

MAArE

Monitoramento Ambiental da
Reserva Biológica Marinha
do Arvoredo e Entorno





REALIZAÇÃO Universidade Federal de Santa Catarina – Reitor: Prof. Luiz Carlos Cancellier de Olivo, Dr.
Pró-Reitor de Extensão: Prof. Rogério Cid Bastos, Dr.

APOIO Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária - Diretor Presidente: Cleo Nunes de Sousa

Coordenação geral do Projeto MAArE Bárbara Segal
Vice-Coordenação Andrea Santarosa Freire
Gerenciamento do Projeto Marcio Soldateli
Projeto gráfico Matheus Jeremias Fortunato
Revisão português Kátia Chiaradia
Fotografia João Paulo Krajewski
Fotografia adicional Edson Faria Júnior, Eduardo de Oliveira Bastos, Bruna Folchini Gregoletto, Caroline Batistim Oswald, Hans Denis, Karem Kilim, Hugo Marcondes, Ana Flora Sarti de Oliveira, André Ambrozio de Assis, Bruno Welter Girdes, Charles Gorri, Débora Queiroz Cabral, Gabriel Gonçalves, Letícia Maria Costa Peres, Projeto Florianópolis Arqueológica, Thais Peixoto Macedo, Thiago Matheus Jantsch Fuiza, Vitor Hugo Kuhnen de Melo, Walter Piazza.
Ilustrações Leandro Lopes de Souza, Alexandre Viana
Infográficos Renato Lopes Cardoso, Ana Flora Sarti de Oliveira
Capa João Paulo Krajewski - Um cardume de garapoás (*Pseudocaranx dentex*) se alimenta sobre um banco algas calcárias (rodolitos) na Ilha do Arvoredo.
Contracapa João Paulo Krajewski - Vista aérea da Ilha Deserta.

Copyright 2017 dos organizadores
Organizadores – Bárbara Segal; Andrea Santarosa Freire; Alberto Lindner; João Paulo Krajewski; Marcio Soldateli



A realização do Projeto MAArE é uma condicionante indicada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) no âmbito do processo de licenciamento ambiental do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

**Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária da
Universidade Federal de Santa Catarina**

M111 MAArE : Monitoramento ambiental da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e entorno / Organização: Bárbara Segal...[et al.]. – 1. ed. - Florianópolis : UFSC/MAArE, 2017.
268 p. : il., gráf., tab.

Inclui bibliografia.
ISBN: 978-85-64093-48-5

1. Biodiversidade marinha. 2. Oceanografia. 3. Áreas de conservação de recursos naturais – Santa Catarina. I. Segal, Bárbara.

CDU: 502.62(816.4)

MAArE

Monitoramento Ambiental da
Reserva Biológica Marinha
do Arvoredo e Entorno

Bárbara Segal, Andrea Santarosa Freire, Alberto Lindner, João Paulo Krajewski e Marcio Soldateli

ORGANIZADORES

1ª edição
Florianópolis
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
2017

EL MAR

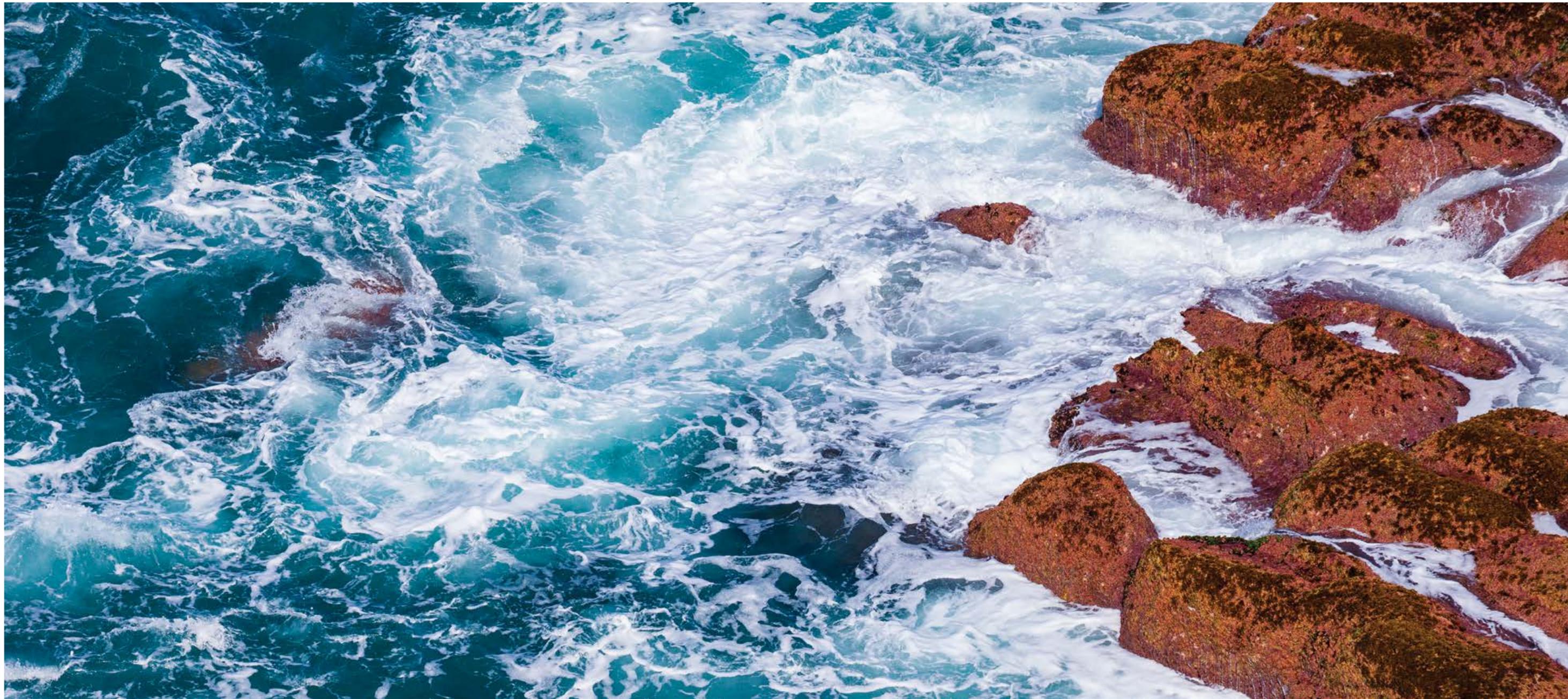
Pablo Neruda

*“Necessito del mar porque me enseña:
no sé si aprendo música o conciencia:
no sé si es ola sola o ser profundo
o sólo ronca voz o deslumbrante
suposición de peces y navios.
El hecho es que hasta cuando estoy dormido
de algún modo magnético circulo
en la universidad del oleaje...”*

O MAR

Pablo Neruda

*“Necessito do mar porque me ensina:
não sei se aprendo música ou consciência:
não sei se é onda só ou ser profundo
ou apenas rouca voz ou deslumbrante
suposição de peixes e navios.
O fato é que até quando adormecido
de algum modo magnético circulo
na universidade das ondas...”*



AGRADECIMENTOS

O Projeto MAArE e a elaboração desta obra só foram possíveis de serem realizados devido à participação de muitas pessoas que atuaram como técnicos, especialistas, estudantes, voluntários, colabores e fornecedores de produtos e serviços, dentre outros. Somos muito gratos a todas essas pessoas e às instituições que contribuíram nas várias etapas do Projeto MAArE, as quais listamos abaixo:

Aos autores e fotógrafos que contribuíram na elaboração deste livro, listados nas páginas 10 e 268, respectivamente.

À equipe que integrou o Projeto MAArE em diferentes momentos ao longo de sua execução, listados na página 11.

Pelo apoio institucional da UFSC, através dos Pró-Reitores de Extensão, Professor Edison da Rosa (2012-2016) e Professor Dr. Rogério Cid Bastos (2016-2020); do Pró-Reitor de Pesquisa Jamil Assreuy Filho (2012-2016); dos Professores Benedito Cortês Lopes e Rozangela Curi Pedrosa e; da bióloga Karla Z. Scherer.

Pelo apoio institucional da FAPEU e de toda sua equipe, através dos seus representantes Fábio Silva de Souza, Geraldo Fagundes e Gabriel Donadio Costa.

Pelo apoio logístico e operacional em várias etapas de execução do Projeto: ao Professor Evoy Zaniboni Filho e à bióloga Claudia Machado, ambos do Laboratório de Peixes de Água Doce - LAPAD/UFSC; ao Comandante da Capitania dos Portos de Santa Catarina - Marinha do Brasil Juarez Pereira de Melo; às empresas de mergulho Água Viva Mergulho,

Acquanauta Mergulho e Ecex-Sub.

Pelo apoio na identificação científica de organismos, aos doutores Carlo Magenta Cunha, João Luís Carraro, Tito M. C. Lotufo, Vinícius Padula, Sérgio Althoff, Alfredo Carvalho-Filho, Carlos Eduardo L. Ferreira e ao biólogo Jonathan W. Lawley.

Pela parceria na concepção e no desenvolvimento do Projeto, à equipe da REBIO Arvoredo, em nome do atual Chefe da Unidade, Ricardo Castelli Vieira, e em especial aos analistas ambientais do ICMBio Adriana Carvalhal Fonseca e Leandro Zago da Silva. Agradecemos também aos analistas do ICMBio, Diana Carla Floriani, Hellen José Florez Rocha, Dan Jacobs Pretto, Elda R. Vargas de Oliveira e Mario L.M. Pereira.

Pelo apoio na concepção e no desenvolvimento do Projeto, a Fernando Almeida, Gerente de Projeto da PETROBRAS. Agradecemos também aos Fiscais do Projeto Carlos Eduardo Celli e Bárbara Prates Carpeggiani.

A Malva Isabel M. Hernández pela revisão do poema de Pablo Neruda; a Roberta Bonaldo pela revisão de legendas; a Rui Carlos Dutra Souza por gentilmente ceder o direito de uso das imagens do Livro “O Homem da Ilha e os Pioneiros da Caça Submarina”.

Pelo apoio na organização final desta obra, agradecemos a Camila Rezende Ayroza e especialmente a Ana Flora Sarti de Oliveira, pela incansável dedicação à elaboração dos infográficos e ilustrações.



AUTORES

Alberto Lindner - Departamento de Ecologia e Zoologia - Centro de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Santa Catarina

Alejandro Rodolfo Donnangelo Varela - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina

Alessandra Larissa D'Oliveira Fonseca - Departamento de Geociências - Centro de Filosofia e Ciências Humanas - Universidade Federal de Santa Catarina

Ana Flora Sarti de Oliveira - Departamento de Ecologia e Zoologia - Centro de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Santa Catarina

Anderson Antônio Batista - Departamento de Ecologia e Zoologia - Centro de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Santa Catarina

Andrea Santarosa Freire - Departamento de Ecologia e Zoologia - Centro de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Santa Catarina

Angela Sabrine do Nascimento Salvador - Departamento de História - Centro de Filosofia e Ciências Humanas - Universidade Federal de Santa Catarina

Bárbara Santos Menezes - Departamento de Ecologia e Zoologia - Centro de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Santa Catarina

Bárbara Segal - Departamento de Ecologia e Zoologia - Centro de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Santa Catarina

Bruna de Ramos - Departamento de Botânica - Centro de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Santa Catarina

Bruno Welter Giraldes - Environmental Science Centre (ESC), Qatar University (QU), Doha-Qatar

Caio Barbosa Fest - Departamento de Ecologia e Zoologia - Centro de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Santa Catarina

Camila Sayuri Obata - Departamento de Ecologia e Zoologia - Centro de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Santa Catarina

Charles Gorri - Departamento de Ecologia e Zoologia - Centro de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Santa Catarina

Dairana Misturini - Departamento de Ecologia e Zoologia - Centro de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Santa Catarina

Davide Franco - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina

Edson Faria Júnior - Departamento de Ecologia e Zoologia - Centro de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Santa Catarina

Eduardo de Oliveira Bastos - Departamento de Botânica - Centro de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Santa Catarina

Eunice da Costa Machado - Instituto de Oceanografia - Universidade Federal do Rio Grande

Georgia de Barros - Departamento de Geociências - Centro de Filosofia e Ciências Humanas - Universidade Federal de Santa Catarina

João Paulo Krajewski – Departamento de Ecologia e Zoologia - Centro de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Santa Catarina

Letícia Maria Costa Peres - Departamento de Botânica - Centro de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Santa Catarina

Lucas Bond Reis - Departamento de História - Centro de Filosofia e Ciências Humanas - Universidade Federal de Santa Catarina

Lucas Bueno - Departamento de História - Centro de Filosofia e Ciências Humanas - Universidade Federal de Santa Catarina

Lucas Segismundo Molessani - Departamento de Ecologia e Zoologia - Centro de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Santa Catarina

Luisa Fontoura - Departamento de Ecologia e Zoologia - Centro de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Santa Catarina

Luiz Augusto dos Santos Madureira - Departamento de Química - Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - Universidade Federal de Santa Catarina

Marcio Soldateli - Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária

Marina Nasri Sissini - Departamento de Botânica - Centro de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Santa Catarina

Marina Pereira Coelho - Departamento de Química - Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - Universidade Federal de Santa Catarina

Melissa Carvalho - Departamento de Ecologia e Zoologia - Centro de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Santa Catarina

Paulo Antunes Horta - Departamento de Botânica - Centro de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Santa Catarina

Sergio Ricardo Floeter - Departamento de Ecologia e Zoologia - Centro de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Santa Catarina

Thais Peixoto Macedo - Departamento de Ecologia e Zoologia - Centro de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Santa Catarina

Tito Cesar Marques de Almeida - Centro de Ciências da Terra e do Mar - Universidade do Vale do Itajaí

Thayane Lucia Pereira - Instituto de Oceanografia - Universidade Federal do Rio Grande

PARTICIPANTES DO PROJETO MAARE

Alberto Lindner

Alejandro Rodolfo Donnangelo Varela

Alessandra Larissa D Oliveira Fonseca

Alex Cabral dos Santos

Alexandre Siqueira Corrêa

Amanda Ceruti Reiter

Amanda da Silva Gois

Amanda Engmann Giraldes

Amanda Firmino Cerveira

Ana Carolina Grillo Monteiro

Ana Flora Sarti de Oliveira

Ana Maria Rubini Liedke

Ana Paula Klein

Ana Sofia Belloli Cardoso

Anderson Antonio Batista

Andrea Green Koettker

Andrea Santarosa Freire

Anna Luiza Pacheco Dalbosco

Augusto de Azevedo

Bárbara Pereira

Bárbara Santos Menezes

Bárbara Segal

Bruna Alves

Bruna de Ramos

Bruna Folchini Gregoletto

Brunna Luiza Silva Simonetti

Bruno Ferreira Fontana

Bruno Welter Giraldes

Caio Barbosa Fest

Camila Rezende Ayroza

Camila Sayuri Santos Obata

Carolina Marques Martins

Caroline Voser Pereira

Charles Gorri

Dairana Misturini

Daniel dos Santos Gomes

Davi Volney Candido

Davide Franco

Débora Ferrari da Silva

Débora Queiroz Cabral

Denise Cristina Kniess

Desirê Stuart Mainardes Pinto

Diego Melo Arruada Rodrigues

Diogo Mees Delfes Varela

Edson Faria Júnior

Eduardo de Oliveira Bastos

Ellie Regina Bergstrom

Erica Carolina Becker

Eunice da Costa Machado

Fernanda Cirello Alves

Fernanda Martinho da Silva

Flora Balcão Agnelli

Gabriel Gonçalves

Gabriela da Silva

Georgia de Barros

Hugo Alejandro D' Alesio

Ian Freire Blankensteyn

Jaqueline de Aguiar Ferreira

Jéssica Tamires Link

João Lucas de Siqueira Rosa

João Paulo Krajewski

Jonathan Wanderley Lawley

Joyce Gabriela da Cunha

Juan Pablo Quimbayo Agreda

Jucimara Andreza Rigotti

Julia Nunes de Souza

Kely Paula Salvi

Larissa Vieira Jaques

Leidson Allan Ferreira de Lucena

Letícia Maria Costa Peres

Liciane Carla da Silva

Lívia de Oliveira Guimarães

Luana Mocelin de Camargo

Lucas Monteiro dos Passos

Lucas Nunes Teixeira

Lucas Segismundo Molessani

Luis Carlos Pinto de Macedo Soares

Luisa Fontoura

Luisa Martins Fagundes

Luiz Augusto Santos Madureira

Maíra Algarve Assunção

Manoela Costa Brandão

Manuel Vivanco Bercovich

Marcela Freitas Medeiros

Marcio Soldateli

Maria Luiza Schmitz Fontes

Mariana Mitsue Teschima

Mariana Monteiro dos Santos Gandra

Mariana Vandresen

Marina Nasri Sissini

Marina Pereira Coelho

Marina Rizzo Fernandes

Mateus dos Santos Martins

Melissa Carvalho

Micael Fernando Broggio

Mônica Wallner-Kersanach

Morgana Frena

Otavio Schlickmann Rottgers Cardoso

Paola Sarria de Albuquerque

Paulo Antunes Horta Júnior

Paulo Roberto Pagliosa Alves

Pedro Vieira Neto de Rolan Teixeira

Pietro Albano

Renaly Beccara

Renan Ozekoski

Renato Morais Araujo

Ricardo Franco Freitas

Ricardo Scherer de Souza

Sergio Ricardo Floeter

Tammy Iwasa Arai

Thais Peixoto Macedo

Thayane Lucia Pereira

Thiago César Lima Silveira

Thiago Matheus Jantsch Fiuza

Tito Cesar Marques de Almeida

Vanessa Freire de Carvalho

Victor Eduardo Cury Silva

Vinicius Werneck Salazar

Vitor André Passos Picolotto

Vitor Hugo Kuhnen de Melo

Vitório Grando Razzera

Viviani Gomes Vieira

SUMÁRIO

- 06 Agradecimentos
- 10 Autores
- 14 Prefácio – Equipe REBIO Arvoredo
- 15 Prefácio – Equipe PETROBRAS
- 17 Apresentação

CAPÍTULO 01

- 19 ARTE E CIÊNCIA NO REGISTRO DA RESERVA BIOLÓGICA MARINHA DO ARVOREDO E ENTORNO**

CAPÍTULO 02

- 133 A OCUPAÇÃO DA ILHA DO ARVOREDO E DO LITORAL CATARINENSE: UMA HISTÓRIA DE LONGA DURAÇÃO**

CAPÍTULO 03

- 143 A REBIO ARVOREDO E O PROJETO MAARE**

CAPÍTULO 04

- 159 O AMBIENTE OCEANOGRÁFICO**
 - A oceanografia no projeto MAARE
 - A campanha oceanográfica
 - A estrutura oceanográfica no verão e no inverno

CAPÍTULO 05

- 201 A BIODIVERSIDADE MARINHA DAS ILHAS DA REBIO ARVOREDO E ENTORNO**
 - O mergulho científico na REBIO Arvoredo e entorno
 - Macroalgas e zoantídeos
 - Ouriços-do-mar e outros macroinvertebrados
 - Crustáceos
 - Peixes Recifais
 - Espécies Invasoras
 - O Lixo no Mar

CAPÍTULO 06

- 251 DESAFIOS DA GESTÃO PARA A CONSERVAÇÃO DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS**



PREFÁCIO

O histórico de implementação da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (REBIO Arvoredo) inclui o desenvolvimento de uma grande quantidade de estudos e pesquisas, bem como iniciativas e projetos ligados ao planejamento e gestão da Unidade de Conservação (UC). Ao longo desse processo, várias universidades e organizações não governamentais tiveram papel fundamental nas conquistas alcançadas. Já na década de 1990, a parceria com a Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), propiciou o desenvolvimento de diversas atividades de educação ambiental e pesquisa, que alavancaram a primeira fase de implementação da Reserva. No início dos anos 2000, a organização não governamental APRENDER foi a responsável por alavancar o processo de elaboração do Plano de Manejo e a criação do Conselho Consultivo, ambos concluídos em 2004, representando um marco na gestão da UC.

Com a aprovação do Plano de Manejo, intensificou-se a realização de pesquisas e projetos científicos em parceria com diversas entidades públicas e privadas. A partir de 2007, com a ampliação do quadro de analistas ambientais na Unidade e a aquisição de novas embarcações, um novo horizonte se abriu na gestão da REBIO Arvoredo. O aumento da presença institucional na área da UC fortaleceu as atividades de fiscalização e possibilitou maior apoio às atividades de pesquisa, levando a uma aproximação com as universidades locais, principalmente com a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Nesse contexto, em 2010, iniciou-se a construção do Projeto de Monitoramento Ambiental da REBIO Arvoredo e Entorno (MAArE), quando no âmbito de um processo de licenciamento ambiental de campos pe-

trólferos da PETROBRAS na Bacia de Santos, a equipe da REBIO Arvoredo, com o intuito de prevenir potenciais impactos da atividade sobre a área da UC e seu entorno, principalmente no que se refere a introdução de espécies exóticas, convidou pesquisadores do Departamento de Ecologia e Zoologia da UFSC, para, em parceria, elaborar um projeto de monitoramento ambiental. Após inúmeras reuniões e intensa negociação entre REBIO Arvoredo, UFSC e PETROBRAS, em junho de 2013, foi finalmente assinado o contrato que marca o início das atividades do Projeto MAArE.

Durante os anos de sua execução, a equipe da unidade acompanhou de perto as atividades do Projeto, participando diretamente das tomadas de decisão e auxiliando na condução de diversas etapas. As informações científicas levantadas pelo Projeto MAArE sanaram uma importante lacuna de conhecimento acerca da caracterização oceanográfica da região, além de contribuir para a ampliação do conhecimento sobre a comunidade marinha. Os resultados obtidos irão subsidiar a elaboração de um programa de monitoramento sistemático e contínuo na REBIO Arvoredo, com o uso de indicadores e metodologias já testadas e consideradas eficazes pelo Projeto MAArE.

Esperamos que este livro sirva de inspiração para que outras Unidades de Conservação possam replicar a experiência do Projeto MAArE, e no futuro tenhamos, de fato, uma rede de monitoramento marinho que possa subsidiar a gestão das UC marinhas na costa brasileira.

Equipe REBIO Arvoredo

PREFÁCIO

Atuar na indústria de petróleo e gás natural com responsabilidade ambiental faz parte da missão da PETROBRAS. Conciliar a exploração econômica dos recursos marinhos e a preservação ambiental dos oceanos é um dos grandes desafios que a sociedade brasileira vem enfrentando. Os dispositivos legais e os instrumentos de gestão estão disponíveis cabendo aos atores envolvidos utilizá-los adequadamente. O Projeto MAArE se insere neste contexto, contemplando em sua concepção e execução um conjunto de boas práticas que resultaram num importante legado para a gestão das Unidades de Conservação marinhas no Brasil.

De uma oportunidade de geração de riqueza a partir da exploração e produção de petróleo em áreas oceânicas, veio a obrigatoriedade legal de desenvolver o monitoramento ambiental em uma Unidade de Conservação estabelecida na área de influência do empreendimento. O órgão licenciador tem o dever de exigir as condicionantes e o empreendedor a obrigação de cumpri-las. Porém, as partes envolvidas, representadas pela PETROBRAS e pela REBIO Arvoredo, reconheceram a oportunidade de ir além

do cumprimento de condicionante de licença ambiental. Para isso, os consagrados processos de comando e controle foram substituídos por práticas colaborativas que propiciaram conciliar os anseios e as necessidades de ambas as partes. Tais práticas contribuíram para o fortalecimento do processo de licenciamento ambiental e possibilitaram conciliar a produção das reservas de petróleo nas áreas oceânicas ao largo da costa de Santa Catarina com as necessidades da gestão da REBIO Arvoredo.

Os resultados podem ser vistos nas páginas deste livro, materializados na forma de conhecimento técnico-científico escrito numa linguagem acessível aos mais diversos públicos de interesse. Almejamos que esta publicação e os demais resultados gerados no âmbito do Projeto MAArE sejam instrumentos efetivos de difusão do conhecimento para toda a sociedade e uma contribuição significativa para a conservação ambiental e o desenvolvimento sustentável da região.

Equipe PETROBRAS



APRESENTAÇÃO

Este livro retrata de várias formas o mar e a biodiversidade da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (REBIO Arvoredo) e proximidades, no litoral central de Santa Catarina. Para fazer jus ao que representam essas águas e seus habitantes submarinos, voltamos no tempo para relembrar momentos primordiais da chegada de grupos humanos nesse litoral, passando pela importância da região para navegadores, pescadores, aventureiros subaquáticos, cientistas e gestores. Este trabalho é fruto do Projeto de Monitoramento Ambiental da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e Entorno – Projeto MAARÉ.

Os resultados científicos e as imagens apresentados neste livro resultam de cerca de 130 expedições a campo realizadas entre 2014 e 2016, envolvendo mais de 120 pessoas, entre pesquisadores, técnicos, bolsistas e pessoal de apoio. Nesse trabalho multidisciplinar, o projeto contou com a parceria de laboratórios de pesquisa da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), da Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG) e da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), nas áreas das Ciências Biológicas, Oceanografia Física e Química. A Coordenação e o Gerenciamento técnico e operacional do Projeto foram responsabilidade do Departamento de Ecologia e Zoologia da UFSC e o apoio administrativo da Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária (FAPEU).

Os resultados detalhados do Projeto MAARÉ foram compilados em relatórios técnicos, enfatizando aspectos metodológicos e análises científicas. Apesar do rigor e do caráter técnico do trabalho de pesquisa e monitoramento, o Projeto MAARÉ também tem como meta apresentar os resultados e a experiência de monitoramento ambiental para a sociedade. Esse é o objetivo deste livro.

No capítulo 1 apresentamos uma visão geral sobre a experiência de observar e fotografar a vida marinha da REBIO Arvoredo e também como o Projeto MAARÉ colabora, em diferentes frentes, para o monitoramento e a conservação do patrimônio natural das ilhas do litoral central de Santa Catarina. Neste capítulo também são apresentadas imagens inéditas da REBIO Arvoredo e seu entorno, com destaque para o fundo marinho e a vida encontrada nos costões rochosos dessas ilhas. Essas imagens revelam ao leitor um

pouco da beleza e da riqueza dessa região, muitas vezes despercebidas, por estarem sob as águas. O livro também apresenta um histórico da ocupação humana na região nos últimos 6.000 anos, no capítulo 2, e a apresentação da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, incluindo o contexto de sua criação e da concepção do Projeto MAARÉ, no capítulo 3.

Os resultados do monitoramento ambiental são apresentados nos dois capítulos seguintes. No capítulo 4 trazemos uma caracterização oceanográfica da região, em que são apresentadas as condições meteorológicas, marés, ondas e correntes marinhas, as propriedades físico-químicas das massas d'água e a concentração do plâncton, assim como as concentrações de hidrocarbonetos, esteróis e metais no fundo marinho. Apresentamos também imagens de satélite de toda a plataforma continental de Santa Catarina em diferentes épocas do ano. No capítulo 5, apresentamos a biodiversidade da REBIO Arvoredo e entorno, com uma caracterização quantitativa de algas, crustáceos, peixes e outros invertebrados que vivem no fundo e na coluna d'água da região. Também nesse capítulo apresentamos dados recentes e inéditos sobre algumas das espécies invasoras. Juntos, esses resultados representam uma linha de base para futuros estudos de monitoramento ambiental.

Por fim, no capítulo 6, propomo-nos a trazer reflexões sobre os usos humanos dos recursos marinhos e da paisagem do entorno da Unidade de Conservação, bem como sobre as pressões geradas por esses usos, para fomentar o pensamento ecossistêmico na gestão participativa das riquezas naturais dessa bela e importante paisagem. Nesse sentido, é necessário considerar a paisagem como um mosaico de estruturas naturais e atividades humanas em constante interação. Portanto, nosso olhar sobre a conservação desse ambiente deve necessariamente considerar o papel de cada um sobre as transformações em curso.

Agradecemos a todos que se dedicaram a este projeto e desejamos uma agradável leitura, esperando que todos se apaixonem pela magia desse belo litoral e reconheçam sua importância.

OS ORGANIZADORES



ARTE E CIÊNCIA NO REGISTRO DA RESERVA BIOLÓGICA MARINHA DO ARVOREDO E ENTORNO

CAPÍTULO 01

João Paulo Krajewski

O coração batia forte quando embarquei, cedinho, em Ponta das Canas, Florianópolis. Aquele seria o vigésimo mergulho da minha vida. Era um belo dia quente e de mar calmo do verão de 1997, e eu tinha 17 anos. Logo que saímos, já era possível ver a distinta e bela silhueta do meu tão sonhado ponto de mergulho, a Ilha do Arvoredo. A calmaria diminuiu o tempo de navegação, de cerca de uma hora, para alcançar a Ponta do Farol, na costa sul da ilha. Para mim, mergulhador, aquela viagem e a vista da costa de Florianópolis no horizonte, esmaecida pela distância, me trouxeram uma verdadeira sensação de desconexão do mundo exterior. Só o que parecia existir eram as rochas coloridas e distorcidas que eu via no espelho d'água quando o barco ancorou. Finalmente eu adentraria o mundo submarino do Sul do Brasil, de que eu tanto ouvira falar.

E a paisagem submarina não me decepcionou. Descemos cerca de oito metros, e o fundo era coberto de rochas enormes, por sua vez cobertas de animais e algas de cores e formas que eu ainda desconhecia, e rodeadas de peixes das mais variadas formas e tamanhos. A água estava transparente e dava para ver mais de 10 metros à frente. Em um momento havia inúmeros badejos, de cor clara, perto do fundo e olhando para cima, onde um lindo cardume de sardinhas passeava. Durante a hora inteira que durou esse mergulho, vi ainda algumas belas garoupas entre as tocas e, para coroar a imersão, uma linda tartaruga passando na coluna d'água. Foi amor à primeira vista!

De 1997 a 2004 fiz inúmeros mergulhos na Ilha do Arvoredo. Não passava um verão sem visitar a região. Entre as rochas da ilha vi cardumes gigantes de peixes-porco, moreias e peixes multicoloridos, como o peixe-anjo-rainha e o tricolor ou paru-soldado.

Mas minha história favorita é de 1998. Naquele dia de verão, saímos cedo de Canasviei-

Uma garoupa-verdadeira (*Epinephelus marginatus*) e ao fundo um cardume de sardinhas afugentado por xareletes (*Caranx chrysos*) na Ponta do Farol, Ilha do Arvoredo.



ras: o mar estava um espelho, e a água roxa. Um azul escuro, quase opaco, em que os raios solares penetravam fundo, porque não havia sedimentos na água - condição sinônimo de excelente visibilidade para o mergulho. No meio do caminho veio a primeira recompensa por ter madrugado. O mestre da embarcação gritou: “golfinhos!”, e lá estava, uma legião de golfinhos-nariz-de-garrafa, também conhecidos como botos-da-tainha em Santa Catarina, nadando e fazendo espuma na superfície. Tantos, que era impossível contá-los! Foram alguns minutos de magia, até o grupo se afastar e chegarmos na costa norte da Ilha do Arvoredo. Desta vez, estávamos dentro da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (REBIO Arvoredo), uma unidade de conservação criada em 1990. Na época ainda era permitida a visita de mergulhadores recreativos, algo que mudou nos dias de hoje. As Reservas Biológicas são a categoria máxima de proteção no Brasil. Nelas são proibidas qualquer coleta e visitação para fins não científicos. Existem apenas duas Reservas Biológicas marinhas no país, das quais a Reserva do Arvoredo é a única costeira. A outra, o Atol das Rocas, dista mais de uma centena de quilômetros da costa nordeste do país.

Paramos o barco numa linda baía, onde era possível ver inscrições rupestres nas rochas: marcas deixadas por antigos habitantes. A água era tão transparente que víamos as rochas no fundo, 20 metros abaixo. Descemos entre grandes rochas circundadas por areia e começamos a nadar paralelamente ao costão. Certa hora, subi alguns metros para destravar o botão de uma pequena câmera fotográfica à prova d’água, que afundava com o aumento da pressão em profundidade. Quando olhei para baixo, agora com uma vista mais ampla do fundo, mal pude acreditar. Lá estava minha dupla de mergulho, o amigo e instrutor de mergulho Mauro Maule, e, ao redor dele, uma silhueta na areia no formato de uma gigantesca raquete de tênis. Uma raia gigante! Mauro,

com seu 1,80 metro de altura e mais algumas dezenas de centímetros de sua nadadeira, cabiam dentro do contorno do corpo da raia. Avisei-o que havia algo no fundo e ele só foi capaz de perceber o animal após subir um pouco e conseguir ver a silhueta toda do peixe que, da cabeça ao final da cauda, tinha uns quatro metros. Após pesquisar em livros, descobri que era uma espécie de raia-prego, *Dasyatis centroura*, que atinge mais de 2,5 metros de disco e passa dos 300 kg.

Nos anos seguintes minha vida acadêmica me levou a outros lugares. Fiz mestrado e doutorado em Ecologia pela Universidade Estadual de Campinas, estudando peixes em Fernando de Noronha, e morei alguns anos na Austrália, nas Ilhas Fiji e nos Estados Unidos, trabalhando com minha esposa e também bióloga, Roberta Bonaldo. Fiz mais de três mil mergulhos pelo mundo, nas mais variadas condições, o que me trouxe uma experiência grande em avaliar o estado de conservação dos fundos de rochas ou corais onde mergulhava.

Em 2012 me mudei para Florianópolis e passei a mergulhar frequentemente nas ilhas da REBIO Arvoredo e entorno, para documentar a vida marinha para o Projeto MAArE (Monitoramento Ambiental da REBIO Arvoredo e Entorno), que, em 2013, iniciava suas atividades. Esse grande projeto, além de proporcionar um levantamento científico da fauna e da flora marinhas e de aspectos oceanográficos da região, possibilitou também a realização do registro fotográfico da fauna e da flora que habitam os costões daquelas ilhas, trabalho incumbido a mim.

Inegavelmente, minha percepção sobre mergulho e vida marinha havia mudado, influenciada por milhares de horas de imersão em recifes do mundo. Nesta minha nova fase de mergulhos em Santa Catarina, pude apreciar os costões rochosos do Sul do Brasil de modo diferente, reconhecendo novos valores para a região. Mas, apesar de ainda me encantar com a beleza e a abundância da vida marinha lo-

Minhas primeiras fotos na Ilha do Arvoredo, em 1998: uma garoupa-de-são-tomé (*Epinephelus morio*) descansa sobre o fundo rochoso enquanto uma tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) nada em águas rasas.

cal, comecei a sentir falta de alguns elementos e a notar outros. Esperava, por exemplo, ter visto mais garoupas grandes e filas de badejos espreitando sardinhas, especialmente nos costões dentro da Reserva Biológica. Talvez por ter me acostumado a ver grandes peixes da família das garoupas em outras reservas do mundo e por que tinha a lembrança dos badejos dos primeiros mergulhos em Santa Catarina. Mas, será que as outras reservas onde eu havia mergulhado pelo mundo são comparáveis com os costões rochosos da Ilha do Arvoredo, com formação, temperatura e correntes tão distintas? Será que as filas de badejos que eu tinha na memória eram tão grandes assim? Será que meu entusiasmo me fez exagerar ao gravar aquela imagem na cabeça? E será que minha memória era precisa o suficiente para uma comparação correta? Notei também que a transparência da água estava menor, em média, e que haviam mais linhas e redes de pesca perdidas no fundo. Registrei também alguns novos habitantes. Nas últimas décadas, recebemos um invasor no Brasil, o coral-sol, que foi trazido acidentalmente do Indo-Pacífico. Esse coral colonizou costões rochosos do Sudeste e do Sul e hoje compete por espaço com animais nativos que vivem aderidos a rochas, e está sendo monitorado de perto pela equipe do Projeto MAArE. Outro novo colonizador foi o peixinho donzela-dos-açores, *Chromis limbata*, muito parecido com uma espécie que já vivia por aqui, a mulata ou tsourinha, *Chromis multilineata*. As duas vivem comendo plâncton na coluna d’água, mas o novo colonizador é mais escuro e tem contornos negros mais evidentes ao redor do corpo. Esse peixinho parece ter chegado aqui naturalmente, vindo de correntes provenientes do Atlântico Oriental, seu lar original. Notei também uma quantidade maior de peixes-frade adultos. Antigamente, eu costumava ver só os juvenis. E nunca mais vi uma raia gigante nestas ilhas.

Todas essas observações mostram o quanto é complexo tentar descrever um cenário de mudança e avaliar o estado de conservação de um lugar. Nossos registros podem ser influenciados por nossa percepção, que varia com nossa experiência e estado emocional: podem ter explicações naturais ou antrópicas ou podem ainda variar normalmente com as épocas do ano ou estarem relacionadas a fatores chamados estocásticos, de puro acaso. Como saber, então, se as mudanças que percebemos são verdadeiras e, caso sejam, o que as explica?

Intrigado com essa possibilidade de variação na fauna marinha da REBIO Arvoredo, comecei a tentar recriar o cenário que eu tinha visto olhando minhas fotografias. Fiquei mais intrigado ainda em imaginar como era o cenário marinho daquelas ilhas décadas atrás. Que “monstros” marinhos viviam ali? Imaginar esse cenário é extremamente difícil, mas se tornou possível graças a uma incrível publicação, o livro chamado “O Homem da Ilha e os Pioneiros da Caça Submarina”, que relata as aventuras de caçadores submarinos nas ilhas ao redor de Florianópolis entre as décadas de 1950 e 1980. Muitas das aventuras contadas se passaram especificamente nas ilhas que hoje fazem parte da REBIO Arvoredo. Nesse livro, há incríveis relatos e fotografias que mostram que essas ilhas já foram mesmo muito diferentes. Uma imagem mostra o resultado de uma caçada na Ilha da Galé, perto de Porto Belo e Bombinhas, onde em 6 horas os mergulhadores, munidos de um longo arpão, retiraram cinco tubarões-mango-

na, *Carcharias taurus*, e três meros, *Epinephelus itajara*, num total de 720 kg de peixe. Em meus 20 anos de mergulhos na região e em todas as minhas conversas com mergulhadores, não conheço um só relato de avistamento de mangonas nos costões rochosos da REBIO Arvoredo e conheço apenas um ou dois relatos de meros pequenos. Ambos os peixes são conhecidos por serem pacatos e inofensivos.

A nós, hoje, resta imaginar como era o fundo dessas ilhas no passado, com a ajuda de relatos históricos e fotografias. Uma imaginação baseada em fatos, mas sujeita às imprecisões da mente humana e de relatos de encontros fortuitos com animais. Apesar de tudo, podemos afirmar com grande confiança que o cenário mudou muito e até arriscar uma reconstrução dos costões da REBIO Arvoredo. Resolvi, então, fazer uma colagem, inserindo digitalmente imagens de peixes que já não se observam nas ilhas ao redor da REBIO Arvoredo, de tamanhos que já não vemos mais, para visualizarmos como teria sido meu primeiro mergulho na Ilha do Arvoredo se ele tivesse acontecido em 1960, e não em 1997. Com boa confiança científica, o cenário que eu provavelmente teria encontrado pode ser visto nas páginas 22 e 23.

Essa minha história de apenas 20 anos de mergulhos na Ilha do Arvoredo, um tempo irrisório dentro da existência das ilhas que compõem a Reserva, mostra o quanto é importante pensarmos historicamente quando queremos trabalhar com conservação. Hoje, quando visito as ilhas do litoral catarinense, por mais distantes e esmaecidas que a costa de Florianópolis e a de Porto Belo possam parecer, não consigo me sentir mais num mundo isolado. Vejo a influência das pessoas que habitam essas costas nas linhas e redes de pesca rasgadas e presas às rochas do fundo, no lixo flutuante ou nas manchas de água turva provenientes dos rios cujas margens foram assoreadas ou impermeabilizadas a quilômetros de distância. Vejo a falta de algumas espécies de peixes, e a chegada de outras, como resultado dos anos de interferência humana. E as inscrições rupestres nas rochas das ilhas me recordam sempre de o quão antiga é a interferência dos homens nessas ilhas.

É exatamente por este motivo, pela necessidade de termos visão histórica e precisos registros científicos, que considero o Projeto MAArE um marco na história dessas ilhas. O MAArE é um levantamento cuidadoso do que ainda temos nesta região cheia de belezas e riquezas que precisam ser conservadas. Com esse levantamento, registramos não só vagas memórias de como é o fundo do mar das ilhas que compõem a REBIO Arvoredo e outras do entorno atualmente, mas inúmeros dados e imagens que nos possibilitarão avaliar o sucesso ou fracasso dos nossos esforços de proteção desse patrimônio natural brasileiro.

O Projeto MAArE, com uma grande equipe de pesquisadores, fez durante três anos um levantamento cuidadoso dos animais que habitam o fundo marinho da REBIO Arvoredo e entorno, além de coletar dados oceanográficos para melhor conhecer as influências de correntes marinhas e características das águas e sedimentos. Os pesquisadores passaram muitas horas embaixo d’água, usando métodos científicos para coletar dados sobre a abundância de diferentes organismos marinhos, como algas, esponjas, corais, crustáceos e peixes, e obtendo informações oceanográficas com diversos equipamentos especializados.

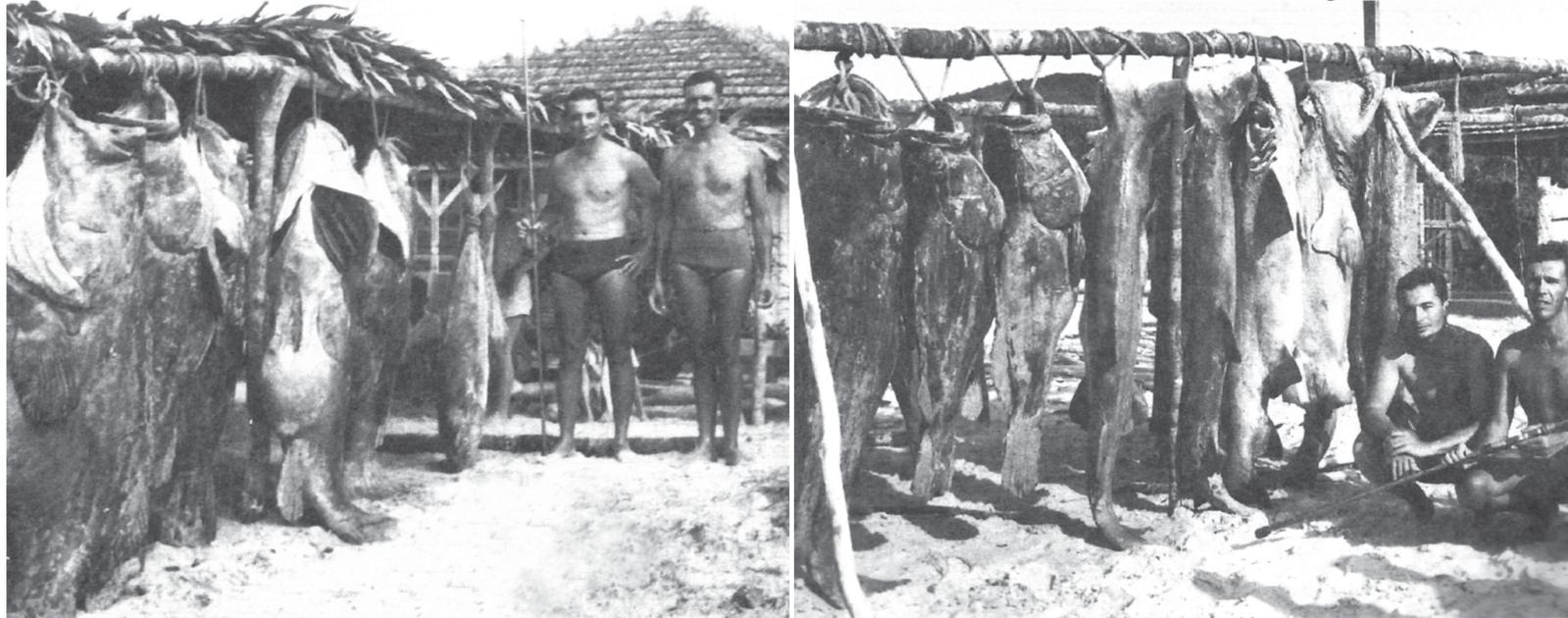
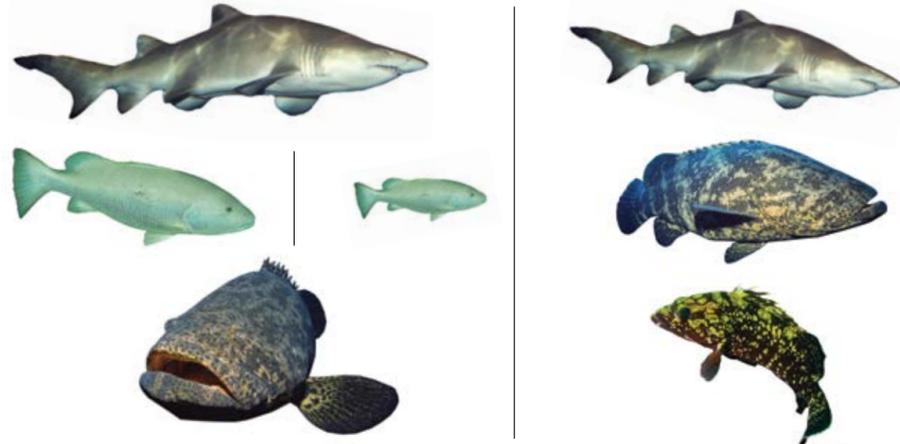


Esta montagem fotográfica mostra como teria sido a paisagem submarina na Ilha do Arvoredo na década de 1960. Além das garoupas-verdadeiras (*Epinephelus marginatus*) e badejos-mira (*Mycteroperca acutirostris*), ainda presentes na região, registros históricos confirmam que tubarões-mangona (*Carcharias taurus*), grandes meros (*Epinephelus itajara*) e caranhas (*Lutjanus cyanopterus*), além de lagostas (*Panulirus laevicauda*) e a estrela-do-mar *Oreaster reticulatus*, eram avistados com frequência nos mergulhos nas ilhas que hoje compõem a REBIO Arvoredo.



RECONSTRUINDO A PAISAGEM SUBMARINA DA ILHA DO ARVOREDO:

A montagem fotográfica apresentada nas páginas 22 e 23 foi elaborada juntando-se duas fotografias dos costões da Ilha do Arvoredo, feitas em 2016, com peixes e invertebrados recortados de fotografias feitas em outras regiões. No total, foram inseridos digitalmente: dois tubarões-mangona (*Carcharias taurus*), duas caranhas (*Lutjanus cyanopterus*), dois meros (*Epinephelus itajara*), uma garoupa-verdadeira (*Epinephelus marginatus*), uma lagosta (*Panulirus laevidauda*) e duas estrelas-do-mar (*Oreaster reticulatus*). A escolha dessas espécies é baseada em evidências históricas, como relatos de mergulhadores e fotografias, principalmente do livro "O Homem da Ilha e os Pioneiros da Caça Submarina", de C. Hugo Stockler de Souza. O livro apresenta inúmeras fotos como as abaixo, que mostram cinco tubarões-mangona e oito meros capturados nos dias 21 e 22 de janeiro de 1960 na Ilha da Galé, que atualmente integra a REBIO Arvoredo. Durante os três anos de campanha do Projeto MAArE, nenhum tubarão-mangona ou mero foi avistado na região.



Dados que servem como uma referência básica e fundamental para avaliarmos o estado atual da vida nessas belas ilhas e trabalharmos em prol da sua conservação.

Além disso, o Projeto MAArE apresenta neste livro essa riqueza marinha através da produção de fotografias das águas, da vida marinha e dos costões rochosos das ilhas da REBIO Arvoredo e entorno. Imagens não só que registram os organismos que ali vivem, mas que compõem um retrato artístico das maravilhas da região. O trabalho de ilustrar fotograficamente este livro foi incumbido a mim e me fez redescobrir a beleza e riqueza marinha da REBIO Arvoredo e entorno. Após anos viajando pelo mundo para fotografar seres marinhos, aprendi a apreciar ainda mais o mar de Santa Catarina, ao ver como se trata de uma região com características únicas quando comparada a outros lugares do mundo.

Na região ao norte da Ilha de Santa Catarina, a condição da água do mar varia muito e rapidamente, criando não só um desafio para o fotógrafo, mas também um berço único para a vida marinha. Num mesmo mergulho pode-se ter água cristalina e quente e, depois, turva e fria, muitas vezes abaixo dos 18°C. Fotografar cenários amplos nessas condições sempre é uma incerteza, pois a quantidade de nutrientes e organismos flutuantes na água reduz a penetração de luz. Mas, ao mesmo tempo, cria rochas cobertas por incríveis animais que se alimentam filtrando a água. O fundo das ilhas ao sul da REBIO Arvoredo é um verdadeiro caleidoscópio de pequenos animais marinhos. Para destacar essa riqueza, concentrei-me em técnicas de fotografia que exaltam a beleza desses minúsculos seres. Algumas imagens deste livro foram não só feitas com lentes especiais capazes de focar elementos a uma pequena distância, mas também com a inclusão de lentes e técnicas improvisadas para ampliar ainda mais as imagens, como o uso de lentes invertidas adaptadas à frente da câmera. Usei também luzes concentradas e até colocadas atrás dos seres marinhos, trazendo detalhes talvez ainda não vistos desses animais. Essas técnicas, aliadas a câmeras de altíssima resolução, criaram imagens de belíssimos organismos muitas vezes impossíveis de serem vistas a olho nu.

Trabalhamos também para que as variações nas condições de visibilidade de água na região não fossem um empecilho para o registro de belíssimas paisagens submarinas das ilhas. Sempre estive com uma câmera extra preparada para registrar os cenários amplos, pronta para as ocasiões de água cristalina, que ocorreram muitas vezes no decorrer dos mergulhos. Nas diversas saídas de barco do MAArE, algumas para explorar áreas pouco visitadas, tivemos a oportunidade de registrar incríveis cardumes de peixes aglomerados nos locais de convergência de massas d'água, e até de grupos de golfinhos-nariz-de-garrafa passando próximos às ilhas. Tivemos ainda momentos especificamente voltados para registrar os peixes, muitos de importância econômica e outros de uma beleza incrível. A fotografia mais convencional para registrar cardumes de peixes de médio porte em mergulho é o uso de lentes chamadas grande-angulares, que permitem ao fotógrafo se aproximar bastante do objeto da foto, mantendo ainda uma grande área a ser fotografada. Apesar de eu ter usado essa técnica frequentemente, não me ative

só a ela. Também fiz diversos mergulhos com lentes que aproximam mais os peixes, chamadas teleobjetivas, e requerem uma distância maior do fotógrafo. Para isso, usei lentes de retrato muito luminosas e pouco usadas em fotografia submarina, que permitem captar muita luz natural e que têm um efeito grande de desfocar o fundo da imagem, com uma pequena profundidade de campo. Apostei nessa técnica para registrar peixes mais arredios, fazendo retratos de um modo mais íntimo, ao mesmo tempo que evidenciando a presença desses peixes em meio aos cardumes, onde seus companheiros aparecem desfocados no fundo.

Fotografar o belo fundo marinho dessas ilhas não só me trouxe grandes desafios, forçando minha criatividade e improvisação, mas também me fez compreender melhor a verdadeira riqueza da região. A grande variação na temperatura e turbidez da água faz cada mergulho ao redor da Reserva do Arvoredo ser único e, ao mesmo tempo, cria um ambiente especial para o crescimento de uma infinidade de pequenos e belos organismos marinhos aderidos às rochas que servem de abrigo e alimento para peixes e grandes invertebrados. O fundo marinho do Sul do Brasil deve sua riqueza e beleza a isso, e forma uma das paisagens mais coloridas da costa brasileira.

Este livro, portanto, resume o estado atual da REBIO Arvoredo como uma "fotografia" científica e artística do patrimônio que estas ilhas guardam. No artístico, há o sentimento. É o olhar único de cada fotógrafo, e pode variar numa mesma data, num mesmo mergulho. Outro fotógrafo veria o fundo do mar destas ilhas de modo diferente. Este, que lhes apresento, é o meu olhar. E espero emocioná-los e inspirá-los a valorizar e preservar o magnífico fundo do mar e as águas das ilhas da REBIO Arvoredo e entorno. O resumo dos dados científicos do Projeto MAArE é apresentado nos capítulos 4 e 5 do livro e representa uma referência no conhecimento científico sobre essa região, que possibilitará comparações, no futuro, com dados coletados com a mesma metodologia, para averiguarmos o "estado de saúde" dessas águas e costões rochosos. Nesse olhar, sai o sentimento e entra a precisão científica.

As ilhas de Santa Catarina, com sua tamanha riqueza e beleza, localizadas em região do Brasil de complexas correntes marinhas, são um patrimônio de importância ímpar. A REBIO Arvoredo, no coração do litoral do Estado, tem o importante papel de proteger espécies que habitam as águas e costões rochosos do Sul do Brasil, gerando recursos para além de suas fronteiras. Larvas de inúmeros invertebrados e peixes adultos podem colonizar ilhas do entorno. A Reserva agrega ainda, uma importante Zona de Amortecimento, onde atividades antrópicas são reguladas, o que diminui nosso impacto na área. Isso tudo contribui para a manutenção de inúmeros pontos de importância turística, cultural e pesqueira, garantindo o sustento das comunidades que habitam a região. Os benefícios da reserva certamente transcendem suas fronteiras.

Abrigar a única Reserva Biológica Marinha do Brasil deve ser motivo de orgulho para a região. Ao trazer a esta obra uma visão unificada de arte e ciência, queremos exaltar a importância socioambiental desse patrimônio e incentivar e dar ferramentas para sua conservação. Que este livro seja mais um modo de se apreciar e beneficiar-se de um grande patrimônio ambiental brasileiro.



Ilha do Xavier, um dos principais pontos de mergulho recreativo e de pesca no entorno da REBIO Arvoredo, vista a partir do morro da Barra da Lagoa, em Florianópolis.



Praia do Santinho, em Florianópolis, com a silhueta da Ilha do Arvoredo ao fundo.



Ilha do Badejo, vista a partir do costão sul da praia do Santinho, em Florianópolis.



Vistas aéreas da face oeste (página 30) e da íngreme e recortada face leste (página 31) da Ilha Deserta, na REBIO Arvoredo, com o norte da Ilha de Santa Catarina visível ao fundo.



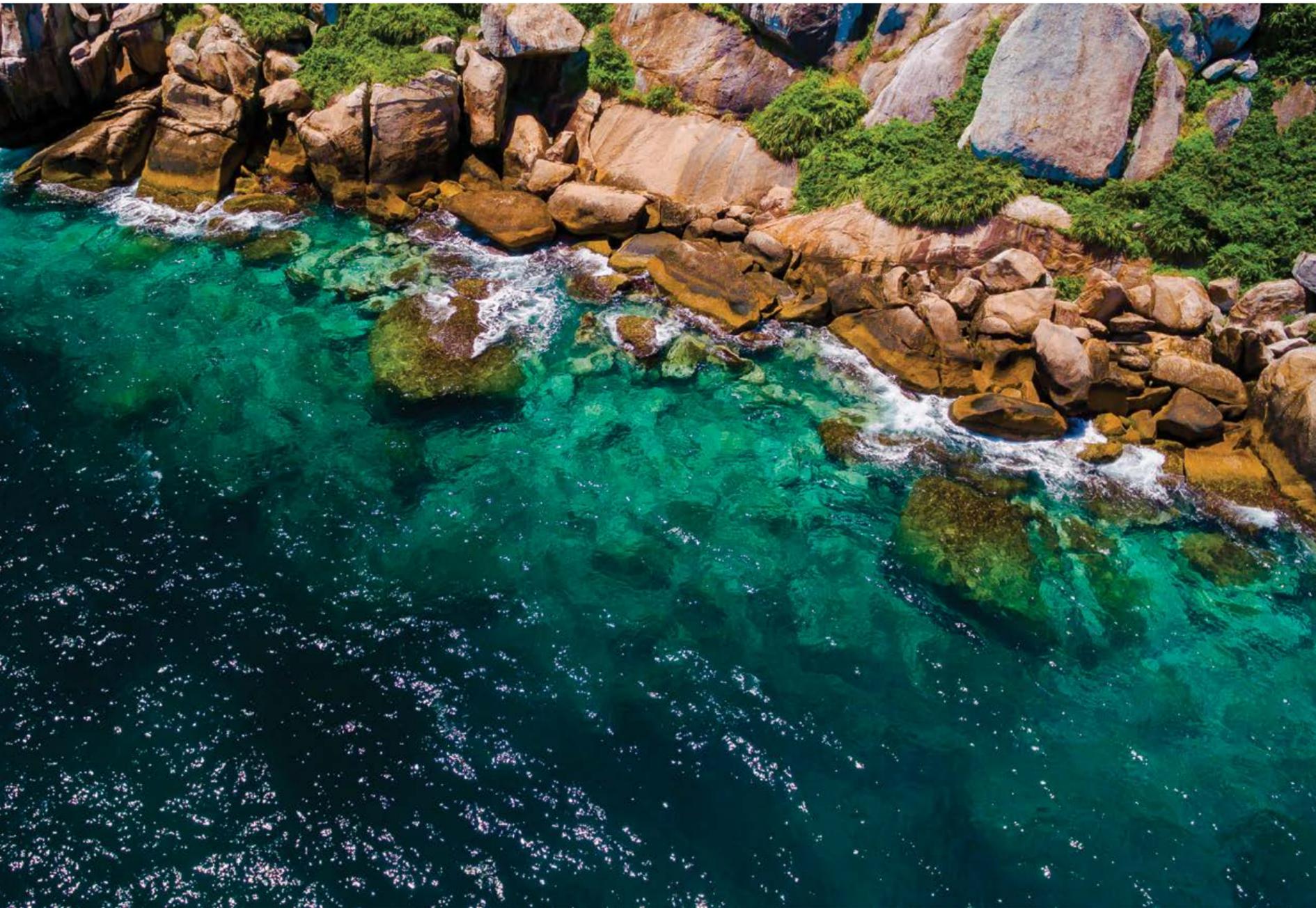


Ilha do Arvoredo (página 32), evidenciando a exuberante floresta que cobre sua superfície íngreme.
Detalhe de uma grande árvore coberta com algumas bromélias e orquídeas (página 33).





