒) Hábitat artificial(☐)

3. Oceanografia física

Tipo de arrebentação: ascendente

4. Descrição geomorfológica

Tipo de litoral: costão rochoso

Substrato rochoso: compacto(☒) fragmentado(☐) blocos(☐) matacões(☐) abrigado(☐) semi-abrigado(☐) exposto(☒)

Declividade: baixa

5. Estado de conservação

Feição: ruim(☐) médio(☐) bom(☐) ótimo(☒)

Resíduos/efluentes: não observado(☒) esgoto doméstico(☐) rejeitos industriais(☐) lixo urbano(☐) resíduos naturais(☐)

6. Comportamento potencial do óleo: região com muitas fendas, que poderiam acumular óleo.

7. Comentários:

8. Classificação da sensibilidade local: ISL 8

1. Informações gerais

Área de estudo: Ilhas da Caranha, Rasa e do Oratório

Código do segmento: SSAA015-S

Coordenadas geográficas: -24.111100, -45.708744 a -24.111636, -45.708119; -24.111078, -45.704531 a -24.110552, -45.702995; -24.111842, -45.707942 a -24.111200, -45.704936 (sentido anti-horário)

2. Características físico-ambientais: Hábitat natural(☒) Hábitat artificial(☐)**3. Oceanografia física**

Tipo de arrebentação: ascendente

4. Descrição geomorfológica

Tipo de litoral: costão rochoso

Substrato rochoso: compacto(☒) fragmentado(☐) blocos(☐) matacões(☐) abrigado(☐) semi-abrigado(☐) exposto(☒)

Declividade: alta

5. Estado de conservação

Feição: ruim(☐) médio(☐) bom(☐) ótimo(☒)

Resíduos/efluentes: não observado(☒) esgoto doméstico(☐) rejeitos industriais(☐) lixo urbano(☐) resíduos naturais(☐)

6. Comportamento potencial do óleo: essa região, apesar de exposta e com declividade alta, apresenta muitas fendas e reentrâncias, que poderiam favorecer a acumulação de óleo em determinados pontos.**7. Comentários:****8. Classificação da sensibilidade local:** ISL 1

Ilha de Alcatrazes

1. Informações gerais

Área de estudo: saco do Funil

Código do segmento: SSAA010-SF

Coordenadas geográficas: -24.097306, -45.682787 a -24.097188, -45.683260; -24.097407, -45.685896 a -24.096966, -45.688961; -24.093758, -45.689331; -24.096332, -45.685228; -24.094415, -45.688523; -24.091318, -45.690151 a -24.091088, -45.690278

2. Características físico-ambientais: Hábitat natural(X) Hábitat artificial()

3. Oceanografia física

Tipo de arrebentação: ascendente

4. Descrição geomorfológica

Tipo de litoral: costão rochoso

Substrato rochoso: compacto() fragmentado(X) blocos() matacões() abrigado(X)
semi-abrigado() exposto()

Declividade: média

5. Estado de conservação

Feição: ruim() médio() bom() ótimo(X)

Resíduos/efluentes: não observado(X) esgoto doméstico() rejeitos industriais()
lixo urbano() resíduos naturais()

6. Comportamento potencial do óleo: o tipo de substrato associado à hidrodinâmica e grau de exposição, tornam esse segmento suscetível à derrames, com maior penetração do óleo entre as rochas.

7. Comentários:

8. Classificação da sensibilidade local: ISL 8

1. Informações gerais

Área de estudo: saco do Funil

Código do segmento: SSAA011-SF

Coordenadas geográficas: -24.096599, -45.679850 a -24.097108, -45.682618; -24.097049, -45.683133 a -24.096070, -45.684420; -24.096325, -45.685279 a -24.097950, -45.686974; -24.096966, -45.688961 a -24.094415, -45.688523; -24.094273, -45.688641 a -24.093832, -45.689038; -24.093612, -45.689374 a -24.091362, -45.690022; -24.090995, -45.690235 a -24.090280, -45.691844