Costões rochosos da face sul da Ilha do Arvoredo (página 34) e imagem submarina deste ambiente em sua interface com a paisagem terrestre, onde um cardume de xaréus-brancos, ou guarajubas (*Caranx latus*) juvenis passa em busca de alimento (página 35).



Costão sul da Ilha Deserta (página 36) e a mesma região fotografada a quatro metros de profundidade, onde cardumes diversos se aglomeram para se alimentar na coluna d'água (página 37).

Entre as ilhas Deserta e Arvoredo, algumas rochas afloram, evidenciando sua rica e exuberante cobertura de algas. Ao fundo, a Ilha da Galé.



Costão rochoso da Ilha do Xavier, em seu contato com a superfície: as ondas impactam fisicamente as rochas de ambientes rasos em ilhas menos abrigadas. Poucos organismos, como algumas espécies de algas e os mexilhões (*Perna perna*), conseguem crescer nestas condições.





Típicos de recifes tropicais e com ampla distribuição no Oceano Atlântico, os belos peixes-anjo *Holacanthus tricolor* (página 42) e *Holacanthus ciliaris* (página 43), fotografados na Ilha Deserta, encontram seu limite sul de distribuição nos costões rochosos de Santa Catarina.





Um habitante ilustre e desejado pelos mergulhadores recreativos, a raia-borboleta, *Gymnura altavela* (em detalhe na página 44) passeia sobre os costões rochosos da Ilha Deserta (página 45).



Páginas 48 e 49: A imagem panorâmica, feita com a união de uma sequência de imagens sucessivas, revela a vastidão do banco de rodólitos (algas calcárias) do Rancho Norte, na Ilha do Arvoredo. Cada nódulo individual de alga tem cerca de 5 a 10 centímetros de diâmetro e, aglomerados, formam um complexo ambiente cujos interstícios são habitados por uma rica comunidade de peixes e invertebrados.

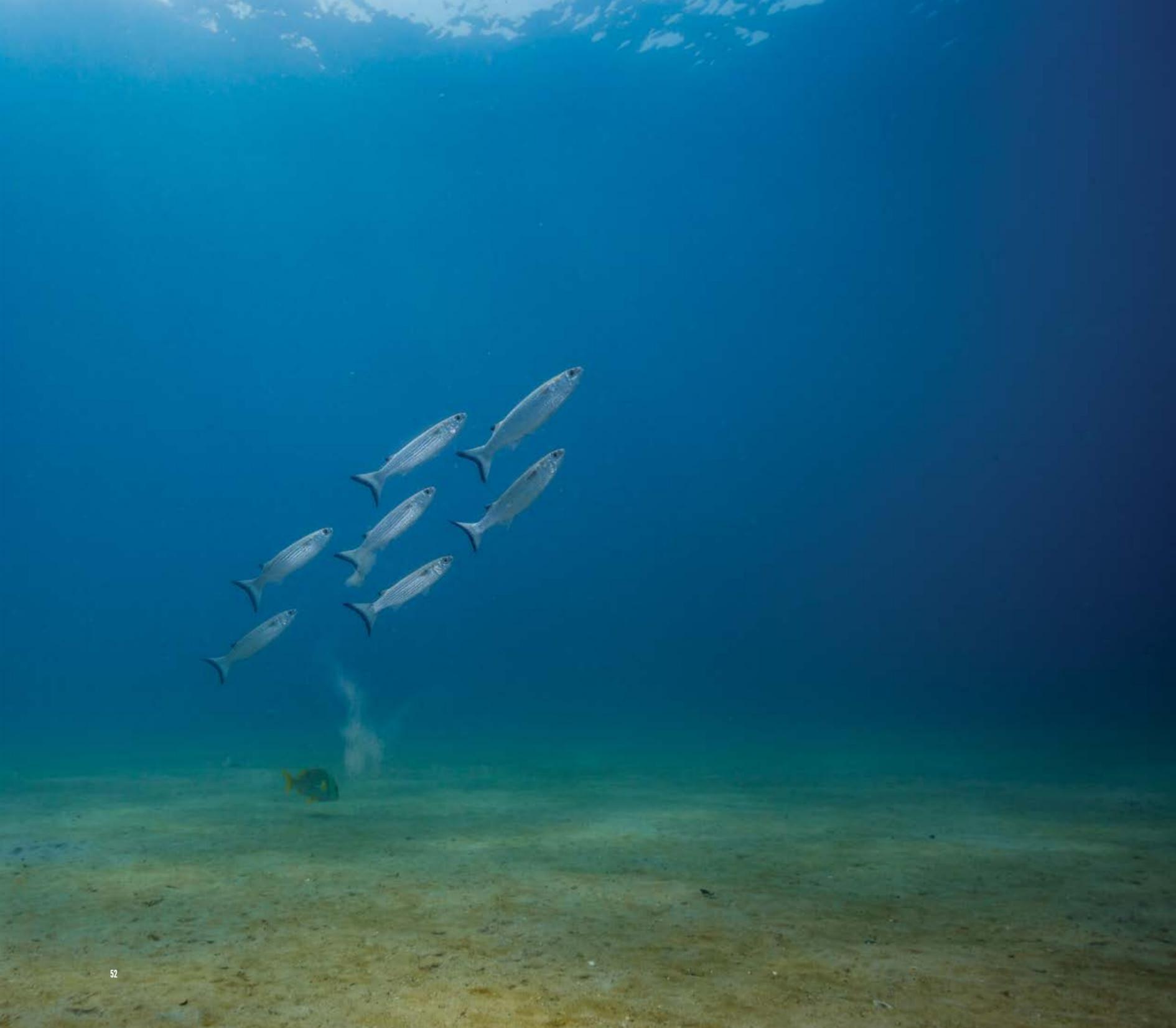
Páginas 50 e 51: Um grupo de garapoás (*Pseudocaranx dentex*) vasculha o banco de rodólitos (algas calcárias) da Ilha do Arvoredo em busca de peixes e invertebrados dos quais se alimentam, causando grande distúrbio no fundo.

A raia-borboleta (*Gymnura altavela*), fotografada na Ilha do Arvoredo, se desenterra e abandona sua camuflagem típica, que a confunde com o fundo arenoso.









Comum em regiões de fundo lodoso e arenoso, os paratis (*Mugil curema*) se aproximam com frequência dos costões rochosos, onde se alimentam em sua interface com a planície arenosa, como nessas fotos da Ilha do Arvoredo.



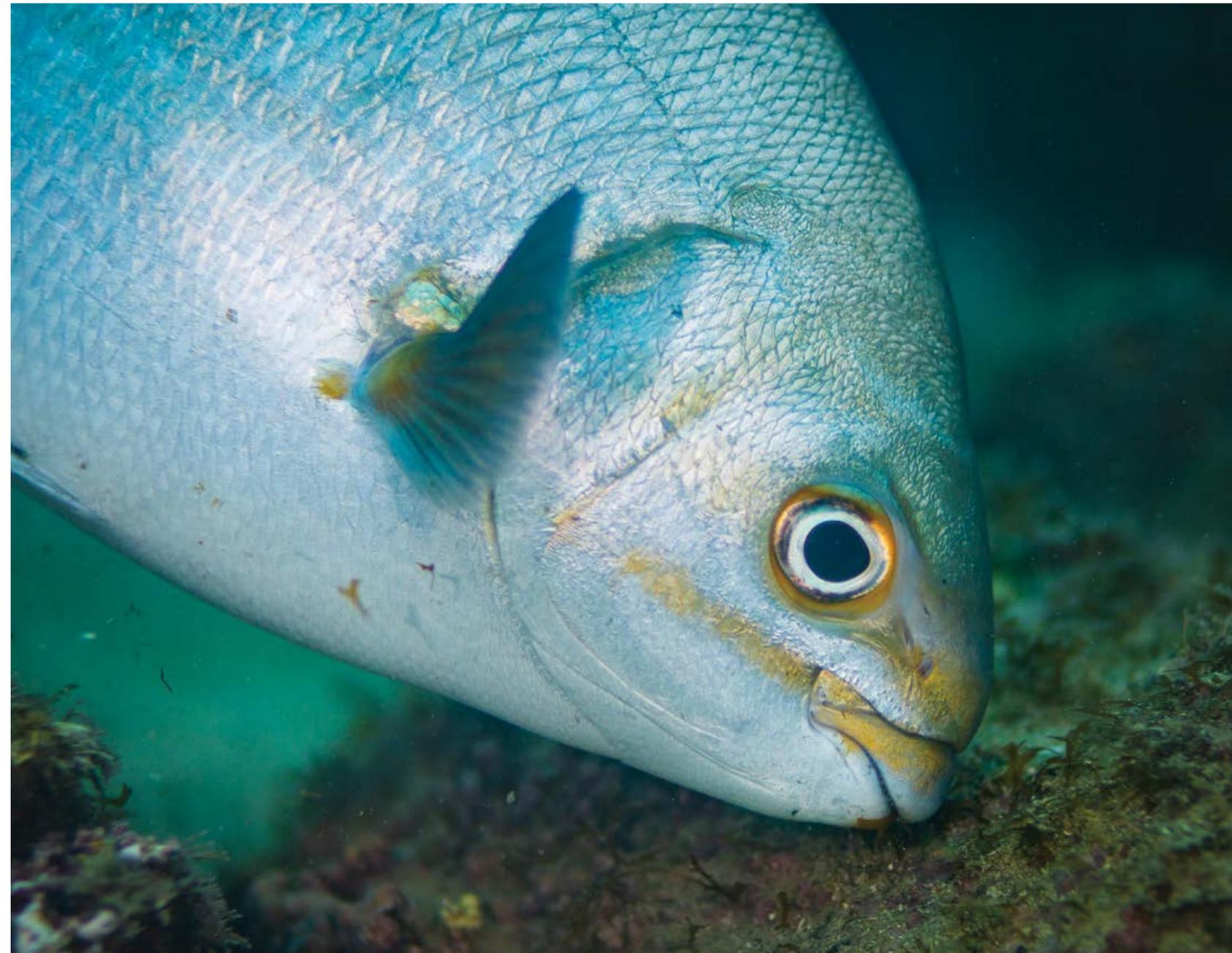
O peixe-borboleta-listrado (*Chaetodon striatus*), comum na Ilha do Arvoredo, é sempre visto aos pares. Acredita-se que nadar em dupla pode favorecer a defesa de território e vigilância contra predadores.



Os peixes-trilha (*Pseudupeneus maculatus*) podem ser encontrados nadando sozinhos ou em pequenos grupos. Por vezes, como nesta imagem da Ilha do Arvoredo, indivíduos descansam juntos entre rochas habitadas por camarões limpadores, que se alimentam de parasitas sobre o corpo de outros animais. Nessas situações, os peixes-trilha podem mudar de coloração, possivelmente para atrair o serviço dos crustáceos ou evidenciar seus parasitas.



A pirajica (*Kyphosus* sp.) pode atingir mais de 50 centímetros de comprimento, sendo um dos maiores peixes herbívoros dos costões rochosos de Santa Catarina. Usam seus dentes cortantes (página 56) para retirar algas do fundo, como fotografado na Ilha do Arvoredo (página 57).





A bela garoupa-de-são-tomé, *Epinephelus morio* (em detalhes acima) é, atualmente, um dos maiores peixes predadores dos costões rochosos da REBIO Arvoredo e entorno. Alvo da pesca e caça submarina, a espécie é relativamente rara. Esta, com cerca de 40 cm de comprimento, foi fotografada na Ilha do Xavier (página 59).





Os pequenos peixes que vivem entocados (página 60, em sentido horário), *Parablennius marmoratus*, *Emblemaropsis signifera*, *Hypsoblennius invernare* e *Scartella cristata*, são potenciais presas da garoupa-verdadeira (*Epinephelus marginatus*) (página 61), que caça usando a grande boca para sugar e engolir peixes e invertebrados inteiros.





Um pequeno caranguejo, *Mithrax tortugae*, caminha sobre as algas no costão rochoso (página 62), onde passa a maior parte do tempo camuflado e escondido em frestas, para evitar predadores como a garoupa-verdadeira (*Epinephelus marginatus*). Agarrado a um graveto, o pequeno caranguejo luta bravamente para não ser engolido pela garoupa, flagrada na Ilha do Arvoredo (página 63).





Habitante ilustre da REBIO Arvoredo e entorno, a lagosta-verde (*Panulirus laevicauda*) costuma passar o dia escondida entre frestas, como registrado na Ilha Deserta (Página 64). O olhar cuidadoso revela as belas cores da lagosta (página 65). Apreciada pela sua carne, a lagosta-verde é hoje pouco abundante nos costões rochosos da REBIO Arvoredo e entorno.





A vieira (*Nodipecten nodosus*), registrada na Ilha Deserta (páginas 66 e 67), é um dos mais belos moluscos que habitam os costões rochosos de Santa Catarina. Apreciada na culinária, foi bastante coletada e hoje é raramente encontrada em mergulhos nas ilhas ao redor de Florianópolis.

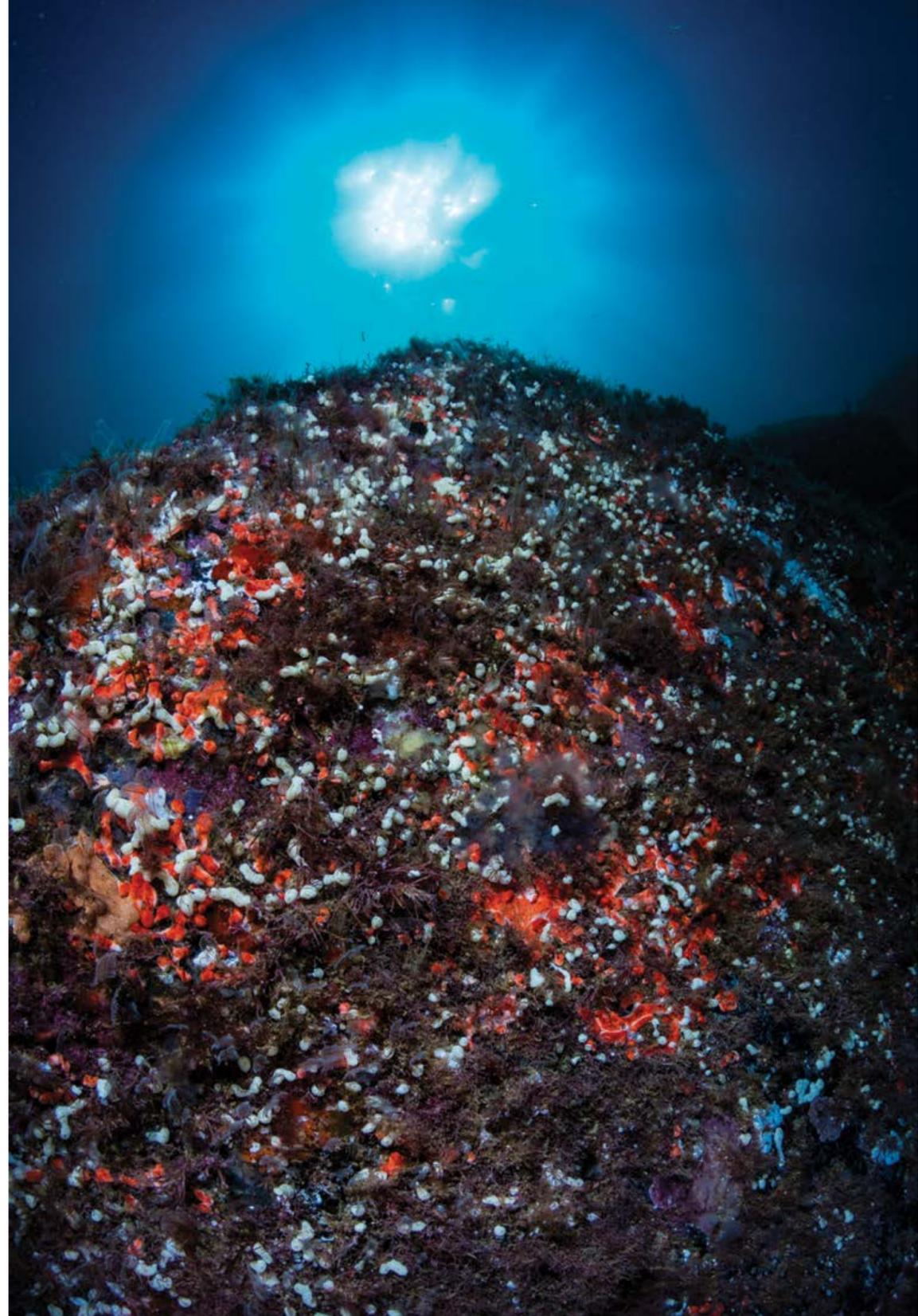




A pequena maria-da-toca (*Parablennius marmoratus*) apresenta diversas variações de coloração, e a forma alaranjada é uma das mais belas.



Um dos habitantes mais chamativos da REBIO Arvoredo, o diminuto nudibrânquio *Flabellina engeli lucianae*, é um molusco gastrópode que atinge apenas cerca de três centímetros de comprimento.



A face íngreme de uma grande rocha na Ilha Deserta, coberta por diversas espécies de invertebrados coloridos e que se alimentam filtrando a água. À direita, detalhes do fundo coberto por ascídias e hidrozoários coloniais.





Nos costões rochosos da Ilha Deserta (página 73) o octocoral *Carijoa riisei* encontra seu habitat típico: rochas íngremes e sombreadas. Na página 72, detalhe de um pólipó com aproximadamente cinco milímetros de diâmetro.



Um dos mais coloridos habitantes da REBIO Arvoredo e entorno, o zoantídeo *Parazoanthus swiftii* costuma cobrir as rochas mais sombreadas com seus pólipos, formando um belo tapete alaranjado, como na rocha fotografada na Ilha do Xavier (página 75). O detalhe dos pólipos (página 74) revela a semelhança e parentesco com os corais, apesar dos zoantídeos não terem esqueleto rígido e não serem considerados corais verdadeiros.



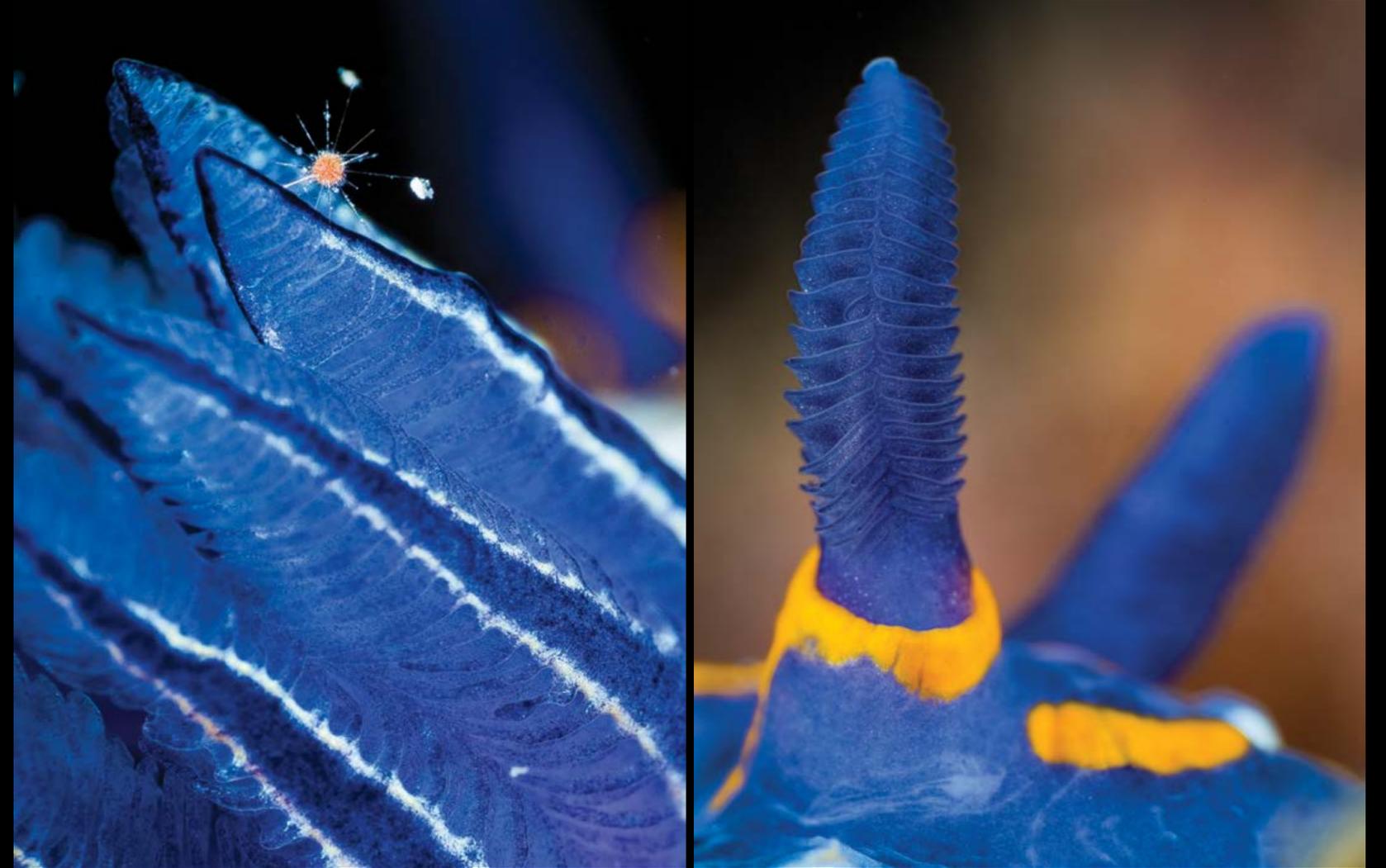
Na Ilha do Xavier, as esponjas, como *Polymastia janeirensis* (página 76) e *Drasmacidon reticulatum* (página 77), filtram a água do mar para obter alimento e cobrem de cores diversas o costão rochoso.





Diversos animais que cobrem o fundo rochoso, como a esponja *Suberites aurantiacus* (página 78), fotografada na Ilha das Aranhas, servem de abrigo e alimento para espécies de invertebrados, como o pequeno molusco gastrópode *Cerithium* sp. (página 79).





Se houvesse um concurso de beleza da REBIO Arvoredo, este seria um dos concorrentes principais (página 80). Apesar de diminuto, com apenas dois centímetros de comprimento, o nudibrânquio *Fellmare lajensis* não passa despercebido por mergulhadores. Suas cores fortes anunciam sua presença, além de indicarem que a espécie é impalatável a predadores, devido às toxinas que carrega. Fotografada em detalhes na Ilha do Xavier, a imagem da esquerda, na página 81, revela ainda um pequeno foraminífero sobre as brânquias do gastrópode.





Páginas 82 e 83: Um dos mais belos mosaicos do fundo do mar da REBIO Arvoredo e entorno é criado por pólipos de uma única espécie, o pequeno cnidário coralimorfário *Corynactis* sp.. A imagem mostra três colorações diferentes dos pólipos dessa espécie (da esquerda para direita: vermelho, alaranjado e magenta) em meio a esponjas incrustantes, sobre rochas da Ilha das Aranhas.

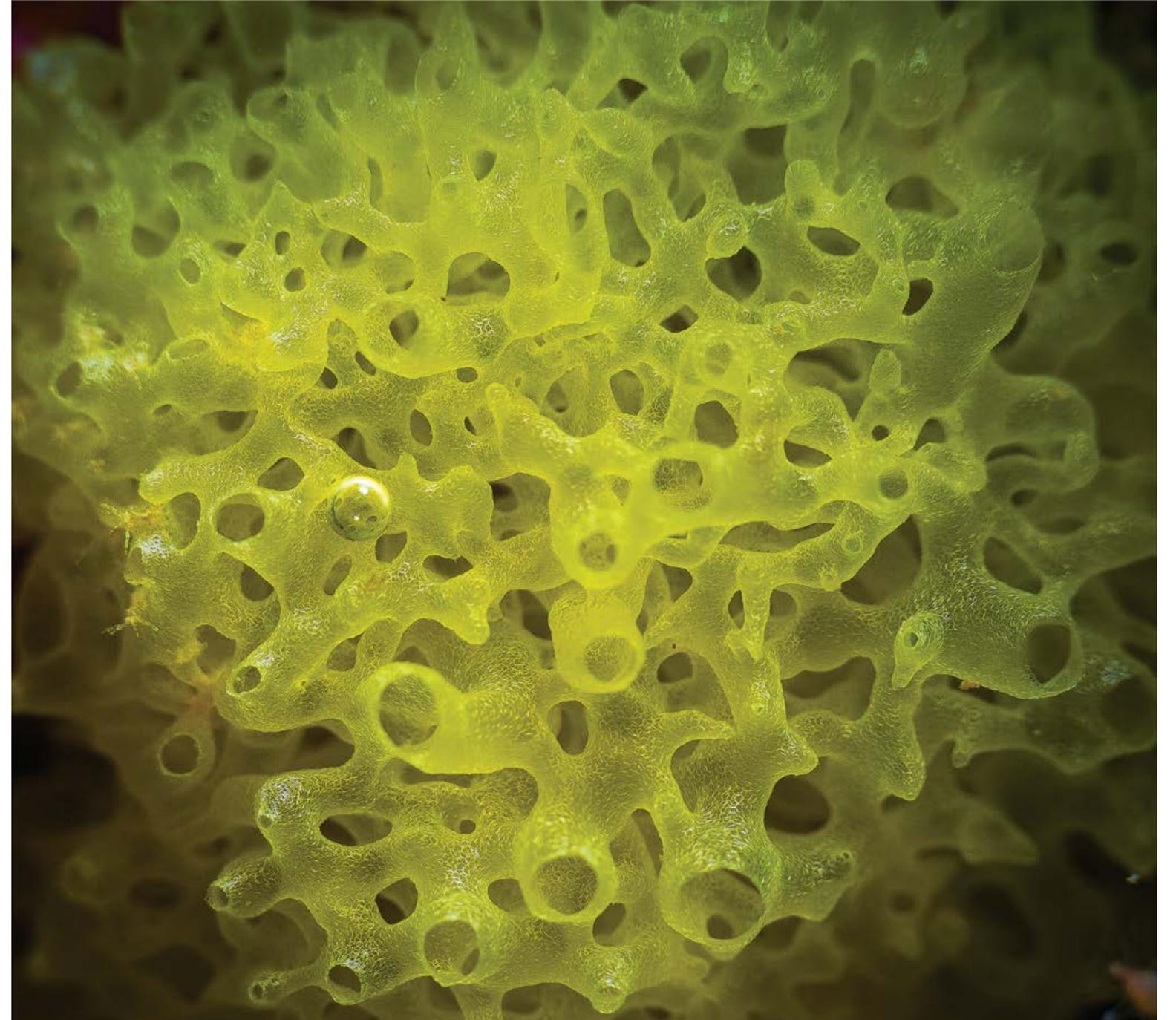
Páginas 84 e 85: Um belo mosaico é formado pelas coloridas ascídias coloniais que crescem competindo por espaço no fundo rochoso. As imagens da Ilha do Xavier revelam, da esquerda para direita: *Didemnum granulatum*, *Didemnum ligulum* e *Didemnum rodriguesi*.

A rocha, completamente tomada por ascídias coloniais e esponjas coloridas, se destaca no fundo da Ilha do Xavier e impressiona pela biodiversidade que a recobre.

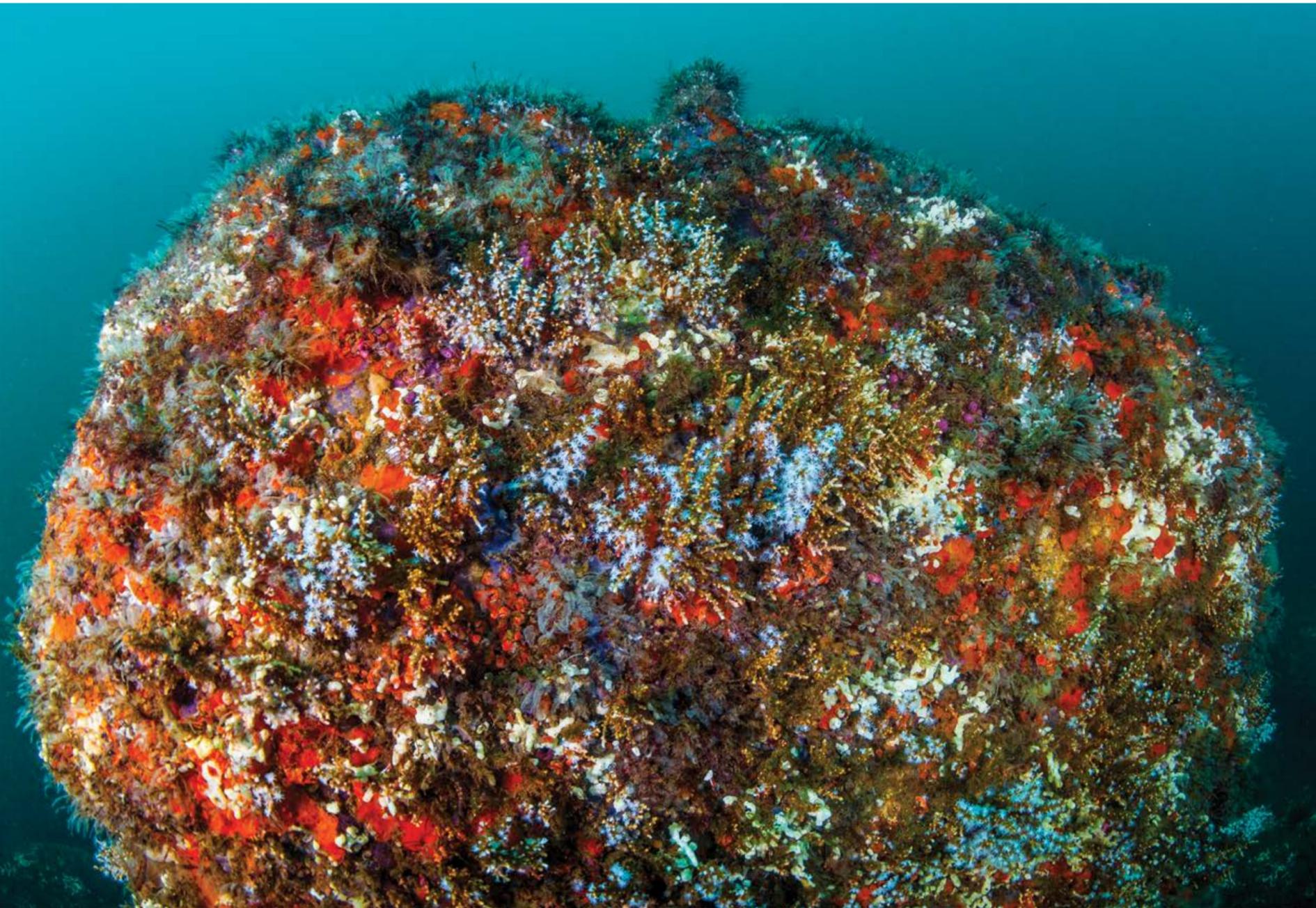




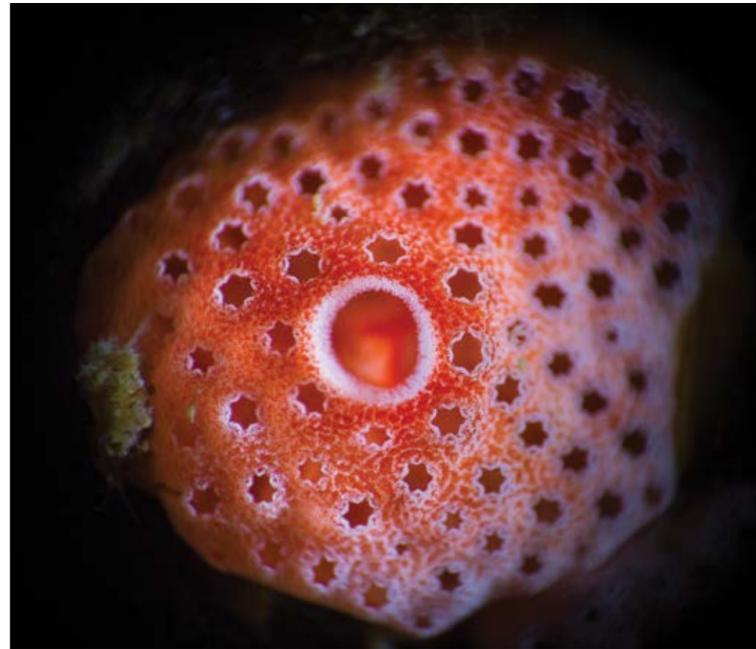
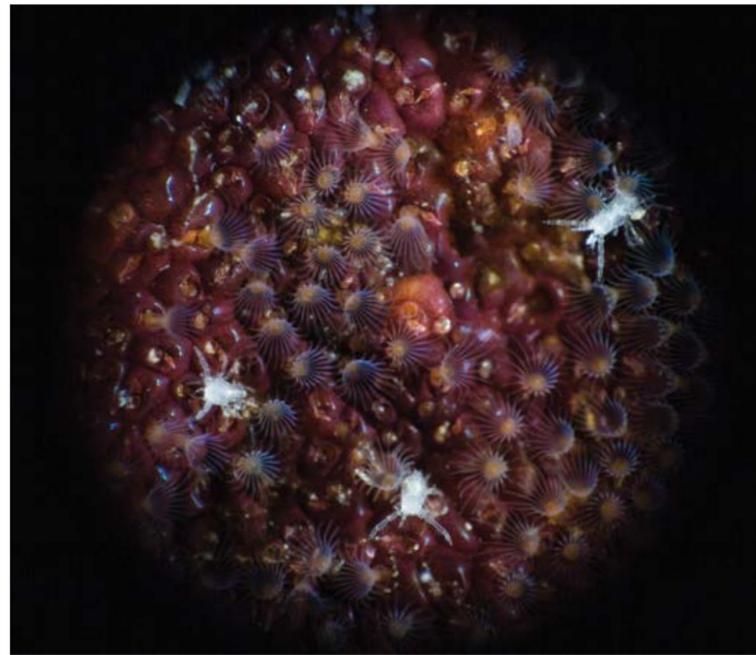
Detalhes da pequena ascídia colonial, *Symplegma brakenhielmi*.



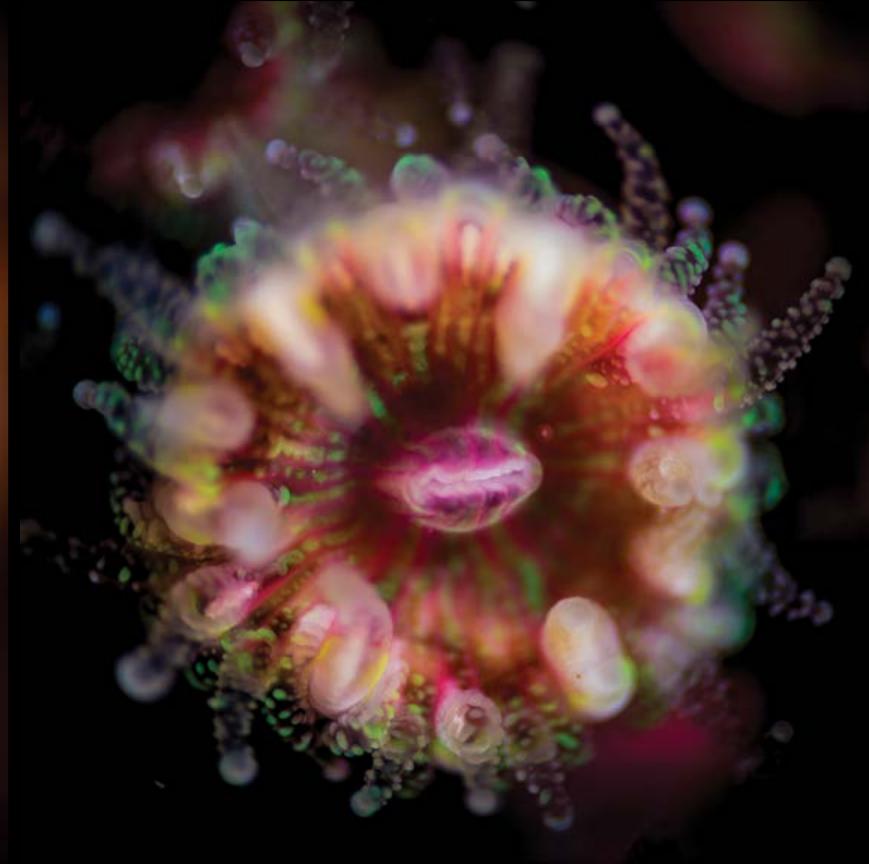
A bela estrutura da esponja *Clathrina aurea* é revelada com a fotografia de detalhe, retratando uma área com apenas um centímetro quadrado.



No fundo do parcel norte da Ilha Deserta, a 20 metros de profundidade, as rochas são tomadas por invertebrados coloridos, em sua maioria animais filtradores, que são beneficiados pela passagem de correntes de água repletas de nutrientes.



Alguns dos diminutos animais que habitam as rochas ou se abrigam entre os invertebrados aderidos a elas (em sentido horário): crustáceos anfípodes sobre briozoário; crustáceo caprelídeo sobre hidrozoário; ascídias coloniais *Botrylloides nigrum* e *Didemnum rodriguesi*.

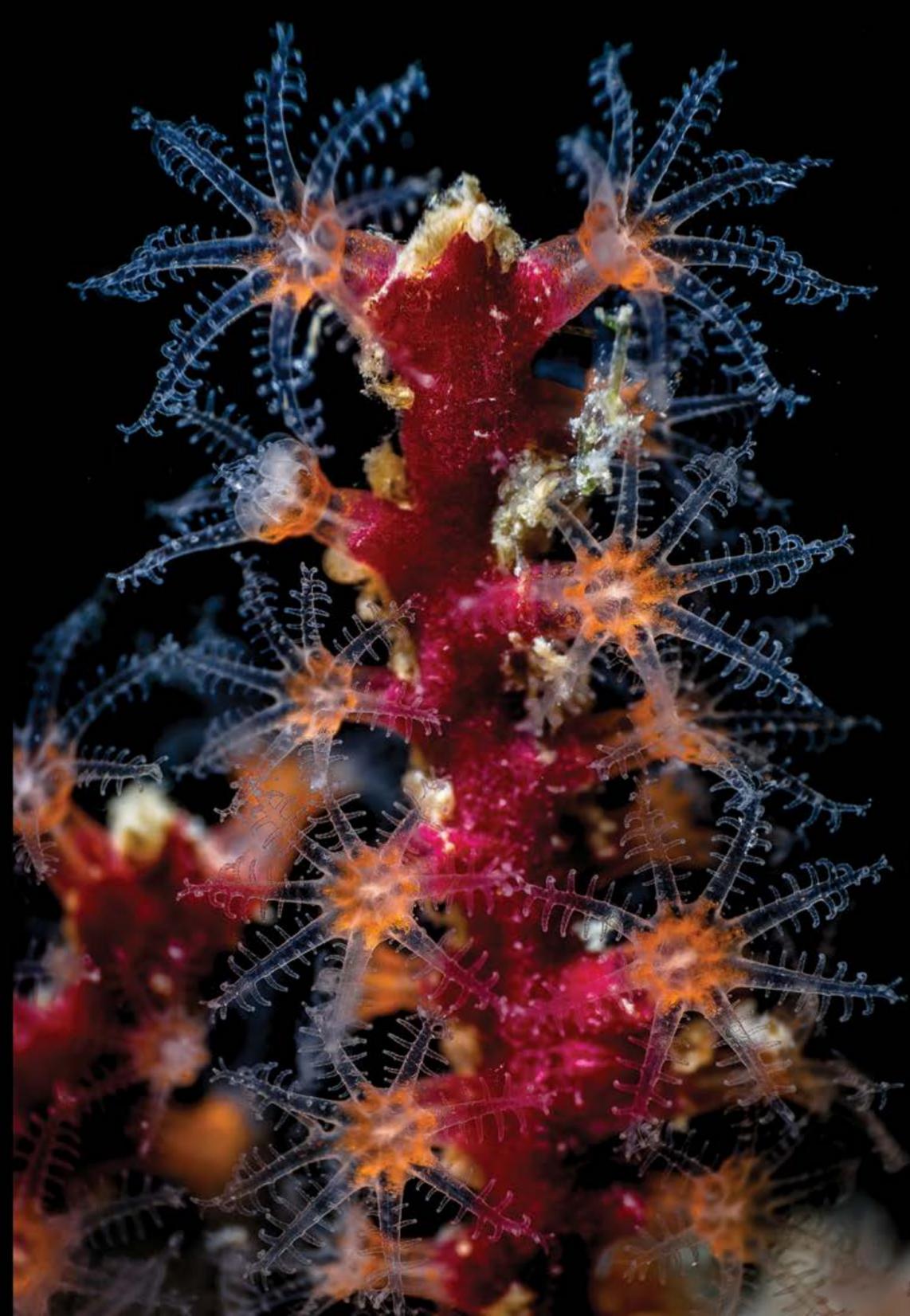


Dentre os mais belos e coloridos animais dos costões rochosos de Santa Catarina estão os cnidários antozoários, grupo dos corais, anêmonas-do-mar e coralimorfários, semelhantes a pequenas flores. Apesar de terem cor e forma parecidos, os dois pólipos da página 92, sem esqueleto rígido, são coralimorfários (*Corynactis* sp.). As espécies da página 93 possuem esqueleto calcárioo. São os corais *Phyllangia americana* e *Astrangia rathbuni*.

O cnidário coralívorário *Corynactis* sp., em detalhes. Os pequenos tentáculos, terminados em esferas esbranquiçadas, têm aproximadamente dois milímetros de comprimento.



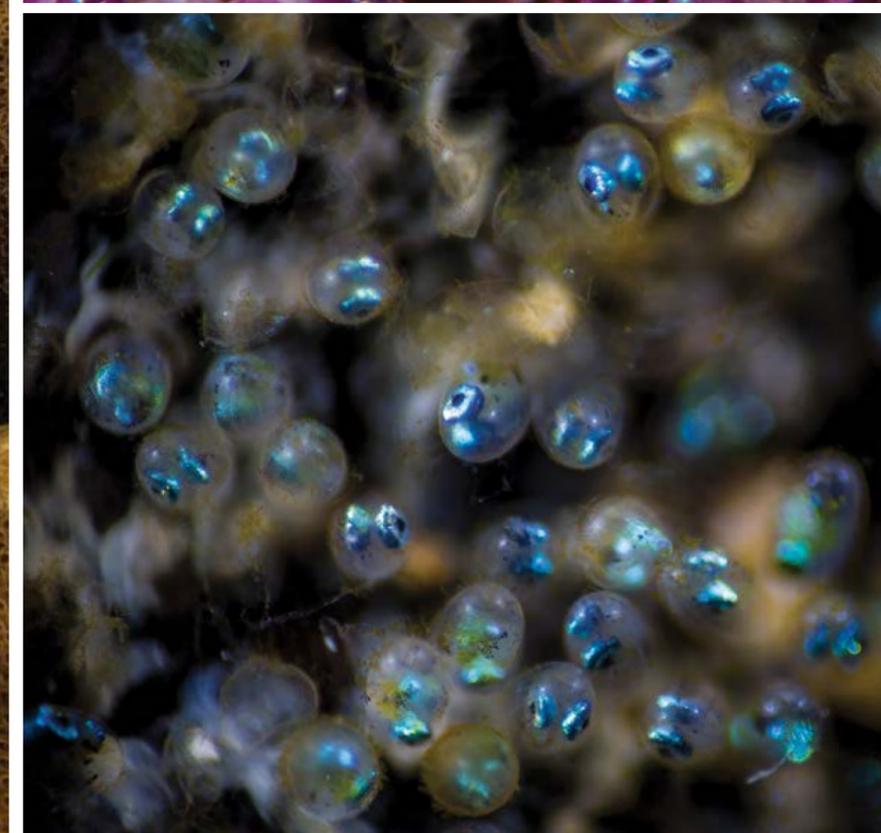
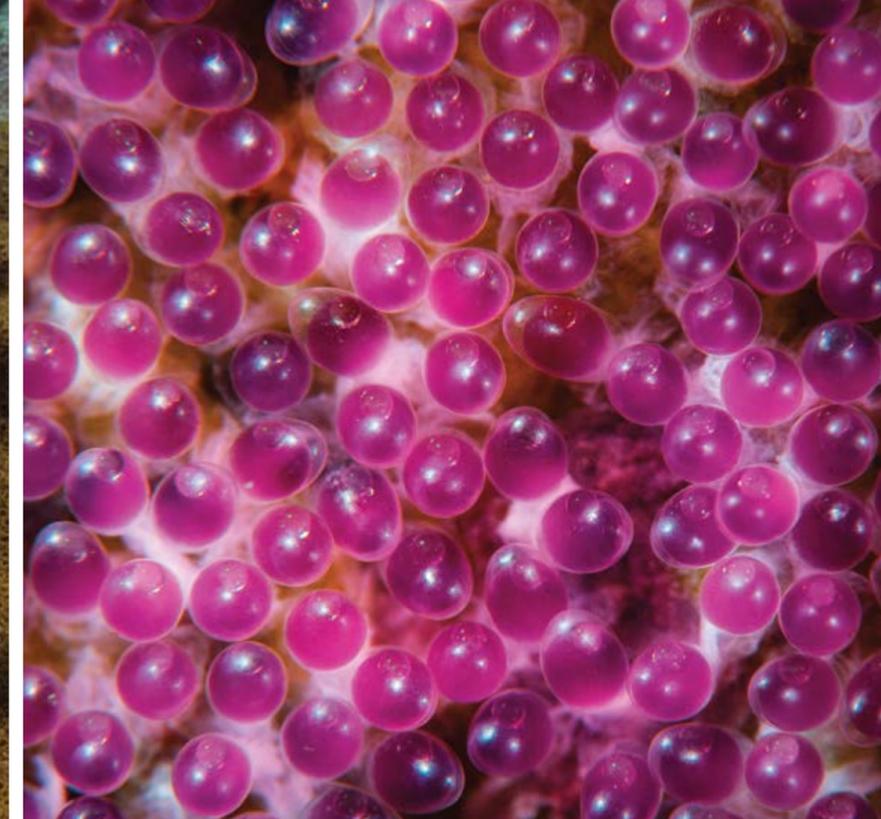
Pólipos de antozoários, como o zoantídeo *Parazoanthus swiftii*, possuem tentáculos lisos, sem ramificações (página 96), ao passo que os de octocorais, como os da gorgônia *Leptogorgia punicea* (página 97), são ramificados (pinados) e sempre presentes em número de oito em cada pólipos. Os tentáculos coletam alimentos dispersos na água e os levam até a boca, no centro dos pólipos.



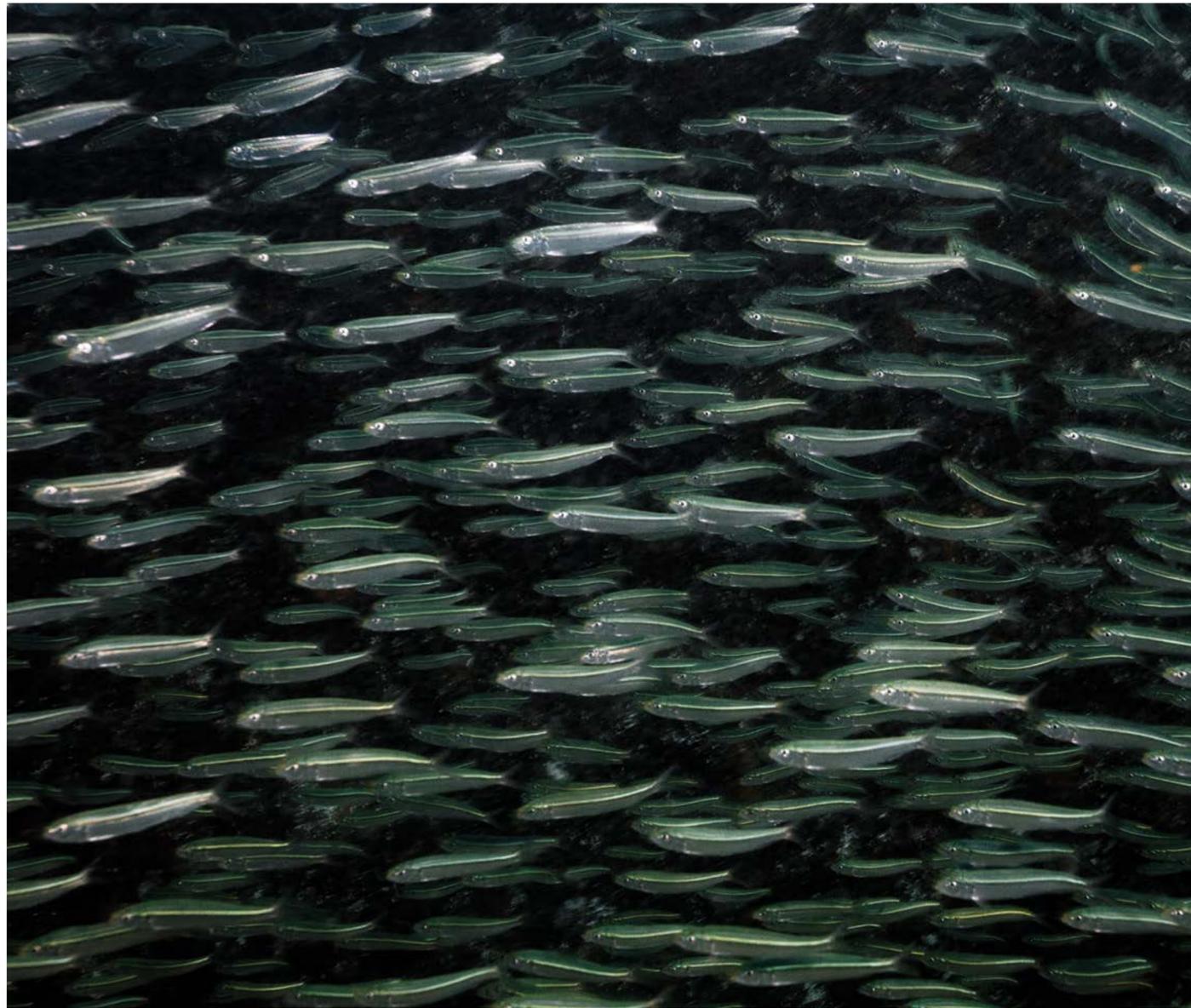


Variações sobre um mesmo tom! Apesar da coloração diferente, as fotos das páginas 98 e 99 são de uma mesma espécie de anêmona, *Anemonia sargassensis*, comum nas águas mais rasas das REBIO Arvoredo e entorno.





Pai dedicado, o macho de sargentinho (*Abudefduf saxatilis*) (página 100) cuida dos ovos aderidos à rocha e por ele fecundados. Nessa fase, ele muda de coloração, do típico amarelo com listras pretas para azul escuro, e se torna muito agressivo, espantando qualquer potencial predador dos ovos (página 100). Os ovos mudam de coloração à medida que se desenvolvem (página 101) até a sua eclosão, quando as pequenas larvas partem para uma fase pelágica e passam dias na coluna água.



Águas ricas em nutrientes da REBIO Arvoredo e entorno são uma importante fonte de recursos para diversos peixes que se alimentam de plâncton e formam grandes cardumes, como as sardinhas (*Harengula* spp.), retratadas nas páginas 102, 103 e 104 em diferentes pontos da ilha do Arvoredo.





A bela e escarpada costa leste da Ilha Deserta, exposta diretamente às grandes ondulações de mar aberto.



Grandes cardumes de diversas espécies podem ser avistados na Ilha do Arvoredo: juvenis de guarajubas (*Caranx latus*) (página 108) e cocorocas (*Haemulon aurolineatum*) (página 109).





Cardumes de robalos (*Centropomus parallelus*) habitam as ilhas da REBIO Arvoredo.

Páginas 114 e 115:
Um grande cardume
de enxadas ou
parus-brancos
(*Chaetodipterus faber*)
passa perto dos costões
rochosos da Ilha Deserta.
São peixes com ecologia
e comportamento ainda
pouco conhecidos.

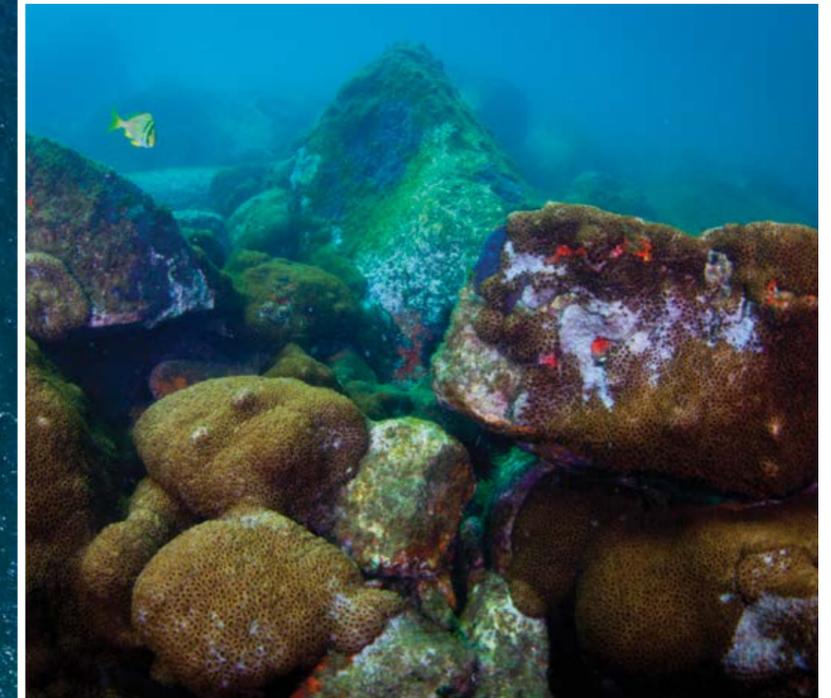
Páginas 116 e 117:
Cardumes de peixe-agulha
(*Hemiramphus* sp.), como
este fotografado na Ilha
Deserta, costumam nadar
próximos à superfície em
costões rochosos com alta
exposição a ondas.

Grandes predadores, os
robalos (*Centropomus
parallelus*), usam sua
boca extensível para
engolir pequenos peixes
na coluna d'água.



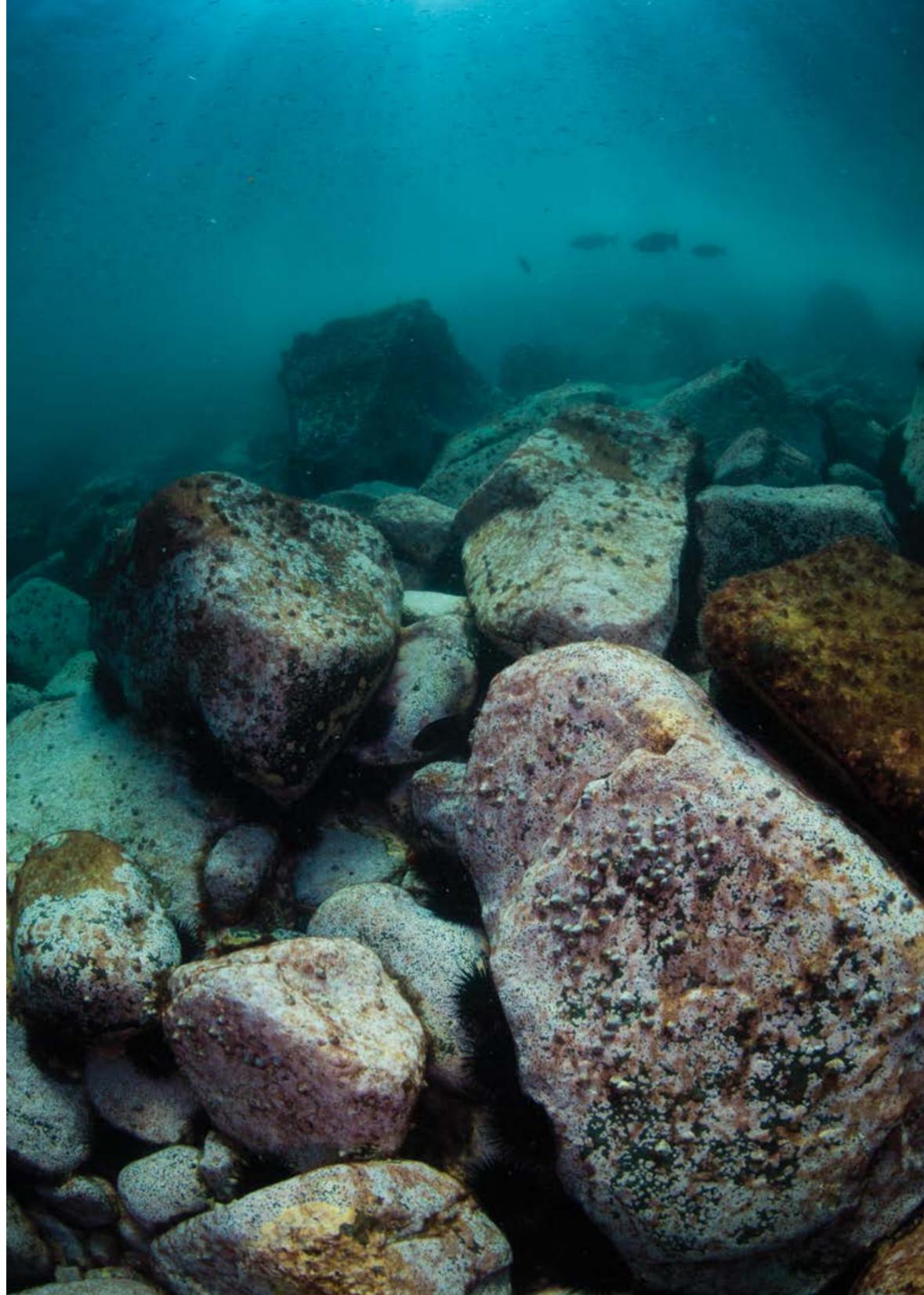




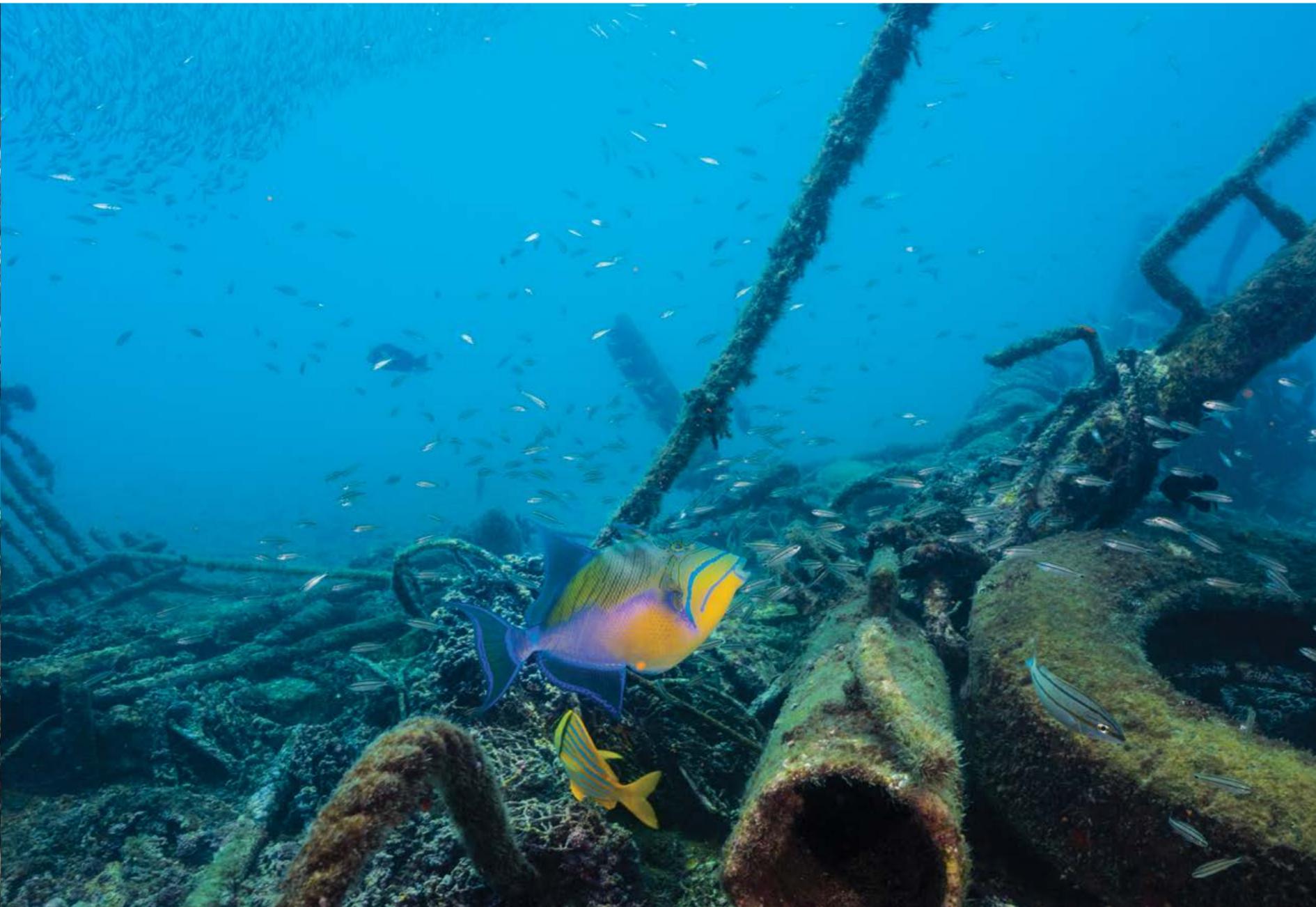


118 Vista aérea da Ilha Deserta mostrando seus costões leste (página 118), expostos às grandes ondas de mar aberto, e costões oeste (página 119), mais abrigados. As fotografias submarinas foram feitas nos respectivos costões, evidenciando as diferenças tanto na comunidade de animais sésseis sobre o fundo rochoso, quanto nos peixes que vivem ou visitam esses ambientes com diferentes batimentos de ondas.

Paisagem dos costões rochosos rasos adjacentes à face oeste da Ilha Deserta, mostrando rochas cobertas por algas calcárias incrustantes, de coloração rosa, e cracas. Ao fundo, um pequeno cardume de pirajicas (*Kyphosus* sp.).



O curioso peixe-galo (*Selene vomer*), de passagem próximo à espuma das ondas, na face leste da Ilha Deserta.



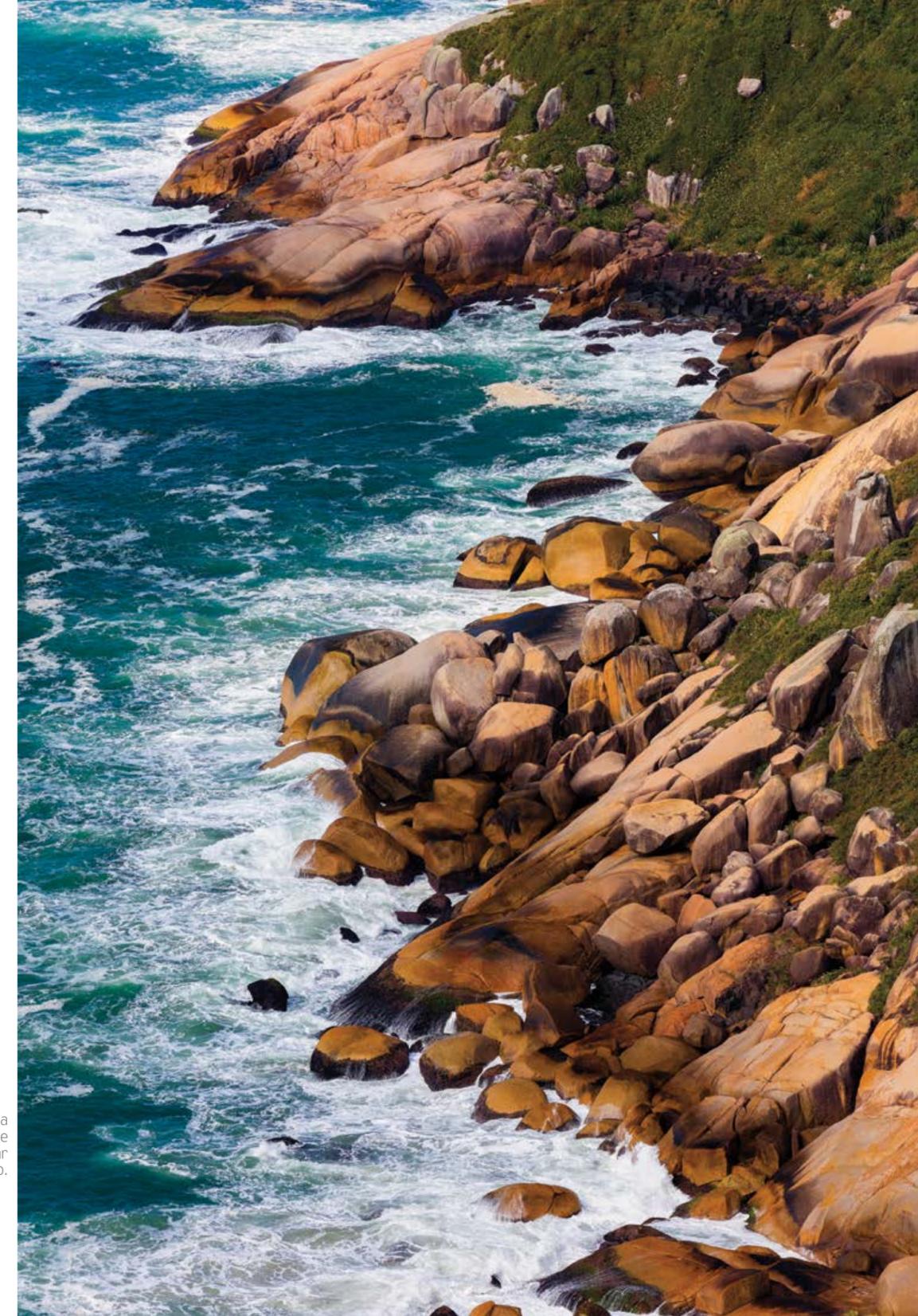
Barcos e estruturas naufragadas podem ser incrustados por animais marinhos e se tornam recifes artificiais. Aqui, um naufrágio no Rancho Norte, na Ilha do Arvoredo, abriga peixes típicos de costões rochosos, como o frade ou paru (*Pomacanthus paru*) (página 122) e o cangulo-rei (*Ballistes vetula*) (página 123).



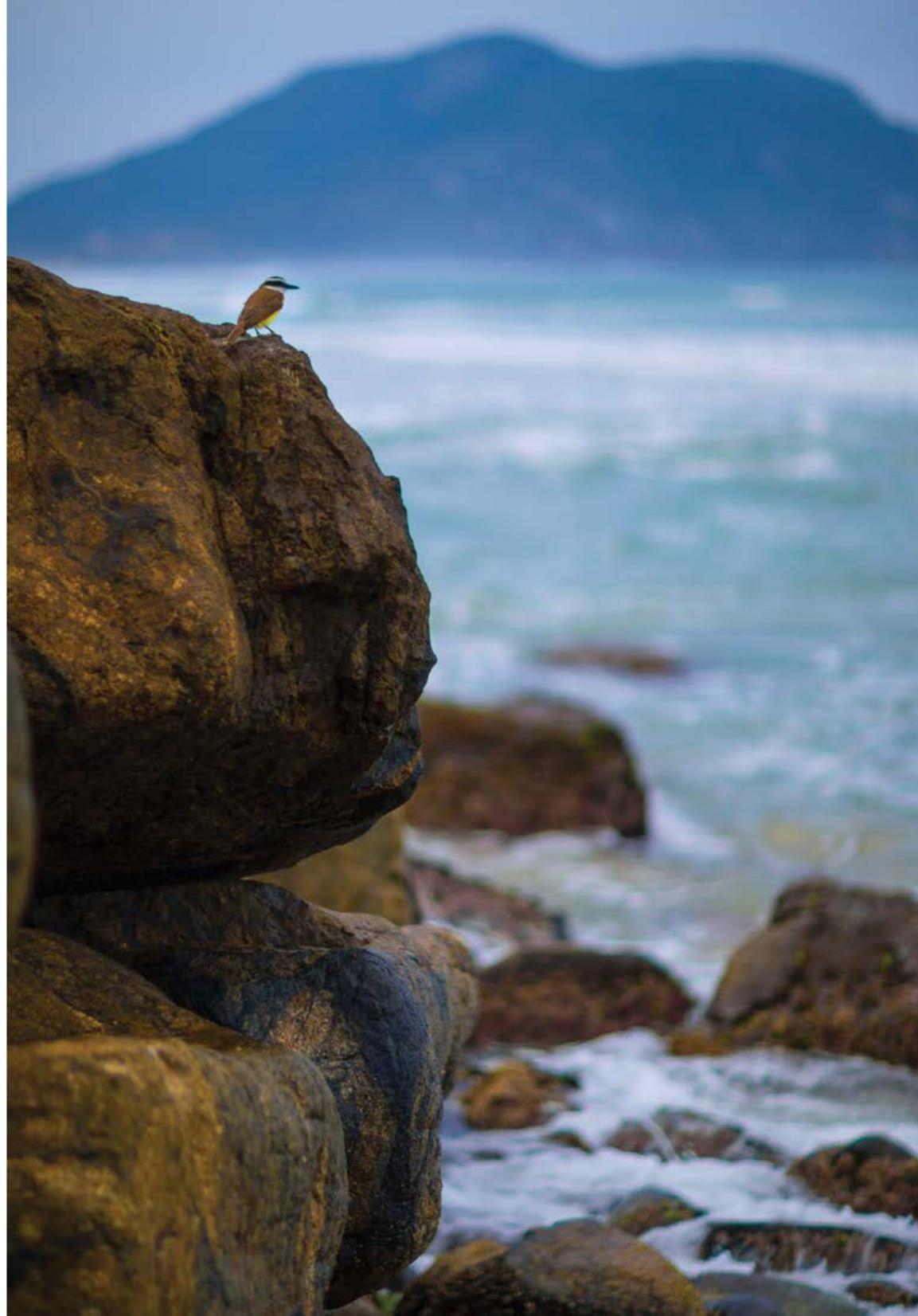
A estrutura física dos costões da REBIO Arvoredo e entorno, de origem rochosa, é definida pela geologia das ilhas. Pode-se dizer que o fundo marinho espelha a formação rochosa emersa. As fotos mostram duas grutas de formação semelhante: uma emersa, na face norte da Ilha do Arvoredo, com vista da Ilha Deserta ao fundo (página 124), e outra a seis metros de profundidade na Baía do Farol, na Ilha do Arvoredo, ocupada por sargos-de-beiço (*Anisotremus surinamensis*) e marimbaus (*Diplodus argenteus*), além de uma variedade de invertebrados (página 125).



Costa oeste da Ilha do Xavier, mostrando a formação rochosa e a vegetação herbácea e arbustiva.



A costa leste da Ilha do Campeche em dia de mar agitado.



Pescador oportunista, o bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*) é uma das muitas espécies de ambientes terrestres que interage com animais marinhos. Paciente, pode esperar por diversos minutos em rochas altas dos costões rochosos, como registrado na Praia do Santinho (página 128), até que o movimento da água exponha peixes que habitam poças de maré. Com a oportunidade, a ave ataca e captura pequenos peixes, como a maria-da-toca (*Scartella cristata*) exibida na página 129. O bem-te-vi pode, portanto, agir como um predador marinho.





Não só os seres marinhos se beneficiam da REBIO Arvoredo e seu entorno. As belas paisagens e a rica vida marinha da região atraem, direta ou indiretamente, visitantes que buscam a beleza das praias, como a do Santinho (página 130), ou pessoas que ganham a vida explorando os recursos marinhos, como os pescadores da praia da Armação, em Florianópolis (página 131).



A OCUPAÇÃO DA ILHA DO ARVOREDO E DO LITORAL CATARINENSE: UMA HISTÓRIA DE LONGA DURAÇÃO

CAPÍTULO 02

Angela Sabrine do Nascimento Salvador; Lucas Bond Reis; Lucas Bueno

A Reserva Biológica Marinha do Arvoredo está inserida no litoral central de Santa Catarina, o qual compreende desde o baixo vale do rio Itajaí até o território do município de Garopaba. Essa área é exuberante em belezas naturais e não de hoje isso é notável. Há milhares de anos essa exuberância vem sendo continuamente vivenciada e experimentada por diferentes grupos humanos. Através da Arqueologia e da História, reunimos evidências acerca do processo de ocupação desse território e podemos começar a compreender a relação estabelecida entre homem e ambiente ao longo da história do povoamento do litoral central catarinense.

Particularmente, na Ilha do Arvoredo vemos evidências de ocupações antigas atestadas por meio de oito sítios arqueológicos: um sambaqui (conchífero); um abrigo sob rocha, contendo cerâmica Taquara/Itararé; dois sítios de amoladores-polidores fixos e quatro sítios de representações rupestres.

Representações rupestres da Ponta do Letreiro, Ilha do Arvoredo.

Histórico da ocupação do litoral central catarinense e Ilha do Arvoredo

Conforme os dados disponíveis, sabemos que o litoral catarinense é ocupado há mais de 6.000 anos A. P¹. Os registros apontam que grupos de pescadores-caçadores-coletores foram os primeiros a ocupar essa região, sendo que as principais evidências que identificam a ocupação desenvolvida por esses grupos são os sambaquis, amontoados de conchas compostos pela superposição de camadas arqueológicas que também podem apresentar restos faunísticos – moluscos bivalves e gastrópodes, além de ossos de peixes, aves e mamíferos aquáticos e terrestres – remanescentes ósseos humanos, artefatos líticos e ósseos, vestígios vegetais e sedimentos.

No litoral catarinense, os sambaquis possuem uma altura variável entre 2 e 30 metros, porém, há informações sobre a existência de sambaquis de até 70 metros de altura por 500 metros de comprimento. A maior parte dos sambaquis é encontrada em áreas em que há abundância de recursos, próximos ao mar, lagoas, estuários, manguezais e florestas, em ambientes que favoreciam a prática da pesca, da caça, da coleta e eventualmente da horticultura.

Na estratigrafia desses sítios, é recorrente a existência de camadas espessas que apresentam exclusivamente conchas. Por isso, até a década de 1980, acreditava-se que os sambaquis eram restos de alimentação, ou seja, resultado do acúmulo de conchas descartadas em local

de consumo. Contudo, conforme apontam estudos desenvolvidos a partir da década de 1990 com restos de animais encontrados nesses sítios, a dieta dos grupos que construíram os sambaquis é pautada, sobretudo, na pesca.

Sob a luz de novos estudos, percebeu-se que as conchas eram proposadamente depositadas a fim de construir pequenos montes. Além disso, constatou-se o preparo intencional de áreas específicas nos sambaquis destinadas ao sepultamento de mortos – contextos em que estão presentes acompanhamentos funerários, como artefatos, fogueiras e oferendas alimentares. Desse modo, estudos recentes têm entendido que os sambaquis são resultados da realização de uma série de rituais

ESTRATIGRAFIA

No âmbito da arqueologia, o estudo da estratigrafia consiste na análise da sobreposição das camadas sedimentares que compõem o registro arqueológico. Em síntese, o princípio é: quanto mais profunda a camada, mais antiga sua deposição.



Sambaqui Ponta das Almas, localizado na Lagoa da Conceição, Florianópolis. Acervo MARquE/UFSC.



1 - Antes do Presente, 1950.

funerários. Portanto, esses acúmulos de conchas passaram a ser vistos como monumentos na paisagem, os quais possivelmente possuíam um caráter simbólico ritual no que remete à memória dos grupos que os construíram. Os sambaquis consistiam, também, em marcadores de domínio territorial, os quais poderiam sinalizar áreas de exploração de recursos de grupos que construíram estes monumentos.

No que diz respeito à tecnologia lítica (que utiliza material rochoso), os vestígios encontrados nesses contextos estão lascados e/ou polidos. Grande parte desses artefatos em pedra foi produzida como forma de adaptação ao meio ambiente para extrair e processar recursos, sendo recorrente a presença de machados, cunhas, batedores, mãos-de-pilão, almofarizes, quebra-coquinhos, entre outros. Contudo, existem também esculturas em pedra, em formato de animais, cuja função ainda é desconhecida: os zoólitos - artefatos líticos em formato de animais, produzidos a partir do polimento de rochas duras.

Na Ilha de Santa Catarina, há registros de mais de 60 sambaquis, os quais apresentam uma altura variável entre 1 e 10 metros. Conforme os dados disponíveis atualmente, o sítio Porto do Rio Vermelho I, localizado próximo à Lagoa da Conceição, apresenta a data mais antiga para ocupação sambaqueira no litoral central catarinense: 5.020 A. P.

A partir de cerca de 2.000 A. P., houve uma mudança no padrão deposicional dos sambaquis do litoral catarinense. Além de conchas, estes contextos passam a ser construídos por camadas com grande quantidade de ossos de peixes e por sedimento de coloração escura que apresenta carvão e outros elementos orgânicos em abundância. Contudo, as características funerárias que definem sua formação permanecem, sendo que parece existir continuidade do padrão de construção percebido nos sítios mais antigos.

Tal mudança pode estar relacionada ao estabelecimento de contato com grupos Jê meridionais, antepassados dos povos Kaingang e Xokleng, que ainda vivem em Santa Catarina, seja devido à chegada destes ao litoral ou ao estabelecimento de contatos culturais em outras regiões geográficas ocasionados por uma maior mobilidade dos grupos sambaqueiros. Por volta de 1.000 A. P., essa cerâmica Taquara/Itararé apareceu em contextos conchíferos do litoral central ca-

tarinense. Pelo que se sabe, esse tipo de cerâmica era produzida por povos Jê Meridionais.

Além dos contextos conchíferos com cerâmica, entendidos como espaço de moradia, outros dois tipos de sítios podem fazer parte de uma dinâmica de ocupação do espaço desenvolvida por grupos Jê Meridionais: 1. Amoladores-polidores fixos; 2. Representações rupestres. Nesse sentido, enquanto os primeiros seriam locais destinados à produção de artefatos líticos, os segundos se constituiriam em áreas de significado simbólico.

Para o contexto do litoral central de Santa Catarina, representações rupestres consistem em marcas gravadas em bloco ou paredes rochosas através de diferentes técnicas (incisão polimento, picoteamento ou raspagem), sendo que podem apresentar morfologia geométrica ou esquemática.

Os artefatos em pedra encontrados nesses contextos são bastante semelhantes àqueles registrados em sambaquis sem cerâmica. Contudo, apresentam, também, grande quantidade de instrumentos produzidos a partir de ossos (de peixes, de mamíferos e de aves), de conchas e de dentes de animais.

Dentre os sítios arqueológicos registrados na Ilha de Santa Catarina, 11 contextos conchíferos contêm cerâmica Taquara/Itararé no seu registro arqueológico. Apenas três destes foram datados e atestam que a ocupação ceramista nos sambaquis se situa entre, aproximadamente, 1.200 e 700 A. P.

Contudo, estudos sobre a dieta dos grupos que ocuparam sambaquis em contextos com a presença de cerâmica Taquara/Itararé têm mostrado que há uma semelhança na alimentação destes se comparados com os grupos que construíram sambaquis sem cerâmica, evidenciando uma continuidade na preferência pelo consumo de recursos aquáticos.

Percebe-se que ainda há muito que se investigar sobre os sambaquis do litoral central catarinense. Entretanto, fica evidente que transformações ocorreram ao longo da história de ocupação e construção destes sítios, possivelmente ocasionadas por mudanças culturais.

Zoólito em forma de peixe. Zoólitos são artefatos líticos em formato de animais, feitos a partir de rocha polida. Acervo MARquE/UFSC.



Vasilha em cerâmica Taquara/Itararé encontrada em contextos conchíferos do litoral central catarinense, provavelmente produzida por grupos Jê meridionais. Acervo MARquE/UFSC.





AMOLADORES POLIDORES FIXOS

Os amoladores-polidores fixos são sítios caracterizados pelo polimento da rocha em afloramentos ou em matacões, com formas variadas. Na literatura arqueológica também são conhecidos como “oficinas líticas”. Nas fotos, dois amoladores-polidores registrados no Porto Norte (onde se localiza a enseada do Rancho Norte), Ilha do Arvoredo.

Pesquisador observa representações rupestres encontradas no sítio arqueológico conhecido como Ponta do Letreiro, Ilha do Arvoredo.



Por volta de 500 anos atrás outro grupo cultural começa a ocupar essa região: os Guarani. Vinham de um momento de expansão territorial a partir dos grandes rios e seus afluentes do interior do Rio Grande do Sul e em direção ao litoral. A chegada ao litoral central de Santa Catarina não se deu prontamente. As características prescritivas² e guerreiras dos Guarani foram postas em uso quando do contato com os Jê meridionais.

Os Guarani podem lidar com o contato com o outro através da guerra, exterminando ou aprisionando o inimigo, ou a partir do “guaranizar” o outro, ou seja, assimilando-o à sua própria cultura através de relações de parentesco ou alianças. Dessa forma, os Jê que habitavam o litoral foram, em sua maioria, empurrados pela ocupação Guarani para o interior de Santa Catarina, para as terras altas e frias do Planalto sul-brasileiro.

Os Guarani passaram a vivenciar o ambiente litorâneo de Santa Catarina. Aqui caçavam, pescavam, coletavam alimentos, plantavam, manejavam a floresta e faziam suas vasilhas cerâmicas. Construíram suas

casas (oka), onde as suas teýy (famílias extensas) habitavam. Vários amundá (espaço da aldeia) poderiam ser encontrados na região com seus teko’á (territórios) correspondentes, nos quais realizavam suas atividades de caça, coleta, plantio, manejo e ritualísticas. Milheira (2010) e Noelli (1993), dois estudiosos da cultura guarani, propuseram que o teko’á de uma aldeia pode chegar a 50km de raio. Dessa maneira, a ilha de Santa Catarina e suas ilhas adjacentes, como a Ilha do Arvoredo, Deserta e Galé, possivelmente pertenciam ao teko’á de aldeias da região.

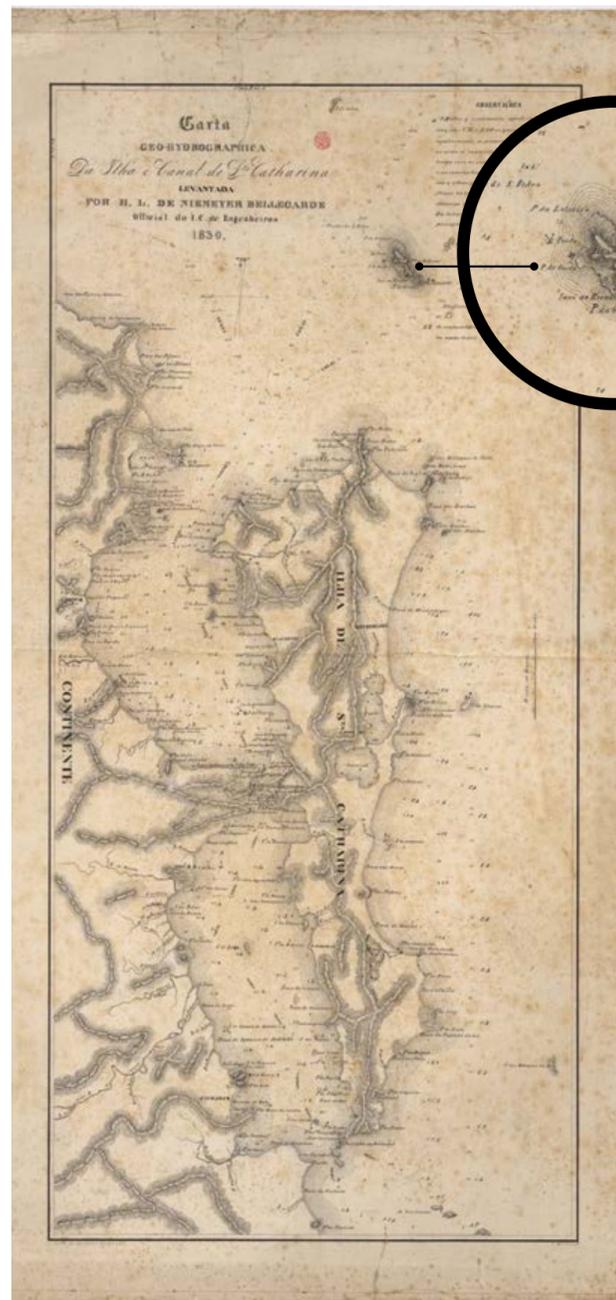
Sítios arqueológicos de Florianópolis, atribuídos aos grupos Guarani, como o da Tapera (550 ± 70 AP)³, o do Pântano do Sul, o do Ribeirão da Ilha, o da Lagoa da Conceição, o do Rio Tavares e o do Rio Vermelho (270 ± 30 AP)⁴, comprovam essa constatação e a ocupação desse ambiente, mesmo após a chegada dos europeus na região. É com a chegada destes que os Guarani sofrem profundas reestruturas e transformações em seu modo de vida.

Acredita-se que foi somente esse o grupo que entrou em contato com o europeu na chegada deste ao litoral catarinense. Ao menos é isso

2 - Numa sociedade prescritiva nada é novo e tudo tem similaridades com a ordem já vigente. O que acontece é repetição.

3 - De acordo com a pesquisa arqueológica de Rohr (1969).

4 - De acordo com pesquisa de Bueno e colaboradores (2014).



Mapa de 1830, com destaque para o Arquipélago do Arvoredo, ao norte da Ilha de Santa Catarina. Acervo da Biblioteca Nacional Digital de Portugal.

que os documentos oficiais do período e relatos de viajantes da época evidenciam. A denominação que esses viajantes e oficiais utilizavam era Carijó. Foi dada pelos europeus aos indígenas cordiais que encontraram entre São Paulo e Rio Grande do Sul, nos anos imediatos à colonização, e sempre foi compreendida como sendo uma denominação dada às populações tupi-guarani, principais ocupantes dessas áreas.

No entanto, há dúvidas quanto à exclusividade da presença tupi-guarani no contato com o europeu, por conta das evidências arqueológicas que demonstram uma ocupação Guarani contemporânea dos Jê pré-coloniais na Ilha de Santa Catarina. Dessa forma, deve-se considerar que as inúmeras vezes que os viajantes e oficiais europeus citavam um contato com os Carijós no litoral de Santa Catarina poderiam não necessariamente estar falando de um contato exclusivo com populações tupi-guarani.

Tal contato e interações eram muito importantes para os europeus, visto que necessitavam desses habitantes para adquirirem água limpa, mantimentos e madeira para reparos nos navios em uma região desconhecida e "selvagem". Esse auxílio é citado por inúmeros cronistas e viajantes que passaram pela região da Ilha de Santa Catarina e entorno.

Um exemplo é Aleixo Garcia, náufrago da expedição de Juan Dias Solís (1515), que viveu nesta região por muitos anos, casou-se com indígenas, e não só manteve sua sobrevivência entre os nativos, mas também com ajuda destes coordenou uma viagem por terra, através do caminho do Peabiru (que começa no litoral catarinense), até a região andina, em busca de metais preciosos. Anos mais tarde, em 1557, Hans Staden afirma a necessidade de ajuda desses habitantes do litoral de Santa Catarina na obtenção de mantimentos e como, com a saída de muitos destes do litoral, tornou-se difícil manter-se na região.

Assim, o litoral central catarinense e arredores, como a região da Ilha do Arvoredo, foram sendo conhecidos, vivenciados e utilizados com variadas funções pelas diferentes etnias que ali conviveram.

Durante o século XVI, período do início das primeiras empreitadas de conquista dos reinos europeus à América Meridional, relatos de viajantes, religiosos, piratas e outros profissionais que ali passaram, além de mapas da época, citam indiretamente as inúmeras ilhas que existiam ao redor da Ilha de Santa Catarina. Alonzo de Santa Cruz, da expedição de Caboto, menciona que ao redor da ilha de Santa Catarina existem muitas ilhas pequenas e desabitadas desde vinte e sete até vinte e nove graus.

É a partir do século XVII que as ilhas existentes ao norte da Ilha de Santa Catarina passam a ser conhecidas por seus nomes. Três mapas produzidos entre 1630 e 1640 por cartógrafos holandeses representam uma ilha situada ao norte da Ilha de Santa Catarina e em frente da Enseada de Tijucas chamada I. da Gale. Esta não é desenhada no mapa, somente apontada. De acordo com relatos do período este nome foi dado por a ilha assemelhar-se muito com

Na página 139, ruína de um antigo muro, localizado no Porto Norte (onde se localiza a enseada do Rancho Norte), Ilha do Arvoredo.





O Farol, instalado na Ilha do Arvoredo em 1883, deu nome à localidade conhecida como Baía do Farol. O Farol e as antigas instalações de apoio estão fora dos limites da REBIO Arvoredo e sob os cuidados da Marinha do Brasil.

uma Galé⁵ e pode-se inferir que se refere à atual ilha da Galé, situada a noroeste da Ilha do Arvoredo.

Vale destacar ainda que no último mapa, produzido por Joan Blaeu em 1640, é apontada a existência de uma ilha ao sul da Ilha de Santa Catarina, chamada I. de Artierado. Percebe-se que a nomenclatura é semelhante a “Arvoredo”. Frézier, viajante e engenheiro militar francês que passou pela ilha de Santa Catarina e arredores em 1712, também representa em seu mapa, datado de 1716, uma ilha chamada Isla de Arvoredo ao sul da Ilha de SC, colocando, ao norte, a I. de Gal. Mais tarde, em 1740, George Anson, comandante inglês que também aportou em Santa Catarina, demonstrou que Frézier se equivocou, chamando a Ilha do Arvoredo de I. de Gal e colocando a Ilha do Arvoredo mais ao sul. Ainda afirma que a I. de Gal se situa de 7 a 8 milhas a noroeste da Ilha do Arvoredo. Esta confusão causou grande perturbação na expedição de George Shelvocke à ilha de Santa Catarina, em 1719. Este re-

clamou de Frézier acusando-o de omitir uma ilha entre a Ilha de Gal e a ponta norte de Santa Catarina, a qual os pegou de surpresa, forçando-os a ancorar e raciocinar se haviam tomado o caminho errado. Por fim, amanheceu e conseguiram continuar a viagem até a Ilha de Santa Catarina.

É por esse período, no início do século XVIII, que se denota, através dos mapas, que a nomenclatura e o posicionamento dessas ilhas chegam a sua conformação moderna, ou seja, Ilha do Arvoredo e, a noroeste, a Ilha da Galé. Esta última foi mais apontada nos mapas até cerca de 1740, deixando aquela sem menção. Posteriormente, ambas são representadas.

Durante o período das grandes navegações, essas ilhas serviam principalmente como indicadores de localização e passagem. Os navegadores e práticos – como Manoel Pimentel, cosmógrafo do reino português em 1746 – aconselhavam passar entre a ilha do Arvoredo e da Galé se quisessem “fugir” da Ilha de Santa Catarina,

O casario localizado no Ribeirão da Ilha, em Florianópolis, remete à colonização portuguesa de base Açoriana com sua forte influência no litoral Catarinense.



no sentido sul-norte, ou entre a Ilha do Arvoredo e a ponta norte da Ilha de SC. Se essas não fossem possíveis, indicavam passar entre a ilha da Galé e a terra firme, indo ancorar na Enseada de Tojuca até acalmar-se o vento.

Em meados dos séculos XVIII e durante o século XIX, a ocupação da Ilha de Santa Catarina e ilhotas circundantes tornou-se mais abundante. Esse adensamento foi resultado de políticas da coroa portuguesa direcionadas a assegurar seu território meridional da América do Sul. Dessa forma, em 1748, com transporte e assentamento financiados pela Coroa Portuguesa, inúmeras famílias das ilhas dos Açores e Madeira foram enviadas para Santa Catarina e receberam propriedades agrícolas. Entretanto, muitos desses imigrantes substituíram o trabalho agrícola pela pesca. Não demorou para que a Ilha do Arvoredo e arredores fossem notadas pela ótima piscosidade de suas águas.

Por conta deste maior conhecimento, as diferentes pontas da

Ilha do Arvoredo passaram a ser nomeadas, como demonstra mapa de 1830: Ponta do Oeste, Ponta do Boffador, Ponta do Certador, Ponta da Gloria, Saco do Escaler, e os famosos Ponta do Letreiro e Porto (norte). Além disso, a Ilha do Arvoredo começa a ser habitada, e plantações são ali feitas para manter as famílias que se ocupavam da pesca.

A história de ocupação destas ilhas nos traz para os séculos XIX e XX, para a construção do Farol, inaugurado em 1883, e para o estabelecimento da função pela qual estas ilhas ficaram famosas em nossa época: a pesca. Essa atividade se desenvolveu amplamente no final do século XX, chegando a alterar a biodiversidade marinha das ilhas. A partir dessa constatação e diante dos ambientes únicos encontrados nesse trecho do litoral, em 1990 é criada a Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, se iniciando um novo capítulo nessa história, conforme veremos a seguir.

5 - Galé ou Galera: palavra grega para designar qualquer tipo de navio movido a remos.

A REBIO ARVOREDO E O PROJETO MAARE

CAPÍTULO 03

Dairana Misturini; Bárbara Segal

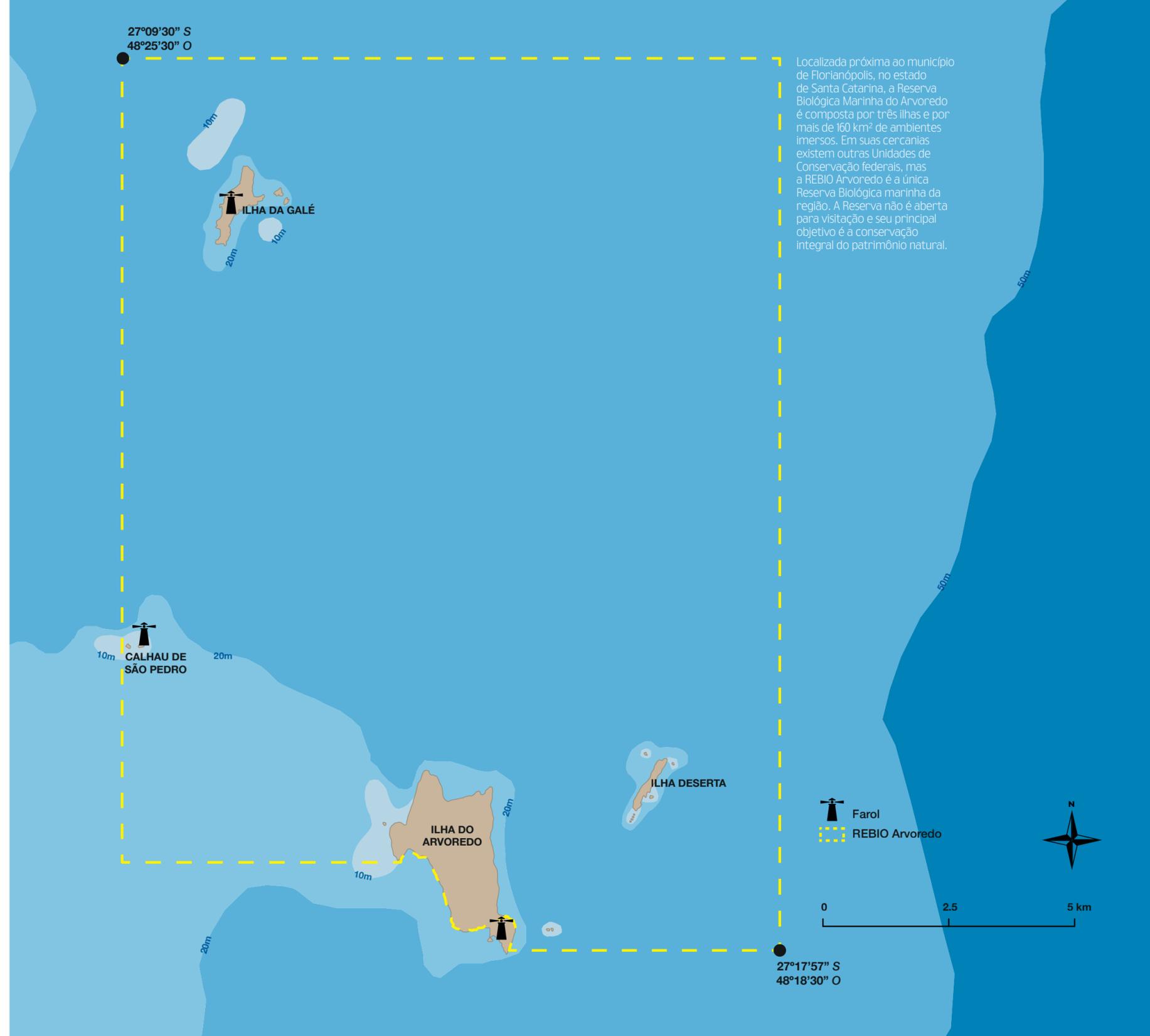
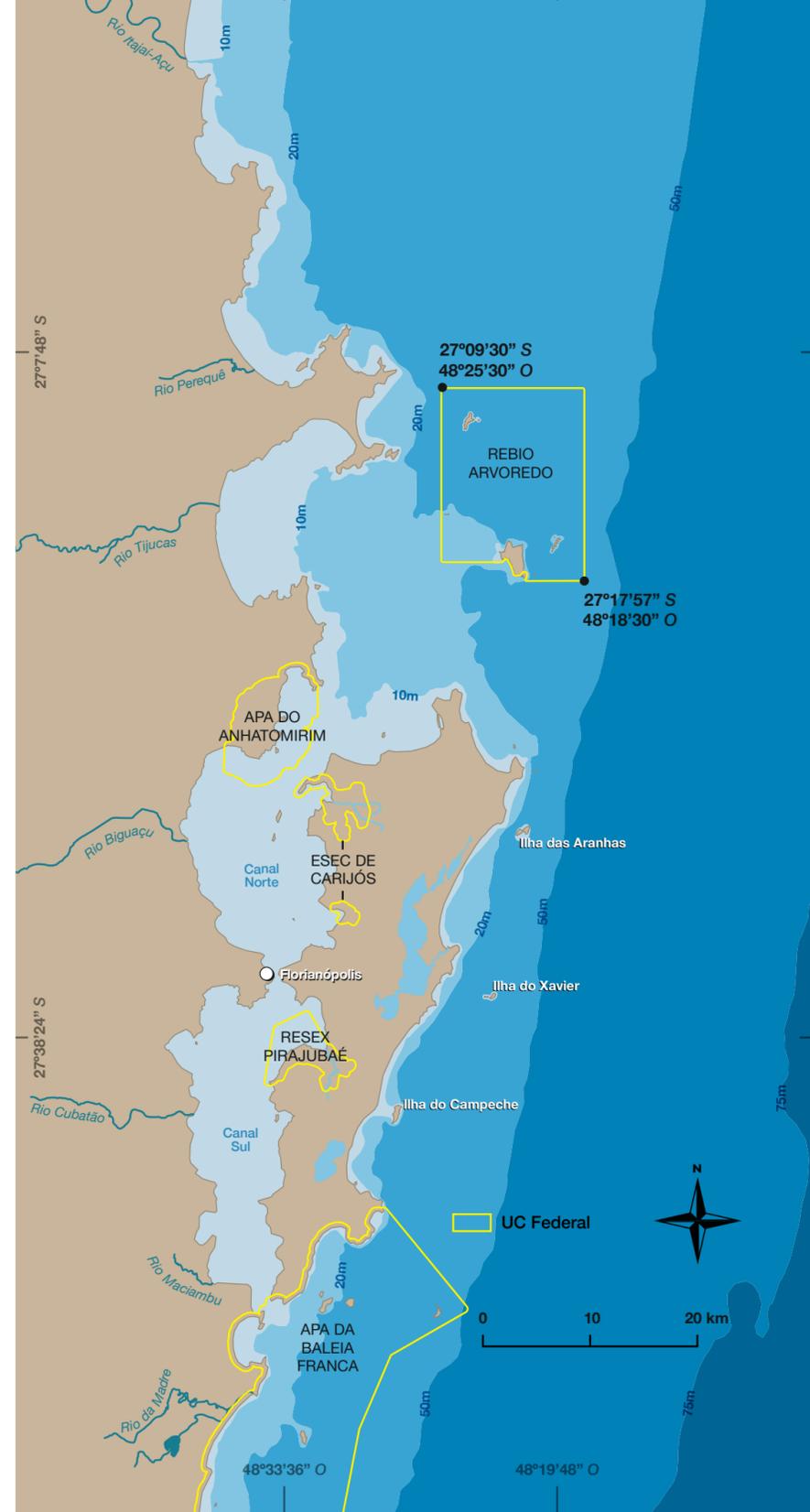
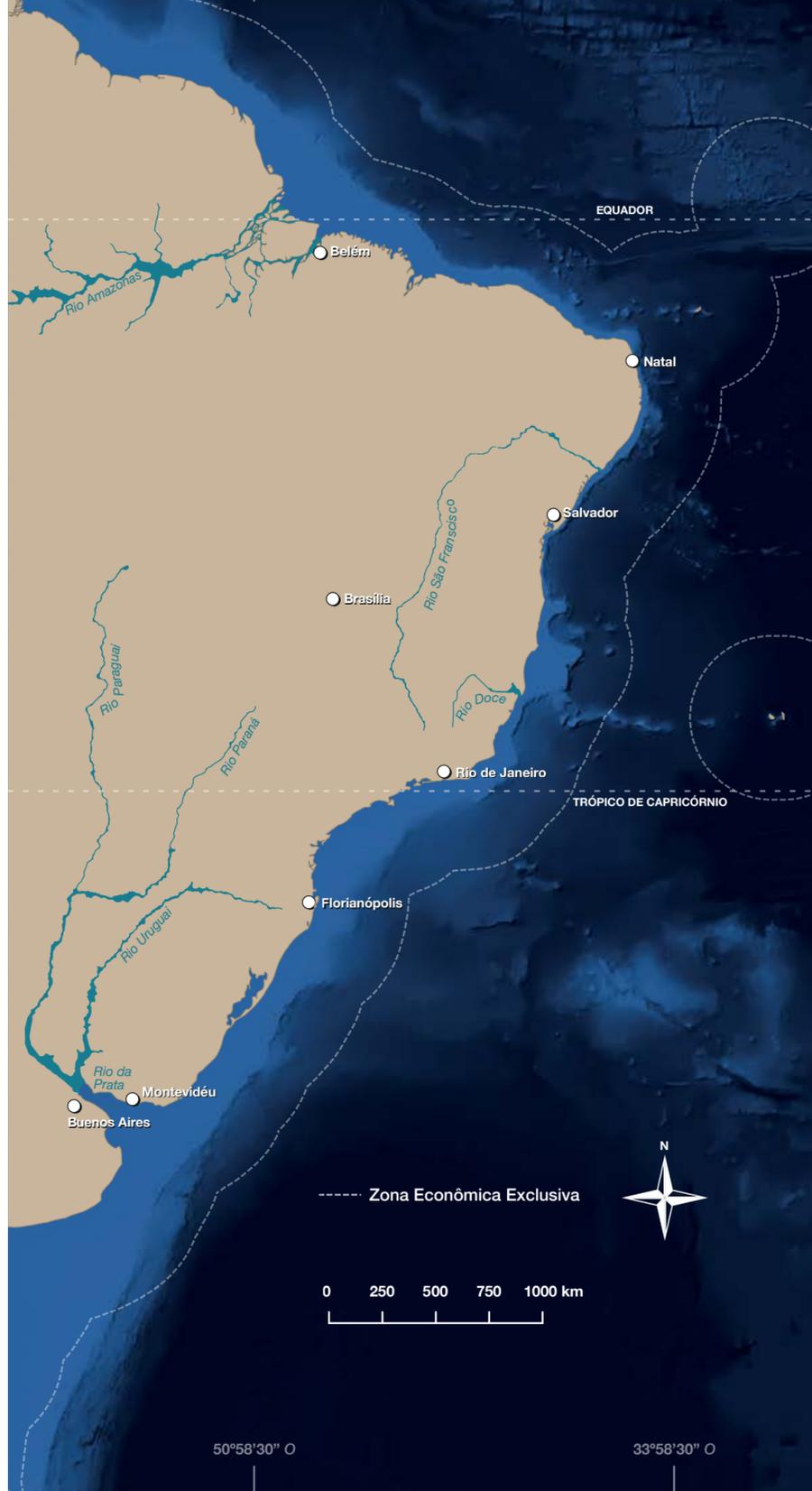
Situada entre Florianópolis e a cidade de Bombinhas, a Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (REBIO Arvoredo) é uma Unidade de Conservação (UC) federal, administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Seu objetivo de criação, segundo o Decreto No 99.142, de 12 de março de 1990 é “Proteger amostra representativa dos ecossistemas da região costeira ao norte da ilha de Santa Catarina, suas ilhas e ilhotas, águas e plataforma continental, com todos os recursos naturais associados.” Abrange uma área de 17.600 ha, sendo que 98% desse espaço está sob as águas, enquanto apenas 2% são terras emersas que formam as ilhas do Arvoredo, Deserta, Galé e Calhau de São Pedro.

A importância dessas águas e ilhas para as populações humanas remonta a mais de 6.000 anos, com a chegada dos primeiros habitantes pescadores-caçadores-coletores que ocuparam o litoral catarinense. Mais tarde, essa região do litoral catarinense foi frequentada pelos navegadores europeus, durante o processo de conquista e colonização da América do Sul, fornecendo recursos naturais preciosos às expedições e abrigo ao mau tempo, entre as ilhas costeiras.

Do período colonial até cerca de cinco décadas atrás, as águas da região foram cenário de grandes campanhas de caça às baleias, quando a Ilha do Arvoredo voltou a ser habitada. A tradição da pesca artesanal, trazida pelos imigrantes das Ilhas de Açores e Madeira, perpetuou-se ao longo das décadas, sendo realizada nos arredores das ilhas do Arvoredo, Deserta e Galé até os dias atuais, ganhando, porém, escala industrial a partir da década de 1960. Até a data de publicação deste livro, mesmo havendo a proibição da pesca, ainda é relatada a presença de embarcações pesqueiras e de muitos petrechos de pesca abandonados ou perdidos nas águas da REBIO Arvoredo.

A partir da década de 1980, com a popularização do mergulho recreativo e a divulgação de imagens subaquáticas, a importância da conservação da região ganhou destaque. Nesse período, um movimento liderado pelo ambientalista André Freyesleben Ferreira solicitou

A REBIO Arvoredo possui 98% do seu espaço territorial em área marinha e apenas 2% em terras emersas. Ao fundo, a Ilha do Arvoredo.





ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) a criação de uma Unidade de Conservação, abrangendo as Ilhas do Arvoredo, Deserta, Galé e o Calhau de São Pedro. Em 12 de março de 1990 foi criada a REBIO Arvoredo, cuja implementação foi possível graças a parcerias entre entidades públicas, privadas e do terceiro setor para auxílio à fiscalização, monitoramento e divulgação. Em 2004 foi aprovado o Plano de Manejo da Unidade, com objetivo de nortear as ações de gestão da UC, segundo seus objetivos de criação. Também em 2004, foi criado

o Conselho Consultivo da REBIO Arvoredo (CORBIO), fórum que busca aproximar a sociedade do entorno e gestores para subsidiar a tomada de decisões.

Apesar da parte terrestre da UC ser pequena em comparação com a marinha, ela apresenta atributos naturais singulares. Por exemplo, na Floresta Ombrófila Densa da Ilha do Arvoredo, foram registrados pequenos mamíferos, répteis, anfíbios, insetos e aracnídeos, incluindo duas espécies encontradas apenas nessa ilha, as aranhas *Alpaida arvoredo* (espécie descrita em 2011) e *Tupigea lisei*

Face norte da Ilha Deserta, ao fundo Ilha de Santa Catarina.

Na página à direita, a Floresta Ombrófila Densa ou Floresta Atlântica, em estágio secundário de regeneração, recobre a maior parte da Ilha do Arvoredo.

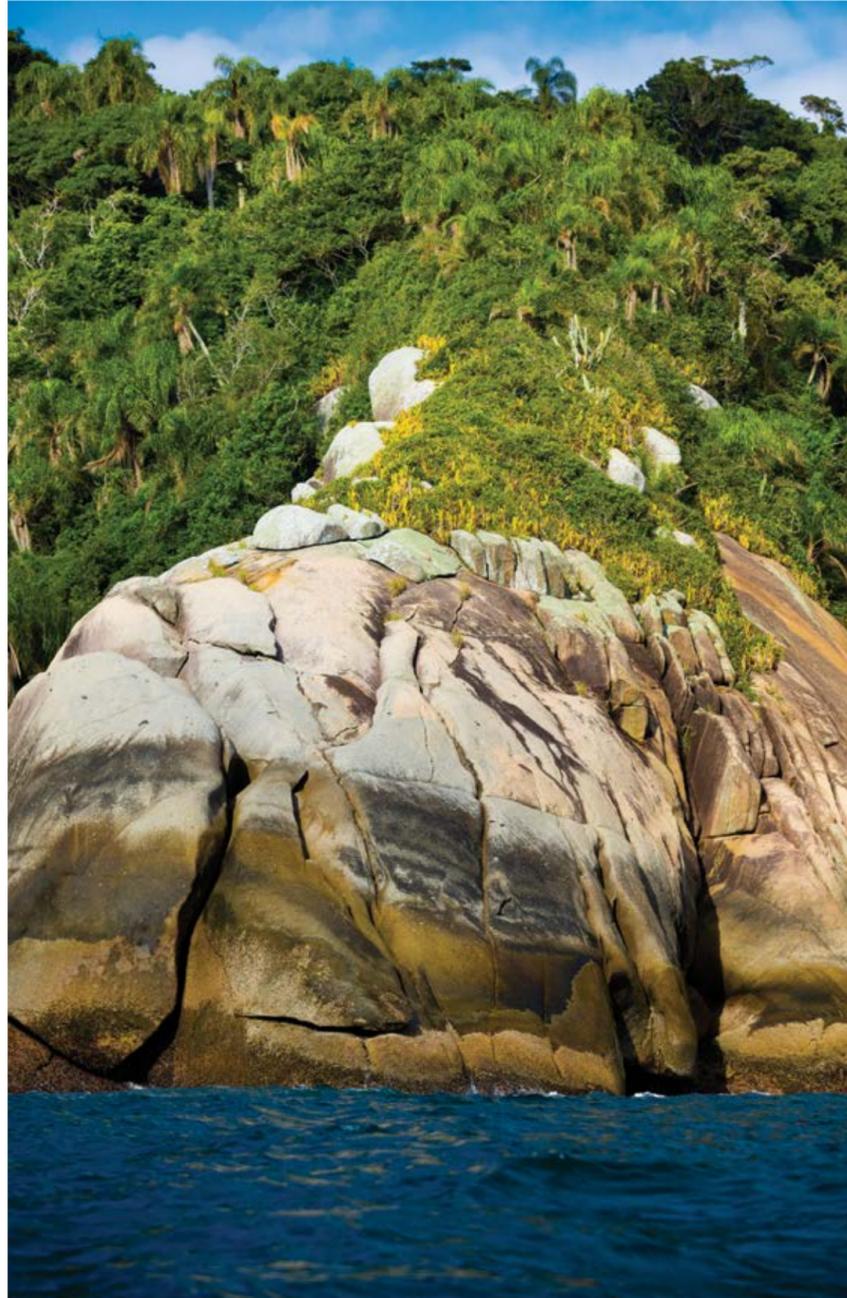


(descrita em 2000). Já a Ilha Deserta não apresenta floresta, mas destaca-se por sua importância para aves migratórias, como os trinta-réis, *Sterna hirundinacea* e *Sterna eurygnatha*, que escolhem essa ilha para repouso, alimentação e reprodução durante suas longas jornadas, de milhares de quilômetros, da América do Norte ao sul da América do Sul.

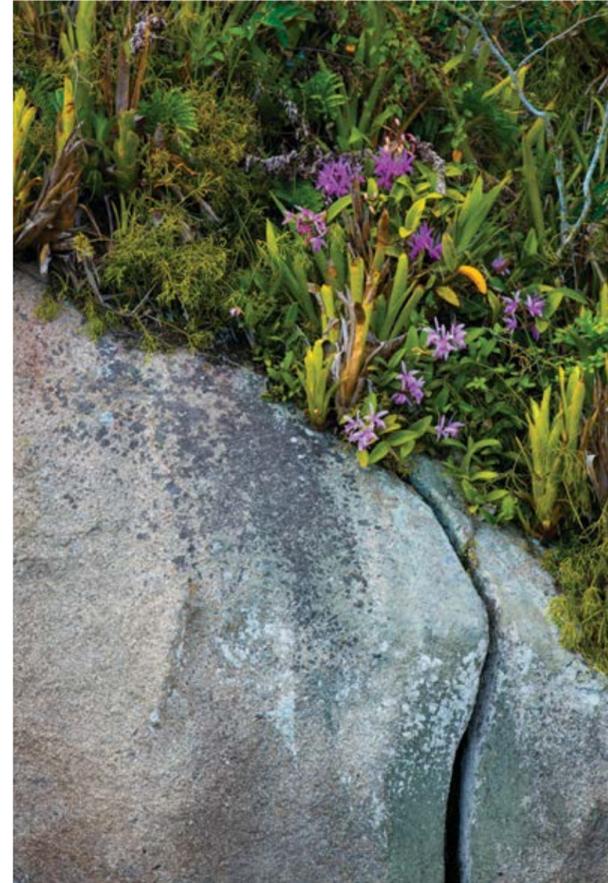
Como será visto nos próximos capítulos, as águas da REBIO Arvoredo destacam-se pela grande diversidade de habitats e espécies. Ao todo, mais de 1.600 espécies marinhas e terrestres já foram registradas, muitas das quais ainda precisam ser estudadas em maior detalhe. Segundo dados publicados pelo ICMBIO em 2011, no “Atlas da fauna brasileira ameaçada de extinção em Unidades de Conservação Federais”, podem ser encontradas na região da Reserva 26 espécies ameaçadas de extinção. Sabe-se também que ao menos 20 espécies são consideradas exóticas e algumas, como é o caso do coral-sol, *Tubastraea coccinea*, original do Oceano Pacífico, são tidas como invasoras, o que gera a necessidade de ações de manejo. Dentre os ambientes, sobressaem-se os bancos de rodolitos, encontrados nas ilhas do Arvoredo e Deserta, e o banco de coral da espécie *Madracis decactis*, na Ilha da Galé. Antes das campanhas oceanográficas do Projeto MAARÉ, pouco se sabia sobre as características oceanográficas que tornam as águas tão ricas e atrativas aos organismos. Atualmente, atribui-se essa grande produtividade e riqueza da região à presença sazonal, variável entre as estações do ano, de águas de ressurgência e de uma forte influência da pluma do Rio da Prata, conforme detalhado no capítulo 4.

As águas da REBIO Arvoredo abrigam desde minúsculos organismos que se deslocam ao sabor das correntes e marés, chamados plâncton, inúmeros animais bentônicos que vivem caminhando ou enterrados no extenso fundo de sedimentos marinhos, até uma grande diversidade de organismos que nadam e se deslocam por conta própria, conhecidos como nécton. As tartarugas marinhas utilizam os costões rochosos para descanso e alimentação e são facilmente observadas por mergulhadores. Os mamíferos marinhos, como os golfinhos nariz-de-garrafa, *Tursiops truncatus* (também conhecidos como botos-da-tainha) e toninhas, *Pontoporia blainvillei*, se alimentam na região. Espécies de maior porte, como orcas, *Orcinus orca* e as baleias franca, *Eubalaena australis*, jubarte, *Megaptera novaeangliae* e minke, *Balaenoptera acutorostrata*, cruzam as águas em algumas épocas do ano. Ainda há indícios da presença de lontras, *Lontra longicaudis*, utilizando os costões para descanso e alimentação, e avistamentos de leões (*Otaria flavescens*), lobos (*Arctocephalus* sp.) e elefantes (*Mirounga leonina*) marinhos.