2. Características físico-ambientais: Hábitat natural(X) Hábitat artificial()

3. Oceanografia física

Tipo de arrebentação: ascendente

4. Descrição geomorfológica

Tipo de litoral: costão rochoso

Substrato rochoso: compacto(X) fragmentado() blocos() matacões() abrigado(X) semi-abrigado() exposto()

Declividade: alta

5. Estado de conservação

Feição: ruim() médio() bom() ótimo(X)

Resíduos/efluentes: não observado(X) esgoto doméstico() rejeitos industriais() lixo urbano() resíduos naturais()

6. Comportamento potencial do óleo: Apesar de compacto, o costão contém muitas fendas, que poderiam acumular o óleo.

7. Comentários:

8. Classificação da sensibilidade local: ISL 2

1. Informações gerais

Área de estudo: portinho e região abrigada

Código do segmento: SSAA012-CA

Coordenadas geográficas: -24.091911, -45.691222 a -24.109955, -45.702466

2. Características físico-ambientais: Hábitat natural(X) Hábitat artificial()**3. Oceanografia física**

Tipo de arrebentação: ascendente

4. Descrição geomorfológica

Tipo de litoral:

Substrato rochoso: compacto() fragmentado(X) blocos(X) matacões() abrigado(X)
semi-abrigado() exposto()

Declividade: alta

5. Estado de conservação

Feição: ruim() médio() bom() ótimo(X)

Resíduos/efluentes: não observado(X) esgoto doméstico() rejeitos industriais()
lixo urbano() resíduos naturais()

6. Comportamento potencial do óleo: o tipo de substrato associado à hidrodinâmica e grau de exposição, tornam esse segmento suscetível à derrames, com maior penetração do óleo entre as rochas.**7. Comentários:****8. Classificação da sensibilidade local:** ISL 8**1. Informações gerais**

Área de estudo: costão exposto

Código do segmento: SSAA013-CE

Coordenadas geográficas: -24.109955, -45.702466 a -24.106645, -45.699912; -24.106822, -45.698153 a -24.105901, -45.693454; -24.105744, -45.692724 a -24.103766, -45.688647; -24.103374, -45.687703 a -24.099413, -45.682102; -24.098727, -45.681351 a -24.096671, -45.679763

2.Características físico-ambientais: Hábitat natural(X) Hábitat artificial()

3.Oceanografia física

Tipo de arrebentação: ascendente

4.Descrição geomorfológica

Tipo de litoral: costão rochoso

Substrato rochoso: compacto(X) fragmentado() blocos() matacões() abrigado() semi-abrigado() exposto(X)

Declividade: alta

5.Estado de conservação

Feição: ruim() médio() bom() ótimo(X)

Resíduos/efluentes: não observado(X) esgoto doméstico() rejeitos industriais() lixo urbano() resíduos naturais()

6.Comportamento potencial do óleo: essa região, apesar de exposta e com declividade alta, apresenta muitas fendas e reentrâncias, que poderiam favorecer a acumulação de óleo em determinados pontos.

7.Comentários:

8.Classificação da sensibilidade local: ISL 1

1.Informações gerais

Área de estudo: costão exposto

Código do segmento: SSAA014-CE

Coordenadas geográficas: -24.106645, -45.699912 a -24.106822, -45.698153; -24.105901, -45.693454 a -24.105744, -45.692724; -24.103766, -45.688647 a -24.103374, -45.687703; -24.099413, -45.682102 a -24.098727, -45.681351

2.Características físico-ambientais: Hábitat natural(X) Hábitat artificial()

3.Oceanografia física

Tipo de arrebentação: ascendente

4.Descrição geomorfológica

Tipo de litoral: costão rochoso

Substrato rochoso: compacto() fragmentado(X) blocos() matacões() abrigado() semi-abrigado() exposto(X)

Declividade: média

5.Estado de conservação

Feição: ruim() médio() bom() ótimo(X)

Resíduos/efluentes: não observado(X) esgoto doméstico() rejeitos industriais() lixo urbano() resíduos naturais()

6.Comportamento potencial do óleo: apesar do tipo de substrato, que favoreceria a acumulação de óleo, a hidrodinâmica atuaria na sua retirada do costão.

7.Comentários:

8.Classificação da sensibilidade local: ISL 2