A Reserva não compreende praias arenosas, logo, boa parte dos peixes vivem próximos aos costões rochosos que circundam as ilhas. Os costões são ambientes de grande complexidade estrutural, abrigando diversos organismos, dentre eles algas, esponjas, moluscos e crustáceos, que desempenham importante papel na cadeia alimentar daquele ecossistema.



A vegetação da Ilha do Arvoredo, densa e frondosa, contrasta com o ambiente de costão rochoso, ocupado por vegetação rasteira e escassa.



Alguns dos habitantes da Ilha do Arvoredo, em sentido horário: Orquídeas, bromélias, cactus e outras plantas ocupam parte dos costões rochosos da ilha; anfíbio anuro *Physalaemus nanus*; morcego *Mimon bennettii*; serpente *Erythrolamprus miliaris*.



Aves, como os atobás (*Sula leucogaster*) (página 150), escolhem as ilhas da REBIO Arvoredo para o estabelecimento de seus ninhos, repouso e alimentação.

Calhau de São Pedro, um pequeno ilhote no limite oeste da REBIO Arvoredo. Na imagem superior com a Ilha da Galé ao fundo. Na imagem inferior com a Ilha do Arvoredo ao fundo.



Assim como muitos mamíferos marinhos, os golfinhos-nariz-de-garrafa, *Tursiops truncatus*, são encontrados se alimentando ou usando a área da REBIO Arvoredo como rota de passagem.



Os pinguins-de-magalhães, *Spheniscus magellanicus*, são comumente avistados em todo o litoral catarinense durante o inverno.

Existem apenas duas Reservas Biológicas Marinhas insulares no Brasil: Atol das Rocas e Arvoredo. Diferentemente da REBIO Atol das Rocas, que está situada a aproximadamente 200 quilômetros da costa, a REBIO Arvoredo encontra-se a apenas cinco quilômetros da costa. Essa proximidade faz com que esteja mais sujeita às influências da ocupação costeira, como a entrada de nutrientes e poluentes provindos do continente, a influência de atividades portuárias e aquícolas, a pesca artesanal e industrial, atividades de turismo náutico e mergulho.

Outra potencial influência, surgida mais recentemente, é a exploração de petróleo e seus derivados na plataforma continental. Desde a prospecção de poços, através de métodos sísmicos que utilizam ondas sonoras, até a exploração, processo que envolve o ris-

co de vazamentos e de geração de resíduos, a atividade petrolífera é potencialmente impactante para os ecossistemas adjacentes. De acordo com a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6.938/81), atividades efetiva ou potencialmente causadoras de impacto ambiental estão sujeitas ao processo de Licenciamento Ambiental¹.

O processo de Licenciamento Ambiental dos campos petrolíferos de Baúna e Piracaba, pertencentes ao Bloco BM-S-40 da Bacia de Santos e localizados a cerca de 300 quilômetros ao largo da costa de Santa Catarina, resultou na exigência, por parte da REBIO Arvoredo/ICMBio, de condicionantes de licença específicas visando à mitigação de impactos e à minimização de riscos sobre a área da Unidade de Conservação. Em 2010, o IBAMA emitiu licença ambiental em favor da PETROBRAS, contendo como condicionante a manutenção

A baleia-franca, *Eubalaena australis*, frequenta o litoral catarinense (Página 153), principalmente entre os meses de julho e novembro, buscando águas protegidas para criação de seus filhotes.

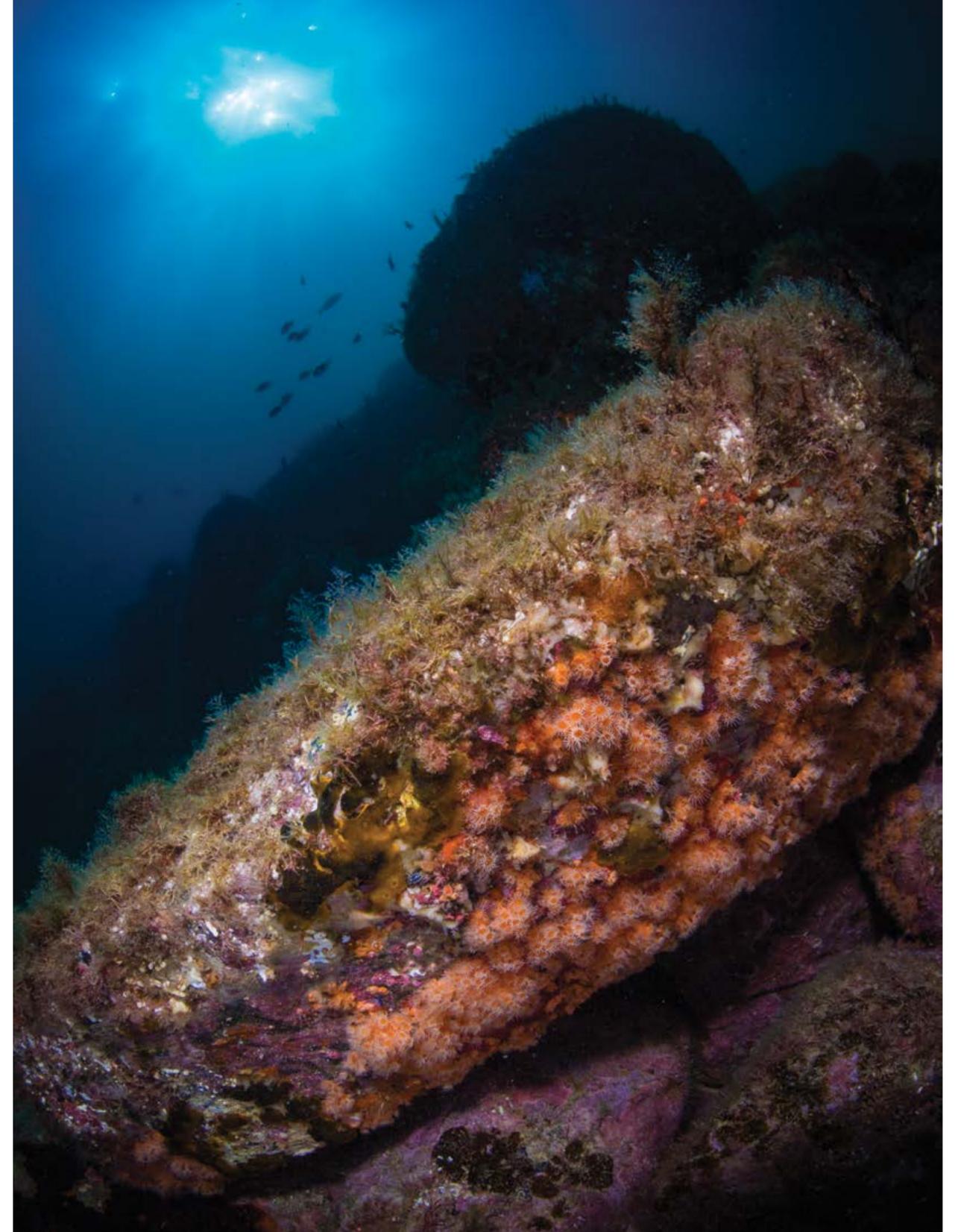


1 - Licenciamento ambiental, segundo a Lei 6.938/81: "procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais".



Paisagem do ambiente submerso da REBIO Arvoredo: diversos organismos vivem fixos sobre as rochas, como os cnidários e algas.

Página 154: Ao fundo, face oeste da Ilha Deserta, observada a partir dos costões rochosos da Ilha do Arvoredo.



de um programa de monitoramento ambiental marinho na REBIO Arvoredo e região do entorno, a ser elaborado e executado sob a coordenação do ICMBio.

Assim, surgiu o Projeto de Monitoramento Ambiental da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e Entorno (MAArE), concebido através de uma parceria entre a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e o ICMBio, e viabilizado por um contrato tripartite entre a PETROBRAS, a UFSC e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária (FAPEU), com duração de quatro anos, entre 2013 e 2017.

O Projeto MAArE foi idealizado por pesquisadores da UFSC e analistas ambientais da REBIO Arvoredo, como um programa de monitoramento de grupos animais e vegetais dos fundos adjacentes às ilhas da Reserva e seu entorno, associado a uma caracterização detalhada de processos oceanográficos na escala de influência aos ecossistemas da Reserva. Foram propostos métodos sistematizados, aplicados de maneira contínua ao longo de três anos de monitoramento. Assim, o Projeto MAArE é composto de duas grandes áreas: Parâmetros Oceanográficos e Indicadores Biológicos. Durante sua realização, o Projeto descreveu como funcionam as correntes e massas d'água na região, os nutrientes, clorofila, contaminantes e zooplâncton. Nos costões rochosos foi avaliada a abundância de peixes, crustáceos, ouriços, algas e outros organismos do fundo, além da presença de espécies exóticas na Reserva e seu entorno. O objetivo primordial do Projeto era levantar informações que pudessem subsidiar a construção de um monitoramento básico dos costões e águas da Reserva. Espera-se que esse tipo de ação contínua de avaliação gere informações fundamentais para a gestão e a manutenção da biodiversidade e do funcionamento dos ecossistemas da REBIO Arvoredo.

Conhecer e preservar essa rica e, ao mesmo tempo, vulnerável biodiversidade, bem como os peculiares ecossistemas, é um dos principais desafios de gestão da REBIO Arvoredo, haja vista sua proximidade com grandes adensamentos urbanos. Neste livro, apresentamos essa primeira iniciativa de integração de várias áreas do conhecimento para o entendimento da dinâmica do ecossistema marinho da REBIO Arvoredo. Esperamos que os conhecimentos gerados por estudos realizados antes do Projeto MAArE, aliados aos novos dados gerados, possam contribuir para a gestão da UC. Além disso, esperamos inspirar, através dos conhecimentos e experiências acumuladas e também das belas imagens das águas e dos costões da Reserva, novas e inovadoras formas de aplicação do conhecimento para a manutenção de patrimônio natural tão essencial ao bem estar social na zona costeira.



Atividades de turismo náutico e de mergulho são frequentes nas áreas adjacentes aos limites legais da REBIO Arvoredo, como por exemplo, na face oeste da Ilha do Arvoredo, procurada por mergulhadores recreativos.

Pesquisadores do Projeto MAArE em atividade, durante campanha oceanográfica.

Pesquisadores em atividade de mergulho autônomo durante as campanhas de monitoramento da biodiversidade.



Analistas Ambientais do ICMBio, órgão gestor da REBIO Arvoredo, frequentemente realizam atividades de fiscalização, de manejo e de auxílio à pesquisa científica no interior da Unidade de Conservação.



O AMBIENTE OCEANOGRÁFICO

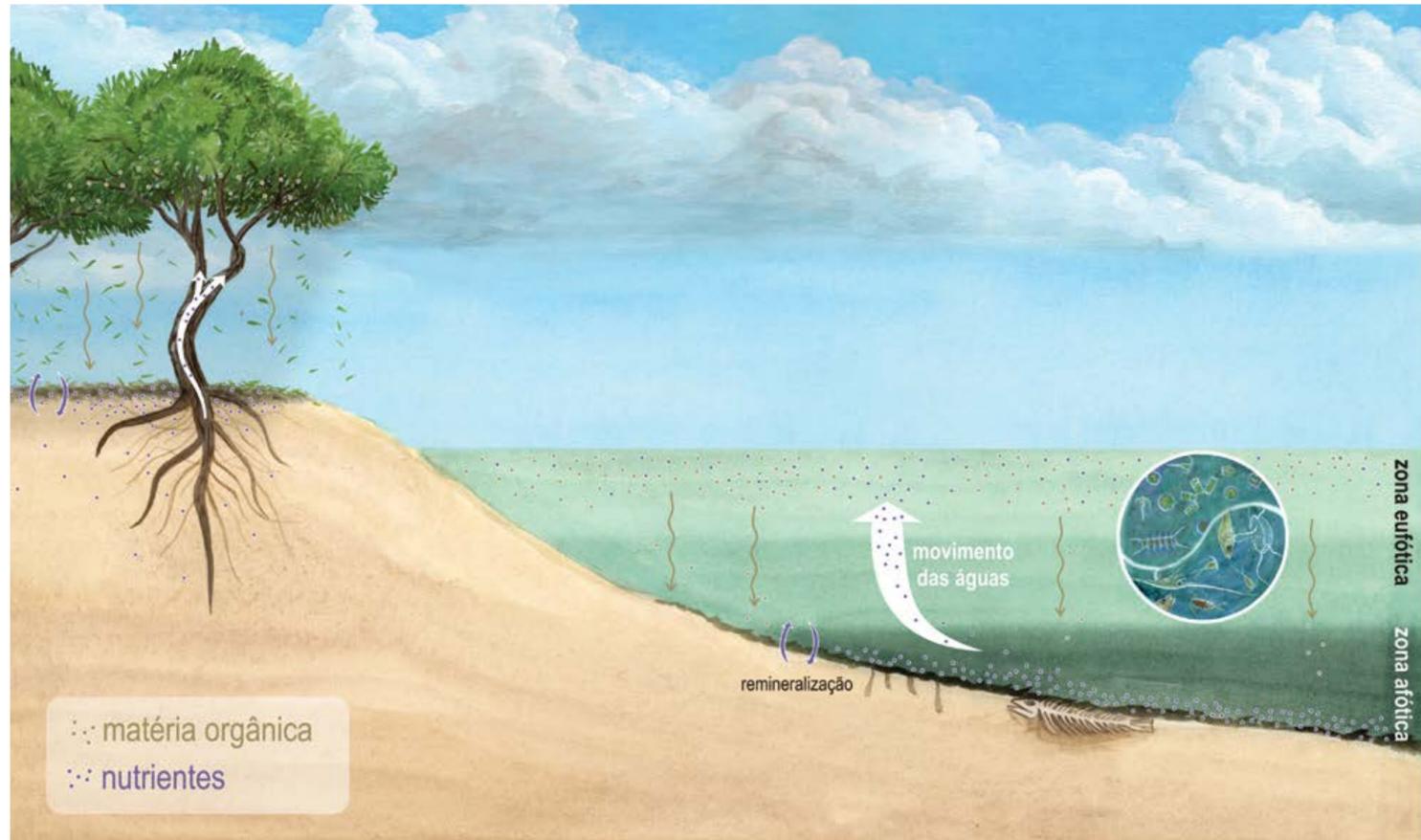
CAPÍTULO 04

Andrea Santarosa Freire, Alejandro Rodolfo Donnangelo Varela, Alessandra Larissa D'Oliveira Fonseca, Bárbara Santos Menezes, Caio Barbosa Fest, Camila Sayuri Obata, Charles Gorri, Davide Franco, Eunice da Costa Machado, Georgina de Barros, Lucas Segismundo Molessani, Luiz Augusto dos Santos Madureira, Marina Pereira Coelho, Melissa Carvalho, Thayane Lucia Pereira.

A vida no planeta Terra depende da energia emitida pela luz do sol. Nos ecossistemas terrestres, os nutrientes encontram-se no solo e necessitam chegar às folhas, que estão direcionadas para a luz do sol, nas quais será realizada a fotossíntese. Esse transporte de nutrientes é realizado pelos vasos condutores dentro dos caules das plantas. Nos ecossistemas marinhos, milhões de algas microscópicas – o fitoplâncton – localizadas nas camadas superficiais da água do mar, onde incide a luz do sol, são responsáveis pela produtividade dos oceanos. Da mesma forma que em terra, no mar os nutrientes encontram-se nas camadas mais profundas e sem luz. As correntes marinhas e os ventos, que provocam o movimento e mistura das águas, fazem o papel dos caules das árvores, transportando os nutrientes das áreas profundas para a região onde há luz. Dessa forma, para compreender como a vida se organiza na REBIO Arvoredo, é necessário conhecer como a água do mar se movimenta sob influência dos ventos, marés e correntes, e a dinâmica dos materiais que interferem na fotossíntese.

Na água do mar, além de nutrientes e substâncias dissolvidas, existe uma enorme quantidade de partículas muito pequenas (menores que $0,4 \mu\text{m}$, ou seja, menores que 4 milímetros divididos por 10.000), denominadas tecnicamente de material em suspensão (MS). Essas partículas diminutas podem ser orgânicas como o plâncton e seus detritos (material em suspensão orgânico - MSO) e inorgânicas (material em suspensão inorgânico - MSI), provenientes do intemperismo do solo, drenagem continental e ressuspensão do fundo.

Pesquisador recolhe garrafa trazendo a bordo amostra de água do mar.



A quantidade de material em suspensão (MS) está estreitamente relacionada à disponibilidade de luz para a realização da fotossíntese e também às propriedades biogeoquímicas da água. Quanto maior a concentração de material em suspensão na água, maior o espalhamento da luz pelas partículas, diminuindo, assim, a profundidade da camada eufótica (profundidade até a qual 1% da luz da superfície penetra no mar).

A menor penetração da luz afeta diretamente a produção fitoplanctônica, e consequentemente todas as comunidades biológicas marinhas. Por outro lado, o material carregado pelas plumas dos rios é rico em nutrientes e tem grande efeito na produtividade biológica. Nutrientes dissolvidos, como as formas de nitrogênio (nitrito, nitrito e amônio - N) e fósforo (P), são essenciais para o crescimento do fitoplâncton, e a sua concentração pode indicar o tipo de cadeia alimentar na água do mar. O silicato também é um importante nutriente, pois é essencial para a síntese de carapaças

das diatomáceas, que são as microalgas dominantes no fitoplâncton. Além da assimilação dos nutrientes pelo fitoplâncton durante a fotossíntese, processos biogeoquímicos retiram estes elementos do meio. Assim, pode ocorrer a limitação de determinado nutriente para o crescimento do fitoplâncton, caso a sua proporção na água esteja abaixo daquela necessária para a fotossíntese. Quando o ambiente oferece concentrações intermediárias a elevadas de nutrientes (respectivamente, ambientes mesotrófico e eutrófico), o fitoplâncton de maior tamanho – as diatomáceas – pode ser favorecido, dando suporte às cadeias alimentares baseadas em pequenos crustáceos (< 200 µm ou 0,2 mm), os copépodes.

Os copépodes são muito abundantes na água do mar, sendo dominantes no zooplâncton. Existem mais de 10.000 espécies de copépodes e muitas espécies tropicais se adaptaram para se alimentar do microplâncton ou mesmo detritos. Essa adaptação é muito importante porque nas regiões tropicais, com a baixa

Os movimentos da água enriquecem com nutrientes a superfície iluminada do mar, onde se encontra a maior parte do fito e zooplâncton. No ambiente terrestre, essa tarefa é realizada pelos caules das plantas.



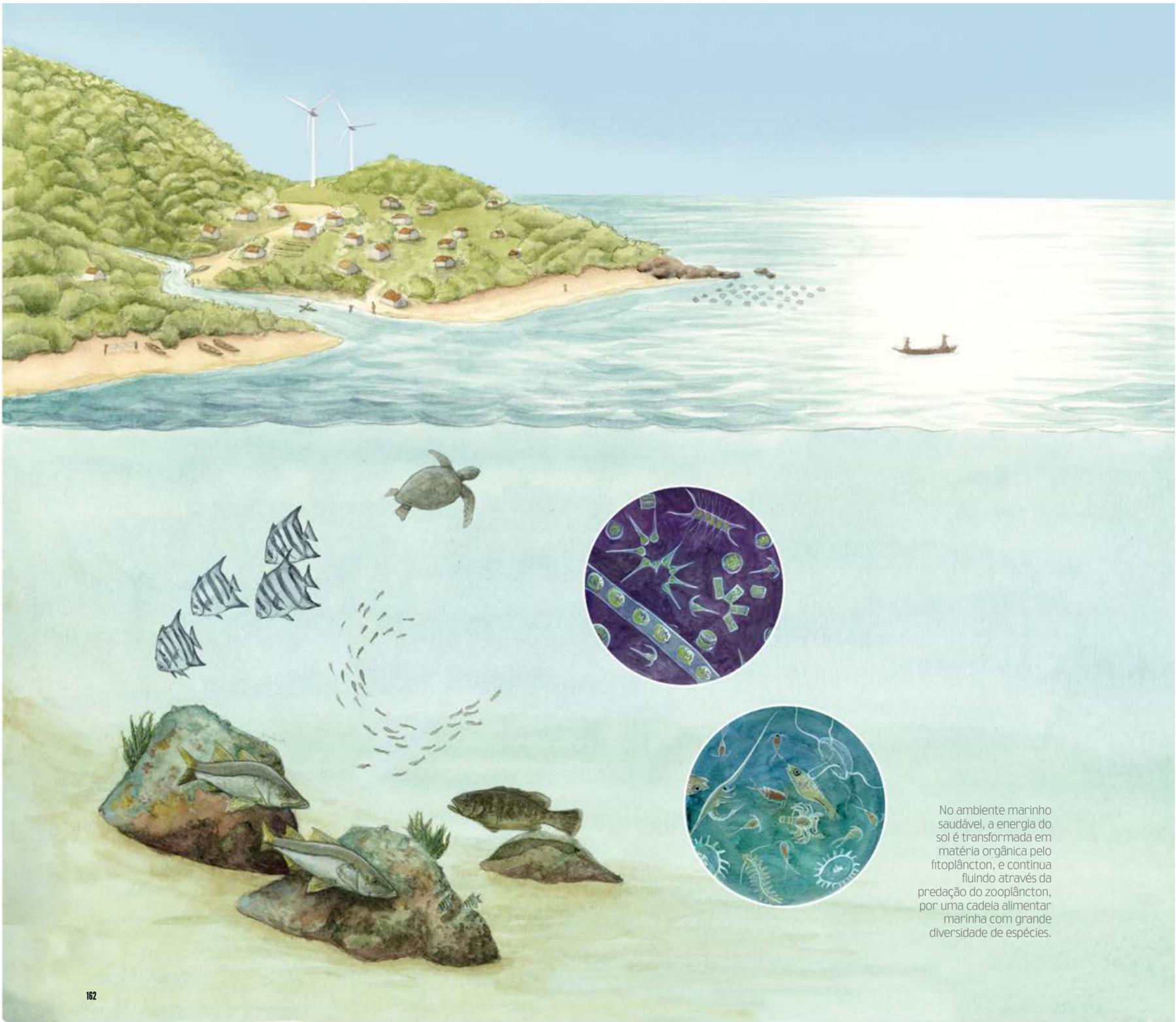
A penetração dos raios de luz do sol nos oceanos é essencial para a vida marinha.

concentração de nutrientes (águas oligotróficas) e temperaturas altas, as células muito pequenas são as mais eficientes em realizar a fotossíntese. Assim, seja através do consumo de microalgas, detritos ou microorganismos, os copépodes transferem a energia dos produtores primários para todo o resto da cadeia alimentar. Desde pequenos invertebrados e peixes recifais até grandes peixes de passagem e baleias, a grande maioria dos animais do mar em alguma fase da vida se alimentam de zooplâncton.

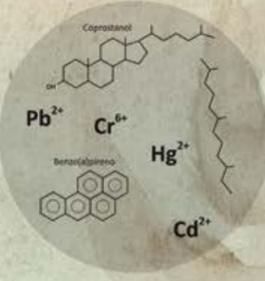
Nas regiões rasas, as cadeias planctônicas são bastante influenciadas pelo fundo marinho. A turbulência causada pelos ventos ou correntes de fundo leva a matéria orgânica depositada e os nutrientes reciclados no fundo do mar para a coluna d'água (ressuspensão). Além disso, os organismos bentônicos liberam milhares de larvas planctônicas ao se reproduzirem. A sobrevivência das larvas de invertebrados e peixes dependerá da produção primária, ou seja, da taxa de produção orgânica através da

fotossíntese, das águas superficiais.

As atividades antrópicas como urbanização e agricultura, introduzem elevadas concentrações de nutrientes para a água do mar devido ao precário sistema de tratamento de esgoto e uso de fertilizantes, alterando, assim, esse complexo fluxo de transferência de energia do sol à flora e à fauna marinha. Os sistemas costeiros têm apresentado excesso de nutrientes e eutrofização, com episódios de maré vermelha e falta de oxigênio, que causam a morte de peixes e prejudicam a maricultura. Além disso, partículas plásticas muito pequenas, conhecidas como nanopartículas, têm sido encontradas dentro do estômago dos copépodes. Assim como as tartarugas marinhas ingerem grandes pedaços de plástico, confundindo-os com as águas-vivas ou medusas, os copépodes confundem o brilho do plástico com as pequenas microalgas planctônicas. Nessa condição ambiental, a riqueza de espécies do plâncton diminui muito e essa perda de diversidade é transferida para todo o ecossistema marinho.



No ambiente marinho saudável, a energia do sol é transformada em matéria orgânica pelo fitoplâncton, e continua fluindo através da predação do zooplâncton, por uma cadeia alimentar marinha com grande diversidade de espécies.



Em ambientes costeiros impactados, poucas espécies sobrevivem às águas turvas, com pouca luz, contaminadas por substâncias químicas, e pelo lixo e material tóxico depositados no fundo do mar. Ocorre a perda da diversidade do fito e zooplâncton e consequentemente de todo o ecossistema marinho.



Os contaminantes

A REBIO Arvoredo localiza-se em uma área relativamente rasa, em torno de 20 metros de profundidade, e está cercada de grandes núcleos populacionais a apenas 10km de distância. Assim, dependendo do aporte dos rios e do Canal Norte da Ilha de Santa Catarina, conhecido como Baía Norte, muitos poluentes (como resíduos industriais, agrotóxicos, produtos farmacêuticos e cosméticos degradados, combustíveis, etc.) podem se dispersar pela água ou se acumular no fundo do mar. Nos sedimentos marinhos costeiros ocorre a acumulação, o reprocessamento e a transferência para a coluna d'água de metais e vários grupos de compostos orgânicos. O carbono e o nitrogênio são alguns dos principais componentes dos sedimentos. Grande parte de carbono e nitrogênio orgânico é produzida pela deposição do plâncton, no fundo marinho, após

sua morte. Entretanto, parte do material orgânico pode ser proveniente das atividades humanas, tais como esgotos e deposição de restos da pesca. Além disso, onde há maiores teores de matéria orgânica, predominam os sedimentos finos e há uma maior acumulação de contaminantes, tais como os metais traço e alguns tipos de compostos orgânicos.

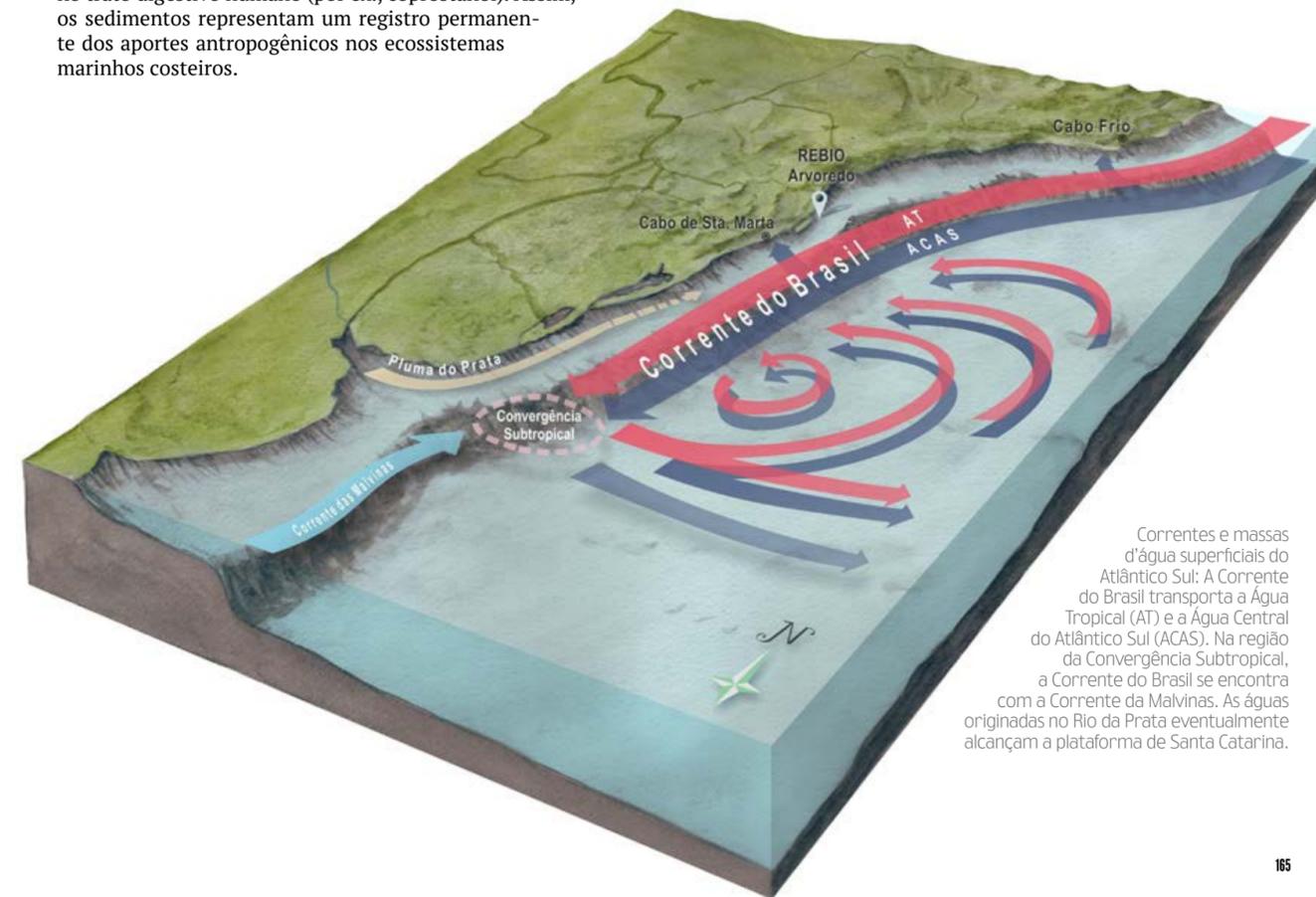
Metais traço, conhecidos também por “metais pesados”, estão entre os poluentes mais persistentes em ecossistemas. Mesmo aqueles que são considerados essenciais para o desenvolvimento dos organismos, como o ferro, o zinco e o cobre, podem se tornar tóxicos em elevadas concentrações. Metais considerados não essenciais, como o chumbo e o cádmio, são, em geral, muito tóxicos, mesmo em baixas concentrações, e podem causar a morte. Devido à sua baixa solubilidade na água, eles tendem a ser adsorvidos e acumularem-se nos sedimentos de fundo. Eventualmente pode haver contaminação da água quando o sedimento é ressuspensionado pelo movimento do mar.

Os hidrocarbonetos são encontrados no ambiente como uma mistura complexa proveniente de fontes como plantas terrestres,

algas ou petróleo. Em geral os hidrocarbonetos denominados de parafínicos são encontrados nas folhas de árvores e funcionam como uma película protetora contra a perda de água. Para fazer a distinção entre origem biogênica (plantas e algas) e não biogênica, especialmente petrogênica (petróleo), é necessário avaliar a distribuição das moléculas dos hidrocarbonetos que são encontradas no ambiente.

Em relação às contaminações com derivados de petróleo, ao longo dos últimos 30 anos surgiram formas mais simples e rápidas para monitorar o meio ambiente. Atualmente são avaliados os Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP) e os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA). Alguns dos HPA encontrados no petróleo são muito tóxicos para os organismos marinhos. A distribuição dos HPA nos sedimentos deve ser interpretada com cautela, pois a queima de florestas, bagaço de cana-de-açúcar e carvão mineral, por exemplo, também libera esses compostos.

Os esteróis são moléculas com baixa solubilidade em água, que tendem a ser facilmente incorporados ao sedimento. Os principais esteróis que podem ser usados como indicadores de contaminação por efluentes domésticos são os esteróis fecais, produzidos no trato digestivo humano (por ex., coprostanol). Assim, os sedimentos representam um registro permanente dos aportes antropogênicos nos ecossistemas marinhos costeiros.



Correntes e massas d'água superficiais do Atlântico Sul: A Corrente do Brasil transporta a Água Tropical (AT) e a Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Na região da Convergência Subtropical, a Corrente do Brasil se encontra com a Corrente da Malvinas. As águas originadas no Rio da Prata eventualmente alcançam a plataforma de Santa Catarina.



O mar de Santa Catarina é muito fértil e rico em cardumes de peixes (cujo movimento pode ser visto no encrespamento da superfície do mar), devido a condições oceanográficas muito especiais.

pécies e também o acúmulo de contaminantes no sedimento.

O Projeto MAARÉ analisou imagens de satélite com o objetivo de observar as condições oceanográficas regionais que estavam influenciando a REBIO entre 2014 e 2016. As imagens de satélite mostraram que no verão ocorrem altas temperaturas na superfície da água do mar sobre toda a plataforma, correspondendo à presença da Água Tropical (AT), quente e pobre em nutrientes.

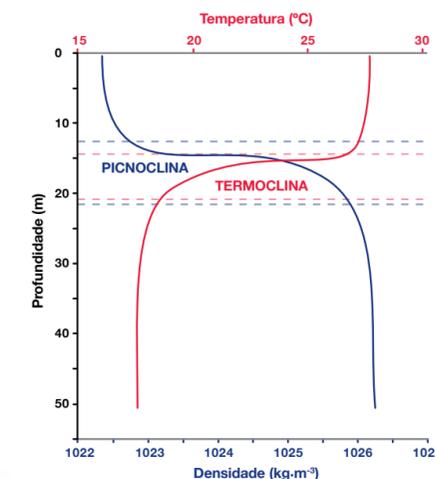
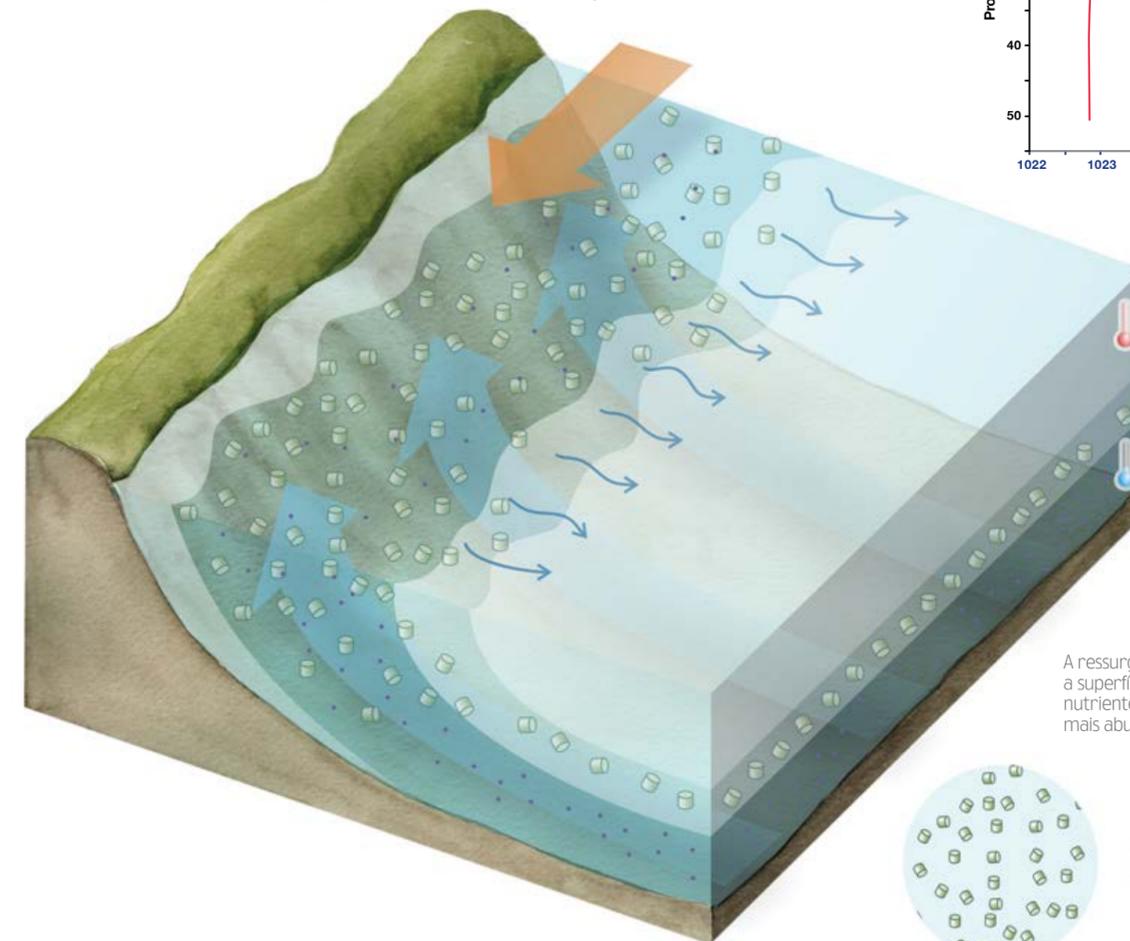
A Água Tropical é transportada pela corrente do Brasil ao largo da costa nordeste do país até o norte do Uruguai e Argentina. Na margem da plataforma continental, ao largo do Rio da Prata, o encontro dessas águas quentes com as águas frias transportadas pela Corrente das Malvinas é conhecido como Convergência Subtropical. Nessa região há grande produtividade biológica, intensa atividade pesqueira e a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) é formada. A ACAS percorre um longo caminho, passando pela parte central do Atlântico Sul, em um sistema de correntes conhecido como Giro do Atlântico Sul Subtropical.

A ACAS é transportada para o sul pela Corrente do Brasil, por baixo da Água Tropical (AT) e no verão frequentemente ressurgem na costa próximo à superfície. As imagens de satélite mostram águas um pouco mais frias ao sul, entre o Cabo de Santa Marta e a Ilha de Santa Catarina, sugerindo a ocorrência de ressurgência costeira, frequentemente observada no verão.

No inverno, observa-se que uma massa de água com temperaturas inferiores a 18°C, proveniente do sul, alcança a região da REBIO Arvoredo. Esse é o sinal do avanço da pluma do rio da Prata sobre a plataforma. A Bacia do Rio da Prata é a segunda maior bacia hidrográfica da América do Sul e a expansão da pluma do Rio da Prata é um processo oceanográfico de grande importância na costa sul brasileira. No inverno, os ventos intensos de sul/sudoeste empurram para o norte águas costeiras, turvas e ricas em material em suspensão, uma mistura da Água da Pluma do Prata (APP) com a pluma estuarina da Lagoa dos Patos.

A RESSURGÊNCIA COSTEIRA

No verão, a massa de Água Tropical (AT), quente e pobre em nutrientes domina a plataforma continental de Santa Catarina. No entanto, após frequentes e intensos ventos de nordeste, observam-se águas mais frias nas praias. As águas quentes superficiais são deslocadas pelos ventos em direção ao oceano, permitindo o deslocamento da água fria e mais profunda, a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), em direção à costa e superfície. A ressurgência da ACAS traz muitos nutrientes para as águas superficiais, onde a luz do sol é abundante, aumentando a produção do fitoplâncton, que está na base da cadeia alimentar marinha. Nem sempre a ACAS chega à superfície do mar; alcançando profundidades rasas, mas sem atingir a zona eufótica. Quando a ACAS não atinge a região iluminada do mar, considera-se que ocorreu apenas a intrusão de água oceânica e há pouca alteração na produtividade local.



A termocline (variação brusca da temperatura) e a pincocline (variação brusca da densidade) mostram a estratificação entre águas superficiais e mais profundas.

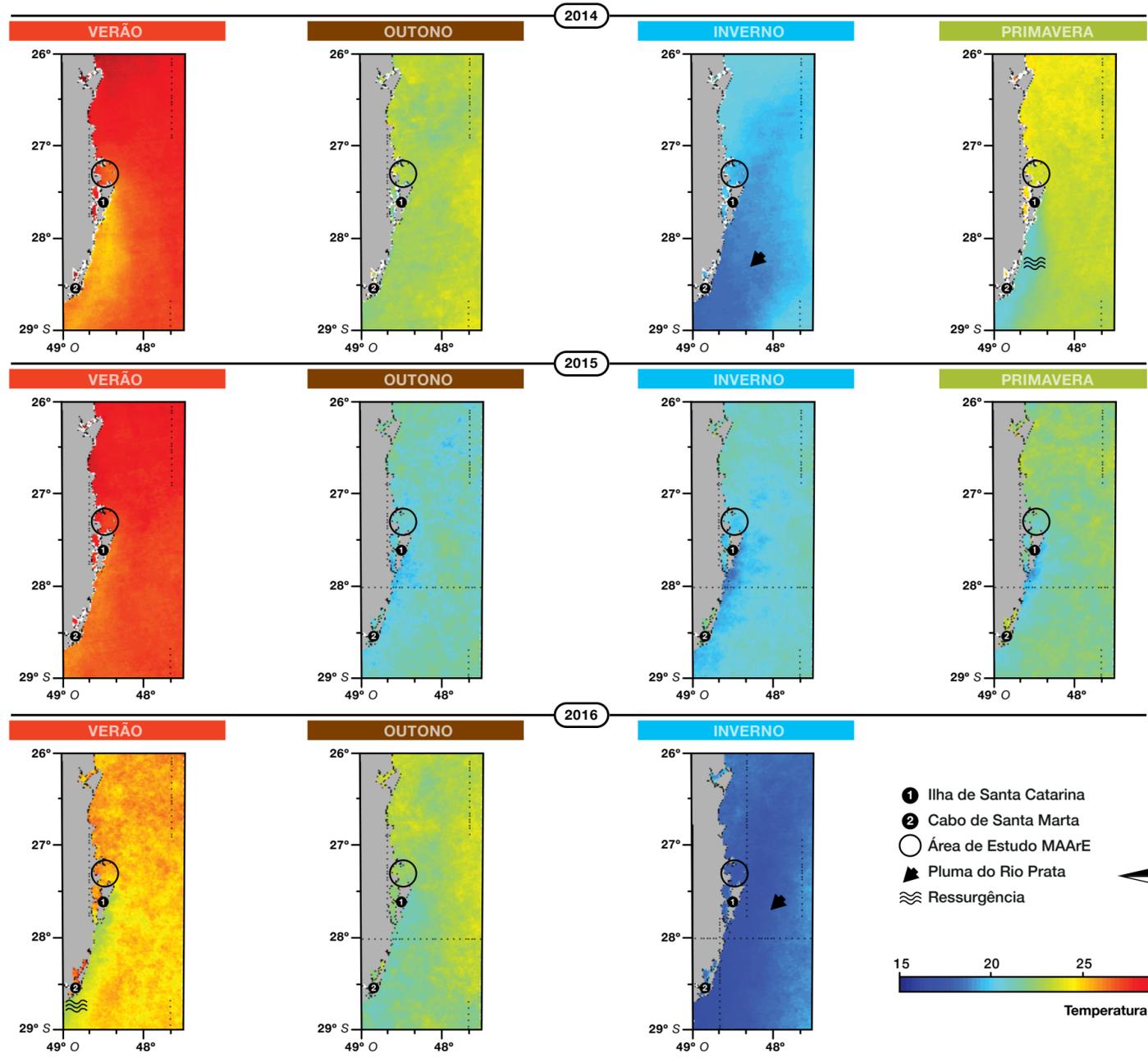
A ressurgência de águas frias enriquece a superfície iluminada do mar com nutrientes e o fitoplâncton se torna mais abundante.



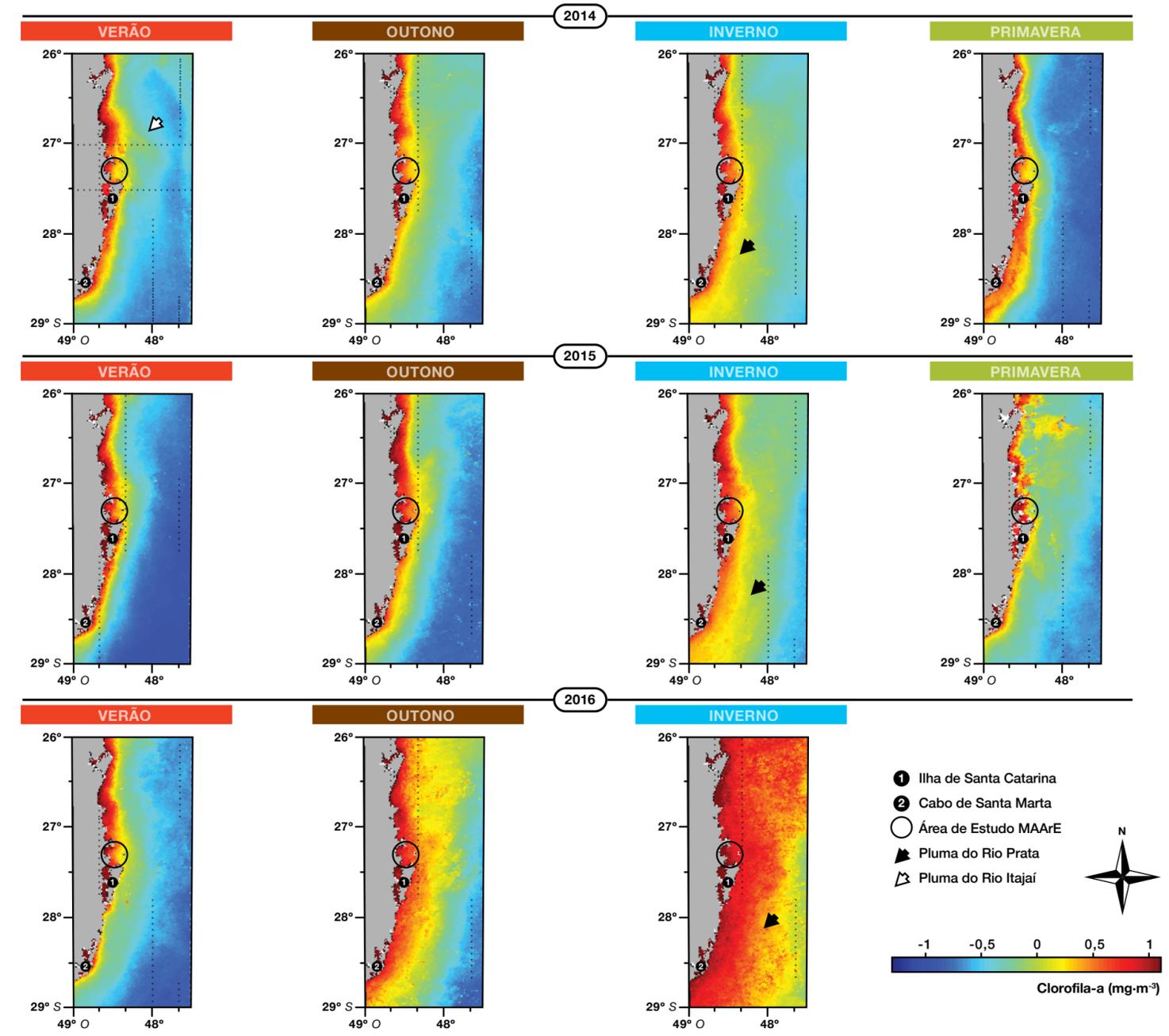
Fitoplâncton



Nutrientes



Imagens de satélite da temperatura da superfície do mar (TSM) (médias mensais) mostrando a ocorrência da ressurgência de águas frias na primavera e verão e a chegada das águas frias da pluma do Rio da Prata no inverno.

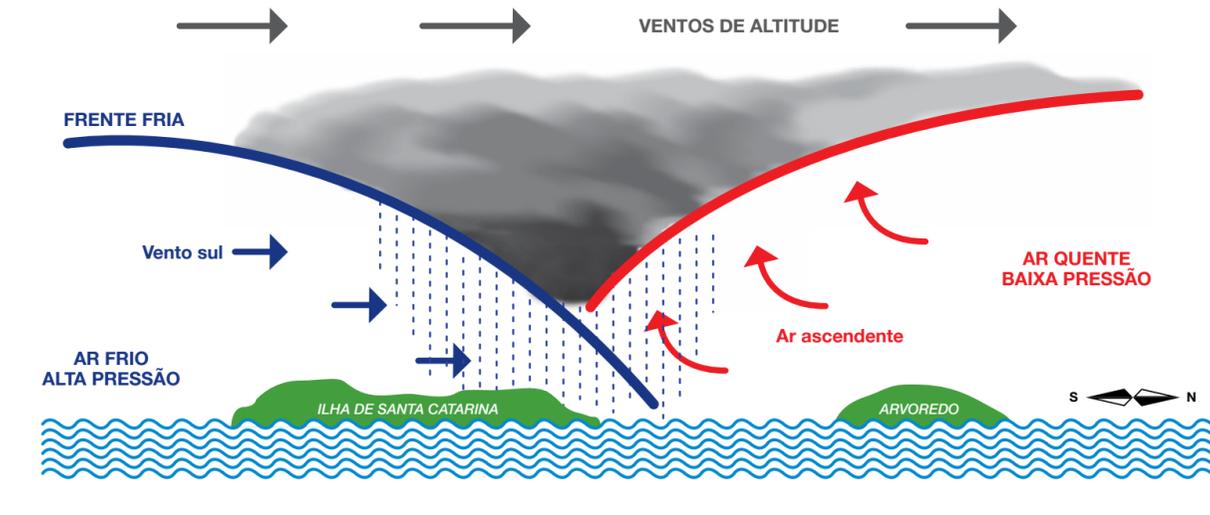


Imagens de satélite da concentração de clorofila da superfície do mar (CSM) (médias mensais) mostrando os valores altos associados à influência da Pluma do Rio da Prata no inverno e à Pluma do Rio Itajaí no verão. Os valores em mg·m⁻³ estão transformados logaritmicamente.

OS SISTEMAS FRONTAIS

Na natureza, os sistemas terrestres, marinhos e atmosféricos estão interligados. Assim, a movimentação de massas de ar interfere nos movimentos das massas de água no mar. Os ventos sul e norte/nordeste se alternam ao longo de todo o ano. A mudança abrupta do vento nordeste para ventos muito fortes de sul marca o encontro das massas de ar frias e densas com massas de ar quente. Esse ponto de encontro é chamado de sistema frontal. A ocorrência de sistemas frontais na plataforma catarinense é

muito frequente, sendo registradas em geral três a quatro frentes frias por mês. A alternância dos ventos e as variações bruscas da pressão atmosférica mostraram a regularidade dos sistemas frontais ao longo dos três anos. A passagem de sistemas frontais pode ser associada a temporais e ciclones que resultam na elevação do nível do mar, ressacas e inundações. Os sistemas frontais afetam a circulação marinha, principalmente na plataforma interna, onde as correntes tendem a ser orientadas pelos ventos.

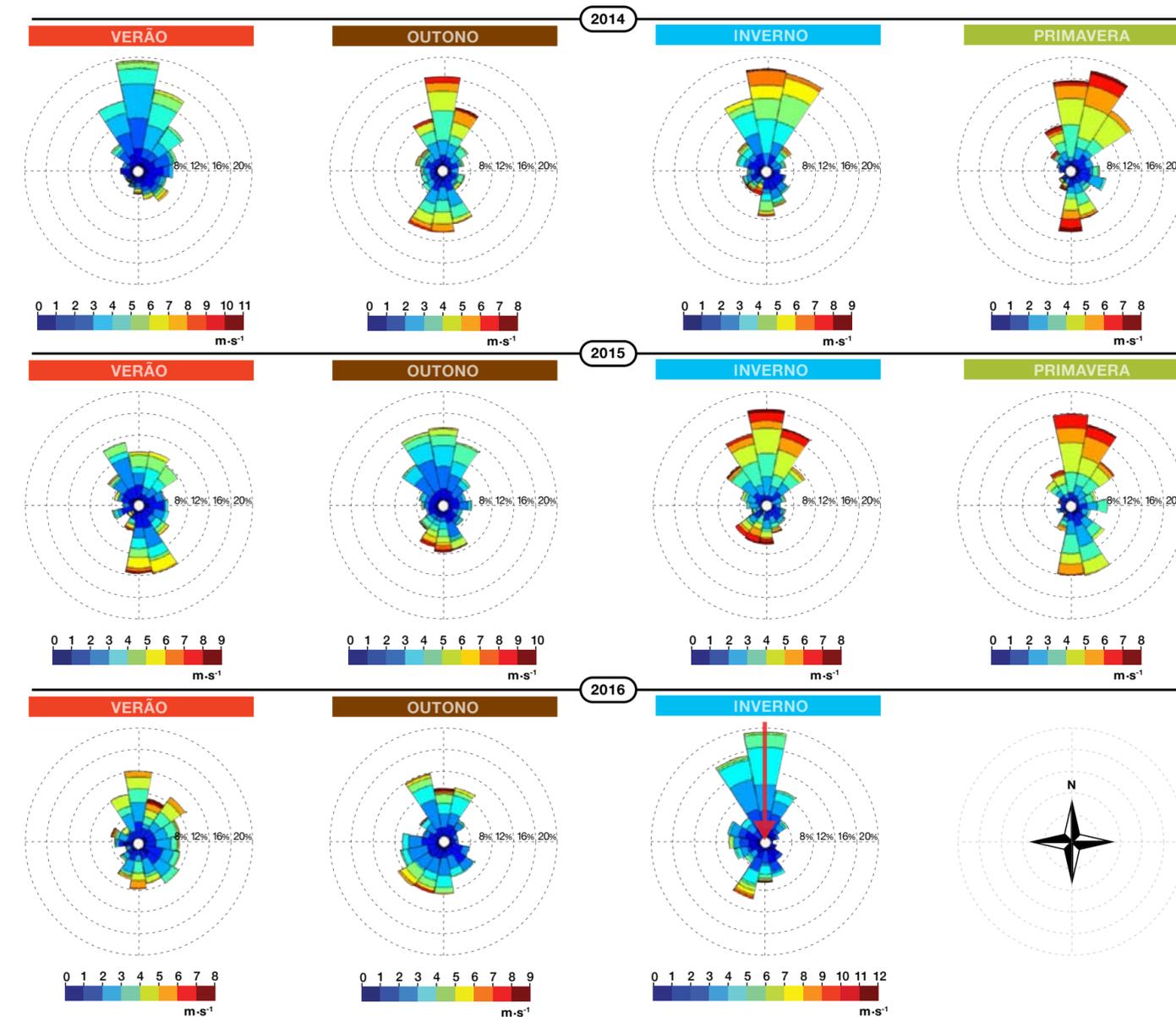


Essas águas frias são muito ricas em nutrientes e ocupam uma larga faixa costeira ao longo da plataforma continental. Nessa época ocorre também a chegada das tainhas, pinguins e baleias no litoral de SC. A Água Tropical (AT) e a Água da Pluma do Prata (APP), ao se misturarem, podem gerar uma nova massa d'água conhecida por Água Subtropical de Plataforma (ASTP), a qual pode apresentar mais características de uma massa d'água ou de outra.

A primavera e o outono são estações de transição das condições ambientais. As imagens de satélite mostram as particularidades de cada ano na costa de Santa Catarina. Houve um frio inverno em 2014, mas, a partir do inverno de 2015, a água do mar esteve sempre mais fria que no ano anterior. Assim, em 2016 tivemos o inverno mais rigoroso dos três anos. Apesar de as medições realizadas considerarem apenas três anos, podemos sugerir que a ocorrência do El Niño em 2015/2016 pode ter influenciado a precipitação, os ventos e a circulação das correntes e, assim, a temperatura da água do mar. A clorofila-a é um pigmento presente em todas as espécies que re-

alizam a fotossíntese, sendo usada para estimar a biomassa fitoplanc- tônica e como um indicador da produção primária marinha, mostrando o quanto de alimento está disponível para os outros níveis tróficos. No verão, as maiores concentrações de clorofila-a ocorreram na costa, uma vez que os nutrientes são carregados dos rios para o mar. Durante o outono, junto com o recuo da Água Tropical para o oceano e o aumento do vento sul, ocorre a mistura de nutrientes das camadas mais profundas, e assim a produção fitoplanc- tônica aumenta progressivamente até alcançar os máximos do inverno. No inverno, a Água da Pluma do Prata alcançou a plataforma continental de Santa Catarina influenciando a produtividade biológica. Este efeito pode ser visto claramente comparando as imagens de clorofila e temperatura da água no inverno, que mostram maiores valores de clorofila nas águas frias. Junto com a chegada das águas frias no rigoroso inverno de 2016, tivemos uma elevada produção fitoplanc- tônica em toda a plataforma catarinense.

Os movimentos locais da água do mar originados pelos ventos, marés, correntes e ondas foram descritos pela análise das séries tem-



A intensidade e direção dos ventos ao longo dos três anos: O vento norte/nordeste soprou durante boa parte do verão de 2014 e com forte intensidade no verão de 2016, como esperado para essa época do ano. Já o ano de 2015 foi atípico, com vento sul no verão e norte/nordeste no inverno. No outono e primavera foram observadas condições intermediárias, com os ventos se alternando entre o norte/nordeste e sul. As barras coloridas chegam ao centro dos círculos indicando a direção de origem do vento. O tamanho da barra indica a persistência e a cor indica a intensidade do vento. Por exemplo, no inverno de 2016, o vento norte persistiu por aproximadamente 20% do tempo, com intensidade entre 6 e 7 m·s⁻¹ (médias quarto/diárias - Reanálise ERA-Interim).

porais geradas pela estação meteorológica, pelo marégrafo e um medidor de correntes marinhas (ADCP) instalados pelo Projeto MAARÉ.

Sobre o Oceano Atlântico sul existe um grande centro de pressão alta ao redor do qual os ventos giram no sentido anti-horário. Esse centro de pressão se aproxima da costa brasileira durante o verão, gerando fortes ventos de nordeste e se afasta durante o inverno, permitindo que os ventos vindos do sul empurrem as massas polares frias e secas.

Assim como as imagens de satélite mostraram a variabilidade da temperatura e das particularidades de cada ano, o regime de ventos foi muito variado e até mesmo atípico. Em todos os invernos, o vento nordeste foi frequente e muito intenso, o que é muito diferente do esperado para essa época.

Durante o verão de 2014, os ventos de norte/nordeste foram dominantes como era esperado, e continuaram fortes até a primavera de 2014. O ano de 2015 foi atípico, com vento sul intenso no verão e fortes ventos norte/nordeste no inverno durante muitos dias. O vento norte persistiu forte até o verão de 2016, o que pode ter favorecido a grande intrusão da ACAS pelo fundo, como foi identificado pelos pesquisadores, ao analisarem os dados das amostragens embarcadas. Mais uma vez os outonos e primaveras mostraram condições intermediárias, com os ventos ora soprando do norte/nordeste e ora soprando de sul.

A variação da temperatura do ar e da pluviosidade ao longo dos três anos mostrou novamente a instabilidade climática na região da REBIO Arvoredo. O inverno de 2015 foi ameno, com pouco vento sul e consequentemente poucas frentes frias. O outono de 2016 foi mais quente, seguido de um inverno muito mais frio, como visto também na superfície do mar. A partir de maio de 2015, a cada mês choveu muito mais que a média mensal dos últimos 50 anos. Várias análises oceanográficas e climáticas mundiais já indicaram que houve um forte El Niño em 2015, seguido de uma suave La Niña em 2016. Nossos resultados mostram como a variação da temperatura no distante Oceano Pacífico oriental, associado ao El Niño/La Niña pode afetar as características ambientais na REBIO Arvoredo e proximidades.

Os oceanos também são influenciados pelo movimento da Terra, do Sol e da Lua, que provocam variações do nível do mar em um intervalo de aproximadamente 25 horas conhecidas como marés astronômicas. A onda de maré astronômica é uma onda de período¹ muito longo que resulta da influência dos astros, topografia local e época do ano. Na região da REBIO Arvoredo, a variação do nível do mar provocada pela onda de maré astronômica é da ordem de um metro, o que representa um regime de micro-maré (variação inferior a dois metros). O padrão da maré é misto com predomínio semi-diurno, havendo duas marés altas (máximas) e duas marés baixas (mínimas) de alturas diferentes ao longo de um dia lunar (24h50m).

Os ventos em conjunto com a pressão atmosférica e a rotação da Terra podem provocar o empilhamento (superelevação) ou abaixamento (subelevação) do nível do mar. Este fenômeno é conhecido como maré meteorológica, que é de difícil previsão, devido à complexidade de fatores que a determinam. Estas variações ocorrem de forma mais lenta do que aquelas geradas pelos astros e mantêm-se por dias, até semanas,

e por estes motivos se denominam variações submareais. Os ventos de sul empurram a água em direção à costa, resultando no aumento do nível do mar, podendo causar ressacas, erosão da linha de costa e alargamentos. Os ventos de nordeste provocam a diminuição dos níveis do mar. Essa subelevação restringe a navegação por causa do calado das embarcações e limita a distribuição das espécies nos costões rochosos, que ficam mais expostos. Na região do Arvoredo, a passagem de sistemas frontais pode gerar variações meteorológicas do nível do mar da ordem de um metro. Ao longo do projeto, foram observadas subelevações do nível do mar durante aproximadamente 50% do período, sendo os períodos de subelevação mais persistentes e intensos (em média 10 cm) do que os períodos de superelevação (em média 5 cm).

O movimento das marés altera o nível do mar e provoca também o deslocamento da água. De forma geral, a maré astronômica teve uma pequena contribuição na intensidade da circulação local. Tanto a corrente observada, como a corrente submareal (meteorológica) atingiram até 70 cm/s, tendo a direção muito similar, indo para o sul, enquanto a maré astronômica alcança no máximo 20 cm/s. Em algumas situações, esses fluxos se somaram e a intensidade da corrente chegou a 100 cm/s.

Os resultados indicaram que, na ausência de ventos, os fluxos de água devem recircular localmente, formando pequenas elipses com velocidades inferiores a 15 cm/s. As variações do nível do mar geradas pelas marés, a topografia local e os ventos têm grande influência nas correntes costeiras. O ar em movimento transfere parte de sua energia para o mar, gerando correntes na superfície. Estas correntes superficiais também transmitem parte de sua energia para as camadas inferiores, de forma sucessiva até que esta se dissipa por completo. Assim, as correntes de superfície tendem a ser mais fortes que as correntes de fundo. Da superfície até o fundo (20 m), as correntes em direção ao sul foram dominantes, mas as correntes para o norte foram mais intensas. As correntes mais fracas foram observadas de março a agosto (final do verão e outono), e mais fortes ocorreram de setembro a janeiro (primavera e início do verão). Na superfície, os fluxos apresentaram intensidades médias de 20 cm/s na direção sudeste e no fundo de 16 cm/s na direção sudoeste. Valores intermediários na direção sul foram observados em meia água.

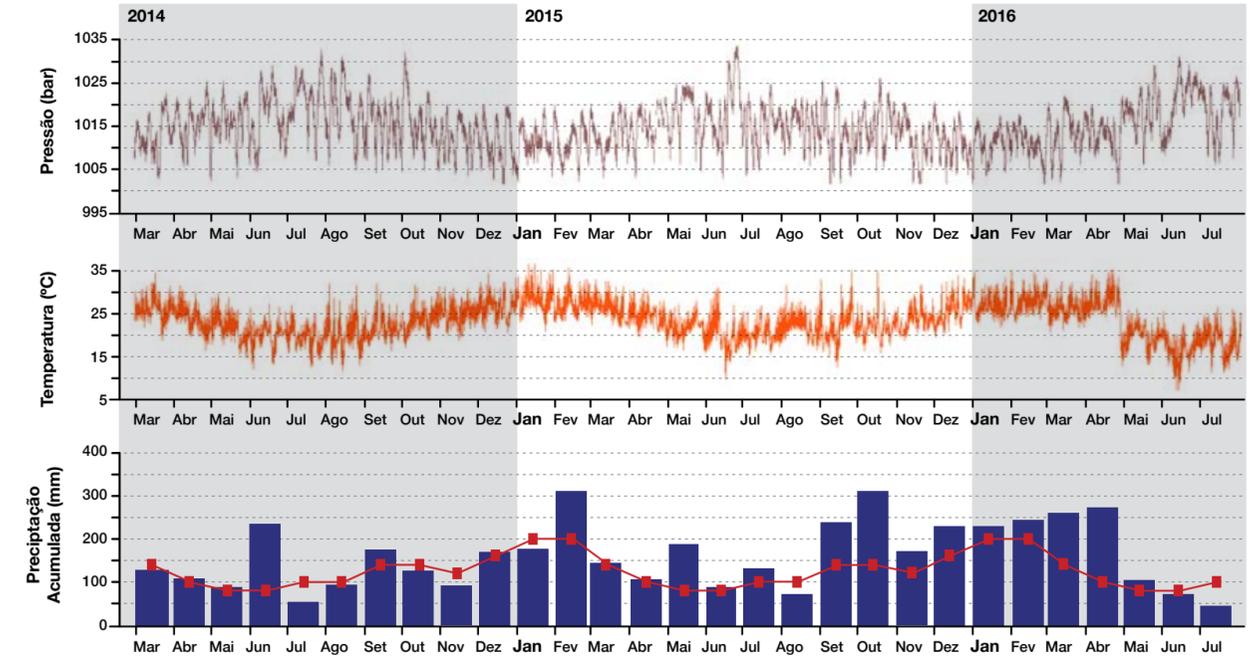
A corrente residual (o deslocamento efetivo das correntes por um período de tempo) dirigiu-se para sul com velocidades maiores na superfície (6,6 cm/s) do que no fundo (2 cm/s) indicando uma resposta ao regime de ventos. Essa corrente fraca em direção ao Canal da Ilha de Santa Catarina possivelmente se redireciona para leste. Ao decompor a velocidade da corrente residual na direção leste/oeste, observamos uma corrente de baixa intensidade, indo para o mar aberto na superfície e para o continente no fundo.

Em intervalos de seis a sete dias, os organismos ou objetos que flutuam ao sabor da corrente podem eventualmente ir para norte e para sul de forma sucessiva, deslocando-se até uma centena de quilômetros em relação a REBIO Arvoredo. Considerando períodos mais longos (meses), os materiais à deriva seriam transportados para o sul.

Assim como a energia dos ventos é transmitida para o mar na forma de correntes marinhas, parte da energia dos ventos também

Variação da pressão atmosférica, da temperatura e da pluviosidade. Os gráficos mostram as características climáticas típicas da região subtropical e a instabilidade provocada pelo *El Niño*. Em 2016, houve uma variação brusca de temperatura e pressão, com frio muito intenso durante o inverno. A partir do outono de 2015, choveu muito mais que nos últimos 50 anos.

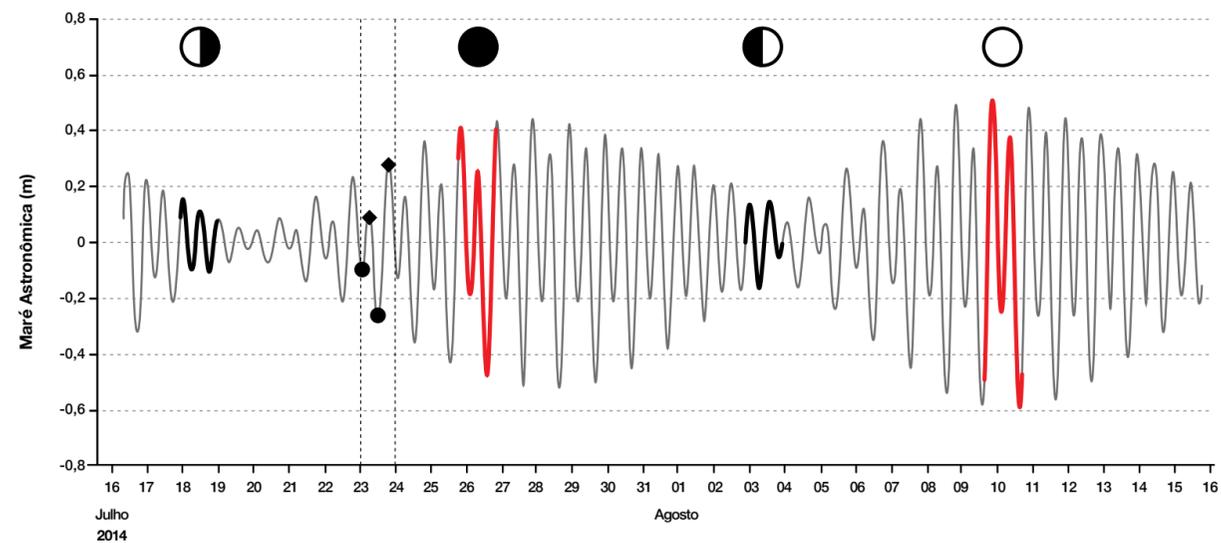
No gráfico de pluviosidade, as barras azuis representam a chuva acumulada em cada mês e as barras vermelhas a média mensal dos últimos 50 anos. Fonte: INMET (Estação Automática de São José, SC) e Projeto MAARÉ (Estação Automática da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC).



Pesquisador realiza a revisão mensal dos equipamentos da Estação Meteorológica Automática do Projeto MAARÉ.



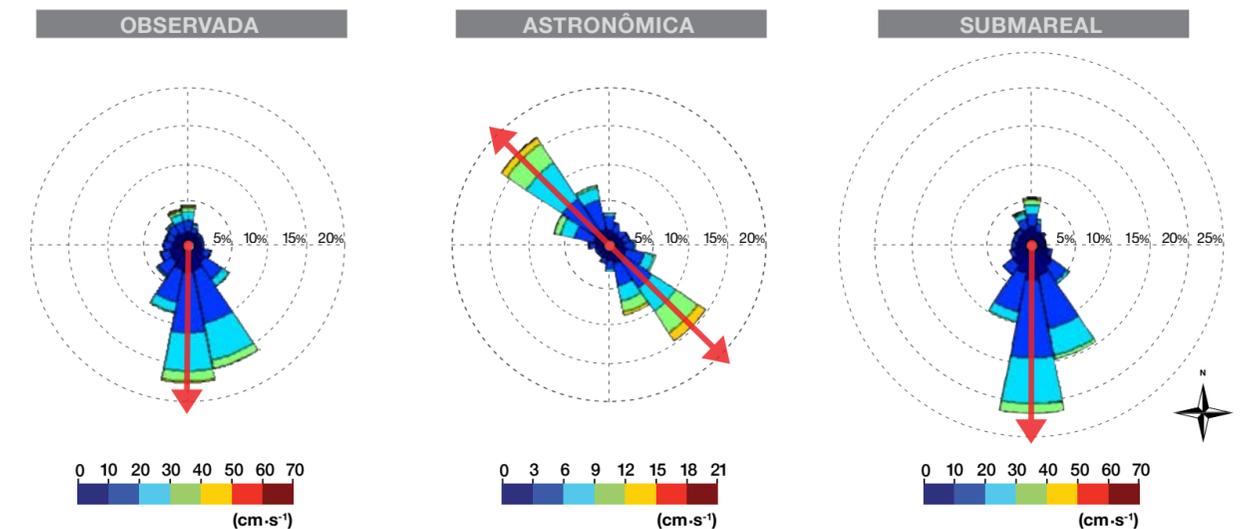
1 - Intervalo de tempo entre duas cristas da onda.



Maré astronômica durante julho e agosto de 2014: As maiores variações ocorrem nas luas nova e cheia (marés de sizígia) e as menores variações nas luas crescente e minguante (marés de quadratura). No dia 23 de julho, a ocorrência de duas marés baixas (dois círculos) e duas marés altas (dois losangos) exemplificam o padrão semidiurno da maré astronômica.

- Lua nova,
- ◐ lua crescente,
- ◑ lua cheia,
- ◒ lua minguante.

Corrente observada e contribuição da corrente de maré astronômica e da corrente submareal (oscilações meteorológicas e de baixa frequência), mostrando a importância da componente submareal nos movimentos da água do mar. As barras coloridas indicam para qual direção a corrente se desloca. O tamanho da barra indica a frequência e a cor indica a intensidade da corrente.



A variação da altura das marés influencia a distribuição de organismos marinhos em águas rasas, especialmente nos costões rochosos.

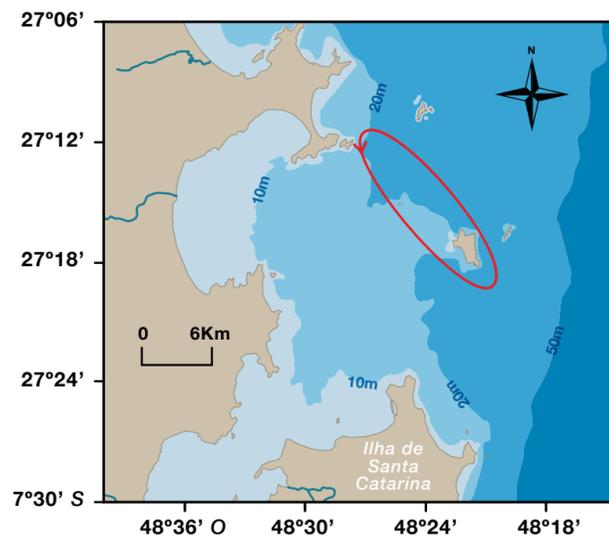


Perfilador de correntes (ADCP) a bordo da embarcação durante a etapa de manutenção e descarregamento de dados.



Detalhe do sensor radar do marégrafo instalado na Capitania dos Portos de Santa Catarina em Florianópolis.



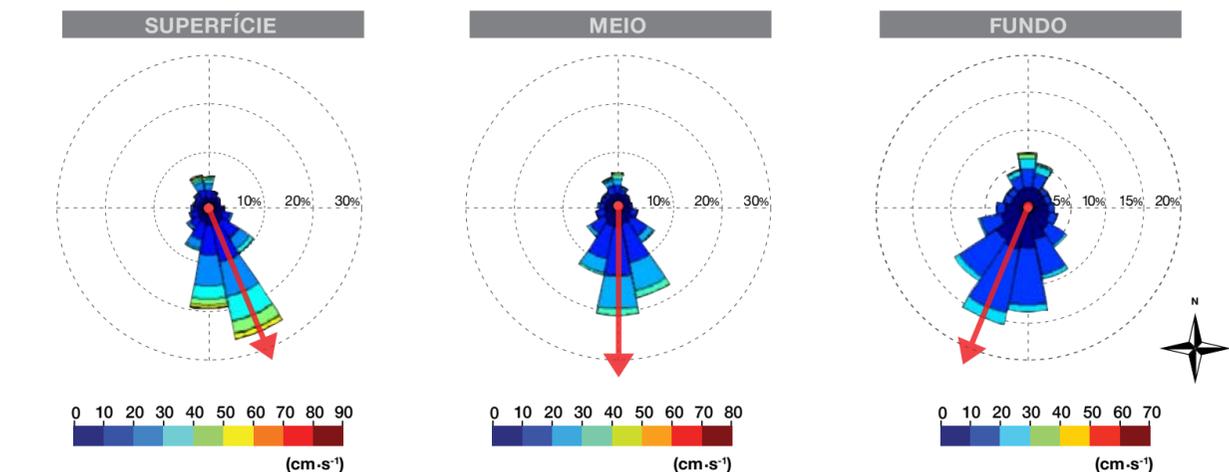
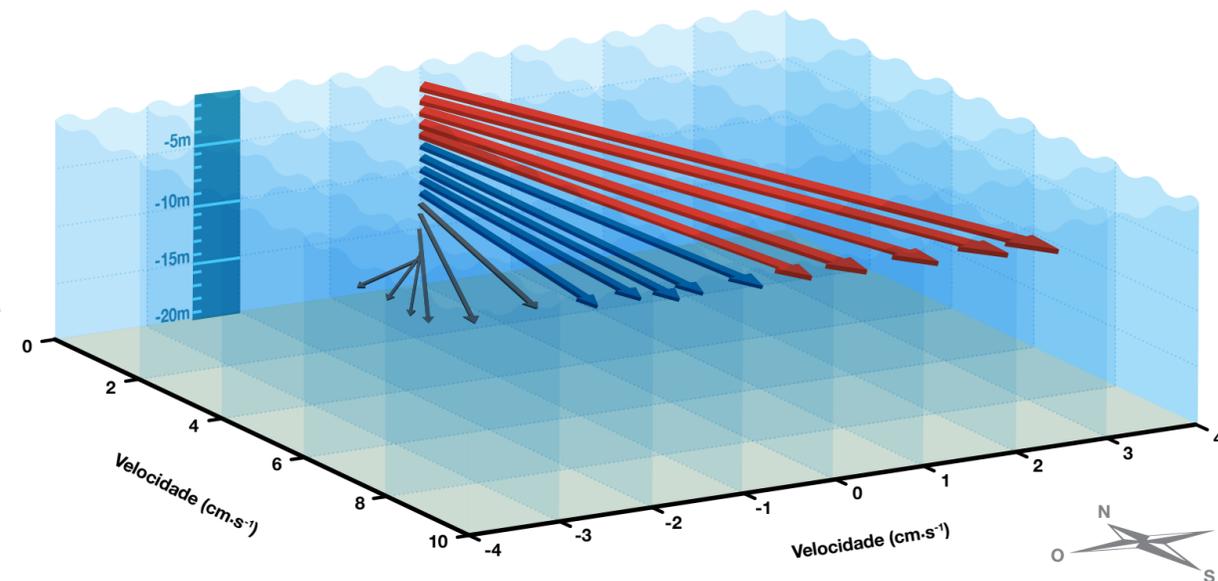


Na ausência de ventos, os fluxos da água do mar tendem a recircular localmente na forma de uma elipse e no sentido anti-horário. Lixo à deriva na superfície do mar na ausência de ventos.



A intensidade e direção das ondas influenciam a distribuição dos organismos nos ambientes de transição entre o mar e a terra.

Corrente residual na REBIO Arvoredo em relação à profundidade. As setas vermelhas mostram a água indo para mar aberto nas camadas superficiais, as setas pretas mostram a água indo para o continente no fundo.



Variação da corrente em relação à profundidade. As correntes para o sul foram dominantes da superfície ao fundo, sendo mais fortes na superfície. As correntes superficiais tendem a se orientar para sudeste e as correntes no fundo tendem a se orientar para sudoeste (em direção ao Canal da Ilha de Santa Catarina). O tamanho da barra indica a frequência e a cor indica a intensidade da corrente.

é transmitida para a superfície do mar na forma de ondas. Os ecossistemas costeiros são fortemente influenciados pelas ondas, assim como os organismos marinhos que se distribuem de acordo com o grau de exposição às ondas.

A formação das ondas envolve processos físicos complexos, iniciando-se com o atrito do vento na superfície do mar. O atrito do vento transfere energia para a lâmina de água dando início a ondas de período muito curto. Sob ação de ventos fortes e persistentes por longas extensões, formam-se ondas com períodos de um a trinta segundos. Na REBIO Arvoredo, o inverno foi a estação mais energética, com ondas de alturas até 2,5 metros. O verão foi a estação com

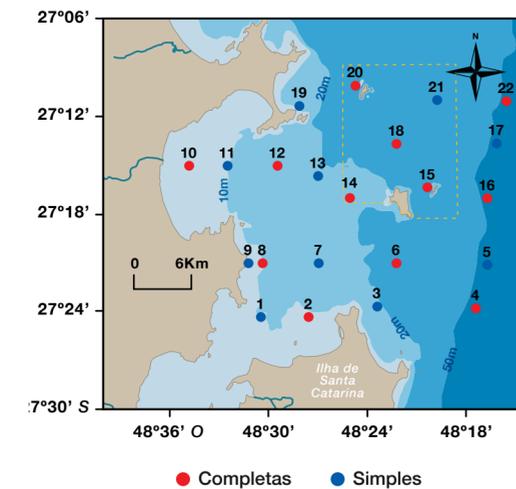
menor energia, quando as ondas tiveram alturas médias de 0,70 metros e períodos inferiores a nove segundos. Os períodos elevados das ondas de outono e inverno sugerem que as ondas foram geradas em mares distantes, enquanto os períodos inferiores a nove segundos do verão e primavera indicam que as ondas foram geradas em mares locais. A direção de chegada com maior ocorrência foi leste/sudeste.

As campanhas oceanográficas descritas a seguir, permitiram que os pesquisadores compreendessem a dinâmica oceanográfica em torno da REBIO Arvoredo, a interação das diversas massas de água com a base da cadeia alimentar e a dispersão de poluentes no ambiente.

A CAMPANHA OCEANOGRÁFICA

As campanhas oceanográficas foram realizadas com os pesquisadores embarcados, navegando pela região em três dias sucessivos. Em 12 estações oceanográficas "completas" foram registrados dados físicos, como temperatura e salinidade, e coletadas amostras de água, sedimento e plâncton, durante verão e inverno, de 2014 a 2016. Durante o trajeto da embarcação, eram realizadas mais 10 estações oceanográficas "simples", onde foram registrados apenas os dados físicos. Além das campanhas de verão e inverno, a cada dois meses todas as amostragens foram realizadas na forma de 22 estações oceanográficas "simples".

Em cada verão e inverno, os dezoito pesquisadores embarcavam com equipamentos apropriados para a coleta, o pré-processamento e a conservação das amostras. Um pequeno laboratório foi instalado na embarcação para que as amostras de água fossem filtradas para análise do material em suspensão, clorofila e nutrientes. As amostras coletadas foram levadas para laboratórios na UFSC e FURG, para processamento com métodos específicos e certificados internacionalmente.

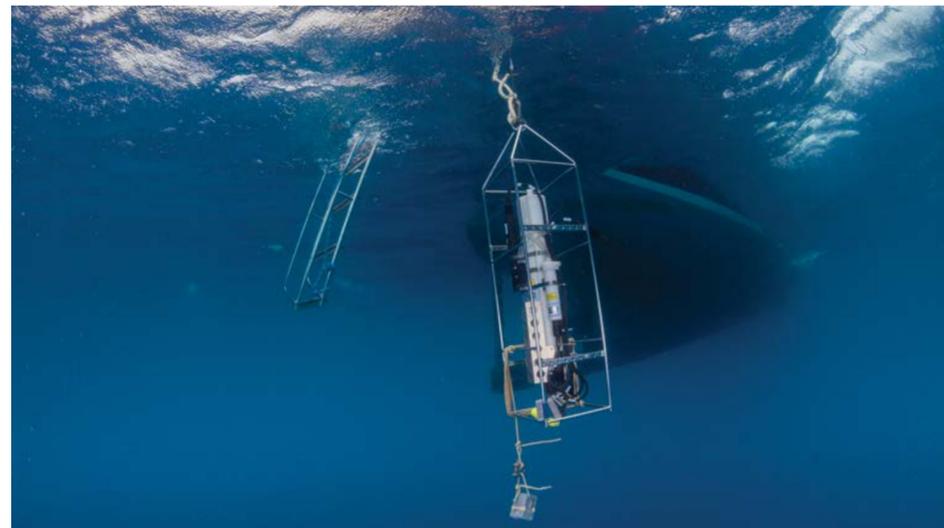


Localização da malha amostral de estações oceanográficas do Projeto MAArE. Estações Completas: amostragem de água, plâncton e sedimento; registros de dados físicos, como temperatura e salinidade. Estações simples: registros apenas de dados físicos.

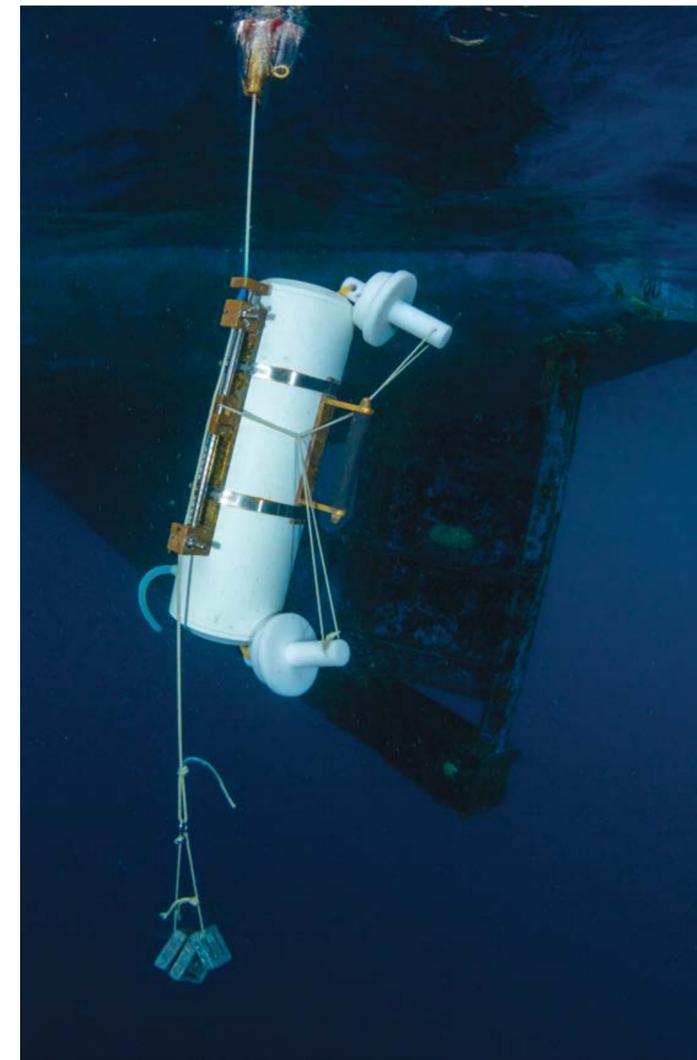
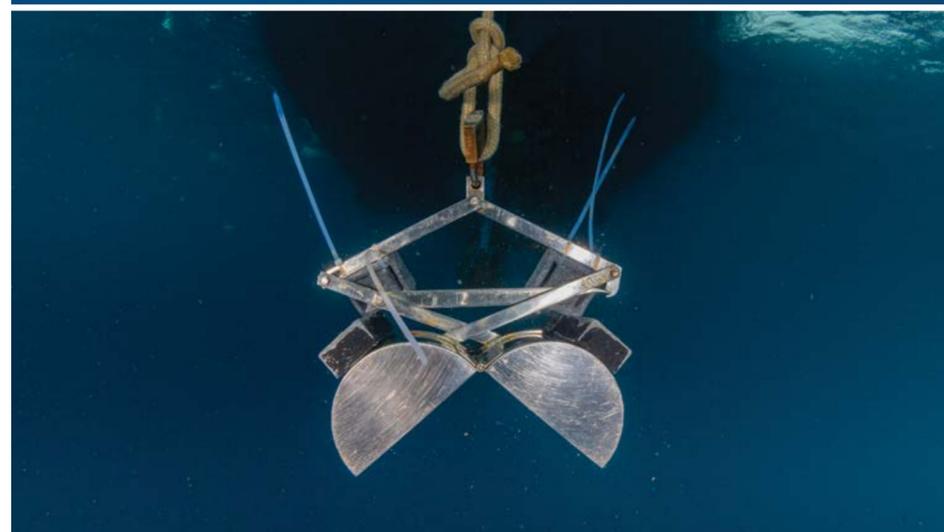


O pesquisador controla a rede durante o arrasto para amostragem do zooplâncton.

Perfiliador CTD, que registra continuamente a temperatura e salinidade ao longo da coluna d'água, com sensores acoplados para o registro de oxigênio e fluorescência.



Draga para a amostragem de sedimentos marinhos, iniciando a descida para o fundo do mar.



O "mensageiro" (tubo de metal acoplado ao cabo, visto no alto da foto), desliza rapidamente pelo cabo. Ao colidir com o mecanismo de metal da garrafa, irá fechar as suas tampas. Assim, a água do mar de uma determinada profundidade será armazenada.



Garrafa fechada, com amostra de água do mar sendo recolhida para a embarcação.

Métodos de amostragem nas campanhas oceanográficas e equipamentos fixos de amostragem de séries temporais.

1. Marégrafo: o equipamento realiza medições da altura da maré a cada cinco minutos e foi instalado na Capitania dos Portos de Santa Catarina, localizada na porção central do Canal da Ilha de Santa Catarina.

2. Estação Meteorológica: registro de temperatura, ponto de orvalho, vento, pluviosidade e pressão atmosférica em intervalos de 10 minutos. O equipamento foi instalado a aproximadamente 13 m de altura, no Laboratório de Peixes de Água Doce (LAPAD/UFSC), no sudeste da Ilha de Santa Catarina.

3. O sensor MODIS está a bordo do satélite AQUA, que pertence à *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Foram utilizadas imagens de temperatura da superfície do mar (TSM) e de concentração de clorofila-a da superfície do mar (CSM) com 1 km de resolução espacial.

4. Rede de plâncton de 200 µm (0,2 mm): arrasto horizontal de superfície durante cinco minutos, para amostragem de zooplâncton.

5. Laboratório de Filtração da Água do Mar: instalado na embarcação para que as amostras de água fossem imediatamente filtradas (filtros de 0,47 µm ou 47 milímetros/10.000), separando o material particulado (biomassa do fitoplâncton, matéria em suspensão) do material dissolvido (nutrientes). As amostras foram analisadas em laboratórios da UFSC para que fossem obtidos os seguintes parâmetros: concentração de clorofila-a [com um aparelho chamado espectrofotômetro], material em suspensão total (MST), material em suspensão orgânico (MSO), material em suspensão inorgânico (MSI) [com balança de precisão], concentração de nitrato, nitrito, amônio, fosfato e silicato [também com espectrofotômetro].

6. Medidor de Correntes: perfilador acústico por efeito Doppler (ADCP) fundeado a 20 m de profundidade, próximo ao Calhau de São Pedro. Aquisição horária de dados de correntes, de temperatura e de ondas a cada seis horas.

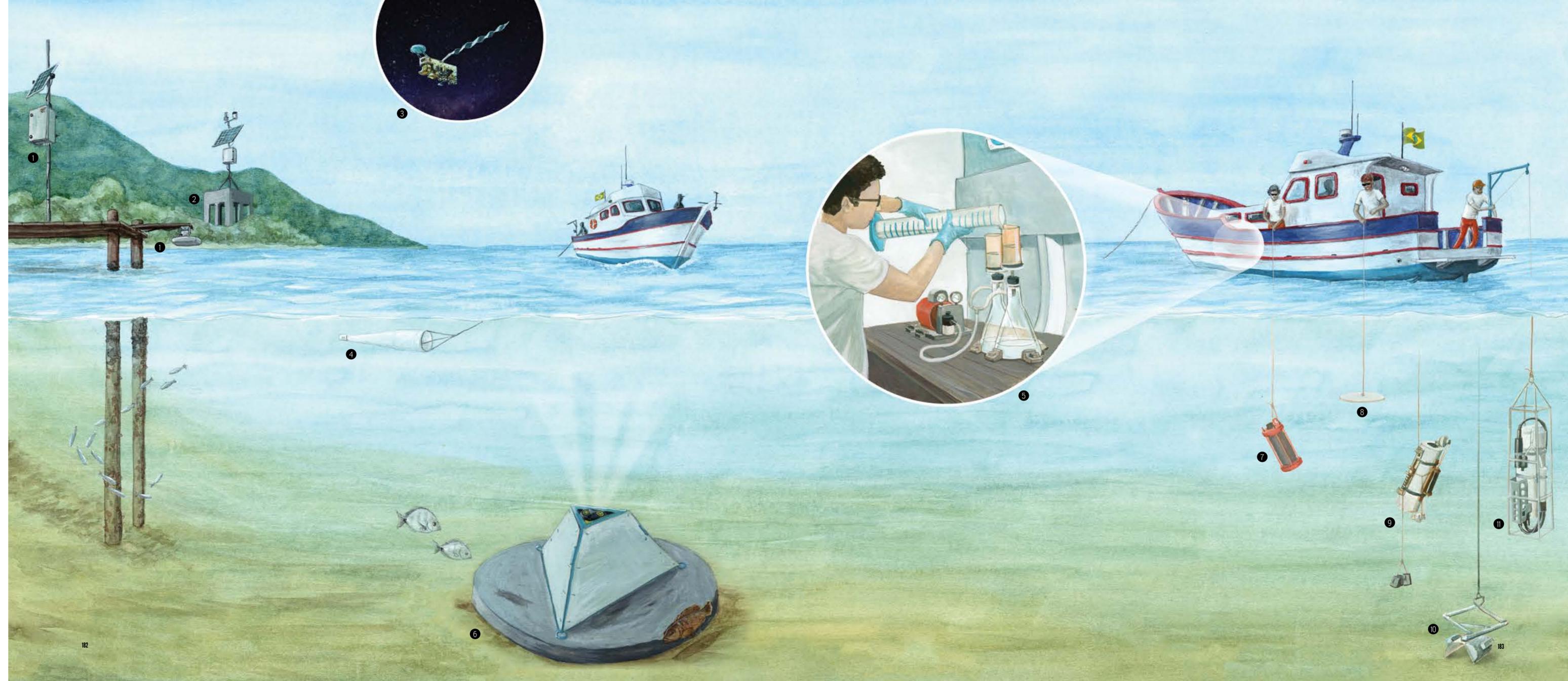
7. Garrafa para coletar água da subsuperfície: determinação dos Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP).

8. Disco de Secchi: utilizado para calcular a profundidade da zona eufótica (Zeu).

9. Garrafa do tipo van Dorn: Coleta de água próximo ao fundo, à profundidade intermediária e na superfície.

10. Draga do tipo van Veen: amostragem de sedimentos do fundo marinho. A determinação de Carbono Orgânico Total (COT), Nitrogênio Total (N Total) e metais pesados foi realizada no laboratório da FURG, e a de compostos orgânicos (hidrocarbonetos e coprostanol) na UFSC. A exatidão das análises foi determinada por comparação com materiais de referência certificados. Os hidrocarbonetos foram analisados em um cromatógrafo a gás e o carbono e nitrogênio em um analisador elementar - CHNS/O. Os metais foram analisados por Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES).

11. Perfilador CTD e sensores de oxigênio dissolvido e fluorescência: Registro contínuo de temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e fluorescência. A profundidade do pico de fluorescência ou da termoclina determina a "amostra de profundidade intermediária".



As massas de água

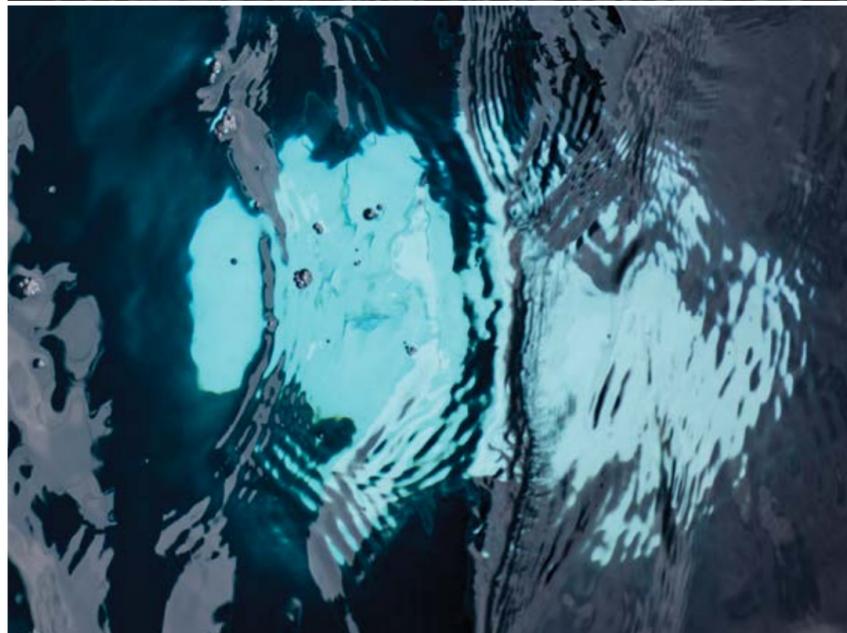
Massas d'água são identificadas pelos seus intervalos de temperatura e salinidade, que caracterizam a sua densidade. Quanto mais fria e salgada, mais densa e profunda é a massa de água. A partir dos registros de temperatura e salinidade do perfilador CTD, foram construídos os diagramas de Temperatura x Salinidade (TS). O diagrama TS é a forma mais clássica de expressar graficamente as massas d'água em uma região.

As condições ambientais das águas rasas (até aproximadamente 20m de profundidade) foram opostas entre o verão, marcado por altas temperatura e salinidade, e o inverno, marcado por baixas temperatura e salinidade. O outono e a primavera, assim como mostrado pelas imagens de satélite, têm condições ambientais intermediárias. No verão, ocorreu uma grande variação de temperatura (17 a 27,5°C) devido à presença da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) abaixo de 25 metros de profundidade. Houve uma termoclina bem marcada, na profundidade de transição entre Água Tropical (AT) quente e as águas frias da ACAS. Já as maiores variações da salinidade ocorreram no inverno (30,2 a 35,8) e outono (25,9 a 36,8), devido à influência continental da Água da Pluma do Prata (APP), além da pluma do Rio Tijucas (PRT) e da saída norte do Canal de Santa Catarina (CN). Choveu muito nos verões de 2015 e 2016 e as águas com baixa salinidade vindas do Rio Tijucas (PRT) e do Canal de Santa Catarina (CN) se misturaram à Água Tropical (AT), diminuindo a sua influência na superfície. Assim, a Água Subtropical de Plataforma (ASTP) foi dominante na região.

A TERMOCLINA E O PICO DE FLUORESCÊNCIA

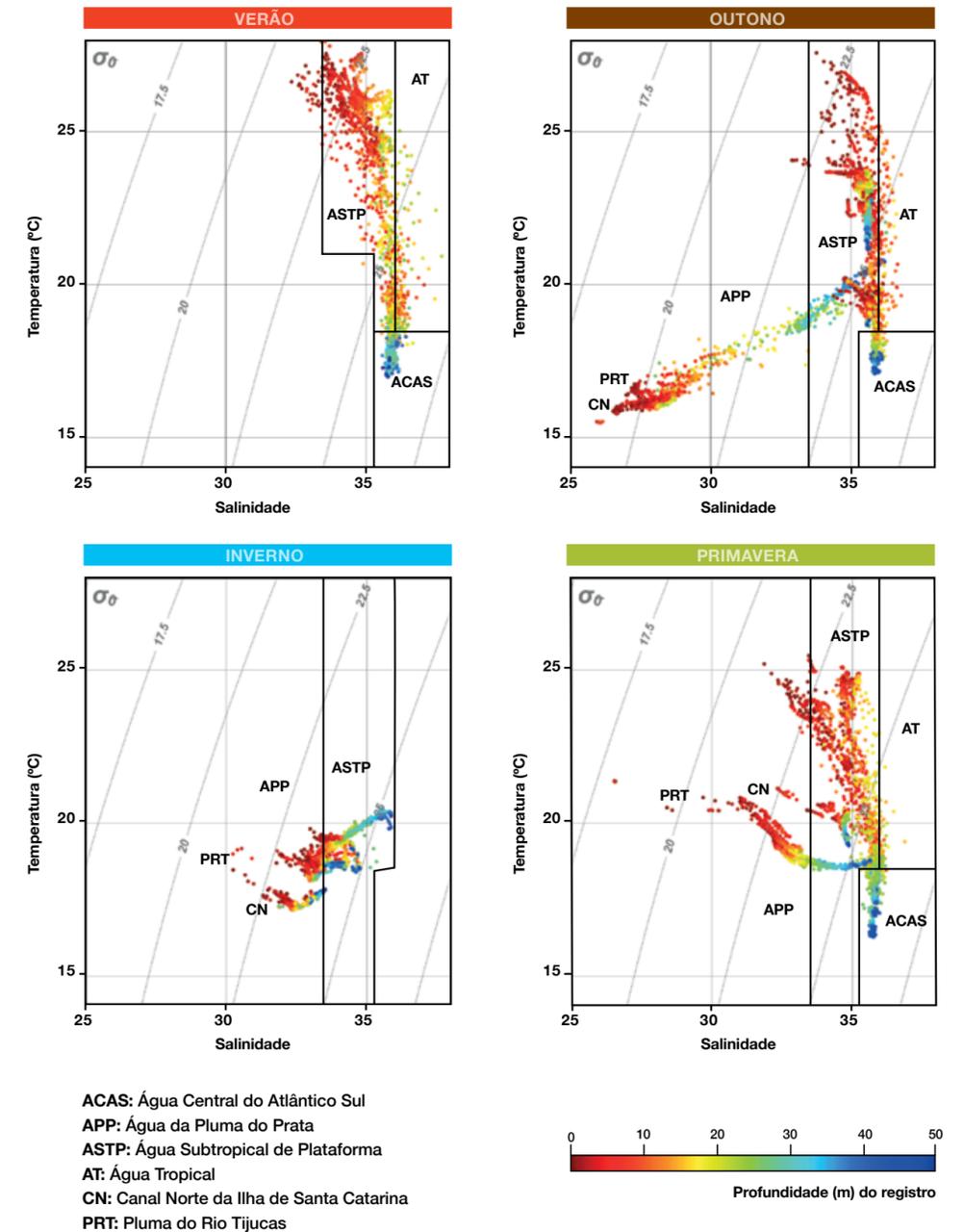
As condições ambientais da camada superficial do mar (camada de mistura), com temperaturas mais altas devido ao aquecimento pelo sol, são formadas pela ação dos ventos, ondas, correntes e marés. Abaixo dessa camada, encontramos águas mais frias, mais densas e ricas em nutrientes. A região de transição entre estas camadas é conhecida como pycnoclina, marcada por uma mudança abrupta de densidade, que em geral coincide com a termoclina. Uma termoclina se forma quando ocorre uma variação abrupta na temperatura ao longo da coluna d'água. Em alguns casos, uma termoclina invertida pode ocorrer quando águas mais frias, mas com baixas salinidades fluem na superfície, como é o caso de algumas plumas estuarinas.

Na base da camada de mistura, ainda na zona eufótica, onde luz e nutrientes são suficientes para realização da fotossíntese, pode ocorrer um valor elevado de biomassa fitoplanctônica: o máximo subsuperficial de clorofila. Devido à fluorescência da clorofila-a, estes máximos, ou picos de fluorescência, podem ser detectados na água do mar pelo fluorímetro acoplado ao perfilador CTD.



O disco de Secchi é lançado pelo bordo da embarcação e o pesquisador registra a profundidade em que não consegue mais ver o disco dentro da água. Esse registro vai ser utilizado para calcular a profundidade da zona eufótica.

Diagramas T-S (Temperatura-Salinidade) com os dados de 2014 a 2016, mostrando as massas d'água em cada estação do ano. No verão ocorreu a Água Tropical, enquanto no inverno ocorreu a Água da Pluma do Prata e a influência de águas costeiras locais. A Água Subtropical de Plataforma foi registrada em todas as estações. Todas as massas d'água ocorreram no outono e primavera. Cada massa d'água é definida por um intervalo de temperatura e salinidade delimitados no gráfico por linhas contínuas pretas. As linhas cinzas ao fundo representam linhas de densidade constante (σ_t).





A ESTRUTURA OCEANOGRÁFICA NO VERÃO E NO INVERNO

A estrutura oceanográfica no entorno da REBIO Arvoredo durante o verão e o inverno está representada nas páginas 190 e 191. A diferença de temperatura entre as duas épocas do ano, já evidente nas imagens de satélite, e a estratificação de massas d'água no verão, já demonstrada no diagrama TS, pode ser visualizada nessa representação do ambiente.

Foram acrescentadas as informações das análises de clorofila, material em suspensão, nutrientes, penetração da luz e zooplâncton, obtidos a partir das campanhas oceanográficas.

Pesquisadores interpretam os registros de temperatura do perfilador CTD durante a campanha oceanográfica.



Laboratório para filtração da água do mar instalado na embarcação, onde alguns pesquisadores permanecem por horas realizando o processamento inicial das amostras.



Pesquisador prepara o sistema de filtração das amostras de água.

Verão:

A temperatura na superfície do mar foi alta ($>25^{\circ}\text{C}$) em toda a região, devido à radiação solar elevada. A Água Subtropical de Plataforma (ASTP) ocupou da região costeira às ilhas da REBIO Arvoredo, devido à mistura da Água Tropical (AT) com as águas menos salinas oriundas do Rio Tijucas. Ocorreu a estratificação vertical ao largo da REBIO Arvoredo, devido à intrusão da Água Central do Atlântico Sul (ACAS). A intrusão da ACAS se intensificou a cada ano, limitando-se à região mais externa em 2014 e alcançando pelo fundo as proximidades da Baía das Tijucas em 2016.

O Rio Tijucas é a principal fonte de material em suspensão. Na superfície, a maior parte do material em suspensão é orgânica, sugerindo intensa atividade biológica, enquanto no fundo ocorre maior concen-

tração de material inorgânico, devido à ressuspensão dos sedimentos depositados no fundo.

Águas superficiais são naturalmente bem oxigenadas, enquanto as águas de fundo têm as menores concentrações de oxigênio dissolvido, tanto na Baía das Tijucas, quanto na plataforma associada à ACAS. No fundo, ocorre deposição e decomposição da matéria orgânica proveniente da zona eufótica, como células mortas e excretas. A decomposição desse material consome o oxigênio, causando a diminuição da sua concentração. Nos verões de 2015 e 2016, com o avanço das águas frias em direção à costa, registrou-se uma condição crítica, com a concentração de oxigênio abaixo de $3\text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$. Quando o oxigênio está abaixo desse valor, o ciclo de vida de espécies aeróbias, como peixes e camarões, é prejudicado, gerando danos à cadeia alimentar. Na plataforma, a produção primária estimulada pela ACAS gera oxigênio (O_2) e consome gás carbônico (CO_2), enquanto a decomposição da matéria orgânica



A filtração da água do mar para análise de nutrientes, clorofila e material em suspensão envolve o uso de equipamentos frágeis e de muita precisão, além de grande atenção dos pesquisadores.

no fundo consome O_2 e libera CO_2 . Assim, essa baixa concentração de oxigênio indica a presença de águas mais ácidas no fundo, com elevada concentração de CO_2 . Quando essas águas ácidas atingem menores profundidades, pode haver prejuízo para a síntese do carbonato de cálcio das carapaças de crustáceos, moluscos e corais.

As principais fontes de nutrientes para a região são as águas continentais vindas pela Baía das Tijucas e pela saída norte do Canal da Ilha de Santa Catarina, e a ACAS. O amônio é a forma predominante de nitrogênio inorgânico em efluentes domésticos (esgotos) e é gerado também a partir da excreção dos organismos marinhos e da decomposição da matéria orgânica. As maiores concentrações de amônio coincidem com a drenagem de áreas urbanizadas e industrializadas

da grande Florianópolis, onde o sistema de tratamento de efluentes é precário, como a Baía de Tijucas e Canal Norte da Ilha de Santa Catarina. Já o fosfato e o nitrato apresentaram maior concentração na ACAS. As altas concentrações de clorofila em águas de fundo na saída norte do Canal de Santa Catarina (Baía Norte), no Calhau de São Pedro e nas profundidades intermediárias sob influência da ACAS coincidem com a ocorrência conjunta da maior penetração da luz e disponibilidade de nutrientes. A Água Tropical tem pouco material em suspensão e, assim, a luz consegue penetrar até mais de 20 metros, sendo a zona eufótica relativamente profunda. Apesar disso, como existem poucos nutrientes nas águas rasas, ocorrem baixas concentrações de clorofila na superfície do mar em toda área.

Página 189:
Após o arrasto de zooplâncton, a rede deve ser lavada cuidadosamente com água do mar para concentrar o material biológico no copo coletor.



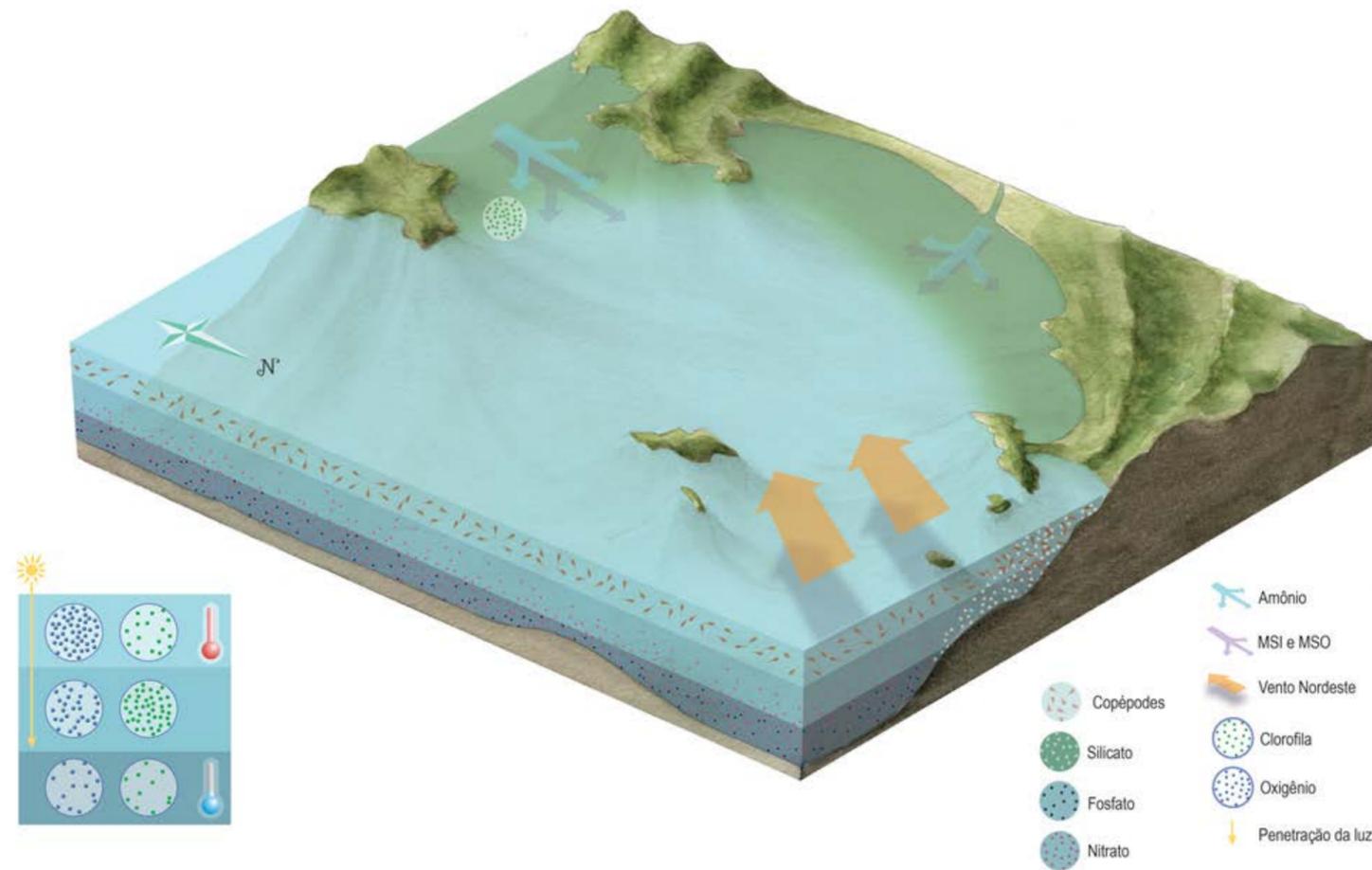
Inverno:

Os ventos intensos causaram a mistura da água do mar e impediram a estratificação das massas d'água. A estratificação ficou restrita à foz do Rio Tijucas, devido à diferença de salinidade influenciada pela descarga de água doce, formando uma pluma de baixa salinidade na superfície. Águas relativamente frias ($<20^{\circ}C$) ocuparam toda a região, e tanto na parte externa como na Baía das Tijucas foi registrada uma suave termoclina inversa: a temperatura aumentou em direção ao fundo e a variação de densidade entre as águas foi definida pela salinidade. As águas um pouco mais quentes ficaram restritas ao fundo, enquanto que águas mais frias (Água da Pluma do Prata e do Rio Tijucas) e menos salinas se espalharam pela superfície.

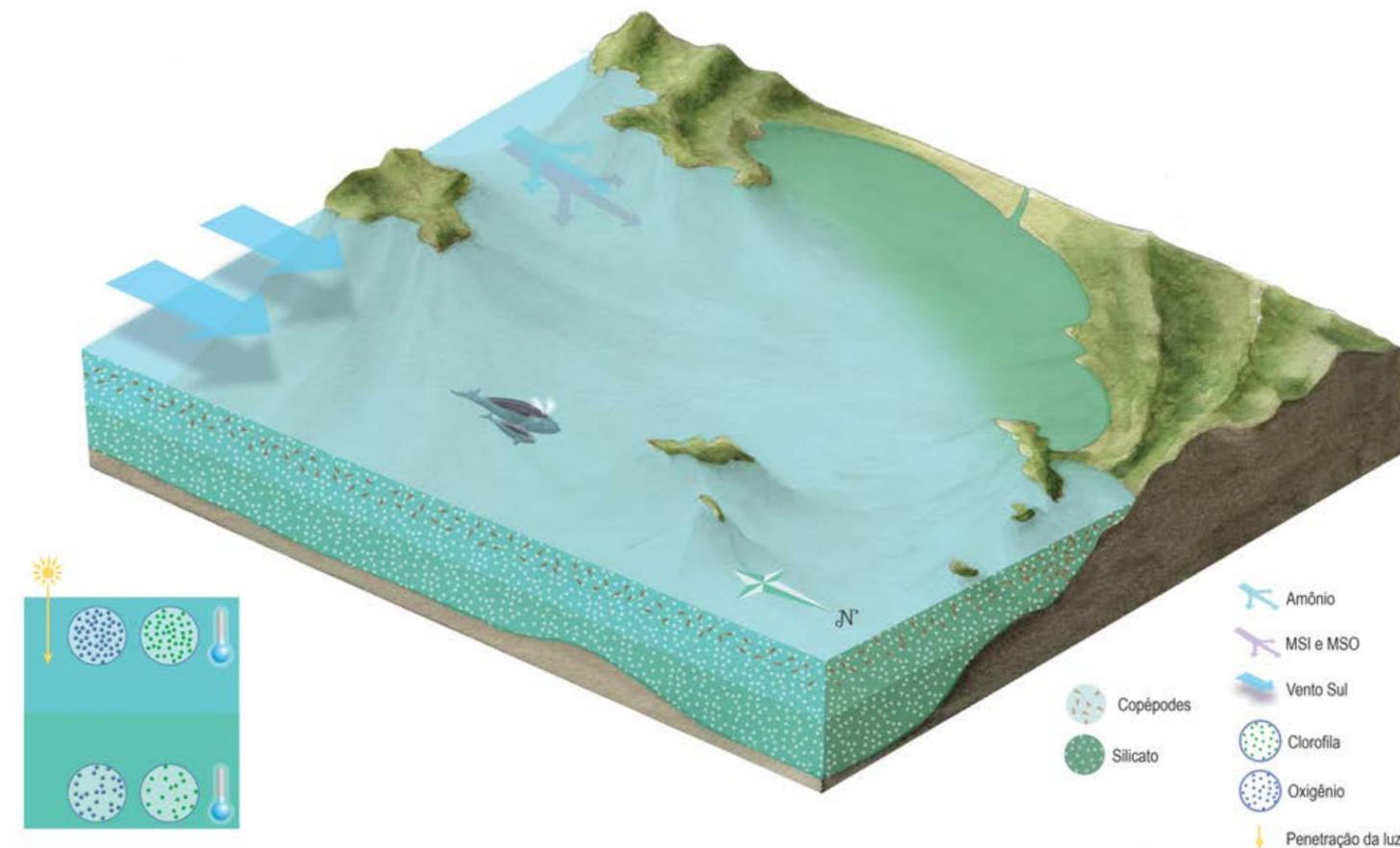
Maiores concentrações de material em suspensão no inverno foram registradas em toda a área. A maior parte deste material é de origem orgânica e está associada à penetração da Água da Pluma do Prata. Assim como no verão, o material em suspensão inorgânico foi trazido pelo Rio Tijucas e Canal da Ilha de Santa Catarina e pode ter sido ressuscitado do fundo pela maior mistura na coluna d'água no inverno. O silicato, nutriente de origem mineral e de águas de influência continental, alcançou máximos na foz do Rio Tijucas e próximo ao Calhau de São Pedro e esteve amplamente concentrado por toda região, indicando também a presença da Água da Pluma do Prata. O fosfato também foi associado ao silicato e às águas continentais, porém em menor concentração do que no verão.

A zona eufótica foi mais rasa, permanecendo em 10 metros, metade da profundidade alcançada no verão. Os ventos intensos mantêm a água bem misturada e a grande quantidade de material em suspensão no mar dificulta a penetração da luz. Ao mesmo tempo, o mar mais agitado e a menor temperatura da água causam maior troca gasosa entre a atmosfera e a água, gerando maiores concentrações de oxigênio do que no verão, da superfície ao fundo.

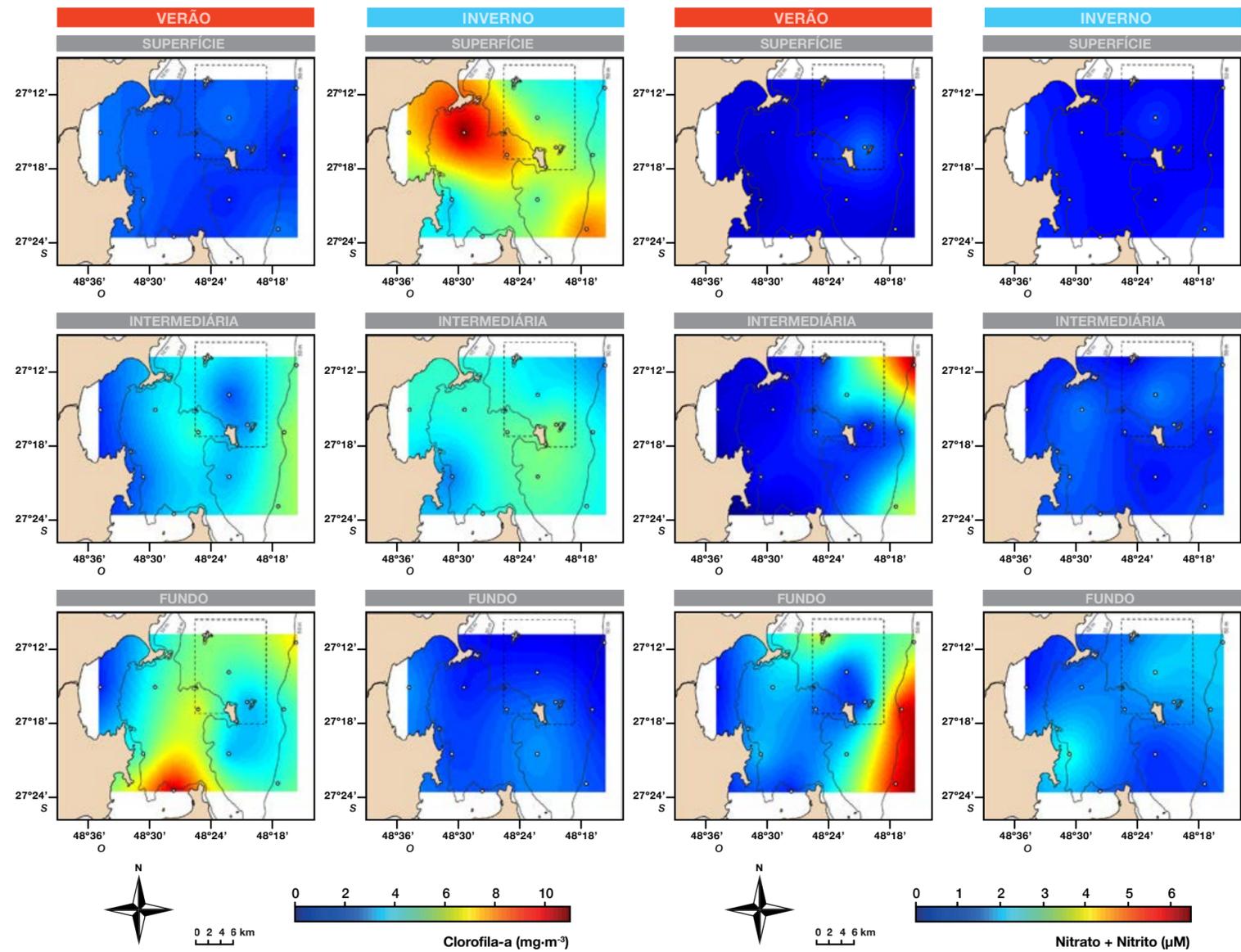
A concentração de clorofila na superfície foi muito maior no inverno do que no verão, como já mostrado pelas imagens de satélite. As maiores concentrações de clorofila ocorreram na superfície, na Baía das Tijucas (2014), em águas afastadas da costa ao sul (2015) e ao norte da REBIO Arvoredo (2016). Estes valores parecem estar associados à disponibilidade de silicato trazido pelas águas continentais próximas ou de origem distante como a Água da Pluma do Prata.



No verão a água do mar esteve bem estratificada, ocorrendo água quente e bem oxigenada na superfície e água fria e rica em nitratos no fundo. Na camada intermediária, onde ainda havia penetração da luz do sol e concentrações elevadas de nutrientes, foram encontrados os máximos de clorofila. O Rio Tijucas e o Canal da Ilha de Santa Catarina (Baía Norte) introduziram grandes quantidades de material em suspensão e nutrientes entre a costa e a REBIO Arvoredo, onde os copépodes são abundantes. Com a influência do vento nordeste, águas frias avançaram pelo fundo chegando até a Baía das Tijucas.

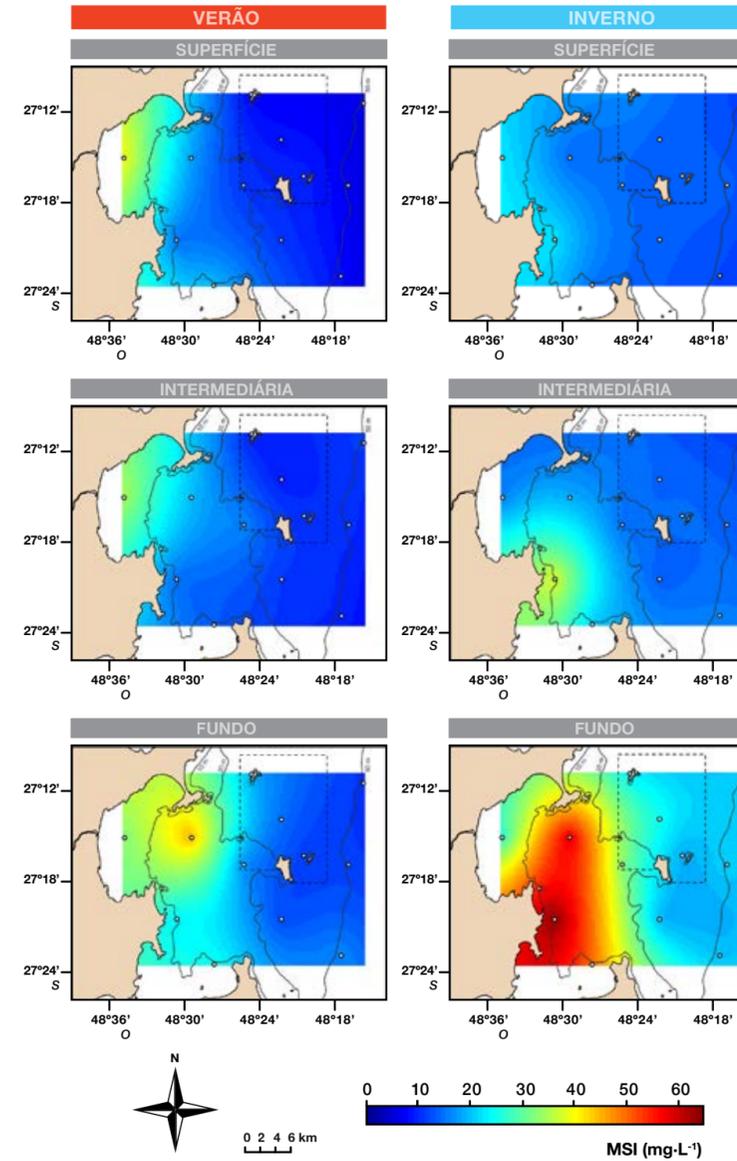


No inverno ocorreu maior mistura de água, com a água igualmente fria e oxigenada em todas as profundidades. A elevada concentração de material em suspensão dificultou a penetração da luz e o desenvolvimento do fitoplâncton, que apesar de abundante, ficou limitado à superfície do mar.

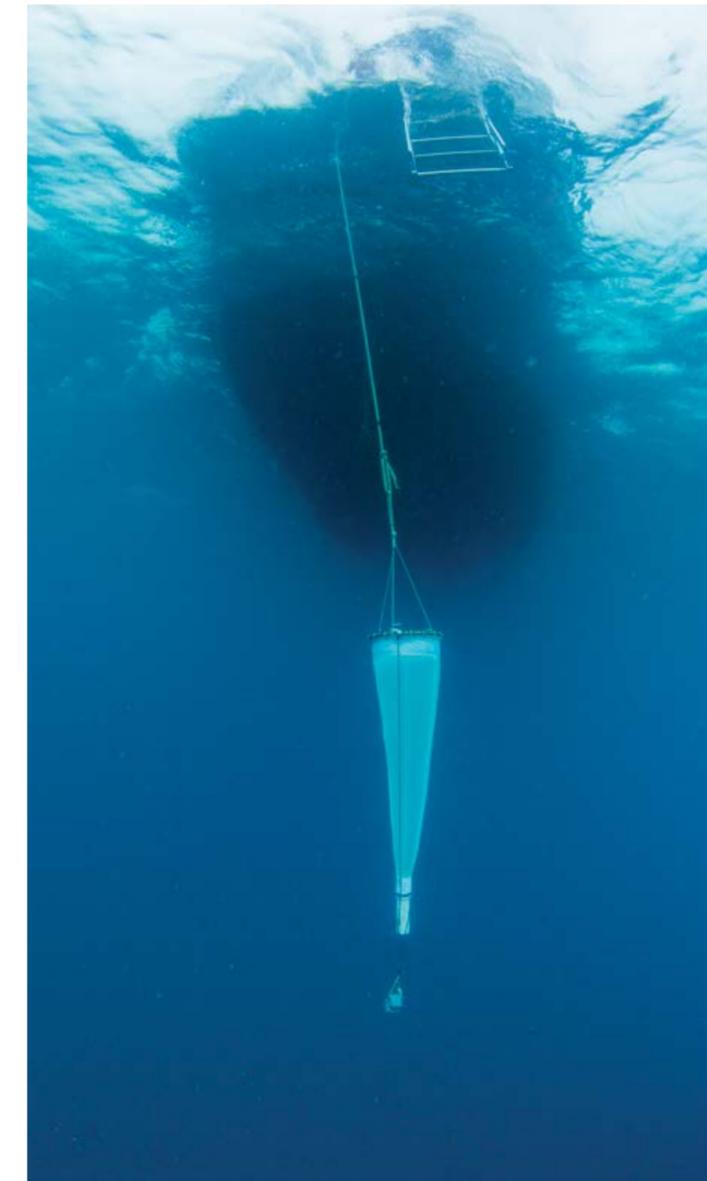


Concentração da clorofila (média de 2014 a 2016) mostrando que no verão os maiores valores foram registrados no fundo, perto da costa e na profundidade intermediária na região mais afastada da costa. No inverno, os maiores valores foram encontrados nas águas superficiais.

Concentração de Nitrato [+Nitrito] (média de 2014 a 2016) mostrando os valores máximos na região mais afastada da costa, em profundidade intermediária e no fundo, durante o verão.



Concentração de material em suspensão inorgânico (MSI) (média de 2014 a 2016) mostrando a relação entre os maiores valores e a proximidade do Canal Norte da Ilha de Santa Catarina e desembocadura do rio Tijuca.



Arrasto vertical com rede de amostragem de microplâncton.

O zooplâncton

No verão e no inverno, as maiores biomassas de zooplâncton na superfície do mar foram encontradas na Baía das Tijucas e no norte da Ilha de Santa Catarina. A biomassa de zooplâncton diminuiu aos poucos da costa para a plataforma no verão, mas no inverno a variação da biomassa não foi tão grande, já que a água do mar esteve homogênea.

No verão, as espécies de copépodes de águas quentes trazidas pela Corrente do Brasil, espécies gelatinosas carnívoras (quetognatos) ou eficientes filtradores (salpas) foram abundantes. Essa fauna planctônica foi típica de mares oligotróficos tropicais. As águas quentes permitiram também a maior diversidade de larvas de peixes e grande quantidade de larvas de crustáceos. Na costa, o pequeno copépode *Acartia lilljeborgi* formou isoladamente agregados de mais de 60.000 indivíduos/m³, associados aos máximos de material em suspensão, pois é uma espécie muito adaptada a águas com

influência de drenagem continental, como estuários e manguezais.

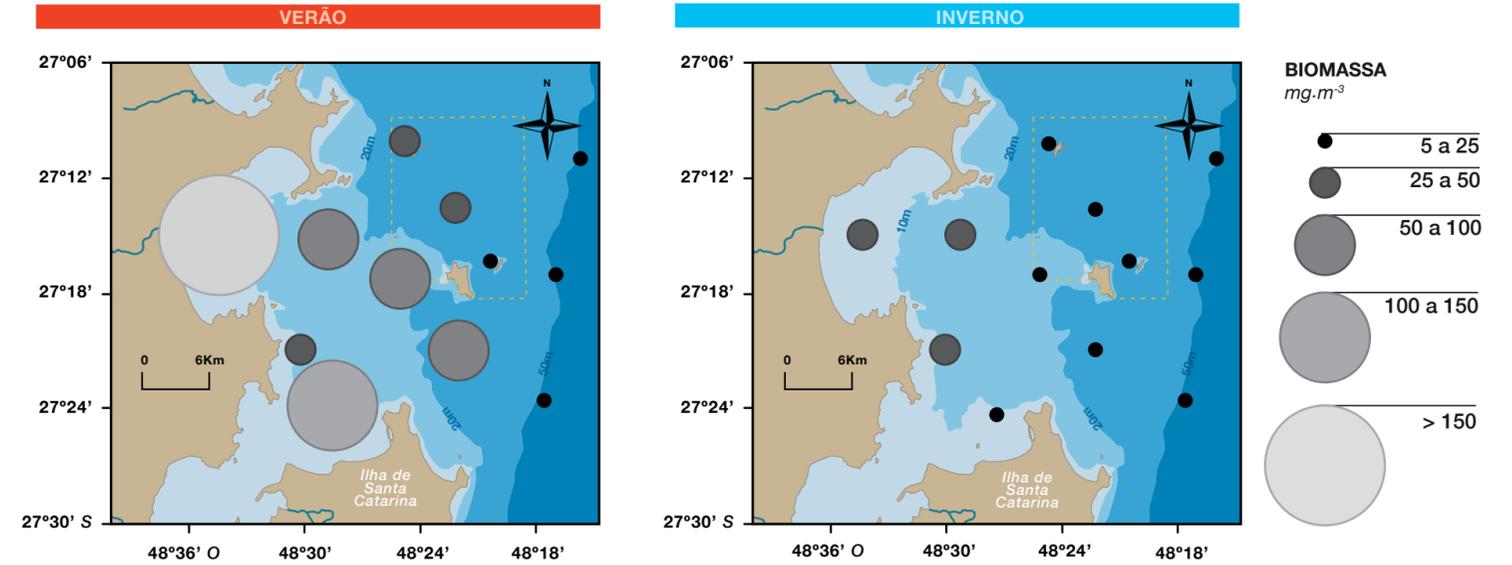
No inverno, as águas menos salinas e ricas em matéria orgânica em suspensão privilegiaram a dominância de copépodes costeiros e pequenas espécies onívoras e detritívoras de cladóceros e larváceos. Dentre as 45 espécies de copépodes, quatro ocorreram apenas no verão, associadas à influência da ACAS e 11 apenas no inverno. Houve maior diversidade e abundância de copépodes na plataforma no inverno, favorecidos pelo aumento de clorofila e domínio de águas continentais. Em agosto de 2014, *Pontellopsis brevis*, uma espécie típica da foz do Rio da Prata, foi registrada pela primeira vez em Santa Catarina. *Temora turbinata* foi muito abundante na costa no verão e em toda a região no inverno. *T. turbinata* é uma espécie invasora, bem estabelecida em águas brasileiras desde a década de 1990. Algumas espécies nativas que eram dominantes na costa leste brasileira foram substituídas por *T. turbinata* e não conhecemos os efeitos provocados nos outros níveis tróficos. Assim, devemos ficar atentos às modificações das comunidades planctônicas na REBIO Arvoredo ao longo do tempo.



A amostragem do microplâncton é realizada usando uma rede com uma malha de apenas 20 µm (0,02 mm).



A amostra de zooplâncton guarda mistérios que serão revelados somente após uma cuidadosa análise ao microscópio.



Biomassa de zooplâncton (média de 2014 a 2016) mostrando os valores elevados do verão e diminuição da biomassa em direção à plataforma



A vida à deriva na água do mar exige diferentes estratégias dos organismos para flutuar, capturar alimento e evitar a predação. Alguns são transparentes, outros tem projeções afiadas, expansões ciliadas, gotas de óleo, são urticantes ou se escondem em conchas. No plâncton encontramos a maior diversidade de vida do planeta, de vírus, bactérias e pequenos protistas de apenas uma célula, microalgas fotossintetizantes, até ovos e larvas de moluscos, crustáceos e peixes de grande interesse comercial.

Valores médios, máximos e mínimos dos parâmetros oceanográficos registrados no verão e no inverno, em cada estação oceanográfica \oplus e a profundidade do registro. ND = não determinado.

	VERÃO							INVERNO						
	MÁXIMO			MÍNIMO			Média \pm Desvio Padrão	MÁXIMO			MÍNIMO			Média \pm Desvio Padrão
	VALOR	\oplus	PROF. (m)	VALOR	\oplus	PROF. (m)		VALOR	\oplus	PROF. (m)	VALOR	\oplus	PROF. (m)	
Temperatura °C	27,56	22	0	17	4	47	23,49 \pm 3,24	19,91	22	25	17,18	20	13	18,35 \pm 0,71
Salinidade	37,45	14	15	32,61	12	0	35,07 \pm 0,86	34,76	22	48	30,68	12	0	33,19 \pm 0,84
Oxigênio $ml \cdot L^{-1}$	4,81	16	0	1,77	12	7	3,67 \pm 0,79	5,68	20	0	1,12	4	20	4,51 \pm 0,62
Material em Suspensão Total (MST) $mg \cdot L^{-1}$	534,00	10	2	1,25	4	0	34,33 \pm 60,48	311,00	4	45	10,00	16	0	58,52 \pm 64,42
Material em Suspensão Inorgânico (MSI) $mg \cdot L^{-1}$	94,7	11	10	4,47	15	0	15,84 \pm 14,13	85,75	12	16	8,03	16	0	21,44 \pm 15,18
Material em Suspensão Orgânico (MSO) $mg \cdot L^{-1}$	479,8	10	2	0,4	4	45	18,49 \pm 55,88	291,00	4	45	0,27	6	7	37,08 \pm 63,35
Zona Eufótica (Zeu) m	59,4	15		2,16	10		23,71 \pm 12,46	29,7	22		4,05	10		11,69 \pm 6,51
Amônio μM	13,50	14	15	0,24	22	28	1,86 \pm 1,86	11,21	22	45	0,23	8	0	1,46 \pm 1,50
Nitrito + Nitrato μM	8,61	22	35	0,15	4	0	1,62 \pm 2,08	3,49	16	45	0,17	6	0	1,21 \pm 0,75
Fosfato μM	1,16	20	14	ND	8	10	0,45 \pm 0,27	1,27	18	26	0,12	14	0	0,38 \pm 0,14
Silicato μM	19,66	12	18	0,28	2	10	5,69 \pm 4,54	32,62	14	14	1,05	22	0	8,27 \pm 4,21
Clorofila -a $mg \cdot m^{-3}$	25,75	2	9	0,08	2	0	3,55 \pm 3,60	19,21	12	0	0,37	12	16	4,14 \pm 3,06
Zooplâncton $mg \cdot m^{-3}$	597,20	10		6,18	22		835,80 \pm 112,74	120,00	10		0,33	20		235,66 \pm 28,07

As florações de fitoplâncton ocorrem quando algumas espécies encontram condições ambientais ideais e se reproduzem rapidamente. Seus grandes aglomerados podem até mudar a cor da água do mar. As florações muitas vezes são tóxicas, e nesses casos são conhecidas como marés vermelhas.



Os contaminantes do ambiente

As concentrações de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (N Total) foram extremamente baixas, especialmente em 2015. Em 2016, houve um enriquecimento orgânico nos sedimentos, provavelmente associado a um aumento da atividade fotosintética na água, seguido da sedimentação do material orgânico produzido para o fundo.

A distribuição de ferro (Fe), alumínio (Al), cromo (Cr), níquel (Ni), vanádio (V) e zinco (Zn) acompanhou a distribuição de COT e N Total. As maiores concentrações foram encontradas ao norte e ao leste da área amostrada. Essa distribuição está associada à

deposição de sedimentos finos, podendo ter origem em fontes distantes. Já a distribuição de chumbo (Pb) nos sedimentos mostrou um decréscimo em 2015 e 2016, em relação a 2014. A fonte mais provável de chumbo é o tráfego de embarcações e automotivo.

As concentrações dos metais nos sedimentos superficiais foram inferiores aos limites críticos estipulados pela Resolução CONAMA 454 e aos valores guias estabelecidos pelo *Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME)*. O TEL (*Threshold Effect Level*) representa a concentração abaixo da qual raramente são esperados efeitos adversos para os organismos e o PEL (*Probable Effect Level*) representa a concentração acima da qual é frequentemente esperado efeito adverso para os organismos. Contudo, os teores mais elevados de cromo, principalmente na área próxima ao Rio Tijucas, chegando a 47,6 mg/kg, estão levemente abaixo do TEL (52,3 mg/kg), sugerindo uma leve contaminação deste metal na região. O cromo pode ser proveniente de

indústrias de galvanização e curtumes. Os sedimentos tiveram teores relativamente baixos de matéria orgânica e, nesses casos, o cromo encontra-se principalmente associado a óxidos de ferro e de manganês, não constituindo um risco potencial para a biota, a menos que os aportes de matéria orgânica aumentem de forma significativa.

O perfil de distribuição dos hidrocarbonetos na maioria das amostras de água foi característico de ambientes não contaminados com derivados de petróleo. Os valores dos Hidrocarbonetos Totais (HTP) entre 0,03 e 0,82 mg/L foram inferiores ao valor de alerta para contaminação petrogênica. Somente nas estações próximas à foz do Rio Tijucas e ao norte da Ilha de Santa Catarina, onde ocorreram as maiores concentrações em 2014, foram encontrados perfis cromatográficos semelhantes aos de HTP oriundos de contaminação.

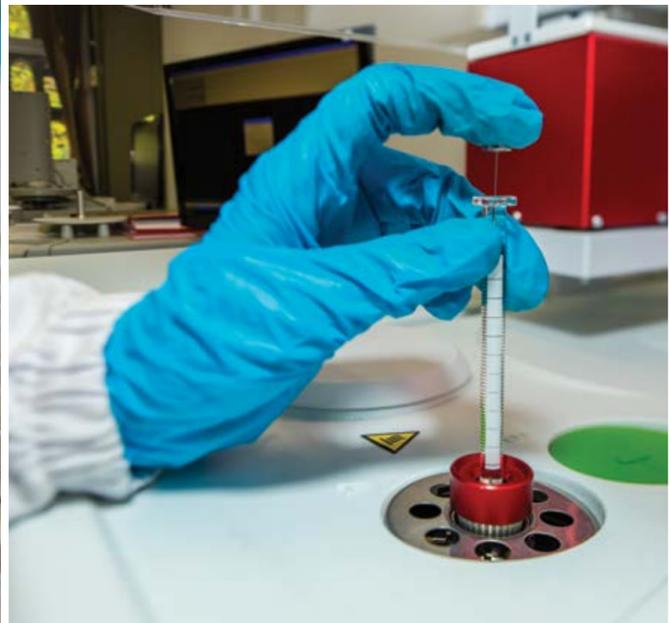
O perfil cromatográfico de distribuição dos hidrocarbonetos saturados nos sedimentos também se assemelha aos encontrados em ambientes com baixa contaminação. Os valores de HTP entre

9,0 e 56,6 mg/kg mostram pouca evidência de contaminação petrogênica na região. Mais uma vez, próximo à foz do Rio Tijucas, foram observados perfis de distribuição característicos de ambientes com contaminação recente de derivados de petróleo (hidrocarbonetos parafínicos bem definidos, pouco degradados).

Nas amostras de sedimentos foram encontrados alguns Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) que também podem ser oriundos de derivados de petróleo. Destacam-se o fenantreno, fluoranteno, pireno, benzo(k)fluoranteno e naftaleno. Em algumas estações, a concentração foi tão baixa que não foram encontrados valores para esses quatro compostos e qualquer outro HPA acima do limite de quantificação do método (1,0 $\mu g/kg$). Os valores determinados para os quatro HPA são inferiores aos estipulados pelo Guia de Qualidade do Sedimento do *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*, como sendo a concentração limite dos poliaromáticos, abaixo da qual não se observa reações de toxicidade para a biota bêntica.



Pesquisador comemora a amostragem bem sucedida do sedimento marinho.



Preparo das amostras de sedimento em laboratório, para iniciar a análise dos possíveis contaminantes derivados de petróleo e esgoto.

Do topo dos costões rochosos, as bromélias recebem os borrifos da água mar e testemunham as variações de temperatura e salinidade ao longo do ano.

RESUMINDO

A localização geográfica peculiar da REBIO Arvoredo na costa brasileira resulta em ambientes oceanográficos muito diferentes no verão e no inverno. Além disso, eventos que ocorrem muito longe, como os sistemas de ventos no oceano Atlântico, a vazão do Rio da Prata e da Lagoa dos Patos, e até mesmo a variação global associada ao El Niño, influenciam a Reserva em relação aos movimentos da água do mar e produção primária.

Esses eventos distantes moldam e sustentam a produção biológica local: a produção primária é muito elevada na superfície do mar no inverno, e a ressurgência no verão aumenta a produção primária nas águas mais profundas. Uma vez que esses eventos climáticos e oceanográficos influenciam o desenvolvimento das microalgas planctônicas, todo o ecossistema é atingido, já que a maioria dos animais marinhos em alguma fase da vida se alimentam do plâncton.

Durante todo o inverno, as águas turvas e frias têm uma temperatura média de 15°C e salinidade de 35.

ratura quase constante da superfície ao fundo. Já no verão as águas são muito quentes na superfície e mais frias no fundo. No verão, a ressurgência provocada pelos ventos de nordeste faz com que águas com temperaturas tão frias quanto as do inverno sejam encontradas até mesmo no ambiente recifal raso da REBIO Arvoredo.

A fauna e a flora recifais da Reserva, ricas em espécies tropicais, estão há longo tempo adaptadas a essa dinâmica e, durante o inverno, recebemos na região a agradável visita de muitas aves oceânicas, além de baleias e pinguins vindos do sul.

A elevada produção primária perto da costa é mantida pelo aporte das águas da Baía das Tijucas e do Canal da Ilha de Santa Catarina (Baía Norte), que introduzem nutrientes dissolvidos como fosfato e amônio, além de muitas partículas em suspensão. O aumento desses materiais no verão indica maior necessidade de cuidado com os efluentes das cidades do entorno, pois em excesso podem gerar perda da diversidade local. No momento, nem a água, nem os sedimentos apresentam contaminação por metais ou hidrocarbonetos derivados de petróleo. Mas, já existem sinais do acúmulo desses contaminantes próximo à Baía das Tijucas e à saída do Canal Norte da Ilha de Santa Catarina.

O regime de ventos, com a alternância constante entre os ventos de norte/nordeste e os ventos de sul/sudoeste, torna a circulação local muito dinâmica e variável. A variação da maré e a direção dos fluxos de água locais são reguladas pelo regime de ventos. Assim, a exposição da fauna dos costões rochosos e a dispersão das larvas de invertebrados, peixes e até mesmo poluentes são determinados principalmente pelos sistemas atmosféricos.

O Projeto MAArE permitiu a compreensão do funcionamento oceanográfico no entorno da REBIO Arvoredo, mostrando a vulnerabilidade que o ecossistema local tem a eventos climáticos distantes e locais, que podem variar muito a cada ano. O projeto lança o desafio para os próximos pesquisadores descobrirem como a bela e rica diversidade da REBIO Arvoredo está associada ao delicado balanço das forças da natureza.





A BIODIVERSIDADE MARINHA DAS ILHAS DA REBIO ARVOREDO E ENTORNO

CAPÍTULO 05

Alberto Lindner; Ana Flora Sarti de Oliveira; Anderson Antônio Batista; Andrea Santarosa Freire; Bruna de Ramos; Bruno Welter Giraldes; Edson Faria Júnior; Eduardo de Oliveira Bastos; Letícia Maria Costa Peres; Luisa Fontoura; Marina Nasri Sissini; Paulo Antunes Horta; Sergio Ricardo Floeter; Thais Peixoto Macedo; Tito Cesar Marques de Almeida; Bárbara Segal

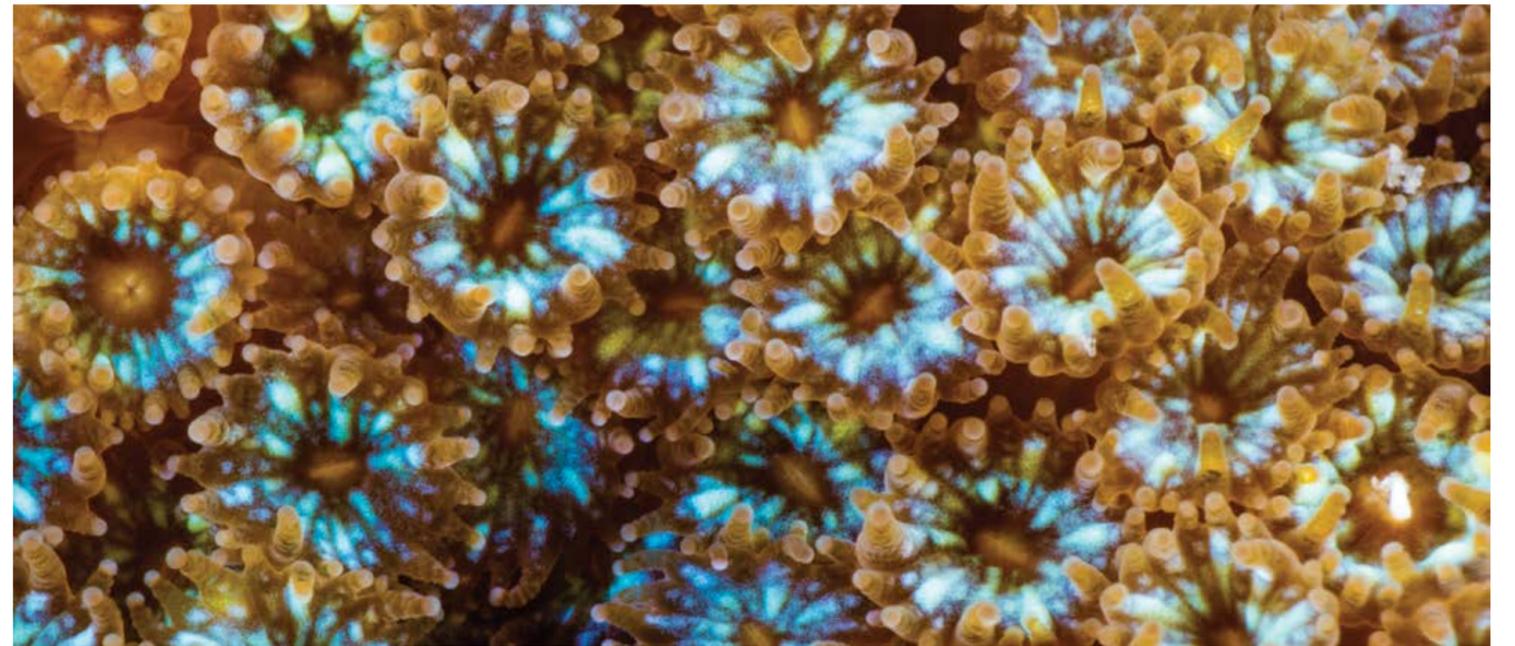
A reserva Biológica Marinha do Arvoredo (REBIO Arvoredo) abriga uma rica biodiversidade marinha. Do ponto de vista biológico, ecológico e biogeográfico, a REBIO Arvoredo se destaca pela ocorrência de centenas de espécies marinhas tropicais que têm o seu limite sul de distribuição geográfica no estado de Santa Catarina. Um exemplo é o coral *Madracis decactis*, espécie comum nos recifes do Caribe e da região Nordeste do Brasil e registrada, no estado de Santa Catarina, apenas na REBIO Arvoredo. Outras espécies tropicais e com limite sul de distribuição em Santa Catarina, como os coloridos peixes-papagaio ou budiões, também ocorrem no entorno da Unidade de Conservação (UC), mas são mais abundantes dentro dos seus limites. Assim, a REBIO Arvoredo preserva um importante conjunto de organismos tropicais onde essas populações tendem a ser menores e mais vulneráveis.

As particularidades da geografia e da biodiversidade da REBIO Arvoredo resultam em um ambiente marinho com paisagens mais diversas do que a região de seu entorno. Além dos costões rochosos e do fundo adjacente, composto por areia e cascalho, também são encontrados um pequeno banco de corais e dois grandes bancos de rodolitos. O banco de corais é formado por colônias livres da espécie *Madracis decactis*. Essa espécie cresce sobre os costões rochosos, como em outros locais do litoral brasileiro, mas na Reserva as colônias desse coral também formam pequenos nódulos com até 12 centímetros de diâmetro, que se desenvolvem sobre o fundo arenoso. Os bancos de rodolitos, por sua vez, são compostos por grandes agrupamentos de algas calcárias que formam nódulos, com formas diversas, distribuídos sobre o fundo e fornecendo abrigo para uma biodiversidade ainda pouco conhecida. Na REBIO Arvoredo, os bancos de rodolitos são encontrados próximos às ilhas Deserta e do Arvoredo. O banco de rodolitos mais conhecido e estudado é o da Ilha do Arvoredo, que pode chegar a centenas de metros de extensão e abriga uma grande biodiversidade de crustáceos, peixes e de outros organismos que usam os pequenos espaços entre e dentro dos nódulos de algas como abrigo. Os bancos de rodolitos na Reserva são os únicos registrados em todo o litoral sul do Brasil.

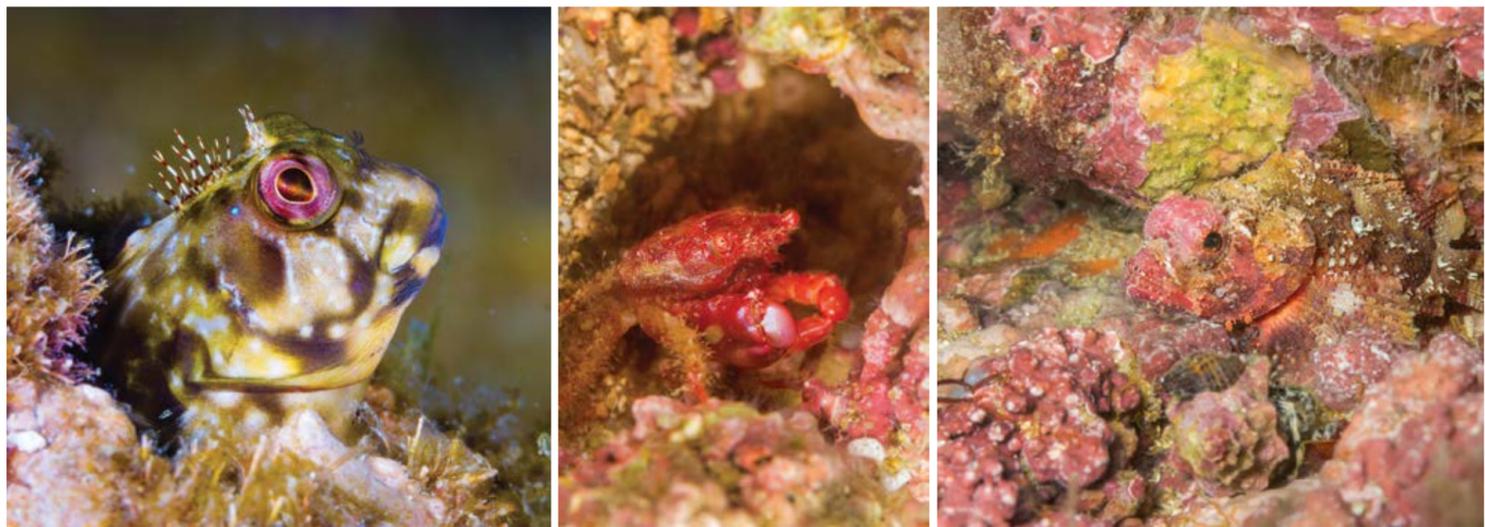
Os costões da REBIO Arvoredo e entorno abrigam uma rica fauna e flora.



O coral *Madracis decactis* na sua forma incrustante sobre os costões.

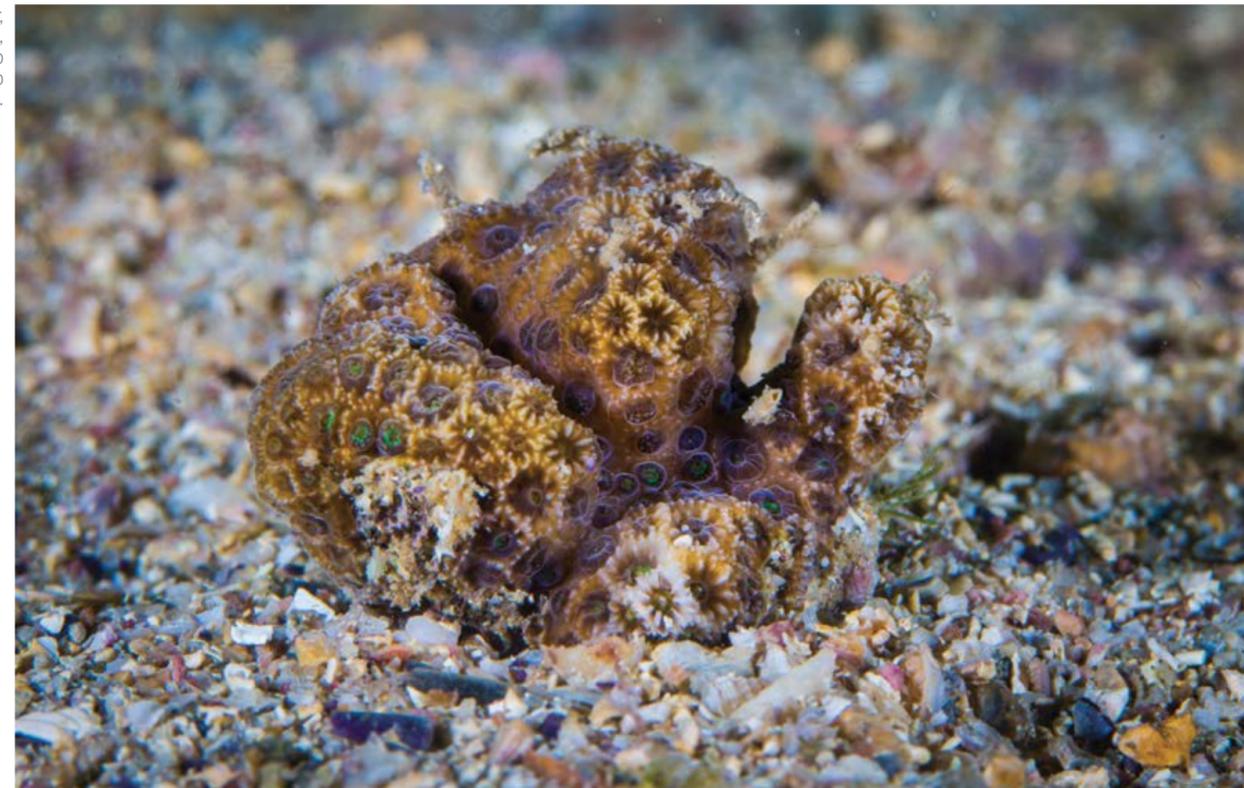


Acima: Detalhes dos pólipos do coral *Madracis decactis*. Abaixo: Peixe-papagaio *Sparisoma amplum*.



Banco de rodolitos do Rancho Norte, Ilha do Arvoredo: Pequenos peixes como a maria-da-toca, *Scartella cristata*, e o caranguejo *Mithraculus forceps*, encontram abrigo dentro dos rodolitos, enquanto o peixe-escorpião *Scorpaena* sp. se camufla.

Coral *Madracis decactis*, na sua forma rolada, crescendo livre sobre o substrato adjacente ao costão da Ilha da Galé.



Além do fundo arenoso e dos bancos de corais e de rodolitos, na região da REBIO Arvoredo destacam-se os costões rochosos. Estes são formados por rochas de diferentes tamanhos, onde vivem aderidas várias espécies de algas e de animais, como esponjas e gorgônias. A presença desses organismos, por sua vez, fornece alimento e abrigo a outros animais, como crustáceos, moluscos e peixes. Dessa maneira, os costões rochosos abrigam algas e animais que resguardam grande parte da vida marinha na REBIO Arvoredo. No entorno da Reserva, os costões rochosos também têm grande importância econômica, pois ali vivem várias espécies de peixe e organismos potencialmente importantes para a prospecção de fármacos, como algas e esponjas. Esses ecossistemas também são utilizados para a visitação e contemplação da vida e das belas paisagens submarinas, através do mergulho recreativo. Essa atividade é realizada em diversos locais no entorno da REBIO Arvoredo, como em Porto Belo, Bombinhas, Florianópolis e nas ilhas do Arvoredo e do Xavier.

Neste capítulo, apresentamos uma coletânea de dados biológicos obtidos durante três anos de monitoramento ambiental do Projeto MAARÉ, entre 2014 e 2016. Deste período de monito-

ramento, dois conjuntos de resultados emergem. Especialmente, os resultados indicam que organismos como ouriços-do-mar e peixes recifais são mais abundantes dentro da Reserva do que no entorno. Os resultados evidenciam ainda que o número de espécies, especialmente de algas, também é maior nas ilhas da REBIO Arvoredo do que no entorno da Unidade de Conservação. Além disso, o monitoramento ambiental também revelou a ocorrência, dentro da Reserva, de espécies de crustáceos, moluscos e peixes tropicais que nunca haviam sido encontradas anteriormente no estado de Santa Catarina. Esses resultados confirmam a importância da Reserva como local de preservação da vida marinha. Em um contexto temporal, os resultados do Projeto MAARÉ revelam que a abundância de alguns organismos, como é o caso do coral invasor, *Tubastraea coccinea*, vem aumentando na REBIO Arvoredo e entorno nos últimos três anos. Os resultados dessa primeira caracterização no espaço e no tempo reforçam a necessidade da continuidade do monitoramento ambiental no médio e longo prazo, tanto na Reserva quanto nas ilhas e costões rochosos do entorno da Unidade de Conservação.

Principais representantes da biodiversidade encontrada nos costões rochosos da REBIO Arvoredo e entorno:

- 1) *Larus dominicanus* (Gaiivota)
- 2) *Asparagopsis taxiformis* (Alga vermelha)
- 3) *Codium intertextum* (Alga verde)
- 4) Poliqueta Amphinomidae (Verme-de-fogo)
- 5) *Palythoa caribaeorum* (Zoantídeo Baba-de-boi)
- 6) *Abudefduf saxatilis* (Sargentinho)
- 7) *Botrylloides nigrum* (Ascidia)
- 8) *Damithrax hispidus* (Caranguejo)
- 9) *Parazoanthus swifii* (Zoantídeo)
- 10) *Tropometra carinata* (Lírio-do-mar)
- 11) *Epinephelus marginatus* (Garoupa-verdadeira)
- 12) *Euclaris tribuloides* (Ouriço-satélite)
- 13) *Echinaster brasiliensis* (Estrela-do-mar)
- 14) *Stenorhynchus seticornis* (Caranguejo-aranha)
- 15) *Carjoa risei* (Octocoral)
- 16) *Gymnura altavela* (Raia-borboleta)
- 17) *Perna perna* (Mexilhão, Marisco)
- 18) *Chthamalus* sp. (Craca)
- 19) *Turris* (Matriz de algas epilíticas)
- 20) *Bunodosoma caissara* (Anêmona)
- 21) Algas calcárias articuladas
- 22) *Chelonia mydas* (Tartaruga-verde)
- 23) *Sargassum* sp. (Alga parda)
- 24) *Echinometra lucunter* (Ouriço-preto)
- 25) *Leptogorgia punicea* (Gorgônia)
- 26) *Aplysina caissara* (Espanja)
- 27) *Padina gymnospora* (Alga parda)
- 28) *Astraea* sp. (Caramujo)
- 29) *Gymnothorax moringa* (Moreia-pintada)
- 30) *Chaetodon striatus* (Peixe-borboleta-listrado)
- 31) *Madracis decactis* (Coral)
- 32) *Drasmodion reticulatum* (Espanja)
- 33) *Eisella elongata* (Gorgônia)
- 34) *Cerianthomorpha brasiliensis* (Anêmona-tubo)
- 35) *Octopus vulgaris* (Polvo)
- 36) *Nodipecten nodosus* (Vieira)
- 37) *Petrochirus diogenes* (Caranguejo-ermitão)
- 38) Banco de rodolitos
- 39) Rodolito (Alga calcária)
- 40) *Cypraea subdepressus* (Bolacha-do-mar)
- 41) *Isostichopus badionotus* (Pepino-do-mar)





Pesquisador se prepara para a coleta de dados no costão.

O MERGULHO CIENTÍFICO NA REBIO ARVOREDO E ENTORNO

Todas as amostragens biológicas do Projeto MAArE foram realizadas através de mergulho autônomo, sendo que os mergulhadores se dividiam em duplas para amostragens. Cada equipe obteve autorização de pesquisa emitida pelo ICMBio para coleta de amostras (quando necessário) e de dados em campo. As macroalgas nos costões e bancos foram amostradas através de uma análise de percentual de cobertura do fundo. Para isso, foram fotografadas pequenas parcelas do fundo marinho, de 25 x 25 cm, chamadas de fotoquadrados. Posteriormente, essas imagens foram analisadas em computador para identificação e contagem dos tipos de algas que recobrem a área. Um dos mergulhadores estendia uma trena de

20 metros, paralelamente ao costão, enquanto outro mergulhador registrava pelo menos sete fotoquadrados ao longo da trena. Esse procedimento foi repetido em diferentes faixas de profundidade. Espécimes também eram coletados para identificações mais precisas ao microscópio, para elaborar inventário da flora dos costões.

Para o monitoramento de ouriços-do-mar e outros invertebrados, incluindo também a avaliação da cobertura de macroalgas e outros organismos que recobrem o fundo, foi utilizada uma adaptação dos protocolos *Reef Check Brazil* e *Reef Check California*. Durante essas amostragens, os mergulhadores percorriam uma área delimitada por uma trena de 20 metros de comprimento, observando nas laterais da trena, em um metro para cada lado, os invertebrados presentes. O método era repetido em diferentes profundidades. Essas áreas de 40 m² são denominadas *transecções*, e esse padrão foi utilizado também em outras amostragens, conforme apresentado a seguir. Nessas transecções, foi contado visualmente o número de indivíduos de ouriços-do-mar, gorgônias, polvos, dentre outras espécies de invertebrados, bem como organismos considerados exóticos, raros, ameaçados de extinção ou com papel chave no ecossistema. Ainda nessas transecções, o tipo de cobertura de fundo (por exemplo, se alga, zoantídeo etc.) foi registrado



Pesquisadora realizando contagem de peixes recifais (esquerda) e pesquisador instalando sensor de temperatura (direita).



visualmente sob a trena em um ponto a cada 0,5 metros.

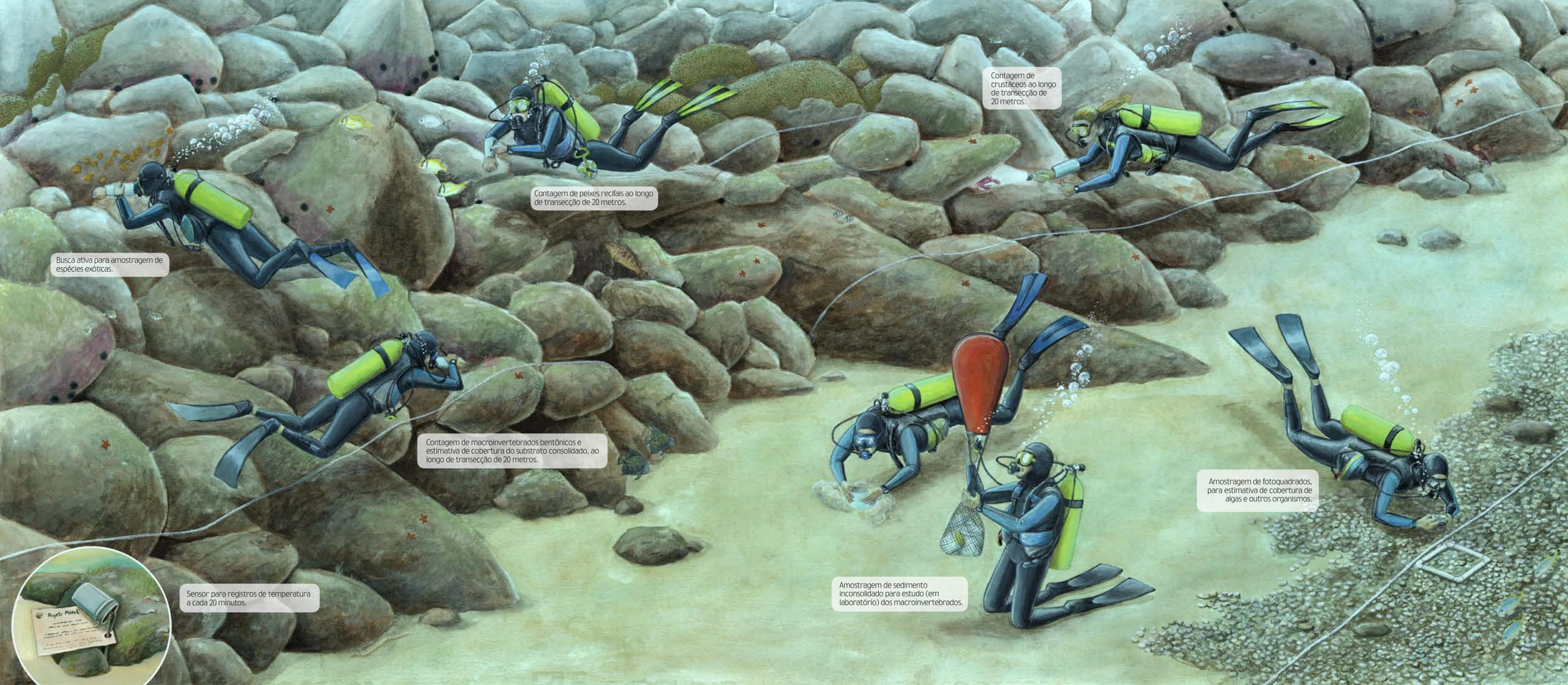
No caso dos crustáceos, foram realizadas transecções específicas utilizando-se o método de censo visual subaquático, com uma dupla de mergulhadores amostrando até a marca dos 20 metros da trena. Nessa amostragem, cada mergulhador é responsável por vistoriar visualmente um metro para cada lado da trena, procurando sobre e entre as rochas (com o auxílio de lanternas), entre algas, zoantídeos e outras estruturas que possam ter crustáceos associados, como conchas e buracos de animais enterrados na areia.

As amostragens de peixes também foram realizadas utilizando-se censos visuais subaquáticos. Para peixes, esse método é amplamente utilizado e possibilita determinar o estoque de peixes e a estrutura das populações por tamanhos individuais. Durante a amostragem, o mergulhador nada com velocidade constante, desenrolando a trena até a marca dos 20 metros, enquanto registra os peixes encontrados até um metro para cada lado da trena. Nesse percurso, são anotados apenas os peixes conspicuos, ou seja, indivíduos geralmente maiores e que ficam na coluna d'água. Os peixes crípticos, que vivem, por exemplo, em tocas e fendas de rochas, são registrados no retorno, ao enrolar a trena, quando o mergulhador se dedica exclusivamente ao registro desses indivíduos.

A amostragem de peixes é sempre realizada antes das demais, a fim de se evitar que a presença de muitos mergulhadores possa temporariamente afugentar esses organismos.

Na busca de espécies exóticas invasoras, a dupla de mergulhadores percorre a maior distância possível, buscando ativamente as espécies invasoras. Essa busca foi realizada entre zero e doze metros de profundidade, com atenção especial para fendas e paredes verticais. Quando alguma espécie exótica era encontrada, em uma prancheta de PVC era anotado o número de indivíduos encontrados e a profundidade. No caso de colônias de coral-sol, foram sempre obtidas fotos de referência no costão e marcadas as coordenadas geográficas do local. Esse procedimento era importante para mapear as áreas prioritárias para o manejo da espécie, realizado pelo ICMBio.

Nos fundos inconsolidados adjacentes aos costões rochosos, foram coletadas de maneira padronizada amostras de sedimento para análise da macrofauna e das características do sedimento. Em laboratório, a fauna era separada do sedimento, identificada no maior detalhe possível e quantificada. Toda a macrofauna maior que 2 mm, presente em rodolitos, também era separada, quantificada e identificada.



Busca ativa para amostragem de espécies exóticas.

Contagem de peixes recifais ao longo de transecção de 20 metros.

Contagem de crustáceos ao longo de transecção de 20 metros.

Contagem de macroinvertebrados bentônicos e estimativa de cobertura do substrato consolidado, ao longo de transecção de 20 metros.

Sensor para registros de temperatura a cada 20 minutos.

Amostragem de sedimento inconsolidado para estudo (em laboratório) dos macroinvertebrados.

Amostragem de fotoquadrados, para estimativa de cobertura de algas e outros organismos.





MACROALGAS E ZOANTÍDEOS

Assim como diversas regiões costeiras do mundo, a REBIO Arvoredo abarca uma grande biodiversidade de macroalgas marinhas, que desempenham papel análogo ao das florestas nas terras emersas e fornecem produtos essenciais para nosso dia-a-dia. Na REBIO Arvoredo, o monitoramento das macroalgas revelou mais de 100 espécies de algas vermelhas (Filo Rhodophyta), verdes (Filo Chlorophyta) e pardas (Classe Phaeophyceae), que compõem paisagens coloridas e de grande beleza cênica. Essa biodiversidade representa mais de 50% do número de espécies de algas registradas em todo o litoral de Santa Catarina. Destas, 26 espécies são consideradas abundantes nos costões rochosos das ilhas da REBIO Arvoredo e entorno. Os resultados revelam ainda que as algas recobrem mais de 65% do fundo rochoso na Reserva. Nas áreas mais rasas dos costões rochosos, em profundidade de até cinco metros, um 'tapete' de algas de pequeno tamanho, conhecido como matriz de algas epilíticas, ou *turf*, em inglês, recobre mais de 30% do fundo. Nessa profundidade, observa-se ainda, abundância expressiva de algas calcárias, que recobrem cerca de 20% dos costões rochosos. Algas com forma arborescente, como

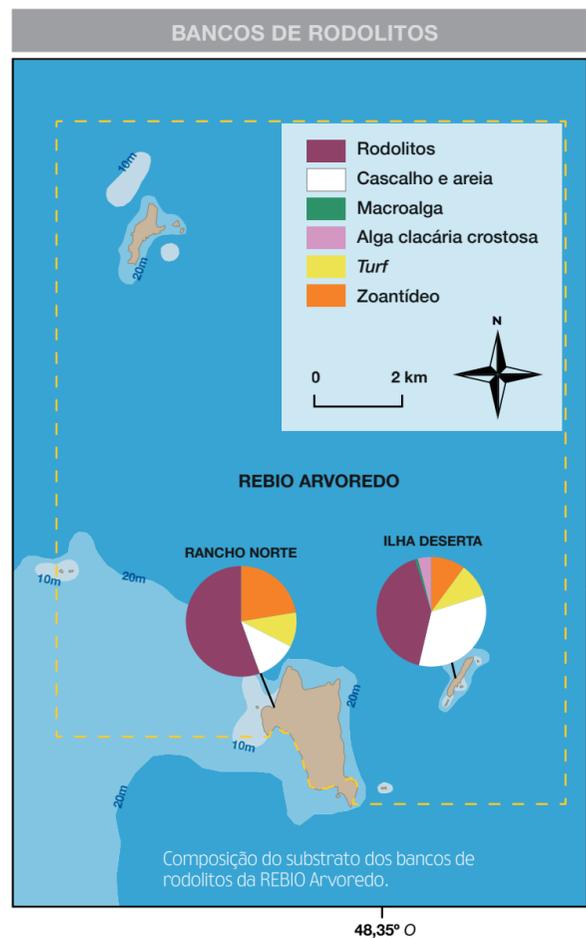
algas pardas dos gêneros *Sargassum* e *Padina* e a alga vermelha *Asparagopsis taxiformis*, recobrem cerca de 15% do fundo rochoso. O monitoramento do Projeto MAArE revelou ainda que tanto algas quanto invertebrados no costão rochoso estiveram muitas vezes recobertos por material resultante da produção de muco por microalgas. Esse muco agrega outros organismos e sedimento, como areia, formando uma camada muitas vezes densa e espessa.

O domínio de macroalgas descrito para os costões rochosos em profundidades de até cinco metros também é observado em profundidades de 10 metros nas ilhas da REBIO Arvoredo, na interface do costão rochoso com a areia ou cascalho. A fisionomia geral é semelhante à observada nas áreas mais rasas, mas pode-se destacar uma redução na cobertura de *Sargassum* e aumento de fundo recoberto por areia ou cascalho. Estes componentes, que aos cinco metros recobriam cerca de 10%, passam a recobrir em torno de 30% do fundo rochoso aos 10 metros de profundidade. Nessa profundidade, algumas espécies de algas vermelhas também crescem sobre o fundo arenoso, formando os bancos de nódulos calcários conhecidos como rodolitos, descritos anteriormente. Diferentemente da maioria dos bancos de rodolitos do litoral do Nordeste do Brasil, essas formações na REBIO Arvoredo também apresentam uma grande abundância de algas filamentosas e invertebrados, como zoantídeos, esponjas e ascídias, que crescem sobre os nódulos calcários. Resultados de trabalhos anteriores revelam que mais de 30 espécies de caranguejos vivem

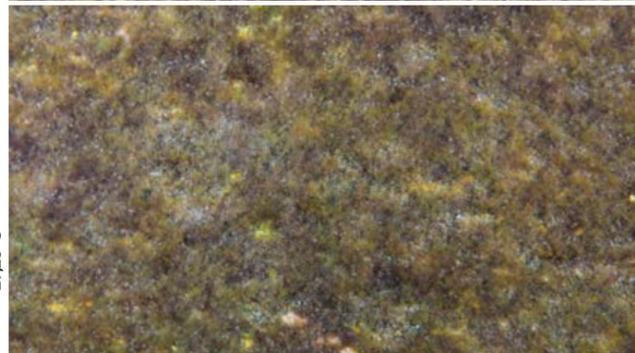
Grande parte dos costões rochosos da REBIO Arvoredo e entorno é recoberta por uma elevada diversidade de algas, que formam paisagens multicoloridas.



Página 212: Pesquisador sinaliza para a equipe de bordo ao finalizar seu mergulho na Ilha do Arvoredo.



Em alguns locais a alga parda *Sargassum* sp. forma grandes bancos.



Um tapete de pequenas algas, conhecido como matriz de algas epilíticas ou *turf*, recobre grande parte do substrato.



A alga parda *Padina gymnospora* (à esquerda) também é encontrada sobre os costões rochosos.



Alga calcária *Jania rubens* (à direita).

associadas aos rodolitos, sendo que algumas espécies de crustáceos são encontradas apenas nesses bancos dentro da REBIO Arvoredo.

Comparando-se a fisionomia dos costões rochosos das ilhas da Reserva com localidades amostradas em Bombinhas e em Porto Belo, ao norte da Reserva, e nas ilhas das Aranhas e do Xavier, ao sul dela, verifica-se que a cobertura da matriz de algas epilíticas, ou *turf*, varia pouco entre essas duas regiões. Entretanto, a cobertura de *Sargassum* é maior em Bombinhas e em Porto Belo, enquanto que as algas calcárias, que compõem os bancos de rodolitos, são mais abundantes dentro da Reserva.

Além das algas, um grupo importante de animais invertebrados sésseis, ou seja, que vivem fixos ao fundo do mar, também recobre os costões rochosos da REBIO Arvoredo e entorno: os zoantídeos.

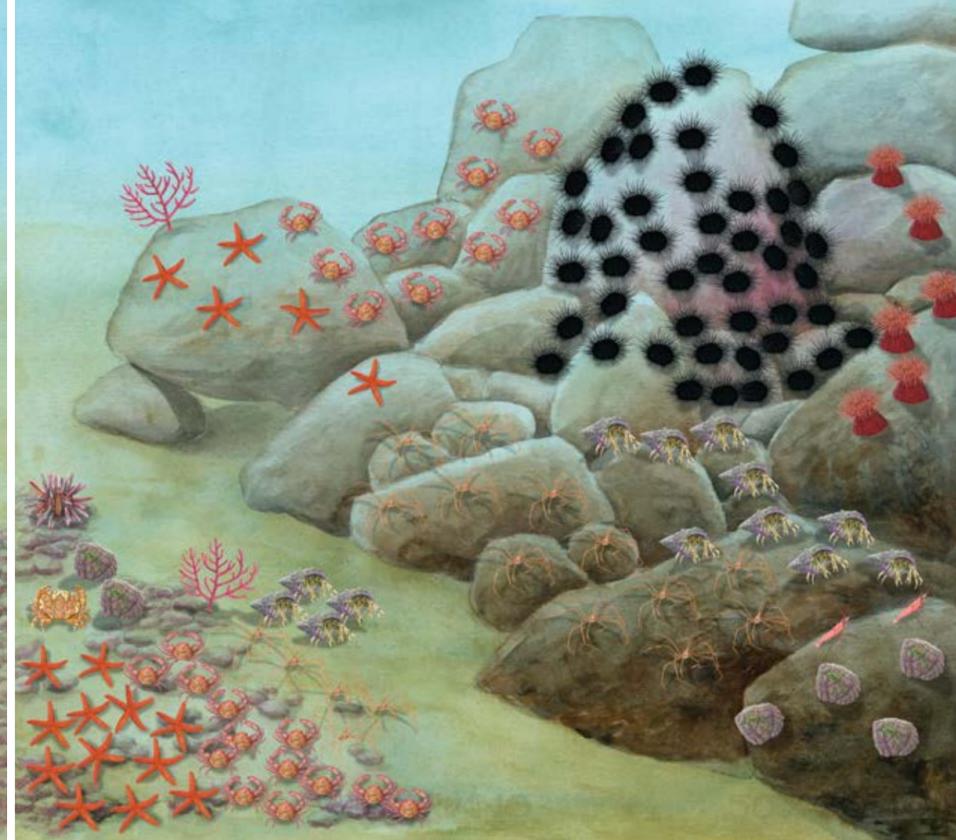
Esses animais representam, em média, cerca de 15% da cobertura nos costões rochosos em profundidades de até cinco metros. As espécies de zoantídeos encontradas pelo Projeto MAARE foram *Palythoa caribaeorum*, popularmente conhecida como baba-de-boi, devido ao muco que secreta, e *Palythoa grandiflora*, espécie menos abundante, mas encontrada em vários sítios amostrais, incluindo o banco de rodolitos ao largo do Rancho Norte, na Ilha do Arvoredo, onde cobre cerca de 5% do fundo marinho. Por fim, outras espécies de invertebrados sésseis filtradores, como esponjas e ascídias, cobrem, em média, cerca de 3% dos costões rochosos da REBIO Arvoredo e entorno. A abundância desses animais é maior nas ilhas do Xavier e das Aranhas, ao sul, onde a extensão do fundo marinho rochoso coberta por esses animais chega a 5% e 15%, aos cinco e dez metros de profundidade, respectivamente.

Um grande agrupamento da alga vermelha *Asparagopsis taxiformis*.



Os zoantídeos, como a *Palythoa caribaeorum* podem recobrir grande área dos costões rochosos em profundidades de até cinco metros.





Bancos de rodolitos são formados por agregações de algas calcárias que se desenvolvem em nódulos no fundo de mares rasos. Esses nódulos, ou rodolitos, formam estruturas de carbonato duras e de morfologia complexa, onde animais pequenos, como vermes e crustáceos, especialmente indivíduos jovens encontram esconderijo e alimento. Animais maiores, como os moluscos, caranguejos, estrelas-do-mar e ouriços-satélites também habitam essas áreas. Na REBIO Arvoredo existem dois bancos de rodolitos, um adjacente aos costões da Ilha do Arvoredo, no Rancho Norte (esquerda) e outro adjacente aos costões da Ilha Deserta (direita). Assim como a composição dos invertebrados é diferente entre esses costões, cada banco tem uma estrutura de comunidade muito particular.

Os bancos são formados pelas mesmas espécies de algas calcárias. Entretanto, o banco da Ilha Deserta é mais heterogêneo em sua fisionomia, com agregações de rodolitos esparsas em meio a manchas de areia e grandes matacões. O banco do Rancho Norte é mais denso e de relevo menos acidentado. Essa diferença pode estar relacionada à maior diversidade de invertebrados encontrada no banco da Ilha Deserta, onde a abundância de estrelas-do-mar e a diversidade de caranguejos foi maior. A despeito de tais diferenças, os bancos de rodolitos são ambientes muito importantes ecologicamente pois, além de fornecerem substrato e abrigo para outros organismos, constituem um importante meio de sequestro de carbono, contribuindo para a regulação do clima da Terra e do pH dos oceanos.

Ouriço-satélite, *Eucidaris tribuloides*, sobre banco de rodolitos do Rancho Norte, Ilha do Arvoredo.



Agrupamento do ouriço-do-mar *Echinometra lucunter*.

OURIÇOS-DO-MAR E OUTROS MACROINVERTEBRADOS

Os ouriços-do-mar são um dos mais importantes grupos de animais que se alimentam de macroalgas marinhas. De fato, a presença ou ausência desses organismos herbívoros pode influenciar marcadamente a fisionomia do fundo marinho. Nos costões rochosos da REBIO Arvoredo, o ouriço-preto, *Echinometra lucunter*, pode formar agrupamentos com até 500 indivíduos. Nas localidades com grandes agregações dessa espécie, as macroalgas são consumidas pelos ouriços e as rochas são recobertas apenas por uma fina camada de algas calcárias incrustantes. Em contraste, em áreas com menor abundância de ouriços-do-mar, as rochas são recobertas por diversas espécies de algas.

Nos bancos do coral *Madracis decactis* e de rodolitos, os ouriços-pretos são pouco avistados. Nesses bancos, os ouriços-satélite, *Eucidaris tribuloides*, são mais frequentes, embora menos abundantes do que os ouriços-pretos nos costões rochosos. Outras espécies de ouriços-do-mar comuns na REBIO Arvoredo são: *Lytechinus variegatus*, conhecido como ouriço-verde, *Arbacia lixula* e *Paracentrotus gaimardi*. O monitoramento de invertebrados marinhos realizado pelo Projeto MAArE indica que os ouriços-do-mar são mais abundantes dentro da Reserva do que nas localidades amostradas no entorno. Uma possível explicação para esse padrão é o fato de a coleta de ouriços-do-mar, utilizados para consumo humano, ser proibida dentro da Reserva, mas não nos costões rochosos do entorno.

Além dos ouriços-do-mar, o monitoramento ambiental da REBIO Arvoredo e seu entorno também utilizou outros macroinvertebrados como organismos indicadores ambientais. A escolha dessas espécies foi feita considerando-se suas abundâncias e importâncias para o ecossistema, se são espécies de interesse comercial, ou mesmo se são consideradas espécies exóticas ou invasoras. Por exemplo, a vieira *Nodipecten nodosus* é considerada um organismo indicador por ser um recurso de valor comercial. Assim, a presença desse organismo, no médio e longo prazos, em determinado sítio de monitoramento, pode indicar a efetividade de ações de conservação. Já as populações do ouriço-preto, *Echinometra lucunter*, foram monitoradas pois exercem uma forte pressão de herbivoria, conforme apresentado acima, sendo importantes no controle de populações de algas, como *Laurencia microcladia*, *Gracilaria domingensis*, *Ulva fasciata* e *Sargassum* sp.

Além dos ouriços-do-mar e dos crustáceos, as anêmonas-do-mar, gorgônias, pepinos-do-mar, estrelas-do-mar e o gastrópode herbívoro *Astraea* sp. são os macroinvertebrados mais abundantes nos sítios monitorados. A distribuição desses organismos é influenciada pelo ambiente. Por exemplo, a densidade de anê-

monas-do-mar é maior nos costões rochosos do que nos bancos de corais ou de rodolitos. A maior densidade contabilizada foi no sítio Estaleiro Oeste, com uma média de 25 indivíduos em 40 m². As espécies de anêmonas mais comuns são *Bunodosoma caissarum*, *Anemonia sargassensis* e *Actinostella flosculifera*. Os pepinos-do-mar também são mais frequentes nos costões rochosos do que nos bancos de corais e rodolitos, e ocorrem próximos a acúmulos de areia e cascalho, de onde retiram seu alimento. Outros macroinvertebrados, embora menos abundantes, são tipicamente encontrados nos costões e bancos de corais e rodolitos. Esse é o caso das bolachas-do-mar, que habitam ambientes com fundo de areia ou cascalho. No banco do coral *Madracis decactis*, a espécie de bolacha-do-mar *Clypeaster subdepressus* é particularmente abundante. Outras espécies de macroinvertebrados conspicuos na REBIO Arvoredo e entorno são as gorgônias, mais numerosas em profundidades superiores a cinco metros, tanto nos bancos de corais e rodolitos quanto nos costões rochosos. Dentre as espécies de gorgônias monitoradas pelo Projeto MAArE, a que se mostrou mais abundante foi *Leptogorgia punicea*.

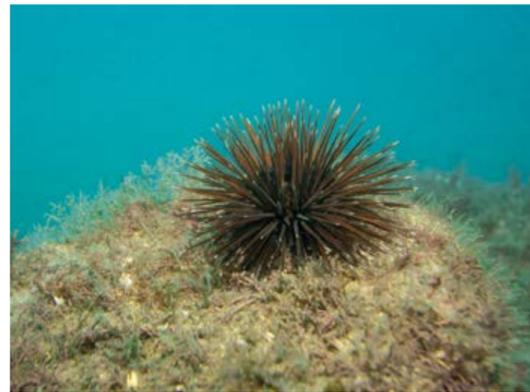
Nos fundos inconsolidados de cascalho, areia e lama, próximos aos costões, foram identificados 9.516 exemplares da macrofauna que vive escondida entre os grãos de sedimento. Destes, 7.706 indivíduos foram encontrados no interior da REBIO Arvoredo e 1.811 em áreas do seu entorno. Os grupos mais abundantes foram os anelídeos (47,3%) e os crustáceos (44,5%), que juntos compõem mais de 90% da fauna encontrada. Equinodermos (4%) e moluscos (1,2%) ocorrem em quantidades bem menores, mas também são representativos da fauna do substrato inconsolidado. Tanto o número de indivíduos como a riqueza, ou seja, a quantidade de espécies, foram maiores no interior da REBIO Arvoredo.

Sabe-se que as características do sedimento são o principal fator determinante da composição das comunidades de fundos marinhos inconsolidados. Por exemplo, os sedimentos extremamente grosseiros retêm pouca água e concentram pouca matéria orgânica sendo, portanto, habitats inóspitos, onde apenas espécies capazes de tolerar tais condições persistem. Em outro extremo, os sedimentos muito finos, tais como lamas, apresentam baixa circulação de água e tensão de oxigênio e uma maior capacidade de adsorver matéria orgânica. Assim, em sedimentos lamosos há maiores concentrações de matéria orgânica, sustentando uma maior densidade de organismos.

O tipo de sedimento variou de uma cobertura arenosa muito fina a areia muito grossa, apresentando, até mesmo, nódulos carbonáticos nas áreas dos bancos de rodolitos e do coral *Madracis decactis*. No entorno da REBIO Arvoredo esses tipos de sedimentos são menos variáveis, se caracterizando principalmente entre areia média e grossa. Já no seu interior, temos uma grande variedade de tipos de sedimento, desde areia muito fina até os nódulos carbonáticos. Acredita-se que essa grande variação de paisagens sedimentares possa explicar a maior quantidade de organismos e maior riqueza encontrada dentro da REBIO Arvoredo, em comparação com o seu entorno.



Ouriço-satélite, *Eucidaris tribuloides*.



Ouriço-do-mar *Arbacia lixula*.



Ouriço-verde *Lytechinus variegatus*.



Ouriço-do-mar *Paracentrotus gaimardi*.



Vieira *Nodipecten nodosus*.



Pepino-do-mar *Isostichopus badionotus*.



Bolacha-do-mar *Clypeaster subdepressus*.



Anêmona-do-mar *Bunodosoma caissarum*.



Anêmona-do-mar *Anemonia sargassensis*.



Anêmona-tapete *Actinostella flosculifera*.

CRUSTÁCEOS

Os crustáceos incluem alguns dos animais mais comuns e conhecidos nos ecossistemas marinhos. Muitas espécies vivem à deriva na água do mar, fazendo parte do plâncton, enquanto outras, como os camarões, lagostas, caranguejos, siris e ermitões, vivem associados a rochas, algas, corais e ao sedimento marinho. Muitas espécies de crustáceos também fazem parte da 'equipe de limpeza' do fundo do mar, alimentando-se de detritos ou mesmo limpando diretamente os peixes e corais. Os crustáceos também servem de alimento para moluscos, peixes, e até mesmo para tartarugas e baleias. Ao se reproduzirem, lançam milhares de larvas no mar, que são levadas pelas correntes ou predadas por peixes e outros animais. Devido à sua grande importância no ecossistema marinho, o monitoramento dos crustáceos da REBIO Arvoredo é fundamental para indicar desequilíbrios e impactos causados pelo homem.

Das espécies de crustáceos amostradas no Projeto MAArE, sete foram consideradas abundantes. Dentre elas, o caranguejo *Mithraculus forceps*, o caranguejo-ermitão *Pagurus provenzanoi* e o caranguejo-aranha *Stenorhynchus seticornis* se destacaram tanto na REBIO Arvoredo quanto no entorno. A análise cuidadosa de crustáceos que vivem escondidos e camuflados entre as frestas das rochas revelou, no entanto, 30 espécies de caranguejos, camarões, lagostas e ermitões. Entre as espécies encontradas, seis nunca tinham sido registradas anteriormente no estado de Santa Catarina, sendo, portanto, ocorrências inéditas para o estado. Com esses novos registros do Projeto MAArE, atualmente são registradas 42 espécies de caranguejo, duas de siri, quatro de lagosta, sete de camarão, nove de caranguejo-ermitão e cinco de tamburutaca na REBIO Arvoredo, totalizando 69 espécies.

As novas ocorrências de crustáceos registradas pelo Projeto MAArE são o camarão-ornamental-dourado-do-Mediterrâneo, *Stenopus spinosus*; o camarão-palhaço, *Stenopus hispidus*; o camarão ornamental *Lysmata ankeri*; os camarões-estalo *Alpheus packardii* e *Alpheus formosus*; e o ermitão *Dardanus venonus*. O camarão-ornamental-dourado-do-Mediterrâneo, *Stenopus spinosus*, ocorre no Mar Mediterrâneo e também no Arquipélago de Açores, tendo sido recentemente registrado no Golfo do México. A espécie foi encontrada na REBIO Arvoredo e na Ilha das Aranhas, sendo esses os primeiros registros dessa espécie no Atlântico Sul.

Os demais registros novos de espécies de crustáceos são organismos encontrados anteriormente no estado do Rio de Janeiro, São Paulo ou Paraná, e que podem ter expandido naturalmente suas distribuições para a REBIO Arvoredo, ou simplesmente não foram detectadas em estudos anteriores ao Projeto MAArE. O camarão-palhaço, *Stenopus hispidus*, era registrado anteriormente no Nordeste e no Sudeste do Brasil, tendo o estado de São Paulo como limite sul de distribuição geográfica. É uma das espécies mais procuradas por aquaríofistas do mundo inteiro, sendo que em muitos locais as populações foram exterminadas ou o ambiente destruído para a sua captura com substâncias químicas, ou ex-

plosivos. Indivíduos dessa espécie são territorialistas e ocupam uma pequena área de cerca de um metro quadrado, onde o casal vive junto por toda a vida. É uma espécie rara na REBIO Arvoredo.

Outro novo registro é o camarão ornamental *Lysmata ankeri*, registrado anteriormente no Nordeste do Brasil e nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro. Essa espécie foi encontrada em muitos locais na REBIO Arvoredo, frequentemente 'dançando' com as patas presas no teto de pequenas cavernas. Para algumas espécies de camarões recifais, esse é o sinal de que o animal está com fome e pronto para realizar a limpeza dos peixes ou procurar alimento. Os camarões-estalo *Alpheus packardii* e *Alpheus formosus*, já registrados nos estados de São Paulo e Paraná, respectivamente, foram encontrados na Reserva escondidos entre colônias roladas do coral *Madracis decactis*, ou sob rochas. Já o ermitão *Dardanus venosus*, registrado anteriormente no estado de São Paulo, foi encontrado na Ilha das Aranhas e em rodolitos na REBIO Arvoredo. A cor dos olhos ajuda a diferenciar *Dardanus venosus* de *Dardanus insignis*, que é amplamente encontrado na Reserva.

Espécies ornamentais de grande beleza, porém raras, como o caranguejo *Platypodiella spectabilis*, que se alimenta de zooantídeos e acumula toxinas; o caranguejo *Moreiradromia antillensis*, que carrega esponjas sobre a sua carapaça; o ermitão ornamental *Calcinus tibicen*; e o maior caranguejo-ermitão das Américas, *Petrochirus diogenes*, foram encontrados em diferentes pontos amostrais na Reserva e entorno. Entretanto, alguns crustáceos, como as lagostas, antes abundantes na região da REBIO Arvoredo, foram pouco avistadas. Lagostas com mais de cinco quilos eram capturadas intensivamente em toda a costa norte da Ilha de Santa Catarina na década de 1960, como relatado no livro "O Homem da Ilha e os Pioneiros da Caça Submarina", de Hugo Stockler de Souza, que apresenta registros de caçadores submarinos entre as décadas de 1950 e 1980 na ilhas do litoral central de Santa Catarina. A lagosta verde, *Panulirus laevicauda*, foi registrada em apenas cinco sítios amostrais, geralmente solitária. A lagosta vermelha, *Panulirus meripurpuratus*, capturada e avistada na costa de Santa Catarina e REBIO Arvoredo anteriormente, não foi encontrada. Já no caso das lagostas cavaquinhas, apenas um indivíduo da espécie *Scyllarides deceptor* e um indivíduo da espécie *Scyllarides brasiliensis* foram avistados. Essas espécies são intensamente capturadas pela frota pesqueira e os resultados revelam que as populações de lagosta são muito vulneráveis na costa catarinense, mesmo dentro de unidades de conservação.

Outros crustáceos, que não são alvos da pesca, mantêm-se abundantes na REBIO Arvoredo. Assim como revelado em estudos realizados antes do Projeto MAArE, o caranguejo *Mithraculus forceps* e o caranguejo-aranha, *Stenorhynchus seticornis*, foram os crustáceos mais abundantes na maioria dos sítios amostrados. O caranguejo *Mithraculus forceps* foi dominante entre as frestas das rochas, enquanto que o caranguejo-aranha, *Stenorhynchus seticornis*, foi dominante especialmente na interface entre as rochas e a areia. As espécies da família Mithracidae, como *Mithraculus forceps*, *Damithrax hispidus* e *Damithrax tortugae* são herbívoros importantes na REBIO Arvoredo.



Lagosta-sapateira *Scyllarides deceptor*.

Lagosta-verde *Panulirus laevicauda*



Caranguejo-palhaço *Platypodiella spectabilis*.

Caranguejo *Damithrax hispidus*.

Caranguejo *Mithraculus forceps*.



Caranguejo *Damithrax tortugae* em fenda no costão.



O caranguejo-aranha, *Stenorhynchus seticornis*, procura alimento sobre o substrato.



Camarão-palhaço *Stenopus hispidus*.



Camarão-estalo *Alpheus packardii*.



Camarão-ornamental-dourado-do-Mediterrâneo *Stenopus spinosus*.



Camarão-bailarino *Lysmata ankeri*.

Com a remoção dessas espécies, a cobertura de algas sobre as rochas pode aumentar em até 75%. Além disso, o caranguejo *Mithraculus forceps* é um importante alimento para peixes, como garoupas e badejos. Outra importante espécie é o ermitão *Pagurus provenzanoi*, comumente observado sobre as rochas ou vagando livremente pela areia. Esse pequeno ermitão apresenta uma frequência de ocorrência maior nos sítios amostrais do entorno da REBIO Arvoredo. A sua presença, em grande quantidade, pode indicar excesso de matéria orgânica como lixo, incluindo o lixo de pesca e, assim, a maior influência da ação humana.

Além dos costões rochosos e do fundo arenoso, o monitoramento do Projeto MAARÉ confirmou que o banco de rodolitos da Ilha do Arvoredo é um ecossistema muito especial para os crustáceos da REBIO

Arvoredo. Esse banco abriga uma comunidade com mais de 30 espécies de pequenos crustáceos, em uma quantidade 10 vezes superior à encontrada nos costões rochosos adjacentes. Algumas espécies também são encontradas apenas no banco de rodolitos. Os crustáceos habitam o interior dos rodolitos, onde encontram refúgio em um habitat muito diferente dos costões rochosos. Os rodolitos abrigam principalmente pequenas espécies de caranguejos, como *Mithraculus forceps*. Crustáceos maiores são observados apenas raramente, locomovendo-se sobre o banco. Antes do Projeto MAARÉ, nenhuma amostragem de crustáceos havia sido realizada no banco de rodolitos da Ilha Deserta. Os resultados indicam que, enquanto no banco da Ilha do Arvoredo há uma dominância de *Mithraculus forceps*, o banco de rodolitos da Ilha Deserta é mais diverso, com grande contribuição de outras espécies.



Acima, o caranguejo-ermitão *Dardanus insignis*, de olhos verdes.



O caranguejo-ermitão *Pagurus provenzanoi* ocorreu em grande quantidade fora da REBIO Arvoredo.



Página 227: O caranguejo-ermitão *Dardanus venosus* distingue de *Dardanus insignis* por seus olhos azuis.



- 1) Matriz de algas epilíticas
- 2) *Sonderophycus capensis* (Alga vermelha)
- 3) Hidrozoário
- 4) *Padina gymnospora* (Alga parda)
- 5) *Aplysina calissara* (Esponja)
- 6) Ascídias do gênero *Didemnum*
- 7) *Botrylloides nigrum* (Ascídia)
- 8) Pólipos da medusa *Aurelia* sp.

- 9) Desova de peixe junto ao substrato
- 10) Algas calcárias incrustantes
- 11) Anêmona-do-mar
- 12) Esponja *Haliciona (Halichocona) vansoesti*
- 13) Zoantídeo *Palythoa variabilis*
- 14) Banco de rodolitos
- 15) *Padina gymnospora*
- 16) Octocoral *Carjioa risei*

- 17) Briozoário incrustante
- 18) Zoantídeo *Parazoanthus swifitii*
- 19) Ascídia e esponja
- 20) Ascídia incrustante
- 21) Ascídia *Euherdmania vitrea*
- 22) Pólipos de *Corynactis* sp.
- 23) Esponja *Dragmacidon reticulatum*
- 24) Esponja *Suberites auranticum*

- 25) Coral *Madracis decactis*
- 26) Ascídia *Polyandrocarpa anguinea* em meio a outras ascídias do gênero *Didemnum*
- 27) Zoantídeo baba-de-boi *Palythoa caribaeorum*
- 28) Zoantídeo *Palythoa grandiflora*
- 29) Coral *Astrangia rathbuni*
- 30) Esponja *Haliciona (Halichocona) vansoesti*
- 31) Esponja da Família Hymedesmiidae

- 32) Briozoário arborecente
- 33) Briozoários e esponjas
- 34) Coral *Phyllangia americana*
- 35) Ascídias do gênero *Didemnum*
- 36) Ascídia *Polyandrocarpa anguinea*
- 37) Ascídia *Diplosoma* sp.
- 38) Esponja do gênero *Clathrina*
- 39) Esponja *Mycale (Carmia) magnirhaphidifera*

- 40) Alga *Codium intertextum*
- 41) Gorgônia *Leptogorgia punicea*
- 42) Ascídia *Symplegma rubra*
- 43) Algas *Codium intertextum* em meio a matriz de algas epilíticas
- 44) Alga vermelha *Chondria curvilineata*



PEIXES RECIFAIS

Os peixes recifais incluem os tubarões, raias e um grande número de espécies de peixes ósseos que utilizam os recifes e os costões rochosos como abrigo e para atividades como alimentação e reprodução. Esses peixes apresentam uma ampla variedade de formas e comportamentos, que variam desde espécies pequenas, que realizam a limpeza de outros organismos, até grandes predadores como meros e tubarões. Os peixes recifais alimentam-se de macroalgas, invertebrados e outros peixes e, portanto, controlam populações de diversas espécies e desempenham um papel fundamental na manutenção da biodiversidade dos costões rochosos. Os peixes também são importantes para a economia, como recurso alimentar e no turismo de observação subaquática. Portanto, o monitoramento e a conservação dos peixes recifais tornam-se importantes não apenas para manter o equilíbrio dos ecossistemas costeiros, mas também para a economia da região do entorno da REBIO Arvoredo.

Os peixes recifais encontrados na REBIO Arvoredo vivem principalmente junto aos costões rochosos no entorno das ilhas, os quais exibem grande complexidade estrutural, com fendas e tocas que servem de abrigo para diversas espécies. Em geral, algumas espécies são

mais comuns nas partes mais rasas dos costões, enquanto outras são mais comuns na interface dos costões com o fundo arenoso. A maior parte das 278 espécies de peixes recifais reportadas para Santa Catarina é encontrada na região, e muitas têm o estado de Santa Catarina como o limite sul de distribuição geográfica no Oceano Atlântico.

Diferentes interações ecológicas, entre elas a limpeza e o agrupamento de diferentes espécies durante a alimentação, podem ser observadas nos peixes da REBIO Arvoredo. A limpeza é uma interação em que as duas espécies envolvidas se beneficiam. Nesse tipo de interação, existe um organismo chamado 'limpador', que se alimenta de parasitas encontrados no corpo de outros peixes e tartarugas, que são, por sua vez, chamados de 'clientes'. Portanto, enquanto os limpadores se beneficiam ingerindo os parasitas, os clientes melhoram sua saúde livrando-se de organismos potencialmente danosos. Outra interação ecológica observada em peixes recifais da REBIO Arvoredo são as associações alimentares em que uma espécie oportunista aproveita o esforço de outra, que afugenta ou desenterra presas potenciais. Uma das espécies mais envolvidas nesse tipo de associação é o trilha, *Pseudupeneus maculatus*, que cria distúrbios no fundo arenoso e de cascalho, usando seu focinho e um par de barbilhões sensoriais para procurar alimento, afugentando, assim, diversos pequenos animais marinhos. Essa atividade atrai outros peixes que aproveitam os recursos alimentares não ingeridos pelo trilha durante a atividade alimentar e que, de outro modo, estariam inacessíveis.

Uma rica fauna de peixes recifais vive associada aos costões.



Salema, *Anisotremus virginicus* (página 230), alimentando-se na matriz de algas epilíticas.



Uma salemá juvenil, *Anisotremus virginicus*, realizando limpeza em cocoroca, *Haemulon aurolineatum*.



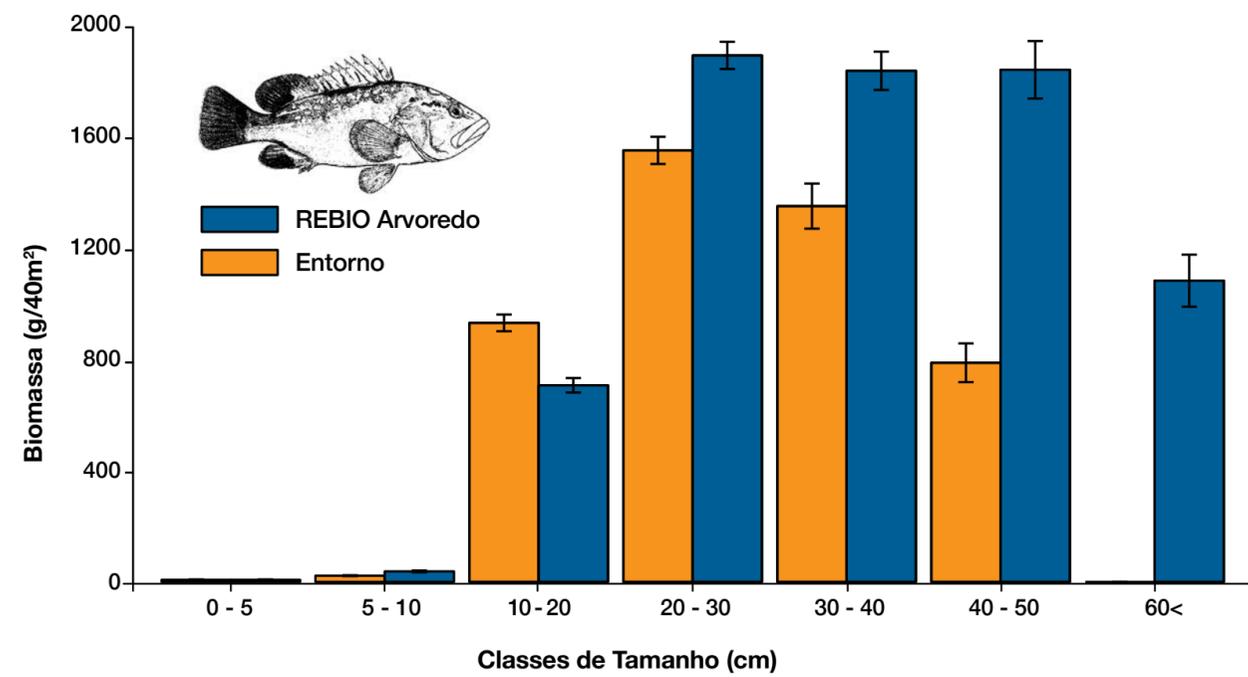
O peixe frade juvenil, *Pomacanthus paru*, limpando um marimbau, *Diplodus argenteus*.

Página 233:
Morela-verde,
Gymnothorax funebris.





Comparação da biomassa média da garoupa-verdadeira, *Epinephelus marginatus* (por classes de tamanho) entre a REBIO Arvoredo e os costões do entorno (dados compilados entre 2009 e 2016).



Garoupa-verdadeira juvenil, *Epinephelus marginatus*, encontra abrigo em toca no costão.

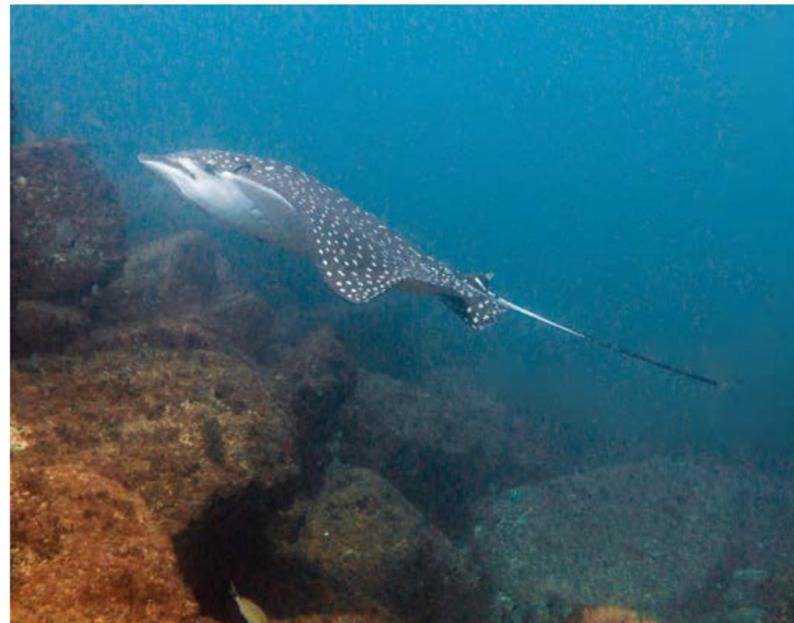
No topo da cadeia alimentar estão os grandes predadores, como meros, *Epinephelus itajara*, e tubarões-mangona, *Carcharias taurus*, comuns nas ilhas da REBIO Arvoredo até a década de 1960, como mostrado em fotos no livro “O Homem da Ilha e os Pioneiros da Caça Submarina”, reproduzidas na página 24. Entretanto, essas espécies de grande porte e de crescimento lento foram pescadas exaustivamente, o que devastou as populações existentes. A ausência de grandes tubarões e de grandes meros na REBIO Arvoredo, devido à sobrepesca, torna as espécies menores, como garoupas, badejos e xaréus, os principais responsáveis pelo papel de predadores de topo. ‘Parentes’ dos tubarões, as raias são atualmente os principais representantes do grupo dos peixes cartilagosos na região.

O monitoramento de espécies de peixes recifais realizado pelo Projeto MAArE dá continuidade a pesquisas realizadas há quase 10 anos na REBIO Arvoredo, as quais têm revelado que peixes alvos da pesca, como garoupas e peixes-papagaio, se mantêm ao longo do tempo em densidades e tamanhos maiores dentro da Reserva do que em locais no seu entorno, como a Ilha do Xavier, onde a pesca é permitida. Porém, os estudos indicam que, mesmo dentro da REBIO Arvoredo, o tamanho e a abundância de peixes

recifais está abaixo do esperado, se considerados os registros históricos de pescadores e caçadores submarinos que atuavam na região na década de 1960.

Durante as campanhas do Projeto MAArE, também foi detectado um grande aumento na abundância da espécie ‘donzela-dos-açores’, *Chromis limbata*. Originária do Atlântico Oriental, essa espécie foi detectada pela primeira vez no Brasil em 2009, na Ilha Deserta, na REBIO Arvoredo. Desde então, a população desse organismo vem crescendo rapidamente na Reserva e nas ilhas do entorno, como na Ilha do Xavier, ao largo de Florianópolis. A abundância da outra espécie do mesmo gênero, encontrada na região, o ‘tesourinha’ *Chromis multilineata* tem se mantido constante.

Durante o Projeto MAArE também foram encontradas duas espécies de peixes nunca antes avistadas no estado de Santa Catarina: o peixe-cirurgião-africano, *Acanthurus monroviae*, e a falsa-moreia-ornamentada, *Quassiremus ascensionis*. Essas duas espécies, originárias da costa africana e de outros locais no Oceano Atlântico, respectivamente, são raras na REBIO Arvoredo e, assim como a donzela-dos-açores, não se sabe exatamente como chegaram ao litoral catarinense.



Raia-chita, *Aetobatus narinari*.



Falsa-moreia-ornamentada, *Quassiremus ascensionis*.



O exótico peixe donzela-dos-açores, *Chromis limbata*.



Tesourinha, *Chromis multilineata*.

Página 236: Distribuição aproximada da abundância das principais espécies de peixes, no gradiente de profundidade dos costões rochosos de Santa Catarina.

- 1) *Anisotremus virginicus*
- 2) *Stegastes fuscus*
- 3) *Priacanthus arenatus*
- 4) *Diplodus argenteus*
- 5) *Abudefduf saxatilis*

- 6) *Parablennius pilicornis*
- 7) *Haemulon aurolineatum*
- 8) *Stephanolepis hispidus*
- 9) *Parablennius marmoratus*
- 10) *Chromis limbata*

- 11) *Pareques acuminatus*
- 12) *Coryphopterus glaucofraenum*
- 13) *Pseudupeneus maculatus*



1) *Halichoeres brasiliensis*
 2) *Chaetodipterus faber*
 3) *Caranx latus*
 4) *Haemulon steindachneri*
 5) *Trachinotus goodeni*
 6) *Mugil curema*
 7) *Scomberomorus brasiliensis*

8) *Centropomus* sp.
 9) *Seriola dumerilii*
 10) *Caranx crysus*
 11) *Chaetodipterus faber* (juvenil)
 12) *Anisotremus virginicus*
 13) *Ophioblennius* sp.
 14) *Abudefduf saxatilis*

15) *Bodianus rufus*
 16) *Sphaeroides spengleri*
 17) *Cryptotomus roseus*
 18) *Haemulon aurolineatum*
 19) *Stegastes fuscus* (juvenil)
 20) *Diplacrum radiale*
 21) *Holacanthus tricolor*

22) *Halichoeris poeyi*
 23) *Diplodus argenteus*
 24) *Epinephelus marginatus*
 25) *Haemulon aurolineatum*
 26) *Hypsoblennius invemar*
 27) *Haemulon steindachneri*
 28) *Stegastes fuscus*

29) *Pareques acuminatus* (juvenil)
 30) *Synodus* sp.
 31) *Chaetodon striatus*
 32) *Hyporthodus niveatus* (juvenil)
 33) *Sparisoma radians*
 34) *Kyphosus* sp.
 35) *Orthopristis ruber*

36) *Odontoscion dentex*
 37) *Malacanthus plumieri*
 38) *Gymnothorax funebris*
 39) *Ptereleotris randalli*
 40) *Coryphopterus glaucofraenum*
 41) *Epinephelus morio*
 42) *Malacoctenus delalandii*

43) *Serranus flaviventris*
 44) *Hypsoblennius invemar*
 45) *Pareques acuminatus*
 46) *Sparisoma axillare*
 47) *Gymnothorax moringa*
 48) *Stegastes variabilis*
 49) *Myrichthys ocellatus*

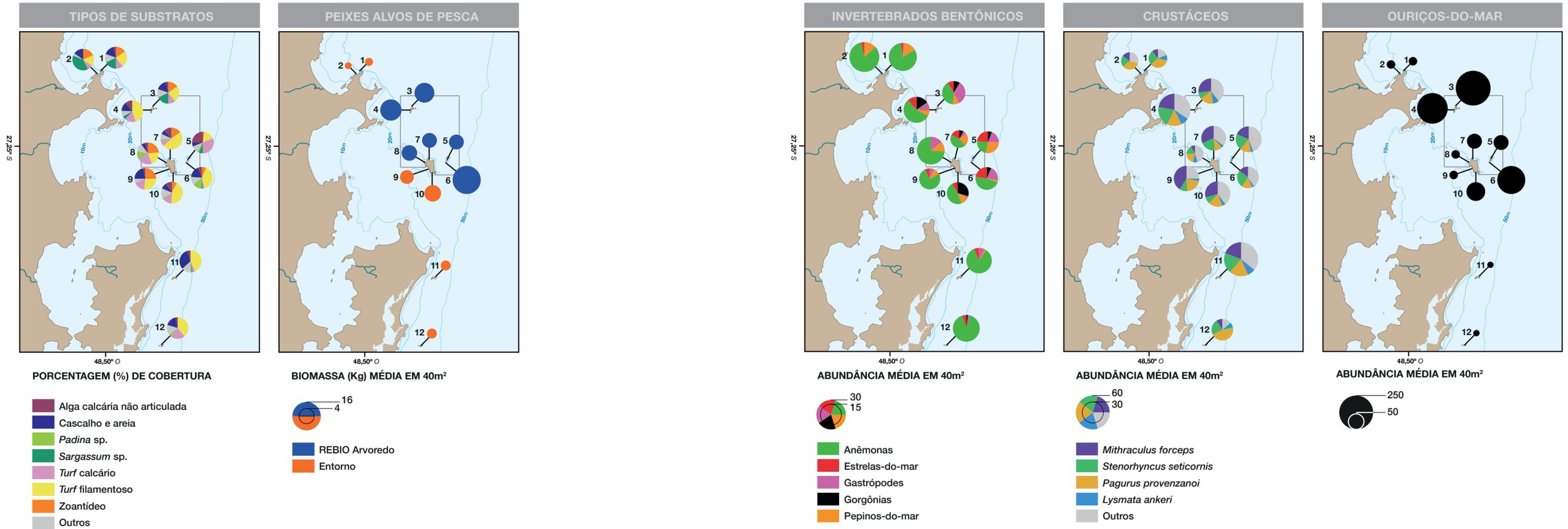
50) *Haemulon parra*
 51) *Pseudupeneus maculatus*
 52) *Anisotremus virginicus* (juvenil)
 53) *Holacanthus ciliaris*
 54) *Pseudocaranx dentex*
 55) *Pomacanthus paru* (juvenil)

SÍTIOS AMOSTRAIS

- 1 Estaleiro Leste
- 2 Estaleiro Oeste
- 3 Naufrágio do Lili
- 4 Toca da Salema
- 5 Ilha Deserta
- 6 Ilha Deserta Sul
- 7 Saco d'Água
- 8 Rancho Norte
- 9 Saco do Capim
- 10 Baía do Farol
- 11 Ilha das Aranhas
- 12 Ilha do Xavier



Comparação entre os diferentes grupos de indicadores biológicos adotados pelo Projeto MAARÉ, para o monitoramento dos costões rochosos da REBIO Arvoredo e entorno.



ESPÉCIES INVASORAS

No Brasil é registrada a ocorrência de 58 espécies marinhas exóticas, ou seja, que ocorrem fora de sua área de distribuição natural. Destas, nove são consideradas espécies invasoras, definidas como aquelas que causam danos ao ecossistema ou à saúde humana, ou ainda prejuízos econômicos. Dentre as espécies marinhas invasoras registradas no Brasil, cinco são encontradas na REBIO Arvoredo: os moluscos *Isognomon bicolor* e *Leiosolenus aristatus*¹, a ascídia *Styela plicata*, o coral-sol *Tubastraea coccinea* e o siri *Charybdis hellerii*. O coral-sol, *Tubastraea coccinea*, originário dos oceanos Índico e Pacífico, pode ser considerado como uma das espécies que possui maior risco potencial para a vida marinha local. Isso porque essa espécie já é conhecida como uma excelente competidora, dominando espaços em costões rochosos antes recobertos por espécies nativas na região Sudeste do Brasil.

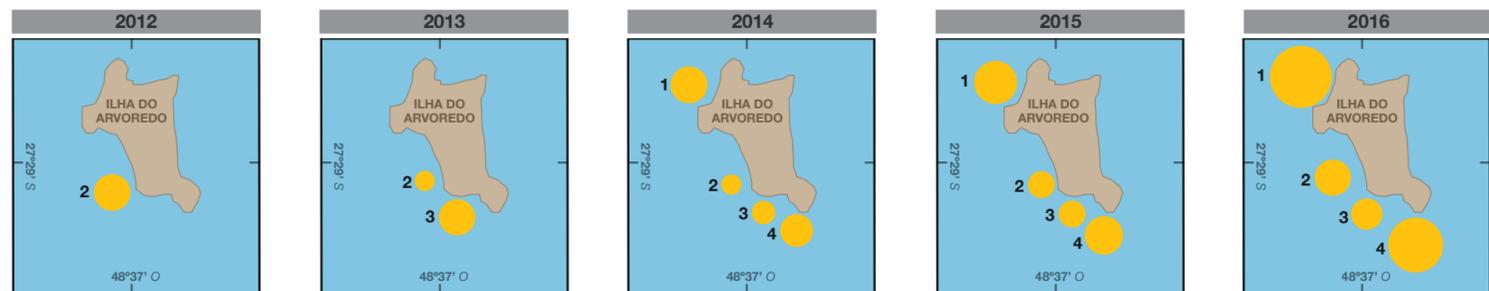
Nos costões rochosos do estado de Santa Catarina, o coral-sol *Tubastraea coccinea* foi observado pela primeira vez em 2012, na Ilha do Arvoredo, durante uma operação de mergulho turístico na Baía do Engenho, área fora da Reserva Biológica Marinha, em profundidade de quatro metros. A partir de então, outros focos foram encontrados na Baía do Farol e no Saco do Vidal, também na Ilha do Arvoredo, fora da área da Reserva, em profundidade de até sete metros. A partir do monitoramento ambiental iniciado em 2014 pelo Projeto MAArE, a espécie *Tubastraea coccinea* foi detectada pela primeira vez dentro da área da Reserva Biológica Marinha, na Ilha do Arvoredo e na Ilha da Galé. O primeiro desses focos dentro da Reserva foi descoberto em 2014, constituído por 374 colônias de coral-sol no ponto conhecido como Rancho Norte, na Ilha do Arvoredo, em profundidade de três metros. Em 2015, foi encontrado outro foco, também no Rancho Norte, com mais de 100 colônias de coral-sol. Nesse mesmo ano, duas colônias da espécie foram detectadas na Ilha da Galé, crescendo sobre o naufrágio Lili, em profundidade de oito metros. Desde então, trabalhos de manejo realizados pela equipe de analistas ambientais da REBIO Arvoredo, em parceria com voluntários e com pesquisadores da Universidade Federal de Santa Catarina, já removeram mais de 1.200 colônias de coral-sol da Reserva e seu entorno.

A ascídia *Styela plicata*, outra espécie invasora detectada no Brasil, é pouco abundante nos costões rochosos na REBIO Arvoredo e nas ilhas do entorno. Entretanto, essa espécie pode ser muito abundante em píers, marinas e em outras estruturas artificiais encontradas nos municípios do entorno da Reserva, ou mesmo em alguns costões rochosos, como na Lagoa da Conceição, em Florianópolis. O siri *Charybdis hellerii* é uma espécie invasora já estabelecida no Brasil, sendo encontrada tanto dentro quanto no entorno da Reserva. Por fim, também os moluscos bivalves *Isognomon bicolor* e *Leiosolenus aristatus* são encontrados na Reserva Biológica Marinha. Apesar de existirem poucas informações sobre a abundância dessas espécies na região, *Leiosolenus aristatus* pode ser comumente encontrado perfurando a base de colônias do coral invasor *Tubastraea coccinea* e do coral nativo *Astrangia rathbuni* na Reserva. A fim de se evitar que espécies invasoras se alastrem na REBIO Arvoredo e entorno, é fundamental o monitoramento contínuo e a rápida execução de ações de manejo, como o controle e remoção de espécies invasoras, se necessário.

1 - Espécie também referida como *Myofoerpeps aristatus* e *Litophaga aristata* em publicações anteriores.



Pesquisador amostrando coral-sol no Rancho Norte, Ilha do Arvoredo.



Distribuição e abundância do coral-sol, *Tubastraea coccinea*, entre 2012 e 2016 na REBIO Arvoredo.

LOCAIS DE INVASÃO

- 1 Rancho Norte
- 2 Baía do Engenho
- 3 Baía do Farol
- 4 Saco do Vidal

NÚMERO DE COLÔNIAS REMOVIDAS



0 500m



Detalhe de uma colônia de coral-sol, *Tubastraea coccinea*, com os tentáculos distendidos.



- Principais espécies exóticas invasoras com ocorrência na REBIO Arvoredo e entorno.
- 1) *Isognomon bicolor* (Mexilhão)
 - 2) *Styela plicata* (Ascídia)
 - 3) *Leiosolenus aristatus** (Molusco perfurante)
 - 4) *Tubastraea coccinea* (Coral-sol)
 - 5) *Charybdis hellerii* (Siri)

*Espécie também referida como *Myiophageps aristatus* e *Litophaga aristata* em publicações anteriores.



Lixo comum encontrado em meio ao costão.

O LIXO NO MAR

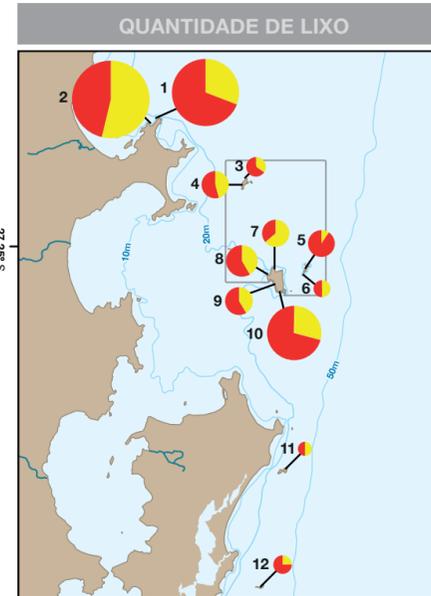
Monitorar a quantidade de lixo presente em Unidades de Conservação, e no seu entorno, é muito importante, visto que a presença de objetos e substâncias estranhas ao ambiente prejudica a biota. Na REBIO Arvoredo, um tipo de lixo comumente encontrado são as redes fantasmas, pedaços de redes de pesca que permanecem no mar depois de serem descartadas ou perdidas, e que continuam capturando e matando animais indiscriminadamente. Dentre os sítios monitorados pelo Projeto MAArE, a maior quantidade de lixo encontrada foi na Praia do Estaleiro, em Porto Belo, município muito visitado por banhistas e localizado no entorno da Reserva. Também foram encontrados objetos em todos os sítios no interior da Reserva, embora em menor quantidade. Dentre esses, foram observados objetos que indicam atividade pesqueira, como no Rancho Norte, onde mais da metade dos objetos encontrados eram restos de petrechos de pesca. O local é bastante

utilizado por embarcações pesqueiras que buscam abrigo nessa localidade em caso de mau tempo, prática prevista pelo plano de manejo da REBIO Arvoredo, aumentando a segurança das embarcações.

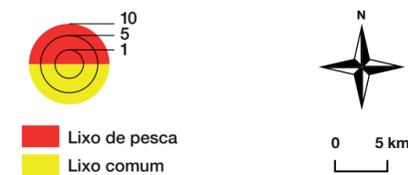
Apesar de a pesca ser proibida em qualquer circunstância, anzóis, linhas e chumbadas foram encontrados no Rancho Norte. Uma situação similar ocorre na Baía do Farol, também na Ilha do Arvoredo, onde a pesca é proibida até 200 metros do costão rochoso. Nesse local, a maior parte do lixo encontrado também são petrechos de pesca, como linhas e anzóis presos entre fendas e buracos no costão. Em vários pontos na REBIO Arvoredo também foram encontrados âncoras, poitas e restos de redes de pesca. É importante ressaltar que o efeito de alguns petrechos, como redes e linhas, pode permanecer por muito tempo. A presença desses petrechos, oriundos muitas vezes da pesca ilegal no interior da Reserva, ameaça populações de organismos marinhos (em especial peixes e crustáceos), podendo até mesmo comprometer a recuperação de estoques pescados fora da Unidade de Conservação.



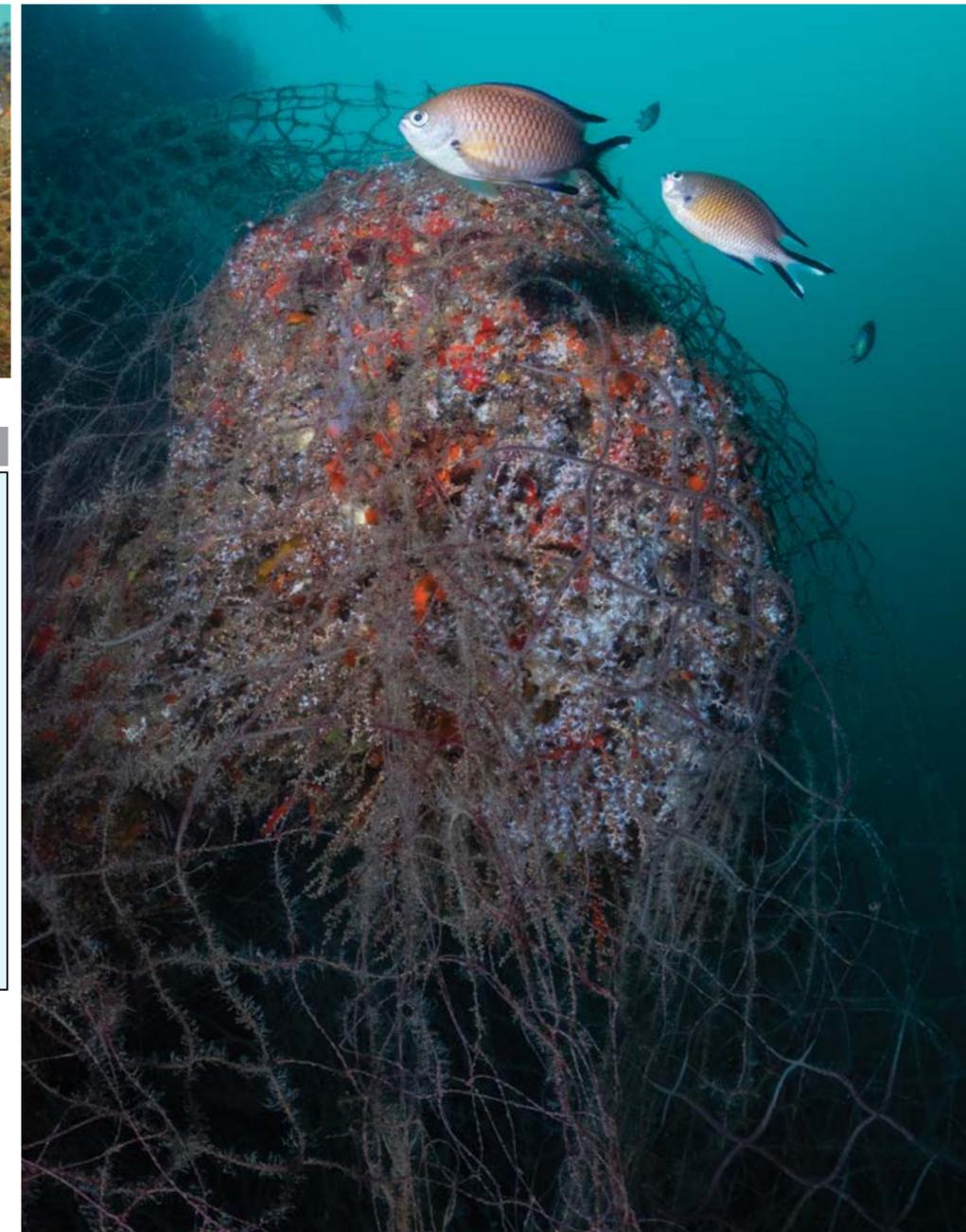
Caranguejos *Damithrax hispidus* mortos em redes fantasmas.



NÚMERO MÉDIO DE OBJETOS EM 40m²



Distribuição e abundância do lixo amostrado pelo Projeto MAArE.



Rede fantasma sobre as rochas do costão, na Ilha da Galé.



RESUMINDO

Os resultados de três anos de monitoramento constituem um bom patamar de referência (*baseline*) sobre a biodiversidade da REBIO Arvoredo e entorno. Houve, a partir desse trabalho, um incremento na quantidade de espécies conhecidas para a região, além de um melhor conhecimento sobre sua distribuição. Também foi ampliada a ocorrência de espécies de peixes e crustáceos - dois grupos de organismos relativamente bem conhecidos. Esses novos registros adicionam oito espécies à biodiversidade da REBIO Arvoredo e entorno, evidenciando a importância de projetos de larga escala temporal e espacial.

O Projeto MAArE identificou novos pontos de ocorrência da espécie exótica invasora *Tubastraea coccinea* (coral-sol) e acompanhou o aumento na abundância dessa espécie e do peixe 'donzela-dos-azores', *Chromis limbata*. Os resultados de acompanhamento temporal são importantes para descrever o histórico de expansão dessas espécies na região e subsidiar possíveis ações de manejo que visem minimizar efeitos de espécies exóticas sobre a biodiversidade nativa. Assim, esperamos que esses resultados, associados a outras formas de conhecimento, como o conhecimento tradicional das populações humanas no entorno da Reserva, possam ser utilizados para melhorar o entendimento sobre a biodiversidade dessa área de litoral, a qual se revelou tão importante para populações humanas no passado e no presente.



DESAFIOS DA GESTÃO PARA A CONSERVAÇÃO DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

CAPÍTULO 06

Ana Flora Sarti de Oliveira; Marcio Soldateli; Bárbara Segal.

Desde o início da ocupação humana no litoral catarinense, a abundância de recursos naturais foi um fator importante para o estabelecimento das populações, sendo o mar não apenas um meio de acesso às numerosas ilhas costeiras, mas também uma rica fonte de alimentos e matérias-primas. A ocupação da região vem acontecendo ao longo dos últimos 6.000 anos, mas a partir do século XX torna-se mais contundente.

Nas últimas décadas, o litoral de Santa Catarina experimentou um aumento da densidade populacional como resultado das transformações do estilo de vida contemporâneo. A partir dos anos 1950, acelerou-se o êxodo rural e teve início um período de intensificação da urbanização. Esse movimento foi marcado pela implantação da BR-101, que atravessa o litoral catarinense no sentido norte-sul, tornando-se uma importante via de acesso e, conseqüentemente, um fator de facilitação à ocupação do território. Assim, a paisagem que, no início do século XX, era formada principalmente por campos agrícolas passou a comportar grandes áreas urbanizadas. Em 2016, o aglomerado urbano formado por Florianópolis, a capital do Estado, e os municípios de São José, Palhoça e Biguaçu, abrigava quase um milhão de habitantes. Em direção ao interior, a ocupação do litoral central ocorreu principalmente ao longo dos vales dos principais rios: Rio Itajaí-Açú e Rio Tijucas. A paisagem dessa porção do litoral catarinense é composta por um mosaico que inclui áreas urbanas, áreas rurais, fragmentos florestais, boa parte regenerados a partir do abandono dos antigos campos agrícolas, além de morros, estuários, manguezais, restingas, dunas, rios, planícies alagáveis, banhados, lagoas, costões rochosos, praias e numerosas ilhas costeiras.

Esse conjunto de atributos sustenta diversas atividades econômicas que fazem uso dos recursos naturais da região. Os usos se dão na forma de consumo direto, como pesca, abastecimento de água, extração mineral (e.g. extração de areia dos rios e de argila para indústria cerâmica) e no uso da terra para agropecuária; e de forma indireta, como no aproveitamento turístico das praias e paisagens; ou mesmo no uso do ambiente como local de descarte de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Em um contexto social complexo, essa miríade de usos pode ocorrer na forma da lei ou à margem dela. Destacamos a seguir alguns aspectos de ocupação e uso que ocorrem no litoral central de Santa Catarina e nos vales dos seus dois principais rios, tendo como objeto focal seus efeitos sobre a biodiversidade marinha da região, no entendimento de que a REBIO Arvoredo, ainda que legalmente protegida, não está isolada geograficamente do seu entorno, estando sujeita, direta ou indiretamente, às suas influências.

O olhar sobre a pesca simboliza a importância dos serviços ecossistêmicos que garantem a existência, a manutenção e o uso dos recursos naturais por populações humanas.



Aglomeraco urbana às margens do Canal da Barra da Lagoa em Florianópolis. A beleza e o colorido da imagem escondem os problemas decorrentes do crescimento desordenado aos quais áreas naturais próximas a centros urbanos estão sujeitas.

O aumento populacional e a conseqüente expansão urbana desordenada vem tomando conta de áreas importantes para a manuteno da biodiversidade terrestre e da marinha. A supressão da cobertura vegetal, a impermeabilizao do solo, a ocupao de encostas sujeitas a intensos processos erosivos e a deslizamentos, a ocupao de margens de rios, de restingas, de planícies alagáveis e de manguezais têm causado grandes alteraes em processos naturais e enormes perdas de biodiversidade, incluindo algumas espécies de interesse econmico.

Os manguezais, por exemplo, são considerados berrios porque muitas espécies marinhas os utilizam como local de reproduo e/ou desenvolvimento, como  o caso dos meros, *Epinephelus itajara*. Os adultos habitam grandes tocas nos costões rochosos, mas os juvenis crescem e se desenvolvem nos manguezais. Logo, sua supressão prejudica o ciclo reprodutivo de meros e diversos peixes, camarões e outros animais marinhos. Nas planícies de maré, também se encontram outros animais de interesse comercial, como o berbigão ou vngole, *Anomalocardia flexuosa*. A proximidade dessas áreas com o mar as torna muito visadas pela ocupao e pelo turismo. Seus terrenos alagados são aterrados e substituídos pela estrutura urbana, industrial e portuária, eliminando o habitat do berbigão e trazendo prejuízo econmico para famílias de pescadores/coletores que dependem do comércio desses animais.

Outro problema da falta de ordenamento e infraestrutura urbana  a gerao e o descarte de esgoto, que, no caso do litoral,  agravado no verão. Nesse período, entre os anos de 2015 e 2016, cerca de dois milhões de turistas passaram por Florianópolis, dividindo espaço e equipamentos urbanos com a populao residente que, segundo dados do IBGE, somava cerca de 480 mil pessoas. Essa populao flutuante tem enorme impacto positivo na economia regional, porém, ultrapassa a capacidade do já precário sistema de coleta e tratamento de esgoto, que mal atende a populao residente. O esgoto não tratado , muitas vezes, lançado diretamente nos rios e no mar, tornando muitas praias impróprias para banho e causando um sério problema de saúde pública durante as temporadas de verão. O lançamento do esgoto no mar causa srios problemas ambientais, pois a decomposio de matéria orgânica em excesso causa a eutrofizao, criando zonas mortas por falta de oxigênio. A maricultura também  diretamente afetada pela contaminao dos mares. Essa atividade  bastante tradicional na região desde a década de 1990, a ponto de o Estado ser uma referência nacional na produo de ostras. Os produtores já vivenciaram diversos episódios nos quais a venda de ostras e mariscos oriundos dos cultivos foi proibida, devido  contaminao da água e ao conseqüente risco  saúde dos consumidores.

O meio marinho prov às populaes humanas de muitas formas, sendo provavelmente a pesca a atividade mais claramente identificada quando elencamos os usos desse ambiente. Modalidades como pesca de linha, de tarrafa e a caça subaquática são costumeiramente praticadas por moradores e turistas. Outras modalidades como a pesca artesanal e a industrial, especialmente a prática do arrasto de meia água e fundo têm alcance e capacidade de captura muito maior. Nessas e em outras modalidades ocorre a captura incidental de espécies que, apesar de não serem alvo da pesca comercial, acabam capturadas, mortas e descartadas no mar. Nas últimas décadas, o aumento no esforço de captura vem

SERVIÇOS ECOSISTMICOS

Através dos componentes naturais, tais como biodiversidade, solo e água e também dos processos como produo primária, decomposio, interaes entre espécies, circulao dos ventos e das massas d'água que ocorrem nos ecossistemas,  gerada uma série de serviços para populaes humanas. São benefícios que a natureza nos presta, sem que tenhamos que pagar por eles – talvez por isso muitas vezes sequer nos damos conta de como são essenciais. Alguns desses benefícios são diretamente obtidos e mais facilmente reconhecidos, como a provisão de alimento, madeira e de outras matérias primas. Outros benefícios são indiretos e muitas vezes não são percebidos claramente, embora sejam igualmente essenciais ao bem-estar humano. Por exemplo, a fotossíntese realizada por plantas e algas purifica o ar; a vegetao evita processos de erosão, que são responsáveis pela perda de solo fértil em todo o planeta. Outro exemplo importante  o das áreas de reposio de aqferos, que permitem que a água infiltre o subsolo, repondo os estoques hídricos. Esses e outros serviços estão intimamente relacionados ao bem-estar humano, incluindo os serviços culturais. Nessa categoria, estão o lazer, os rituais religiosos e o simples prazer de contemplar uma paisagem com belas praias, matas exuberantes e cursos d'água em movimento.

OS SERVIÇOS ECOSISTMICOS PODEM SER DIVIDIDOS EM QUATRO CATEGORIAS PRINCIPAIS:

SERVIÇOS DE PROVISÃO

Alimento, fibra, combustível, recursos genéticos e bioquímicos, água doce.

SERVIÇOS DE REGULAO

Resistência a invasões, herbivoria, polinizao, dispersão de sementes, regulao climática, regulao de pragas, regulao de doenças, proteo de desastres naturais, controle de erosões, purificao da gua.

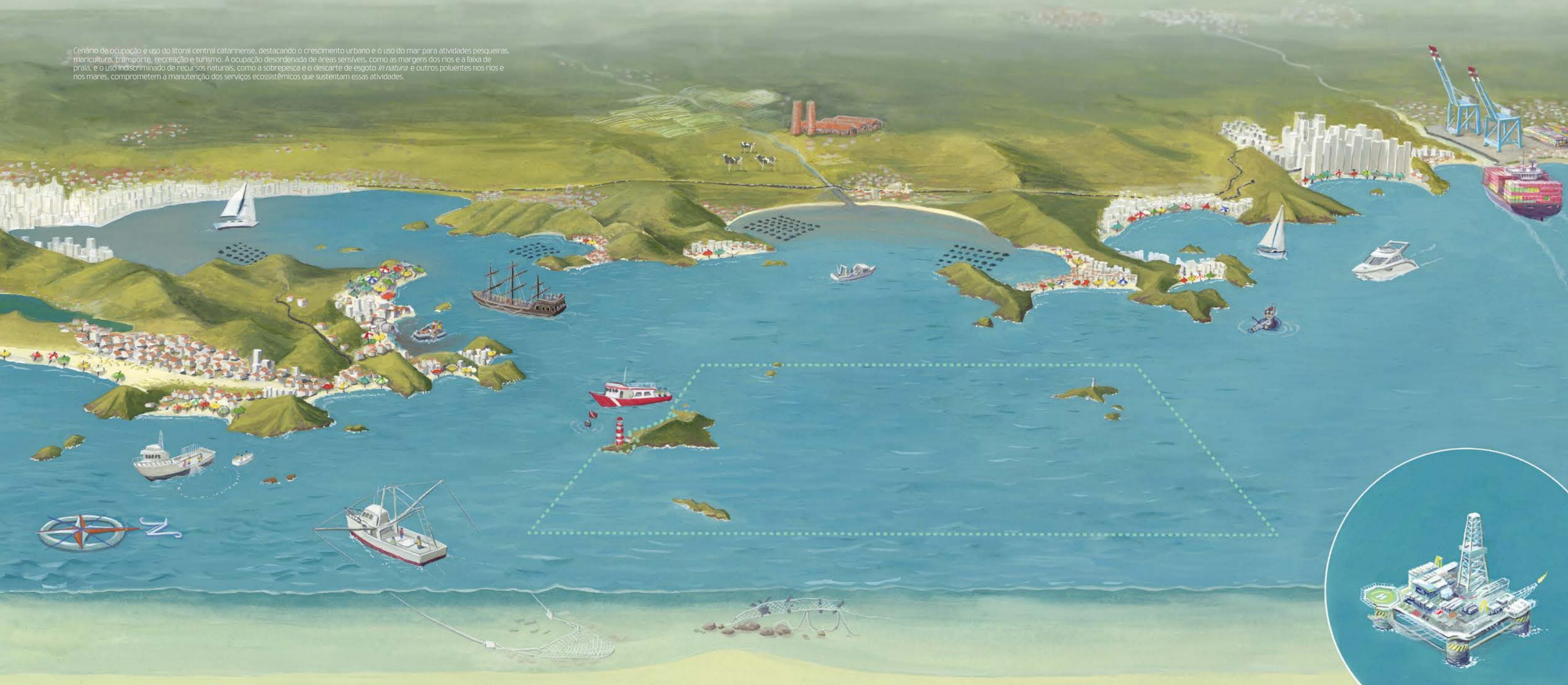
SERVIÇOS CULTURAIS

Valores espirituais e religiosos, sistema de conhecimento, educao e inspirao, recreao e valores estticos.

SERVIÇOS DE SUPORTE

Produo primária, fornecimento de habitat, ciclagem de nutrientes, formao e reteno de solos, produo de oxigênio atmosférico, ciclagem de gua.

Cenário de ocupação e uso do litoral central catarinense, destacando o crescimento urbano e o uso do mar para atividades pesqueiras, maricultura, transporte, recreação e turismo. A ocupação desordenada de áreas sensíveis, como as margens dos rios e a faixa de praia, e o uso indiscriminado de recursos naturais, como a sobrepesca e o descarte de esgoto *in natura* e outros poluentes nos rios e nos mares, comprometem a manutenção dos serviços ecossistêmicos que sustentam essas atividades.





causando um efeito chamado de sobrepesca, quando a pesca ultrapassa os limites sustentáveis dos estoques pesqueiros, causando prejuízos econômicos e sociais. Essa situação é agravada pela pesca ilegal que atinge organismos e/ou ambientes que deveriam estar protegidos. O ICMBio realizou na área da REBIO Arvoredo e sua Zona de Amortecimento 141 autos de infração entre os anos de 2009 e 2016. A maior parte deles, 108 (77%), registraram pesca irregular nas modalidades amadora, artesanal e industrial, que capturam organismos da coluna d'água, no fundo de areia e cascalho, e nos costões rochosos, de onde também são capturados ouriços, apreciados pela culinária oriental. Os demais autos, 33 (23%), estão relacionados a turismo, fundeio de embarcações e navegação irregulares. Outra grave consequência relacionada à pesca é a frequente perda ou descarte indevido de petrechos, especialmente redes. São as chamadas redes fantasmas, que vagam junto às correntes ou permanecem presas ao fundo capturando peixes, crustáceos e outros organismos por tempo indeterminado.

O transporte de mercadorias e pessoas é comum nos arredores e no interior da REBIO Arvoredo. A 35 quilômetros, no sentido noroeste da Reserva, encontra-se o Porto de Itajaí, responsável pelo escoamento de

parte da produção do estado de Santa Catarina, o que acarreta grande tráfego de embarcações pela região. Além disso, ocorre o trânsito de embarcações de turismo, recreação e pesqueiras. A passagem de embarcações no interior da Unidade de Conservação (UC) é prevista pelo Plano de Manejo. Entretanto, existem riscos associados a essa prática, como o despejo acidental de combustível e lixo que causa contaminação do ambiente. O trânsito de embarcações provenientes de áreas distantes e ecologicamente diferentes também aumenta o risco de contaminação biológica por espécies exóticas e a ocorrência de marés vermelhas tóxicas, que podem ser originadas a partir do despejo da água de lastro dos navios.

A partir das descobertas de campos petrolíferos no Pré-Sal, vem aumentando no Brasil a prospecção de petróleo no ambiente marinho. A perfuração do leito marinho, a retirada de petróleo e gás e seu transporte também são atividades que podem gerar resíduos e externalidades que são sentidas mesmo em áreas distantes do poço perfurado. Um exemplo dramático dessa situação foi visto no litoral do Golfo do México em 2010. O óleo derramado após a explosão acidental de uma plataforma matou milhares de espécies marinhas e alterou significati-

A maricultura, importante atividade econômica do litoral catarinense depende da boa qualidade das águas para se desenvolver. A imagem mostra uma área de cultivo de ostras localizada no Ribeirão da Ilha, em Florianópolis.



Pesca artesanal no litoral de Santa Catarina. Esta tradicional modalidade de pesca está ameaçada à medida em que as condições naturais que garantem a manutenção dos estoques pesqueiros vêm sendo alteradas.

vamente dezenas de quilômetros da costa do estado da Louisiana, EUA, afetando a produção de ostras, a proteção contra erosão (devido à perda de vegetação em áreas costeiras alagadas) e as atividades de pesca e turismo. Até mesmo em áreas do interior, distantes da costa, o descarte dos resíduos da limpeza do desastre impactou a qualidade do ar e do solo, prejudicando o modo de vida das comunidades rurais.

Em Santa Catarina, pelos rios Tijucas e Itajaí-Açu, além do transporte natural de sedimento, chegam até o litoral resíduos e efluentes neles despejados, como fertilizantes, agrotóxicos, efluentes industriais diversos, esgoto urbano, resíduos de escoamento superficial urbano e lixo. Além disso, um excedente de sedimentos é carregado para os rios a partir de solos erodidos e expostos, devido à falta de manejo adequado e de cobertura vegetal, especialmente de matas ciliares que deveriam proteger o solo e trazer maior estabilidade às margens dos rios. Resultados do Projeto MAArE mostram que as correntes superficiais entre a linha de costa e as ilhas da REBIO Arvoredo correm para leste e para sul. Isso significa que as águas continentais drenadas para a costa, através do Canal Norte da Ilha de Santa Catarina (Baía Norte) e do Rio Tijucas, podem influenciar as águas adjacentes às Ilhas da REBIO Arvoredo. Teores re-

lativamente altos de amônio, nutrientes fosfatados, hidrocarbonetos e alguns metais foram encontrados entre o litoral e as ilhas. Embora ainda não haja um cenário de poluentes acima dos níveis aceitáveis, devemos estar alertas ao potencial impacto do carreamento de poluentes e nutrientes. A Baía de Tijucas, por exemplo, é uma importante área para a atividade pesqueira artesanal, que pode ser prejudicada pelo aumento de poluentes, assim como as águas e litoral adjacente onde ocorrem outras atividades de importância econômica e cultural.

A sinergia entre os impactos negativos que ocorrem em escala local e global torna essas áreas bastante suscetíveis a desastres naturais. Exemplo disso são os desastres naturais que têm ocorrido nos últimos anos em Santa Catarina, causados pelo aumento na frequência e intensidade de eventos climáticos extremos. A ampliação das consequências desses eventos está diretamente associada ao desmatamento, à perda de biodiversidade, à fragmentação de habitats naturais, à exposição e perda de solos e à urbanização descontrolada, entre outros fatores, que diminuem a resiliência ambiental, ou seja, a capacidade de um ecossistema em absorver impactos e recuperar-se de forma a manter seu funcionamento e, conseqüentemente, a provisão de serviços ecossistêmicos.

Os resultados do Projeto MAArE esclareceram pela primeira vez a relação da produtividade primária marinha na REBIO Arvoredo com as variações de ventos, massas de água e correntes marinhas. As mudanças climáticas globais catalisadas pela dependência de recursos não renováveis, como combustíveis fósseis, e pelo consumo exagerado com descarte inadequado, já estão alterando o alcance de correntes e plumas que durante milhares de anos permitiram o desenvolvimento do ecossistema marinho amplamente ilustrado neste livro.

Nos parágrafos anteriores, apontamos alguns dos principais desafios de um processo de gestão ambiental no atual cenário de uso e ocupação da região de entorno da REBIO Arvoredo. No entanto, precisamos considerar que o que chamamos de ambiente natural ou ecossistema é um sistema complexo que comporta diversos elementos e processos, que geram as condições necessárias para sua própria manutenção, e por conseguinte, para a sobrevivência humana. De um ponto de vista prático, as resultantes dessas condições podem ser consideradas como bens e serviços ecossistêmicos fornecidos pela natureza. Por isso, podemos afirmar que a biodiversidade da REBIO Arvoredo traz inúmeros benefícios para a sociedade. Para citar apenas um exemplo, de acordo com os resultados do Projeto MAArE e com dados científicos de trabalhos pretéritos, a biomassa de espécies de peixes de interesse comercial vem diminuindo em todo o litoral. Apesar disso, estas espécies encontram na Reserva um ambiente mais seguro para o seu desenvolvimento, uma vez que, com o passar do tempo, a quantidade desses organismos se mantém maior do que nas áreas adjacentes, onde a pesca é permitida.

Em um cenário ideal de conservação, a qualidade ambiental da REBIO Arvoredo estaria protegida ao ponto de gerar um fenômeno conhecido como transbordamento. O termo é empregado por cientistas para caracterizar o deslocamento de organismos de regiões mais adensadas para outras menos adensadas. Ademais, ocorre maior dispersão de larvas e juvenis a partir de onde existe maior quantidade de matrizes reprodutivas, o que inclui peixes de grande porte e de interesse comercial. As larvas são levadas pelas correntes para outras áreas, onde se desenvolvem e se transformam em recursos pesqueiros disponíveis. Esta complexidade denota a dimensão dos desafios a serem enfrentados para a gestão da zona costeira e marinha de Santa Catarina. A REBIO Arvoredo, assim como outras UC, federais, estaduais e municipais, desempenha um papel fundamental por resguardar áreas relevantes para a conservação da biodiversidade e dos processos naturais. Por consequência, as UC contribuem para a geração de serviços ecossistêmicos, ainda que parte da sociedade não esteja atenta ou desconheça o papel fundamental das áreas protegidas para a manutenção da vida humana.

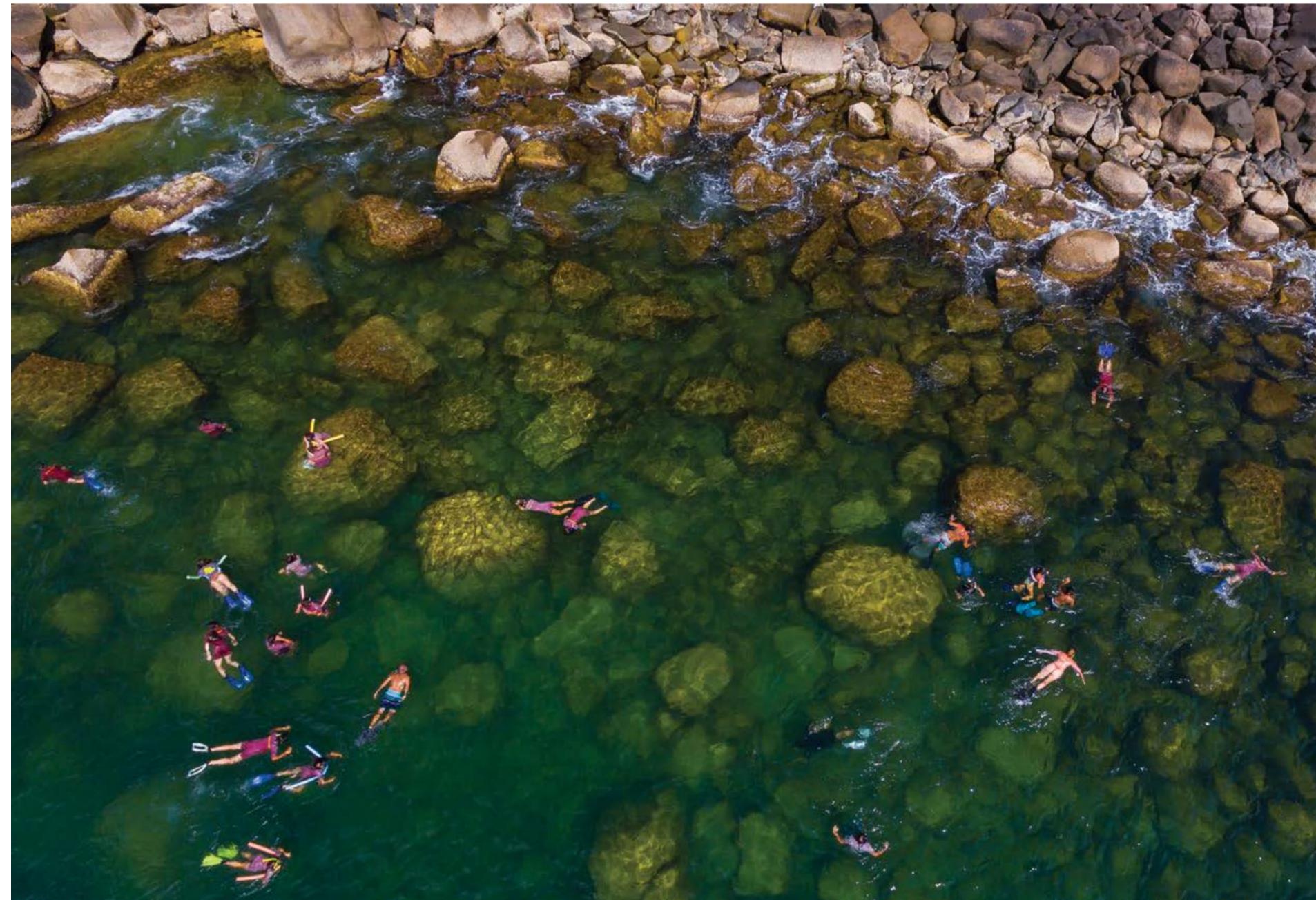
A busca por uma condição mais equilibrada entre o uso de recursos naturais e sua conservação não é uma tarefa fácil e exige uma abordagem que permita compreender e tratar essas questões de forma abrangente. Uma abordagem que tem se destacado mundialmente é a Gestão Baseada em Ecossistemas. De acordo com esse conceito, o manejo territorial deve ser feito de maneira integrada e para além das fronteiras políticas e de competências administrativas imediatas da área em questão. O objetivo é manter os ecossistemas saudáveis, produtivos e resilientes a ponto de resguardar os serviços ecossistêmicos de que a sociedade necessita.

GESTÃO BASEADA EM ECOSSISTEMAS

A Gestão Baseada em Ecossistemas é orientada com base em uma escala geográfica que considera os processos naturais e a conexão entre diferentes ecossistemas. Essa abordagem se baseia em objetivos que buscam resguardar os serviços ecossistêmicos para o bem-estar humano. É subsidiada por políticas, protocolos e práticas, de forma adaptativa e participativa, isto é, buscando a melhoria contínua, a adequação às mudanças e o envolvimento da sociedade. O monitoramento e a pesquisa são empregados para um melhor entendimento sobre as interações ecológicas e os processos necessários para manter a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas, embasando a tomada de decisão e as ações para a gestão do território.

A MUDANÇA DE PARADIGMA DA GESTÃO BASEADA EM ECOSSISTEMAS

DE:	PARA:
Espécies individuais de organismos	Ecossistemas e seus processos e funcionamento
Escala espacial pequena	Múltiplas escalas espaciais
Perspectiva de curto prazo	Perspectiva de longo prazo
Seres humanos independentes de ecossistemas	Seres humanos como integrantes dos ecossistemas
Gestão compartimentada de atividades e impactos	Gestão que considera os impactos cumulativos de múltiplas atividades
Gestão compartimentada pelas diferentes esferas institucionais	Gestão integrada entre diferentes esferas de governança, com especial atenção à participação da sociedade civil
Gestão desconectada da pesquisa	Gestão adaptativa baseada em dados de monitoramento e pesquisa
Manejo de mercadorias/ <i>commodities</i>	Manejo de ecossistemas, garantindo a produção de bens e serviços



Além de recursos de consumo direto, os serviços ecossistêmicos também proporcionam usos indiretos, como aqueles relacionados à cultura, ao lazer e ao turismo. Na imagem, um grupo de turistas pratica o mergulho recreativo no Saco do Capim, na Ilha do Arvoredo, área que está fora dos limites da REBIO Arvoredo.



Nesse contexto, o monitoramento ambiental de longo prazo e a pesquisa científica exploratória, que possibilitam novas descobertas e o aumento da base de conhecimento, são fundamentais para subsidiar a Gestão Baseada em Ecossistemas. O Projeto MAArE teve como objetivo estabelecer bases para o monitoramento de longo prazo na REBIO Arvoredo e entorno a partir da coleta de dados biológicos e oceanográficos ao longo de três anos. Um dos produtos gerados pelo projeto foi a estruturação de Protocolos Técnicos para coleta, processamento e análise dos dados, permitindo que novos dados obtidos a partir da aplicação dos protocolos formem séries históricas comparáveis. Essa iniciativa é muito importante diante do cenário de mudanças ambientais. A interpretação de seus resultados também ajuda na tomada de decisões direcionadas à gestão e ao manejo da UC. Por exemplo, durante as campanhas de amostragem do projeto foram descobertos novos focos de invasão do coral-sol. A detecção das ocorrências subsidiou os gestores da REBIO Arvoredo na remoção das colônias. Isso significa que a organização e a disponibilização de informação é de fundamental importância para a efetividade da gestão.

Para garantir o armazenamento dos dados obtidos e com vistas aos dados que poderão ser obtidos futuramente, no longo prazo, o Projeto MAArE desenvolveu o Portal de Monitoramento Marinho que permi-

te a disponibilização dos dados ao órgão gestor da UC, à comunidade científica, à sociedade e às demais instâncias interessadas. O Portal adota uma base georreferenciada, em que os dados estão associados geograficamente ao seu local de coleta, além de atender a padrões internacionais que permitem compartilhar informações de biodiversidade com outros bancos de dados semelhantes em âmbito global.

O monitoramento, a pesquisa e a obtenção de dados que subsidiem a tomada de decisões, são ações importantes na busca de maior efetividade na gestão de Unidades de Conservação. Porém, considerando a conectividade dos ecossistemas, o desafio da gestão territorial envolve a integração de esferas de governança, como a federal, a estadual e a municipal, além da integração entre os diversos planos, programas e projetos, como os planos de bacias hidrográficas e os de gerenciamento costeiro. É necessário que o processo de governança inclua a participação da sociedade com a ampliação dos espaços participativos, como conselhos e fóruns. A contribuição do Projeto MAArE para a ampliação da discussão relacionada à governança ocorreu por meio da realização do “*Workshop* Monitoramento para apoio à gestão de Unidades de Conservação Marinhas do Brasil,” realizado em novembro de 2015. O evento reuniu pesquisadores e gestores de UC com experiência em projetos de monitoramento ambiental e socioeconômico de áreas marinhas. Foram discutidas abordagens, me-

Diferentes ecossistemas podem estar fortemente conectados, mesmo a grandes distâncias. Lixo, esgoto e outros contaminantes despejados em áreas continentais chegam no ambiente marinho pelo aporte dos rios e afetam os oceanos.

todologias, indicadores e perspectivas de longo prazo, tendo como caso de estudo a Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e o Projeto MAArE. Como produto, foi gerado um documento apontando diretrizes para o monitoramento ambiental e socioeconômico de áreas marinhas protegidas no Brasil.

Outra iniciativa que merece destaque é o trabalho de fortalecimento e revitalização do Conselho Consultivo da REBIO Arvoredo, realizado em 2014. A equipe gestora da Reserva fez um grande esforço de ampliação da participação de atores que tivessem uso ou interesses diretos e indiretos sobre a UC. Assim, estão representados no conselho os vários setores pesqueiros, entidades acadêmicas, prefeituras e ONG, além da recente inserção do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas. Nesse mesmo ano, a Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca, localizada no litoral Sul de Santa Catarina também teve seu conselho renovado num processo que buscou ampla representação das diversas regiões e interesses sociais, econômicos e ambientais, para garantir uma gestão democrática e participativa no território da UC. Estudos recentes mostram que o fortalecimento desse conselho e o espaço de aprendizado social proporcionado têm garantido maior participação da sociedade organizada nos processos de gestão do território.

Esses são apenas alguns exemplos de iniciativas locais que vêm obtendo bons resultados. A redução dos impactos negativos apontados

neste capítulo necessita de um esforço mais amplo, que passa pela implementação de diversas ações de forma integrada, algumas das quais mencionadas a seguir: manter e fortalecer o levantamento de informações ambientais e socioeconômicas; mapear as atividades causadoras de impactos negativos, levando em conta as bacias hidrográficas, a faixa litorânea e o mar; limitar atividades poluentes; implementar saneamento básico para atendimento de toda a população; reduzir o uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos na agricultura convencional; incentivar a agricultura orgânica; incentivar a utilização de fontes de energia renovável, como solar e eólica; promover a recuperação de florestas nativas, especialmente em áreas de nascentes e margens de cursos d’água; promover o ordenamento da atividade turística e; elaborar zoneamentos adequados e compatíveis com a manutenção de serviços ambientais.

A busca por uma melhor condição de vida no planeta passa pela mudança de comportamento dos cidadãos: de uma postura passiva em relação aos problemas, para uma postura ativa e responsável. Isso exige uma sólida educação para vida em sociedade em um cenário de mudanças rápidas, no qual diversos serviços ecossistêmicos estão em franco declínio. Talvez a percepção de que a qualidade ambiental é condição essencial para a manutenção da vida humana no planeta Terra seja a chave da mudança de postura de que a sociedade necessita para buscar a solução de antigas questões.

REFERÊNCIAS

A OCUPAÇÃO DA ILHA DO ARVOREDO E DO LITORAL CATARINENSE: UMA HISTÓRIA DE LONGA DURAÇÃO

Bandeira, D. D. R. (1992). *Mudança de estratégia de subsistência. O sambaqui Enseada II – um estudo de caso* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Bastos, M. Q. R. (2014). *Dos sambaquis do sul do Brasil à diáspora africana: estudos de geoquímica isotópica de séries esqueléticas humanas escavadas de sítios arqueológicos brasileiros* (Tese de doutorado). Universidade de Brasília, Brasília.

Bellegarde, H. L. N. (1830) *Carta geo-hydrographica da Ilha e Canal de Sta. Catharina*. Disponível em: https://bdlb.bn.gov.br/acervo/handle/123456789/16918

Berger, P. (1979). *Ilha de Santa Catarina: relatos de viajantes estrangeiros nos séculos XVIII e XIX*. Florianópolis, SC: Assembleia Legislativa do Estado de Santa Catarina.

Bonomo, M., Angrizani, R. C., Apolinaire, E., & Noelli, F. S. (2015). A model for the Guaraní expansion in the La Plata Basin and littoral zone of southern Brazil. *Quaternary International*, 356, 54-73.

Bueno, L., Mendes, R., Oppitz, G., Pereira, T., Batista, J., & Bee, B. (2014). *Florianópolis Arqueológica* (Relatório Final, CNPq). Florianópolis, SC: IPHAN.

Colonese, A. C., Collins, M., Lucquin, A., Eustace, M., Hancock, Y., Ponzoni, R. D. A. R.,... Wesolowski, V. (2014). Long-term resilience of Late Holocene coastal subsistence system in southeastern South America. *PloSone*, 9(4), e93854.

Comerlato, F. (2005). *As representações rupestres do litoral de Santa Catarina* (Tese de doutorado). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Darella, M. D. P. (2004). *Ore Roipota Yvy Porã “nós que-remos terra boa”:* territorialização guarani no litoral de Santa Catarina - Brasil (Tese de doutorado). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

DeBlasis, P., Kneip, A., Scheel-Ybert, R., Giannini, P. C., & Gaspar, M. D. (2007). Sambaquis e paisagem: dinâmica natural e arqueologia regional no litoral do sul do Brasil. *Arqueologia Sudamericanca*, 3(1), 29-61.

DeBlasis, P., & Gaspar, M. (2015). Os sambaquis do sul catarinense: retrospectiva e perspectivas de dez anos de pesquisas. *Especiaria: Cadernos de Ciências Humanas*, 11(20, 21), 83-125.

De Masi, M. A. N. (2001). Pescadores coletores da costa sul do Brasil. *Pesquisas. Antropologia*, (57), 3-136.

Figuti, L. (1993). O homem pré-histórico, o molusco e o sambaqui: considerações sobre a subsistência dos povos sambaquieiros. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, (3), 67-80.

Fossari, T. D. (2004). *A população pré-colonial Jê na paisagem da Ilha de Santa Catarina* (Tese de doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Klokler, D., Villagrán, X. S., Giannini, P. C., Peixoto, S., & DeBlasis, P. (2010). Juntos na costa: zooarqueologia e gearqueologia de sambaquis do litoral sul catarinense. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, (20), 53-75.

Lohn, R. L. (2004). O Náufrago e o Sonho: Aleixo Garcia e o imaginário da conquista. In: Brancher, A., & Arend, S. M.F. (Orgs.). *História de Santa Catarina. Séculos XVI e XIX*, 27-29. Florianópolis, SC: UFSC.

Milheira, R. G. (2010). *Arqueologia Guarani no litoral sul-catarinense: história e território* (Tese de doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo.

Mosimann, J. C. (2002). *Porto dos Patos, 1502-1582: a fantástica e verdadeira história da Ilha de Santa Catarina na era dos descobrimentos*. Florianópolis, SC: BPR Publishers.

Noelli, F. S. (1993). *Sem Tekhoá não há Tekó (em busca de um modelo etnoarqueológico da subsistência e da aldeia Guaraní aplicado a uma área de domínio no delta do Jacu-í-RS* (Dissertação de mestrado). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Noelli, F. S. (2000). A ocupação humana na Região Sul do Brasil: Arqueologia, debates e perspectivas: 1872-2000. *Revista USP*, (44), 218-269.

Oppitz, G. (2011). *Vivendo a paisagem: contribuições transdisciplinares para o estudo do contexto regional de sambaquis do litoral central de Santa Catarina* (Trabalho de conclusão de curso). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Oppitz, G., DeBlasis, P., Lessa, A., Martins, V. T., Bastos, M. Q., Scherer, L. Z., & Petronilho, L. A. (2015). Isótopos de estrôncio no sítio Armação do Sul, Florianópolis/SC: resultados parciais, reflexões iniciais. *Tecnologia e Ambiente*, 21(1), 121-139.

Pimentel, M. (1746). *Arte de navegar: em que se ensinam as regras praticas, e os modos de cartear, e de graduar a balestilha por via de números, e muitos problemas úteis á navegação: e Roteyro das viagens, e costas maritimas de Guiné, Angóla, Brasil, Indias, e Ilhas Occidentaes, e Orientaes*. Lisboa: Office de Francisco da Silva.

Reis, L. B. (2011). *Subsídios para o estudo das Estruturas Subterrâneas no litoral de Santa Catarina* (Trabalho de conclusão de curso). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Rohr, J.A. (1969). Pesquisas arqueológicos do município sul-catarinense de Jaguaruna. *Pesquisas Antropologia*, (22), 1-39.

Santos, S.C., Nacke, A., & Reis, M. J. (2004). *São Francisco do Sul: muito além da viagem de Gonneville*. Florianópolis, SC: UFSC.

Staden, H. (1930). *Viagem ao Brasil*. Versão do texto de Marpurgo de 1557 por Alberto Löforen. Revista e anotada por Theodoro Sampaio. Rio de Janeiro, RJ: Officina Industrial Graphica.

Villagran, X. S. (2010). *Geoarqueologia de um sambaqui monumental: Estratigrafias que falam*. São Paulo, SP: Annablume.

A REBIO ARVOREDO E O PROJETO MAARE

Aguiar, R. (2004). A arte dos pescadores pré-históricos no litoral catarinense. Ensaios interpretativos sobre a arte rupestre na Ilha de Santa Catarina e ilhas adjacentes. *Revista Multitemática das Faculdades Energia*, (3), 91-100.

Bouzon, J. L., Brandini, F. P., & Rocha, R. M. (2012). Biodiversity of sessile fauna on rocky shores of coastal islands in Santa Catarina, Southern Brazil. *Marine Science*, 2(5), 39-47.

Branco, J. O. (2004). *Aves marinhas e insulares brasileiras: bioecologia e conservação*. Itajaí, SC: UNIVALI.

Brasil.(1981). Lei No 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http:// www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm.

Brasil. (1990). Decreto N° 99.142, de 12 de março de 1990. Cria, no Estado de Santa Catarina, a Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D99142.htm

Brasil. (1994). *Resolução CONAMA* n°. 23, de 7 de dezembro de 1994. Institui procedimentos específicos para o licenciamento de atividades relacionadas à exploração e lavra de jazidas de combustíveis líquidos e gás natural. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1994_023.pdf

Buckup, E. H., & Rodrigues, E. N. L. (2011). Espécies novas de Alpaida (Araneae, Araneidae), descrições complementares e nota taxonômica. *Iheringia, Série Zoologia*, 101(3), 262-267.

Carvalho-Junior, O., Phillipini, A., & Salvador, C. (2012). Distribution of neotropical otter, *Lontra longicaudis* (Olfers, 1818) (Mustelidae) in coastal islands of Santa Catarina, Southern Brazil. IUCN Otter Specialist Group Bulletin, 29(2), 95-108.

Huber, B. A. (2000). New World pholcid spiders (Araneae: Pholcidae): a revision at generic level. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 1-347.

IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). (2004). Portaria n°. 81, de 10 de setembro de 2004 – Aprova o Plano de Manejo da

Reserva Biológica Marinha do Arvoredo/SC. Brasília, DF. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2004/p_ibama_81_2004_planomanejoreservabiologicamarinhaarvoredo_sc.pdf

IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). (2004). Portaria nº. 51, de 10 de maio de 2004 – Cria o Conselho Consultivo da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo/SC. Brasília, DF. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/rebioarvoredo/images/stories/conselho/Portaria_IBAMA_n_51-04-N.pdf

IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). (2004). *Plano de Manejo da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo*. Brasília, DF. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/trabalhos_tecnicos/plano_manejo_arvoredo_encarte_4_parte_1.pdf

PETROBRAS. (2012). Comunicação Bacia de Santos. Baúna. Disponível em: http://www.comunicabaciadesantos.com.br/empreendimento/ba%C3%BAna-e-piracaba. Acesso em: 10 out. 2016.

Reisser, J. W. (2009). *Foto-Identificação de Quelonídeos e Ecologia Alimentar da Tartaruga-Verde (Chelonia mydas) na Ilha do Arvoredo, SC.* [s.l.] Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande.

Simões-Loppes, P. C. (1996). *Levantamento de Fauna de Pequenos Mamíferos da Ilha do Arvoredo*. (Relatório, [s.n.]). Florianópolis, SC: [s.n.].

O AMBIENTE OCEANOGRÁFICO

APHA (American Public Health Association). (1985). *Standard methods for the examination of water and waste water* (16a ed.). Washington, DC: APHA.

Bataglion, G. A., Puhl, P. R., Rau, M., Damatto, S. R., & Madureira, L. A. S. (2012). Avaliação de Compostos Lipídicos em Ambiente Anóxico da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina, Brasil. *Virtual de Química*, 4(4), 474-489.

Bjornberg, T. K. S. (1981). Copepoda. In: D. Boltovskoy (Ed.) *Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y metodos de trabajos com el zooplancton mariño*. Mar del Plata:INIDEP.

Boltovskoy, D. (1981). Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplanc-ton marino. Mar del Plata: INIDEP.

Braga, E.S.& Müller, T. (1998). Observation of regeneration of nitrate, phosphate and silicate during upwelling off Ubatuba, Brazil. *Continental Shelf Research*, 23, 915-922.

Braga, E.S., & Niencheski, L.F.H. (2006). Composição das massas de água e seus potenciais produtivos na área entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: Rossi

-Wongtschowiski, C.L.D., Madureira, L.S.P. (Eds.) *O ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do talude na Região Sudeste-Sul do Brasil*. São Paulo, SP: EDUSP.

Braga, E.S., Chiozzini, V.G., Berbel, G.B.B., Maluf, J.C.C., Aguiar, V.M.C., Charo, M., Molina, D., Romero, R., & Eichelel, B.B. (2008). Nutrients distribution over the southeastern South Atlantic continental shelf from Mar del Plata (Argentina) to Itajaí (Brazil): winter–summer aspects. *Continental Shelf Research*, 28(13), 1649-1661.

Brandini, P.F., Nogueira, M., Simião, M., Codina, J.C.U., & Noernberg, M.A. (2014). Deep chlorophyll maximum and plankton community response to oceanic bottom intrusions on the continental shelf in the South Brazilian Bight. *Continental Shelf Research*, 89, 61-75.

Brasil. (2012). *Resolução CONAMA* nº 454, de 1 de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os p rocedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=693

Calazans, D. K. (2011). *Estudos oceanográficos: do instrumental ao prático*. Pelotas, RS: Textos.

Castello, J.P., & Krug, L.C. (2015). *Introdução às Ciências do Mar*. Pelotas, RS:Textos.

Castro, B. D., Lorenzzetti, J. A., Silveira, I. D., & Miranda, L. D. (2006). Estrutura termohalina e circulação na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: Rossi -Wongtshowski, C.L.D., Madureira, L.S.P. (Orgs.). *O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil*. São Paulo, SP: EDUSP.

CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). (1995). *Protocol for the derivation of Canadian Sediment quality guidelines for the protection of aquatic life* (Protocol, CCME). Ottawa: CCME EPC-98E.

De Jonge, V.N., Elliott, M., & Orive, E. (2002). Causes, historical development, effects and future challenges of a common environmental problem: eutrophication. *Hydrobiologia*, 475(1), 1-19.

Domingos-Nunes, R., & Resgalla, Jr. C. (2012). The zooplankton of Santa Catarina continental shelf in southern Brazil with emphasis on Copepoda and Cladocera and their relationship with physical coastal processes. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 40(4), 893-913.

Franco, A.D.S. (2009). *Marés: fundamentos, análise e previsão* (2ª ed.). Niterói, RJ: Diretoria de Hidrografia e Navegação.

Frena, M., Bataglion, G. A., Tonietto, A. E., Eberlin, M. N., Alexandre, M. R., & Madureira, L. A. (2016). Assessment of anthropogenic contamination with sterol markers in surface sediments of a tropical estuary (Itajaí-Açu, Brazil). *Science of The Total Environment*, 544, 432-438.

Frena, M., Souza, M. R. R., Damasceno, F. C., Madureira,

L. A. S., & Alexandre, M. R. (2016). Evaluation of anthropogenic contamination using sterol markers in a tropical estuarine system of northeast Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 109(1), 619-623.

Garreaud, R. D., & Aceituno, P. (2007). Atmospheric circulation over South America: mean features and variability. In: Veblen, T. T., Young, K. R., & Orme, A. R. (Eds.),*The physical geography of South America*, 45–49. Oxford: Oxford University Press.

Grasshoff, K., Ehrhardt, M., & Kremling, K. (1983). *Methods of seawater analysis* (2ª ed.). New York, NY: Verlag Chemie.

Guenther, M., Gonzalez-Rodriguez, E., Carvalho, W.F., Rezende, C.E., Mugrabe, G., & Valentin, J.L. (2008). Plankton trophic structure and particulate organic carbon production during a coastal downwelling-upwelling cycle. *Marine Ecology Progress Series*, 363, 109–119.

Hameedi, M.J., Long, E.R., & Harmon, M.R. (1999). *Sediment Toxicity*. In: NOAA's State of the Coast Report. Silver Spring, MD: National Oceanic and Atmospheric Administration. Disponível em: http://state-of-coast.noaa.gov/bulletins/html/sed_15/sed.html

Koettker, A. G., & Freire, A. S. (2006). Spatial and temporal distribution of decapod larvae in the subtropical waters of the Arvoredo archipelago, SC, Brazil. *Iheringia. Série Zoologia*, 96(1), 31-39.

Lopes, R., Katsuragawa, M., Dias, J.F., Montú, M.A., Muelbert, J.H., Gorri, C., & Brandini, F.P. (2006). Zooplankton and ichthyoplankton distribution on the southern Brazilian shelf: an overview. *Scientia Marina*, 70, 189-202.

Matano, R. P., Palma, E. D., & Piola, A. R. (2010). The influence of the Brazil and Malvinas Currents on the Southwestern Atlantic Shelf circulation. *Ocean Science*, 6(4), 983–995.

Mesquita, A. R. De. (1997). *Marés , Circulação e Nível do Mar na Costa Sudeste do Brasil*. (Relatório, Fundespa). São Paulo, SP: IO/USP.

Möller, O. O., Piola, A. R., Freitas, A. C., & Campos, E. J. (2008). The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America. *Continental Shelf Research*, 28(13), 1607-1624.

Piola, A. R., Romero, S.I., & Zajaczkovski, U. (2008). Space–time variability of the Plata plume inferred from ocean color. *Continental Shelf Research*, 28(13), 1556-1567.

Rodrigues, M. L. G., Franco, D., & Sugahara, S. (2004). Climatologia de frentes frias em SC. *Revista Brasileira de Geofísica*, 22(2), 135–151.

Stramma, L., & England, M. (1999). On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research*, 104(C9), 863 – 883.

Turner, J.T. (2004). The importance of small planktonic

copepods and their roles in pelagic marine food webs. *Zoological Studies*, 43(2), 255-266.

UNESCO, S. C. O. R. (1966). Determination of photosynthetic pigments in sea water. *Monographs on Oceanographic Methodology*, 1, 1-69.

U.S.EPA (1996). *Semivolatile organic compounds by gas. cromatography/mass spectrometry* (CG/MS). In CD: 8270CTest method for evaluation solid waste physical/chemical methods (Vol. I-B). Laboratory manual. Environmental Protection Agency. EUA.

U.S.EPA (1996). *Nonhalogenated Organics Using CG/FID*. In CD: 8015B. Test method for evaluation solid waste physical/chemical methods (Vol. I-B). Laboratory manual. Environmental Protection Agency. EUA.

Wallner-Kersanach, M., & Machado, E.C. (2010). Amostragem e análise de carbono orgânico particulado (COP) e nitrogênio orgânico particulado (NOP). In: Baumgarten, M.G.Z., Wallner -Kersanach, M., Niencheski, L.F.H. (Orgs.) *Manual de Análises em Oceanografia Química* (2ª ed.). Rio Grande, RS: FURG.

Wang, X. J., Behrenfeld, M., Le Borgne, R., Murtugudde, R., & Boss, E. (2009). Regulation of phytoplankton carbon to chlorophyll ratio by light, nutrients and temperature in the Equatorial Pacific Ocean: a basin-scale model. *Biogeosciences*, 6(3), 391-404.

A BIODIVERSIDADE MARINHA DAS ILHAS DA REBIO ARVOREDO E ENTORNO

Anderson, A. B., Bonaldo, R. M., Barneche, D. R., Hackradt, C. W., Félix-Hackradt, F. C., García-Chartón, J. A., & Floeter, S. R. (2014). Recovery of grouper assemblages indicates effectiveness of a marine protected area in Southern Brazil. *Marine Ecology Progress Series*, 514, 207-215.

Anderson, A. B., Carvalho-Filho, A., Morais, R. A., Nunes, L. T., Quimbayo, J. P., & Floeter, S. R. (2015). Brazilian tropical fishes in their southern limit of distribution: checklist of Santa Catarina’s rocky reef ichthyofauna, remarks and new records. *Check List*, 11(4), 1688.

Bender, M. G., Machado, G. R., de Azevedo Silva, P. J., Floeter, S. R., Monteiro-Netto, C., Luiz, O. J., & Ferreira, C. E. (2014). Local ecological knowledge and scientific data reveal overexploitation by multigear artisanal fisheries in the Southwestern Atlantic. *PLoS One*, 9(10), e110332.

Boos, H., Backup, G. B., Backup, L., Araujo, P. B., Magalhães, C., Almerão, M. P., Santos, R. A., & Mantelatto, F. L. (2012). Checklist of the Crustacea from the state of Santa Catarina, Brazil. *Check List*, 8(6), 1020-1046.

Boos,H., Pinheiro, M. A., & Magris, R. A. (2016). *O processo de avaliação do risco de extinção dos crustáceos no Brasil: 2010-2014*. Porto Alegre, RS: Sociedade Brasileira de Carcinologia.

Bouzon, J. L., & Freire, A. S. (2007). The Brachyura and Anomura fauna (Decapoda; Crustacea) in the Arvoredo Marine Biological Reserve on the southern brazilian coast. *Brazilian Journal of Biology*, 67(2), 321-325.

Capel, K.C.C., Segal, B., Bertuol, P. & Lindner, A. (2012). Corallith beds at the edge of the tropical South Atlantic. *Coral Reefs*, 31(1), 75.

Ferreira, B. P., & Maida, M. (2006). *Monitoramento dos recifes de coral do Brasil: situação e perspectivas*. Brasília, DF: Secretaria de Biodiversidade e Florestas do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Francini-Filho, R. B., & de Moura, R. L. (2008). Dynamics of fish assemblages on coral reefs subjected to different management regimes in the Abrolhos Bank, eastern Brazil. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 18(7), 1166-1179.

Freiwald, J., Wisniewski, C., Wehrenberg, M., Shuman, C. S., & Dawson, C. (2013). Reef check California instruction manual: a guide to rocky reef monitoring (Report, Reef Check Foundation).Pacific Palisades, CA: Reef Check.

Gaeta, J. C., Faria Júnior, E., Aguiar, M. M., & Freire, A. S. (2011). The use of a non-destructive method to estimate the abundance of brachyuran crabs (Crustacea, Decapoda) in coastal islands of a marine protected area. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 6(4), 264-272.

Giraldes, B. W., & Freire, A.S. (2014). Extending the southern range of four shrimps (Crustacea: Decapoda: Stenopodidae, Hippolytidae and Alpheidae) in southwestern Atlantic (27o S) and confirming the presence of Mediterranean *Stenopus spinosus* Risso, 1827 in Brazil. *Zootaxa*, 3972(3), 419-431.

Giraldes, B. W., Coelho Filho, P. A., & Smyth, D. M. (2015). Decapod assemblages in subtidal and intertidal zones—Importance of scuba diving as a survey technique in tropical reefs, Brazil. *Global Ecology and Conservation*, 3, 163-175.

Giraldes, B. W., & Smyth, D. M. (2016). Recognizing *Panulirus meripurpuratus* sp. nov. (Decapoda: Palinuridae) in Brazil–Systematic and biogeographic overview of *Panulirus* species in the Atlantic Ocean. *Zootaxa*, 4107(3), 353-366.

Gray, J. S., & Elliott, M. (2009). *Ecology of marine sediments: from science to management*. Oxford: Oxford University Press.

Horta, P. A., Amancio, E., Coimbra, C. S., & Oliveira, E. C. (2001). Considerações sobre a distribuição e origem da flora de macroalgas marinhas brasileiras. *Hoehnea*, 28(3), 243-265.

Horta, P. A., Salles, J. P., Bouzon, J. L., Bouzon, Z. L., Scherner, F., & Cabral, D. Q. (2009). Composição e estrutura do fitobentos do infralitoral da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, Santa Catarina, Brasil – implicações para a conservação. *Oecologia Australis*, 12(2), 243-257.

Lopes, R. M. (2009). *Informe sobre as espécies exóticas invasoras marinhas no Brasil*. Brasília, DF: Secretaria de

Biodiversidade e Florestas do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Souza, C. H. S. (2000). *O homem da ilha e os pioneiros da caça submarina*. Tubarão, SC: Dehon.

Steneck, R. S., & Dethier, M. N. (1994). A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. *Oikos*, 69,476-498.

Teschima, M. M., Júnior, E. F., & Freire, A. S. (2012). New records of marine mantis shrimp, crabs and lobsters (Crustacea) from Santa Catarina State, southern Brazil (27o15’ S 48o25’ W). *Marine Biodiversity Records*, 5, e100.

DESAFIOS DA GESTÃO PARA A CONSERVAÇÃO DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

Aburto, M. O., de los Angeles Carvajal, M., Barr, B., Barbier, E. B., Boesch, D. F., Boyd, J., ... Ganey, S. (2012). *Ecosystem-based management for the oceans*. (K. McLeod & H. Leslie, Eds.). Washington, DC: Island Press.

Gerhardinger, L. C. (2014). *Inovação, governabilidade e protagonismo de pessoas-chave na Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca (Santa Catarina, Brasil)* (Tese de doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Mengerink, K., Schempp, A., & Austin, J. (2009). *Ocean and coastal ecosystem-based management: implementation handbook* (Research Report, ELL). Washington, DC: Enviornmental Law Institute.

Olsen, S.B., Ipsen, N., & Adriaanse, M. (2006). *Ecosystem-based management: Markers for assessing progress* (Report, UNEP/GPA). Disponível em: www.cbd.int/doc/meetings/mar/mcbem-2014-04/other/mcbem-2014-04-unep-01-en.pdf

Ruckelshaus, M., Klinger, T., Knowlton, N., & DeMaster, D.P. (2008). Marine Ecosystem-based Management in Practice: Scientific and Governance Challenges. *Bioscience*, 58(1),53-63.

Secretariado da Convenção sobre Diversidade Biológica. (2006). *Panorama da biodiversidade global* 2. Brasília, DF: Secretaria de Biodiversidade e Florestas do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Vila-Nova, D.A., & Ferreira, C.E.L. (2016). Unidades de Conservação Marinhas do Brasil e conservação de recifes de coral. In: Zilberberg, Z., Abrantes, D.P., & Marques, J.A. (Eds.). *Conhecendo os Recifes Brasileiros: Rede de Pesquisa Coral Vivo*. Rio de Janeiro, RJ: Museu Nacional.

Vivacqua, M., dos SANTOS, C. R., & Vieira, P. F. (2009). Governança territorial em zonas costeiras protegidas: uma avaliação exploratória da experiência catarinense. *Desenvolvimento e Meio ambiente*, 19, 159–171.



FOTOGRAFIA ADICIONAL

EDSON FARIA JÚNIOR	Zooplâncton	195
	<i>Arbacia lixula</i>	221
	<i>Lytechinus variegatus</i>	221
	<i>Paracentrotus gaimardi</i>	221
	<i>Clypeaster subdepressus</i>	221
	<i>Actinostella flosculifera</i>	221
	<i>Platypodiela spectabilis</i>	223
	<i>Tubastraea coccinea</i>	244
	<i>Damithrax hispidus</i>	247
EDUARDO DE OLIVEIRA BASTOS	<i>Mithraculus forceps</i>	204
	<i>Scorpaena</i> sp.	204
	<i>Scyllarides deceptor</i>	223
	<i>Stenopus spinosus</i>	225
	<i>Lysmata ankeri</i>	225
	<i>Dardanus insignis</i>	226
BRUNA FOLCHINI GREGOLETTO	ADCP	174
	<i>Bunodosoma caissarum</i>	221
CAROLINE BATISTIM OSWALD	<i>Physalaemus nanu</i>	149
	<i>Erythrolamprus miliaris</i>	149
HANS DENIS	Zoólito e Vasilha em cerâmica	135
KAREM KILIM	Zoólito e Vasilha em cerâmica	135
ANA FLORA SARTI DE OLIVEIRA	Zooplâncton	195
ANDRÉ AMBROZIO DE ASSIS	<i>Mimon bennettii</i>	149
BRUNO WELTER GIRALDES	<i>Alpheus packardi</i>	225
CHARLES GORRI	Zooplâncton	195
DÉBORA QUEIROZ CABRAL	Lixo comum	246
GABRIEL GONÇALVES	Zooplâncton	195
HUGO MARCONDES	<i>Quassiremus ascensionis</i>	237
LETÍCIA MARIA COSTA PERES	<i>Sargassum</i> sp.	214
PROJETO FLORIANÓPOLIS ARQUEOLÓGICA	Estratigrafia	134
THAIS PEIXOTO MACEDO	<i>Stenopus hispidus</i>	225
THIAGO MATHEUS JANTSCH FIUZA	<i>Aetobatus narinari</i>	237
VITOR HUGO KUHNEN DE MELO	Zooplâncton	195
WALTER PIAZZA	Sambaqui Ponta das Almas	134



MAArE

Monitoramento Ambiental da
Reserva Biológica Marinha
do Arvoredo e Entorno

Bárbara Segal, Andrea Santarosa Freire, Alberto Lindner, João Paulo Krajewski e Marcio Soldateli

Realização:



MAArE
Monitoramento Ambiental da
Reserva Biológica Marinha
do Arvoredo e Entorno



Apoio:



Recursos financeiros:



Parceria:

