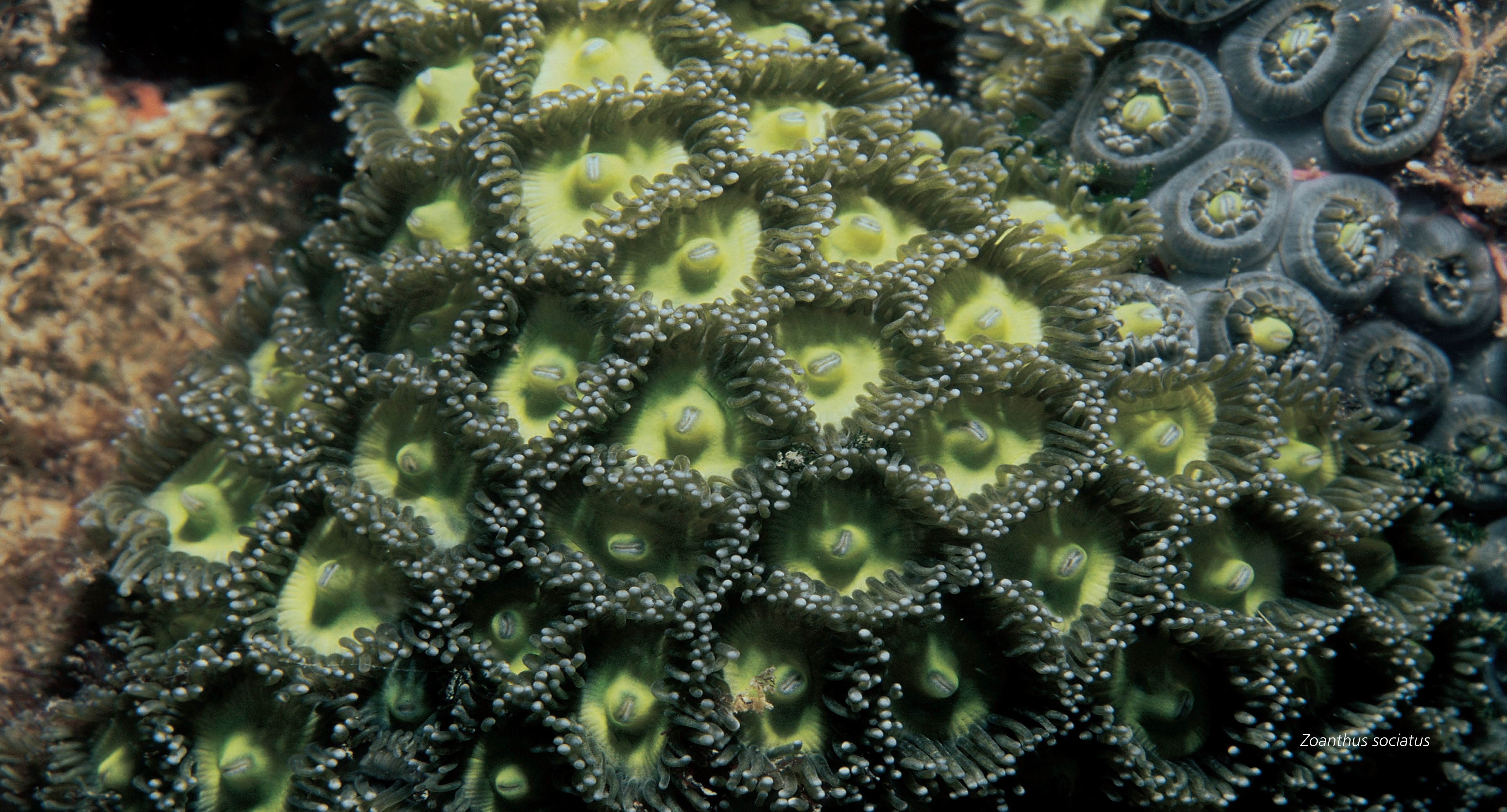


Atlas dos Recifes de Coral nas Unidades de Conservação Brasileiras

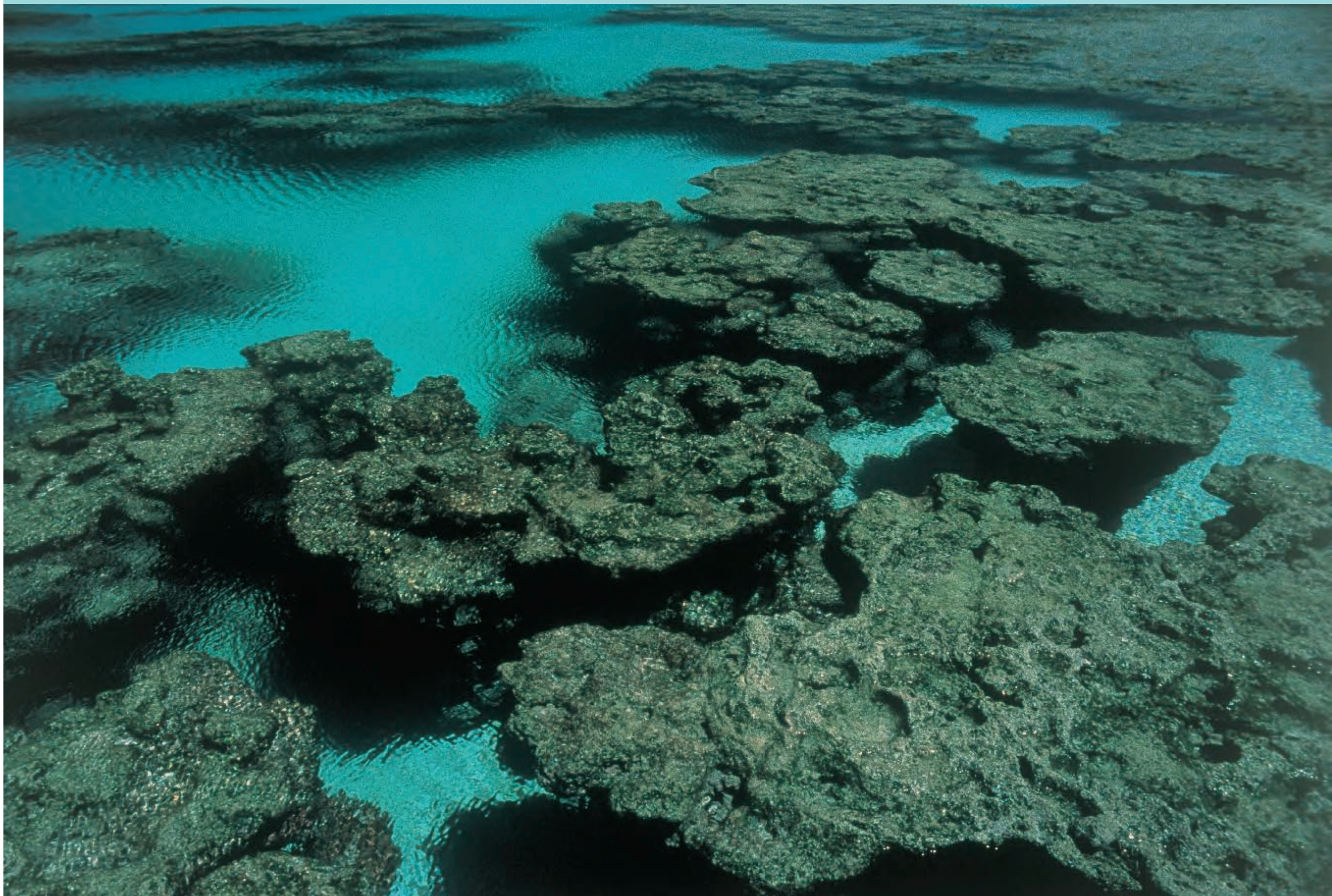
2ª Edição Ampliada
Extended Adition



Atlas of Coral Reef Protected Areas in Brazil



Zoanthus sociatus



 Atlas dos Recifes de Coral
nas Unidades de Conservação Brasileiras

*Atlas of Coral Reef Protected
Areas in Brazil*



República Federativa do Brasil/*Federative Republic of Brazil*
Presidente/*President of the Republic*: Luiz Inácio Lula da Silva
Vice-Presidente/*Vice-President of the Republic*: José Alencar Gomes da Silva

Ministério do Meio Ambiente/*Ministry of the Environment - MMA*
Ministra/*Minister*: Marina Silva
Secretário-Executivo/*Executive Secretary*: Claudio Roberto Bertoldo Langone

Secretário de Biodiversidade e Florestas/*Secretary for Biodiversity and Forests*: João Paulo Capobianco
Diretor do Programa Nacional de Áreas Protegidas/*Director of the National Protected Areas Program*: Maurício Mercadante
Diretor do Programa Nacional de Conservação da Diversidade Biológica/*Director of the National Biodiversity Conservation Program*: Paulo Yoshio Kageyama
Gerente do Projeto de Conservação da Biodiversidade/*Manager of Biodiversity Conservation Project*: Bráulio Ferreira Dias
Coordenadora do Núcleo da Zona Costeira e Marinha/*Coordinator of Coastal and Marine Zone Division*: Ana Paula Leite Prates

Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis/*Brazilian Institute for the Environment and the Natural Renewable Resources - IBAMA*
Presidente/*President*: Marcus Luiz Barroso Barros

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/*National Institute for Space Research - INPE*
Diretor Geral/*Director-General*: Luiz Carlos Moura Miranda
Coordenador Geral de Observação da Terra/*Coordinator-General of Earth Observation* - OBT: Gilberto Câmara Neto

Projeto Recifes Costeiros/*Coastal Reefs Project* - UFPE/IBAMA/FMA/BID/PEW FELLOWS
Mauro Maida (Coordenador/*Coordinator*)
Beatrice Padovani Ferreira

Equipe de coordenação e execução/*Coordination and Execution Team*:
Ana Paula Leite Prates - coordenação do projeto/*project coordination* - SBF/MMA
Cláudia Zuccari Fernandes Braga - coordenação/*coordination* - INPE
Douglas F. M. Gherardi - INPE
Eymar Silva S. Lopes - elaboração e harmonização dos mapas finais/*drafting and harmonization of final maps* - INPE
Maria Carolina Hazin - DAP/SBF/MMA
Ângela Ester Magalhães Duarte - DAP/SBF/MMA
Livia de Laia Loiola - NZCM/SBF/MMA

Editora do Atlas/*Edition of Atlas*
Ana Paula Leite Prates
Programação Visual/*Graphic Design*
Ângela Ester Magalhães Duarte
Assistente de Programação Visual/*Graphic Design Assistant*
Alenne Felizardo da Costa Namba
Tradução/*Translation*
Cláudia Vargas
Revisão de Texto/*Proofreading*
Cecília Santos Araújo Malachias



Atlas dos Recifes de Coral nas Unidades de Conservação Brasileiras

Atlas of Coral Reefs Protected Areas in Brazil

2ª Edição Ampliada/*Extended Edition*

Brasília
2006

Autoria:

Esta publicação é fruto da contribuição dos diversos parceiros e autores listados a cada tópico. À coordenação coube a tarefa de formatar o texto de cada um deles, para padronizar a forma de apresentar o trabalho, a fim de permitir fluência na leitura do documento como um todo. Tendo sido, portanto, um trabalho conjunto, a coordenação gostaria de expressar seus agradecimentos a todos os que, voluntariamente, contribuíram para o projeto, demonstrando dedicação, integração e responsabilidade com os assuntos de conservação dos ambientes recifais do Brasil.

Parceiros/Partnership:



Apoio financeiro/Financial support:
Wetlands For the Future - WFF



ISBN 85-87166-92-1

Catálogo na Fonte
Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

A881 Atlas dos recifes de coral nas unidades de conservação brasileiras / Ana Paula Leite Prates, organizadora. 2. ed. ampliada. Brasília: MMA, SBF, 2006. 232 p. ; il. color.

Bibliografia

1. Coral. 2. Recife. 3. Unidade de conservação. I. Prates, Ana Paula Leite. II. Ministério do Meio Ambiente. III. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. IV. Título.

CDU (2.ed.)502.4(084.3)

Ministério do Meio Ambiente - MMA
Centro de Informação e Documentação Ambiental
Luís Eduardo Magalhães - CID Ambiental
Esplanada dos Ministérios - Bloco B - Térreo
70068-900
Brasília - DF - Brasil
Tel.: 55 61 4009 1235
Fax: 55 61 4009 1980
e-mail: cid@mma.gov.br

Authorship:

This publication is the result of the contribution of several partners and authors listed under each topic. The coordination was responsible for formatting the texts, seeking to standardize them, in order to enable fluency in the reading of the document as a whole. Therefore, the coordination would like to express its thanks to all those who voluntarily contributed to the project, demonstrating examples of dedication, integration and responsibility with the issue of conservation of natural environments in Brazil.

Apresentação da 1ª Edição

Foreword to First Edition

Os recifes de coral se constituem nas maiores reservas de biodiversidade dos mares. De enorme importância ecológica, social e econômica, os recifes podem ser comparados com as florestas tropicais na costa ou no interior do continente.

O Brasil detém os únicos ambientes recifais de todo o Atlântico Sul. Eles se estendem pela costa nordestina ao longo de 3.000 km, constituindo-se em importante fonte de alimentos, potencial turístico e geração de renda, além de servirem de proteção a diversas praias da região.

A sua magnífica beleza cênica vem despertando cada vez mais a atenção e o interesse de especialistas e da população em geral, em todo o mundo. Sua fragilidade, no entanto, exige que se estabeleçam estratégias de conservação que assegurem a diversidade biológica marinha.

No Brasil, foram criadas, até o momento, nove unidades de conservação nesse ecossistema, no âmbito federal, estadual e municipal. O Parque Estadual Marinho do Parcel de Manuel Luiz, no Estado do Maranhão, foi designado como Sítio Ramsar, em 2000. Em 2001, a Reserva Biológica do Atol das Rocas e o Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha foram reconhecidos como Patrimônio Mundial Natural.

Reconhecendo a importância desta iniciativa e a necessidade de levar ao conhecimento do público em geral o valor e as belezas dos recifes de coral brasileiros, o Ministério do Meio Ambiente, por intermédio da Diretoria de Áreas Protegidas da Secretaria de Biodiversidade e Florestas, elaborou, coordenou e desenvolveu o presente Atlas, com a participação do IBAMA e a parceria com o INPE e o Projeto Recifes Costeiros. Como parte de um projeto maior de mapeamento e integração desses ambientes, o processo de elaboração do Atlas propiciou a capacitação de gestores e técnicos que trabalham nessas áreas.

É, portanto, com enorme satisfação que oferecemos aos cientistas, técnicos e público em geral essa publicação, parte do esforço e do compromisso governamental pela valorização e proteção da diversidade biológica brasileira.

Coral reefs are home to the largest biodiversity reserves of the seas. In their enormous ecological, social and economic importance, reefs can be compared to rain forests on the coast or in the interior of the continent.

Brazil has the only reef environments of the entire South Atlantic. They are present along 3,000 km of the northeastern coast, an important source of food, tourist potential and source of income, in addition to protecting the various beaches of the region.

Their magnificent scenic beauty has been increasingly attracting the attention and the interest of both specialists and the public at large. Their fragility, however, require that conservation strategies are established to ensure the marine biological diversity.

In Brazil, up to now, nine conservation units of this ecosystem have been created, including municipal, state and federal units. The State Marine Park of Parcel de Manuel Luiz, in the state of Maranhão, was designated as a Ramsar Site, in 2000. In 2001, the Biological Reserve of Atol das Rocas and the National Marine Park of Fernando de Noronha were recognized as Natural World Heritage Sites.

Recognizing the importance of this initiative and the need for making the public aware of the value and beauty of Brazilian coral reefs, the Ministry of the Environment, through its Directorate for Protected Areas of the Office for Biodiversity and Forests, prepared, coordinated and developed this Atlas, with the participation of IBAMA and in partnership with INPE and the Coastal Reefs Project. As part of a larger project for mapping and integrating these environments, the process of developing the Atlas led to the capacity building of managers and technical staff working in this field.

It is thus with great pleasure that we are providing this publication to scientists, specialists and the public in general, a part of the government efforts and commitment to protecting and enhancing the value of the Brazilian biological diversity.

Marina Silva
Ministra do Meio Ambiente
Minister for the Environment



apresentação da 2ª edição

Foreword to Second Edition

Após um pouco mais de dois anos do lançamento da primeira edição do Atlas dos Recifes de Coral nas Unidades de Conservação Brasileiras, que teve uma excelente aceitação pelo público técnico e acadêmico contemplado com sua tiragem limitada, é um enorme prazer apresentar, por ocasião da realização no Brasil da 8ª Conferência das Partes da Convenção sobre Diversidade Biológica, a segunda edição revisada e ampliada dessa importante publicação.

Nessa segunda edição, são apresentados os demais mapas do ambiente recifal brasileiro, bem como uma análise da representatividade desses ecossistemas sob algumas das categorias de unidades de conservação. Além disso, completando o esforço do Ministério do Meio Ambiente em apoiar ações de conservação para os recifes de coral no Brasil, acrescenta-se aos trabalhos realizados com a Campanha de Conduta Consciente em Ambientes Recifais e com Programa de Monitoramento dos Recifes Brasileiros, o Projeto Coral Vivo, que vem desenvolvendo técnicas de reprodução desses organismos para possibilitar a recuperação dos ambientes degradados.

O desenvolvimento desse trabalho foi a realização de um verdadeiro exercício de planejamento e coordenação. Reunir todos os especialistas, gestores e técnicos, identificar suas necessidades, tanto de capacitação como de meios para se realizar um projeto de mapeamento, nos demonstrou os indícios e uma real perspectiva de como funcionam as unidades de conservação estabelecidas no ambiente recifal brasileiro, e nos forneceu ferramentas para aprofundar o conhecimento dessa situação. Agradecemos essa fundamental participação e envolvimento, no sentido de poder contar com o conhecimento empírico de pessoas que vivem o dia-a-dia das unidades de conservação brasileiras.

Para vocês, nossa segunda edição.

Just over two years after the publishing of the limited first edition of the Atlas of Coral Reef Protected Areas in Brazil, extremely well received by the specialized public, it is with great pleasure that I introduce, on the occasion of Brazil's hosting of the 8th Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity, the second revised and extended edition of this significant work.

This second edition brings more maps of the Brazilian reef environment as well as an analysis of the representativity of these ecosystems in some protected areas categories. Furthermore, in addition to the efforts undertaken by the Ministry of the Environment to support conservation actions in coral reefs in Brazil, such as the Coral Reef Conservation Campaign and the Program for Monitoring Brazilian Reefs, a new program has been included, the Coral Vivo Project, which is developing reproductive techniques for these organisms to allow the recovery of degraded environments.

Development of this work was a true feat of planning and coordination. Bringing together experts, managers, and specialists and identifying their demands, both in terms of capacity building and of the means to carry out a mapping project, gave us insights and a true perspective of the functioning of protected areas in coral reefs, and provided us tools to enhance our knowledge of this situation. We are grateful for the crucial participation and involvement that allowed us to experience the empirical knowledge of those who work on a daily basis in the Brazilian protected areas.

For you all, our second edition.

João Paulo Ribeiro Capobianco
Secretário de Biodiversidade e Florestas
Secretary for Biodiversity and Forests



Sumário

Abstract

Coordenação/Coordination Group	11
O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/National Institute for Space Research - INPE	15
O Projeto Recifes Costeiros/The Coastal Reefs Project	17
Introdução/Introduction	19
O Ecossistema Recifal/The Reef Ecosystem	23
Recifes de Coral no Brasil/Coral Reefs in Brazil	27
Unidades de Conservação/Conservation Units	31
Procedimentos Metodológicos para a Confecção dos Mapas Temáticos/ Methodological Procedures to Draft the Thematic Maps	37
Mapa Índice/Index Map	45
Parque Estadual Marinho do Parcel do Manuel Luiz/State Marine Park of Parcel do Manuel Luiz	47
Reserva Biológica do Atol das Rocas/Biological Reserve of Atol das Rocas	57
Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha/National Marine Park of Fernando de Noronha	67
Área de Proteção Ambiental Estadual dos Recifes de Corais/State Environmental Protection Area of Recifes de Corais	77
Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais/Environmental Protection Area of Costa dos Corais	87
Parque Municipal Marinho Recife de Fora/Municipal Marine Park of Recife de Fora	107
Reserva Extrativista Marinha do Corumbau/Marine Extractive Reserve of Corumbau	119
Parque Nacional Marinho dos Abrolhos/National Marine Park of Abrolhos	133
Área de Proteção Ambiental Estadual Ponta da Baleia/Abrolhos/State Environmental Protection Area of Ponta da Baleia/Abrolhos	145
Avaliação da representatividade dos recifes rasos no ambiente recifal brasileiro/Representativity of shallow reefs in Brazilian coral reef environment	157
O Programa de Monitoramento dos Recifes Brasileiros/Program for Monitoring Brazilian Reefs	199
Campanha de Conduta Consciente em Ambientes Recifais/Coral Reef Conservation Campaign	205
Recuperação de Comunidades Coralíneas - Projeto Coral Vivo/Recovery of Coral Communities - Coral Vivo Project	211
Referências/Bibliography	217
Agradecimentos da Coordenação/The Coordination Group wishes to thank	225



Coordenação Coordination Group

Os recifes coralíneos são considerados o ecossistema marinho de maior biodiversidade do mundo, tanto em âmbito local quanto em âmbito regional e global. Além de constarem como ecossistema prioritário em diversos atos e convenções internacionais, como a Convenção de Zonas Úmidas de Importância Internacional - a Convenção de RAMSAR, onde foram considerados, no relatório “Revisão global das prioridades para inventário de zonas úmidas e dos recursos provindos dessas áreas” como um dos ecossistemas mais vulneráveis do planeta, ameaçados por perda e degradação de habitat. Neste documento sugeriu-se que sejam adotadas providências urgentes para assegurar a conservação e uso racional desses ambientes.

Os diversos impactos que ameaçam nossos recifes são, principalmente, a sedimentação proveniente dos rios, que vêm sendo cada vez mais assoreados, por terem suas matas ciliares desmatadas ou queimadas, a poluição química e orgânica, as atividades de pesca predatória e até mesmo o turismo desordenado.

Dada a importância dos recifes e a sua vulnerabilidade aos diversos impactos antrópicos incidentes na zona costeira, é necessário que se adotem diversas ações governamentais a fim de salvaguardar esses ambientes.

Considerando a importância desses ambientes e a vulnerabilidade aos diversos impactos antrópicos incidentes na zona costeira, a Diretoria do Programa Nacional de Áreas Protegidas - DAP, em 1999, deu início a iniciativas no intuito de estabelecer uma “Rede de Proteção nos Recifes de Coral no Brasil”.

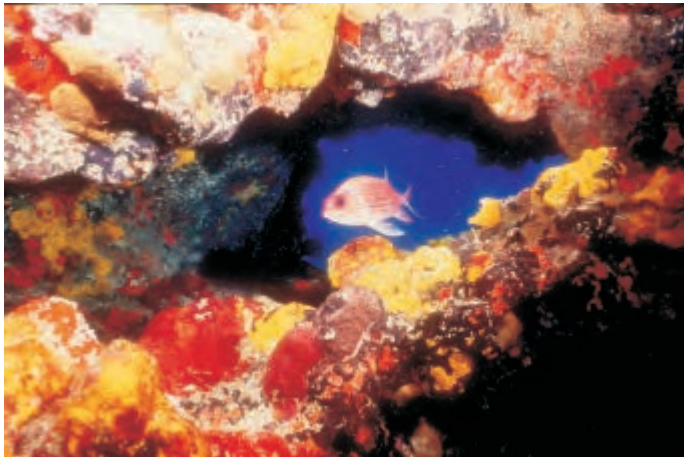
A primeira iniciativa do programa foi a concepção do projeto “Estudos nos Recifes de Coral Brasileiros: treinamento e aplicação de técnicas de mapeamento por sensoriamento

The coralline reefs are the most diverse marine ecosystem in the world, both at regional and global levels. Currently, they are considered to be one of the top priority ecosystems for conservation by several international environmental conventions and agreements such as the Ramsar Convention, where they were included in the report “Global review of wetland resources and priorities for wetland inventory” as one of the most vulnerable ecosystems threatened by loss and degradation of its habitat. This report suggested that urgent priority actions should be adopted to ensure the conservation and sound use of corals.

Among the various impacts that threaten the Brazilian reefs are sedimentation from the rivers that are becoming increasingly silted, with growing burning and felling of its ciliary forests, chemical and organic pollution, predatory fishing activities and even unplanned tourism.

Considering the importance of these environments and the vulnerability to the various anthropic impacts occurring on the coastal zone, the Directorate of the National Protected Areas Program (DAP) began, in 1999, to implement the program "Coral Reef Protection Network in Brazil".

The first initiative of the program was the development of the project “Studies of the Brazilian coral reefs: training and application of remote sensing mapping techniques”. This project was developed together with the National Institute for Space Research - INPE and the Coastal Reefs Project, to map the reefs existing within the limits of the various conservation units in the Brazilian Northeast. To do so, the support of Wetlands For the Future was essential. This is a financing initiative of the Ramsar Convention. This activity led to the capacity building of 14 managers and technical personnel from the conservation units using remote sensing and georeferencing tools for mapping and management of coralline areas. As a first



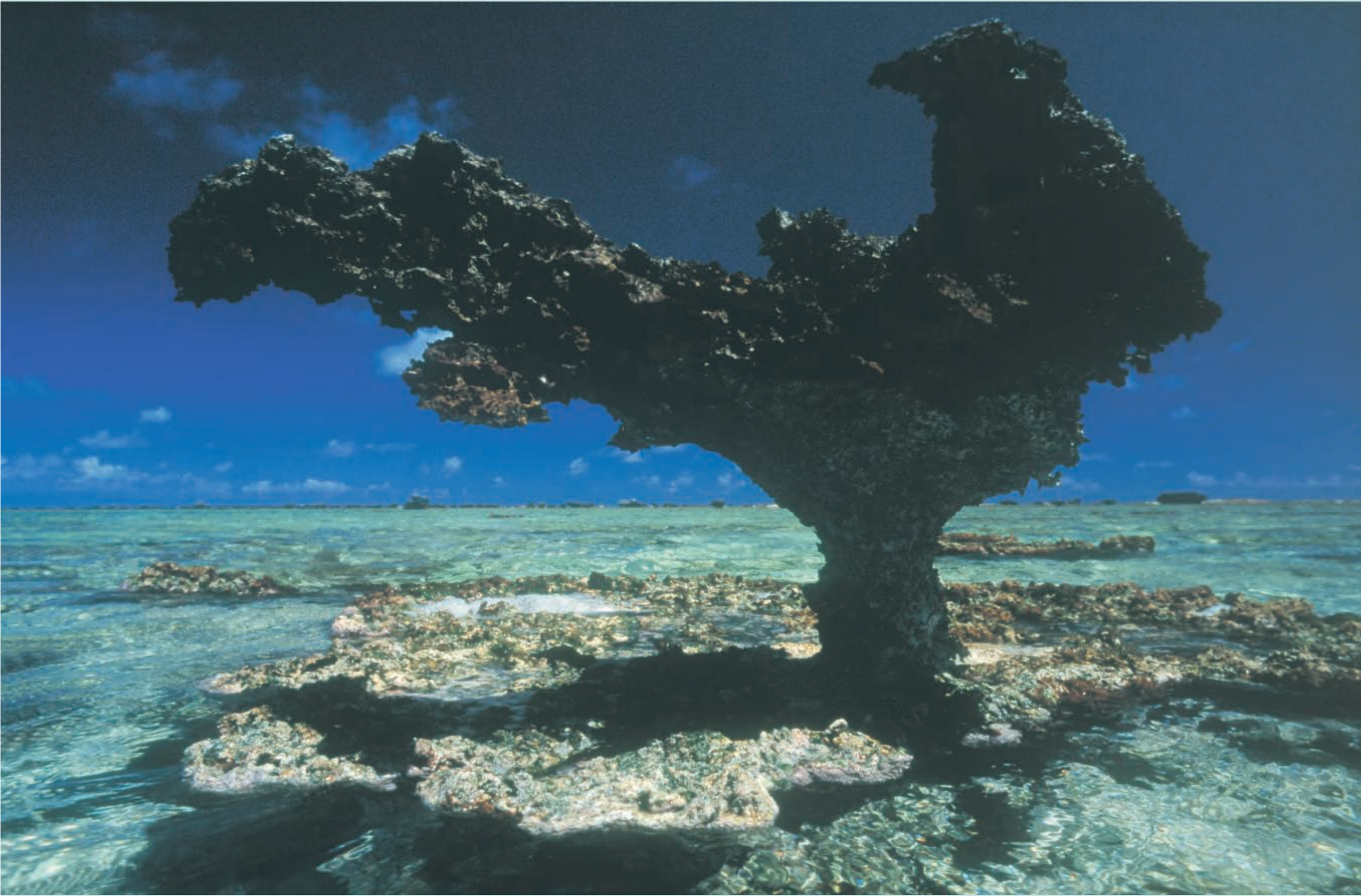
Holocentrus adcionionis



Mussismilia harttii



Elacatinus figaro



remoto". Este projeto foi desenvolvido em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE e o Projeto Recifes Costeiros, para mapear os recifes existentes nos limites das diversas unidades de conservação do nordeste brasileiro. Foi fundamental para sua realização o apoio da *Wetlands For the Future*, iniciativa de financiamento da Convenção de Ramsar. Essa atividade propiciou a capacitação de 14 gestores e técnicos das unidades de conservação envolvidas no uso da ferramenta de sensoriamento remoto e georreferenciamento para o mapeamento e gestão das áreas recifais. Como primeiro produto deste projeto apresentamos a presente publicação, o "Atlas dos recifes de coral nas unidades de conservação brasileiras".

Como extensão desta iniciativa, apresentamos nessa 2ª edição a indicação da representatividade desses ambientes sob alguma forma de proteção, e pretendemos que esse esforço sirva como subsídios para identificar áreas propícias para a criação de novas unidades de conservação nacionais ou como áreas de relevante interesse internacional, a serem reconhecidas com títulos de Sítios Ramsar ou Sítios do Patrimônio Mundial Natural.

A segunda iniciativa foi conceber a ***Campanha de Conduta Consciente em Ambientes Recifais***, com vistas a conscientizar os diversos usuários das áreas recifais sobre a importância e fragilidade desses ambientes. A Campanha compreende a divulgação de princípios de conduta a serem adotados ao se visitar ambientes recifais, estando esses protegidos ou não por unidades de conservação.

Outra iniciativa importante foi o desenvolvimento do subprojeto ***"Monitoramento dos Recifes de Coral do Brasil"***, apoiado financeiramente pela Diretoria de Conservação da Biodiversidade DCBio, por intermédio do PROBIO. Este subprojeto foi coordenado pelo Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, conta ainda com o apoio do Projeto Recifes Costeiros e do CEPENE/IBAMA, além da participação voluntária de vários pesquisadores de outras instituições. O objetivo do projeto é estabelecer as bases para implementar um programa nacional de monitoramento para os recifes de coral no Brasil e também articular e envolver as unidades de conservação existentes nesses ambientes no estabelecimento de um programa nacional de monitoramento.

Desse modo, acreditamos estar contribuindo para o conhecimento, conscientização e divulgação da importância da conservação do único ambiente recifal do Atlântico Sul.

Esperamos que as informações aqui disponibilizadas sirvam como subsídio aos técnicos, gestores e tomadores de decisão que trabalham com o ambiente costeiro e marinho e que contribuam para a implementação de uma rede de proteção e de uso sustentável dos recifes de coral brasileiros.

nzcm@mma.gov.br e dap@mma.gov.br

output of this project we present this publication, the "Atlas of Coral Reef Protected Areas in Brazil".

To continue this initiative, we present in this 2nd edition the indication of the representativity of these environments that are under some kind of protection and we intend that this effort might be useful to identify areas where new national conservation units can be created, or to designate areas with relevant international interest for inclusion in Ramsar Site or Natural World Heritage site lists.

*The second initiative of the "Network" was the development of the **Coral Reef Conservation Campaigning**, which aims to raise the awareness of the various users of coralline areas on the importance and fragility of these environments. The Campaign includes the dissemination of the conduct guidelines to be adopted when visiting reef environments, whether these environments are protected by conservation units or not.*

*Another important initiative was the development of the subproject **"Monitoring of Brazilian Coral Reefs"**, financially supported by the Directorate for Biodiversity Conservation - DCBio, through PROBIO. This coral monitoring project was coordinated by the Department of Oceanography of the Federal University of Pernambuco - UFPE, was also supported by the Costal Reefs Project and by CEPENE/IBAMA, and had the voluntary participation of several researchers from other institutions. The objective of the project is to establish the foundation for implementing a national monitoring program for coral reefs in Brazil and also to coordinate and involve the conservation units existing in these environments in establishing a national monitoring program.*

Thus, we believe that we are contributing to increasing knowledge, raising awareness and disseminating the importance of conserving the only reef environment in the South Atlantic.

We hope that the information we present here can be used as input for technical staff, managers and decision makers working with marine and coastal environments and that it contributes to the implementation of a network for the protection and sustainable use of Brazilian coral reefs.

nzcm@mma.gov.br and dap@mma.gov.br



Instituto de Nacional Pesquisas Espaciais-INPE

National Institute for Space Research-INPE

Gilberto Câmara
Coordenador Geral de Observação da Terra/General Coordinator of Earth Observation (INPE)

Atualmente, há um consenso mundial quanto à necessidade de se promover o manejo e a conservação dos ecossistemas recifais, e o Brasil não é exceção. No Brasil, esse consenso nasceu da constatação da grande importância ecológica desses ambientes e do acelerado processo de degradação dos recifes mundiais e brasileiros.

A Diretoria de Áreas Protegidas do Ministério do Meio Ambiente (DAP/MMA) tem-se esforçado para mapear os recifes brasileiros e está contando, nesse trabalho, com a colaboração do INPE, por intermédio dos seus pesquisadores da linha de Ecossistemas Marinhos do Programa HIDRO, dos da Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR/OBT) e dos da Divisão de Processamento de Imagens (DPI/OBT), que se utilizam do seu domínio sobre as geotecnologias. Em particular, o INPE contribuiu para o treinamento e a capacitação de gestores de oito unidades de conservação recifal no uso de imagens orbitais e de sistemas de informações geográficas para o mapeamento dos recifes costeiros e oceânicos do Brasil. Com isso, o INPE cumpre a sua missão de difundir seus produtos e suas tecnologias de sensoriamento remoto, ao tempo em que contribui para aumentar o conhecimento acerca da localização e distribuição das construções recifais no mar territorial brasileiro.

Sem dúvida, a partir da utilização das geotecnologias, em especial o programa de processamento de imagens e o sistema de informações geográficas SPRING (DPI/OBT-INPE) cresce a possibilidade de gerar mais informações disponibilizadas a custo zero. No presente trabalho, foram utilizadas apenas as interfaces básicas para o processamento digital de imagens, havendo muito ainda a ser explorado em termos de melhoria das condições de interpretação visual. Como exemplo, pode-se citar a técnica de fusão da banda pancromática, de maior resolução espacial, com as imagens multiespectrais, do sensor ETM+ a bordo do satélite Landsat-7, de maior resolução espectral. A estratégia do Programa HIDRO prevê, para curto e médio prazos, o desenvolvimento de modelos espaciais para diagnóstico ambiental, com potencial de uso para quantificar modificações da paisagem costeira que possam influenciar a integridade ecológica das comunidades recifais.

O INPE tem a satisfação de ter colaborado com a Diretoria do Programa Nacional de Áreas Protegidas do MMA para o treinamento dos gestores e técnicos das unidades de conservação no uso das imagens orbitais para o mapeamento dos recifes de coral do Brasil. Esperamos que as informações geradas possam contribuir para a melhoria da qualidade ambiental desses ecossistemas, a manutenção da biodiversidade e seu uso sustentável.

There is currently a global consensus on the need to promote management and conservation of reef ecosystems, and Brazil is no exception. In Brazil, this consensus was born from the realization of the great environmental significance of these ecosystems and of the accelerated degradation process of Brazilian and world reefs.

The Directorate of Protected Areas from the Ministry of the Environment (DAP/MMA) have been making an effort to map Brazilian reefs and is counting on, through this job, with the collaboration of INPE, through the researchers of the HIDRO Program Marine Ecosystems Research Area, of the Remote Sensing Division (DSR/OBT), and the Image Processing Division (DPI/OBT), acting in partnership with the Directorate for Protected Areas of the Ministry of the Environment (DAP/MMA), has assisted in the efforts of mapping Brazilian reefs using geotechnologies. In particular, it contributed to the training and capacity building of managers of eight conservation units in the use of orbital images and geographical information systems for mapping coastal and oceanic reefs in Brazil. In this way, INPE fulfills its mission of disseminating remote sensing techniques and products while it contributes to increasing the knowledge on the localization and distribution of reef formations in the Brazilian territorial sea.

There remains the possibility of generating more information based on the use of the potential provided by geotechnologies and specially by the program for processing images and geographical information systems SPRING (DPI/OBT-INPE) made available at no cost. Only the basic interfaces for digital processing of images were used in this study, much still needs to be explored in terms of improving the conditions of visual interpretation. We can mention, for example, the technique of panchromatic band fusion, with greater spatial resolution, with multispectral images, of greater spectral resolution, of the ETM+ sensor onboard the Landsat-7 satellite. The strategic vision of the HIDRO Program for the short and long term foresees the development of spatial models for environmental diagnosis, with potential for using it to quantify the modifications of the coastal landscape that could influence the ecological integrity of the reef communities.

INPE was pleased to work with the Directorate of the National Protected Areas Program of MMA in training managers and technical staff of the conservation units in the use of orbital units to map coral reefs in Brazil. We hope that the generated information can contribute to improving the environmental quality of these ecosystems, to conserving biodiversity and to its sustainable use.



Projeto Recifes Costeiros *The Coastal Reefs Project*

Mauro Maida
Departamento de Oceanografia/Oceanography Department - Federal University of Pernambuco (UFPE)
Coordenador do Projeto Recifes Costeiros/Coordinator of the Coastal Reefs Project

O projeto "Iniciativa de Manejo Integrado para o Sistema Recifal Costeiro entre Tamandaré e Paripueira" ou, mais simplesmente "Projeto Recifes Costeiros" teve início em fevereiro de 1998, e foi previsto para durar quatro anos, tendo como um de seus objetivos fornecer base científica e assistência técnica para a elaboração do plano de manejo da Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais, e assim, promover a conservação da biodiversidade costeira e marinha e a sustentabilidade das atividades econômicas que dependem dos recursos costeiros daquela área e, conseqüentemente, melhorar a condição de vida das populações locais. O projeto é o resultado do trabalho conjunto do Departamento de Oceanografia da UFPE, do IBAMA, por intermédio do CEPENE, do Centro Peixe-Boi, que conta com o apoio das Gerências do IBAMA em Pernambuco e Alagoas, da APA Costa dos Corais e das 13 prefeituras existentes na área, sendo administrado pela Fundação Mamíferos Aquáticos e financiado com recursos não reembolsáveis do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e do Programa Pew Fellows de Conservação Marinha, com contrapartida brasileira garantida pelo apoio dos custos básicos com pessoal, infra-estrutura e manutenção, de conformidade com a participação das instituições brasileiras no projeto. As várias atividades interdisciplinares necessárias à elaboração do Projeto, e já previstas, encontram-se divididas em 3 componentes: elaboração de estruturas locais de gestão; geração de subsídios científicos para a elaboração do plano de manejo da Área de Proteção Ambiental; e capacitação comunitária e educação ambiental.

Em 1999, o projeto buscou junto ao INPE desenvolver uma parceria que pudesse fornecer técnicas de mapeamento dos recifes de coral da APA Costa dos Corais. Essa iniciativa impulsionou a Diretoria do Programa Nacional de Áreas Protegidas do MMA a desenhar o presente trabalho, que culminou com o envolvimento das demais unidades de conservação de áreas recifais existentes no Brasil.

Além disso, o Projeto Recifes Costeiros tem dado seu apoio, por meio de parcerias, a diversas iniciativas desenvolvidas pela DAP/MMA, com o intuito de estender as atividades de conservação desenvolvidas no âmbito da APA Costa dos Corais às demais unidades brasileiras. Desse modo, é com enorme satisfação que o Projeto Recifes Costeiros vem trabalhando em parceria com o MMA e, neste caso, fazendo parte desta publicação que, certamente, servirá de subsídio a todos os envolvidos com a conservação desse importante ecossistema brasileiro.

The project "Integrated Management Initiative for the Coastal Reef System between Tamandaré and Paripueira" or, more simply, the "Coastal Reefs Project" began in February 1998, with an expected duration of four years, having as one of its objectives the provision of a scientific foundation and of technical assistance to develop a management plan for the Environmental Protection Area - EPA of Costa dos Corais, and thus promote the conservation of the marine and coastal biodiversity and the sustainability of economic activities that depend on the coastal resources of this area and, consequently, improve the living conditions of local populations. The project is the result of a joint effort of the UFPE Oceanography Department, IBAMA (through CEPENE), the Manatee Center (with IBAMA offices in Pernambuco and Alagoas), the EPA of Costa dos Corais, and the thirteen local government existing in the area. It is being administered by the Aquatic Mammals Foundation and financed with grants from the Inter-American Development Bank and from the Pew Fellows Program in Marine Conservation and Brazilian counterpart in the form of personnel, infrastructure and maintenance related to the participation of Brazilian institutions in the project. The various interdisciplinary activities required and foreseen during the development of the Project are divided into three components: development of local management structures; generation of scientific information for drafting the management plan of the Environmental Protection Area; and community capacity building and environmental education.

In 1999, the project sought to develop a partnership with INPE that could provide techniques to map the coral reefs of the EPA of Costa dos Corais. This initiative led the Directorate of the National Protected Areas Program of the MMA to develop the current study that resulted in the inclusion of the other existing conservation units with reef areas in Brazil.

Furthermore, the Coastal Reefs Project has supported, through partnerships, the various initiatives developed by the DAP/MMA, in order to extend conservation activities developed within the EPA of Costa dos Corais to other Brazilians units. In this way, it is with great satisfaction that the Coastal Reefs Project has been working in partnership with the MMA, particularly on this Atlas, which will certainly provide useful information for all those involved in the conservation of this important Brazilian ecosystem.



Introdução

Introduction

Os recifes de coral são considerados um dos mais velhos e biodiversos ecossistemas da Terra. Sendo assim, sua importância ecológica, social e econômica é indiscutível. Os ambientes recifais são considerados, juntamente com as florestas tropicais, uma das mais diversas comunidades naturais do planeta (Wilson, 1992 e Reaka-Kudla, 1997). Essa enorme diversidade de vida pode ser medida quando constatamos que uma em cada quatro espécies marinhas vive nos recifes de coral, incluindo 65% das espécies de peixes (Spalding, 2001).

Devido à capacidade desses ecossistemas em construir “verdadeiras cidades”, quase que cada filo animal do planeta tem neles um representante (Salvat e Pailhe, 2002). De uma lista de 34 filos de animais, 32 são encontrados nos recifes de coral, enquanto apenas 9 são encontrados nas florestas tropicais.

Seu processo de vida é extremamente complexo, pois possui um alto grau de interdependência entre seus organismos. A especialização dos seus organismos reduz a elasticidade do ecossistema, tornando-o frágil e mais suscetível ao stress e às mudanças no meio ambiente. Por isso tem sido um dos primeiros ecossistemas a responder aos impactos advindos das mudanças climáticas globais (Reaka-Kudla, 1997 e Spalding et al., 2001).

A saúde desses ambientes é um assunto crítico para centenas de milhões de pessoas nos trópicos que dependem dos recifes para seu sustento e cultura. Estimativas indicam que 500 milhões de pessoas que vivem em países em desenvolvimento dependem de alguma maneira dos recifes de coral (Wilkinson, 2002).

No Brasil, os recifes de coral se distribuem por cerca de 3.000km na costa nordeste, desde o sul da Bahia até o Maranhão, e constituem os únicos ecossistemas recifais do Atlântico Sul (Maida e Ferreira, 1997).

A maioria das espécies de corais que formam esses recifes é endêmica de águas brasileiras, onde contribuem para a formação de estruturas que não são encontradas em nenhuma outra parte do mundo, o que os tornam particularmente importantes (Maida et al., 1997). Das mais de 350 espécies de corais existentes no mundo, pelo menos 20 delas ocorrem no Brasil, sendo que, destas, 8 são endêmicas, ou seja, encontram-se apenas nos mares brasileiros. Esse fato confere aos nossos recifes a maior proporção de endemismo de corais do planeta.

Devido ao seu uso desordenado, ao longo dos anos, diversos recifes brasileiros, principalmente os costeiros, encontram-se em acelerado processo de degradação. Evidências indicam que o uso inadequado desses ecossistemas pela pesca, atividades turísticas, o mau uso da

Coral reefs are considered to be one of the oldest ecosystems on Earth and most biodiverse. Thus its ecological, social and economic importance is undeniable. Reef environments together with rain forests are considered two of the richest natural communities in the planet (Wilson, 1992 and Reaka-Kudla, 1997). This huge diversity of life can be measured as we see that one in every four marine species lives in coral reefs, including 65% of fish species (Spalding, 2001).

Due to the capacity of these ecosystems in building “true cities”, practically every animal phylum of the planet has a representative there (Salvat & Pailhe, 2002). Out of 34 animal phyla, 32 are found on coral reefs while only 9 are found in rain forests.

Their life process is extremely complex, with a high degree of interdependency among organisms. Specialization of organisms reduces the elasticity of the ecosystem, making it more fragile and more susceptible to stress and changes in the environment. It is for this reason that it was one of the first ecosystems to respond to global climate change impacts (Reaka-Kudla, 1997 and Spalding et al., 2001).

Health of this ecosystems is a critical issue for millions of people in the tropics that depend on the reefs for their sustenance and culture. It is estimated that about 500 million people living in developing countries have some kind of dependence on coral reefs (Wilkinson, 2002).

In Brazil, coral reefs are distributed along 3,000 km of the northeastern coast, from the south of the state of Bahia to the state of Maranhão, the only reef ecosystem in the South Atlantic (Maida & Ferreira, 1997).

Most of the coral species that make up these reefs are endemic to Brazilian waters, where they contribute to the formation of structures that are not found anywhere else in the world, which makes them particularly important (Maida et al., 1997). Of the more than 350 existing coral species in the world, at least twenty of them are found in Brazil, and eight are endemic, that is, they are only found in Brazilian seas. This fact lends our reefs the highest proportion of coral endemism of the planet.

Due to unplanned use along the years, several Brazilian reefs, particularly the coastal ones, are undergoing an accelerated degradation process. Evidence shows that the inappropriate use of these ecosystems by fishing and tourism activities, unwise use of the land on the coast and riverbanks (leading to increased sediments) and coastal pollution may be jeopardizing the future of these environments (Maida et al., 1997).



terra na orla marítima e nas margens dos rios (causando o aumento do aporte de sedimentos) e da poluição costeira podem estar comprometendo o futuro desses ambientes (Maida *et al.*, 1997).

No Brasil, apesar dessas indicações de degradação, não temos uma visão detalhada do estado da saúde da maioria dos recifes, nem uma avaliação das principais causas antrópicas, ou mesmo naturais, que estejam gerando alterações em diferentes áreas recifais. São raros os mapas com localização e área de cobertura dessas formações, devido à impossibilidade de se utilizarem técnicas tradicionais de sondagem nas extensas regiões rasas em que os recifes ocorrem.

Por ocasião do *workshop* “Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Zona Costeira e Marinha” (Porto Seguro/BA, 25 a 29/10/99), do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira - PROBIO, os diversos especialistas e técnicos presentes no evento deram origem ao mapa de áreas prioritárias para a conservação dos recifes de coral (Figura 1). Durante o *workshop*, o grupo identificou ainda as lacunas de conhecimento nessas áreas e recomendou diversas ações a serem desenvolvidas futuramente (MMA/PROBIO, 2002).

Para atender parte dessas sugestões, a DAP/MMA desenvolveu o projeto “Estudos nos Recifes de Coral Brasileiros: treinamento e aplicação de técnicas de mapeamento por sensoriamento remoto”.

Vale ressaltar que o esforço empregado no mapeamento se traduz em uma primeira aproximação da área dos ambientes recifais, uma vez que ele corresponde apenas aos recifes rasos presentes nas unidades de conservação. Dessa forma, tanto os mapas temáticos gerados como os dados de área correspondentes são preliminares e deverão servir de base para futuros estudos mais detalhados. De qualquer modo, o presente documento traz um incremento considerável de informações, que já servirão como subsídio para futuras tomadas de decisões quanto à conservação e ao uso racional dos ambientes coralíneos brasileiros, principalmente no que tange ao monitoramento e à elaboração ou atualização dos planos de manejo das respectivas unidades de conservação.

In Brazil, in spite of these signs of degradation, we have no detailed picture of the status of the health of most reefs, not even an assessment of the main causes - anthropic or natural - that are generating changes in different reef areas. Maps with the localization and area of coverage of these formations are also rare, due to the impossibility of using traditional probing techniques in the extensive shallow regions where reefs occur.

At the workshop, “Assessment and Priority Actions for the Conservation of Biodiversity on the Marine and Coastal Zone” (Porto Seguro, BA, October 25 - 29, 1999), held by the Project for the Conservation and Sustainable Use of the Brazilian Biological Diversity - PROBIO, the many specialists and experts attending the event began to map priority areas for conservation of coral reefs (Figure 1). During the workshop the group further identified the gaps in the knowledge of these areas and recommended several actions to be developed in the future (MMA/PROBIO, 2002).

To meet part of these suggestions, DAP/MMA developed the project “Studies of the Brazilian coral reefs: training and application of mapping and remote sensing techniques”.

We should stress that the efforts expended in mapping are translated into an initial approximation of the area of the reef environments, since the mapping only corresponds to the shallow reefs found in the conservation units. Thus, both the thematic maps generated and the data of the corresponding area are preliminary and will be used as a basis for future more detailed studies. This Atlas provides considerable increase in information that will be useful for future decision making with regard to the conservation and sound use of Brazilian coralline environments, specially with regard to monitoring and preparing or updating the management plans of the respective conservation units.



Ecossistema Recifal

The Reef Ecosystem

Clovis Barreira e Castro
Museu Nacional/Universidade Federal do Rio de Janeiro
National Museum/Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ)

Um recife de coral, sob o ponto de vista geomorfológico, é uma estrutura rochosa, rígida, resistente à ação mecânica das ondas e correntes marinhas, e construída por organismos marinhos (animais e vegetais) portadores de esqueleto calcário (Leão, 1994).

Em geral usa-se o termo "de coral" devido ao papel preponderante que esses organismos têm em recifes de diversas partes do mundo. Sob o ponto de vista biológico, recifes coralíneos são formações criadas pela ação de comunidades de organismos denominados genericamente de "corais". Embora a estrutura básica dos recifes biogênicos seja, em geral, formada pelo acúmulo de esqueletos desses animais, para a sua formação é necessária a atuação conjunta de uma infinidade de seres, que formam uma complexa teia de associações e de eventos em sucessão. Em alguns recifes, inclusive nos do Brasil, o crescimento de outros organismos, como algas calcárias, pode assumir uma relevância igual ou maior que a dos próprios corais (Kikuchi & Leão, 1997). Além desses, outros organismos podem formar grandes depósitos de carbonato de cálcio, como algas rodófitas, gastrópodos, poliquetas, ou, até mesmo, ostras.

Os corais recifais necessitam de águas quentes para desenvolverem-se adequadamente. Assim sendo, os recifes formados por esses animais ocorrem em uma ampla faixa que circunda o planeta e que pode ser dividida pela linha do equador em duas metades quase iguais. Por essa razão, freqüentemente a distribuição dos recifes de corais é utilizada para delimitar os mares tropicais do mundo.

No que se refere exclusivamente às condições térmicas, as condições ideais para o desenvolvimento dos corais recifais encontram-se entre 23 e 25° C de temperatura média anual da água. Contudo, a imensa faixa de distribuição potencial dos recifes freqüentemente é interrompida por correntes marinhas frias, ou outras condições abióticas, que dificultam muito as possibilidades de sobrevivência dos corais. Dessa forma, a distribuição dos recifes pode ser delimitada com maior precisão pela isoterma de 20°C de temperatura média anual da água na superfície do mar, sendo que nenhum recife de coral desenvolve-se em águas cuja temperatura média anual inferior aos 18°C (Longhurst e Pauly, 1987).

Desse modo, a variável temperatura é uma das principais responsáveis pela existência ou pela ausência de recifes coralíneos em amplas superfícies de mar. Esse fator limita, então, a presença de recifes apenas a áreas onde a temperatura seja mais elevada, em geral em áreas tropicais com correntes de águas quentes, como é o caso da costa brasileira. Outros fatores, como profundidade, transparência e salinidade da água também limitam a existência de tais formações.

A coral reef, from a geomorphologic perspective, is a rocky, rigid structure, resistant to the mechanical action of waves and sea currents, and is built by marine organisms (animals and plants) that have calcareous skeletons (Leão, 1994).

In general the term "coral" is used due to the major role these organisms have in reefs all over the world. From a biological perspective, coralline reefs are formations created by the action of organism communities generically called "corals". Although the basic structure of the biogenic reefs are as a rule formed by the accumulation of the skeletons of these animals, their actual formation depends on the joint action of an infinity of creatures, constituting a complex web of associations and events in succession. In some reefs, including in Brazil, the growth of other organisms, like calcareous algae, may have an importance equal to or even greater than the corals themselves (Kikuchi & Leão, 1997). In addition, other organisms can create large deposits of calcium carbonate, such as rhodophytic algae, gastropods, polychetes or even oysters.

Coral reefs need warm water for proper development. Thus, the reefs formed by these animals occur in a broad strip that circles the planet and that can be divided by the equator into two almost equal halves. This is the reason that the distribution of coral reefs is often used to delimit the tropical seas of the world.

If only thermal conditions are considered, the ideal conditions for coral reef development include an average annual water temperature of 23 to 25° C. Nevertheless, the huge area of potential distribution of reefs is frequently interrupted by cold sea currents, or other abiotic conditions, that greatly jeopardize the chances for survival of corals. In this way, the distribution of reefs can be delimited with greater precision by the 20°C isotherm of the mean annual surface water temperature, such that no coral reef can develop in waters with an average annual temperature less than 18°C (Longhurst & Pauly, 1987).

So, the varying temperature is one of the main causes for the existence or absence of coralline reefs in wide marine areas. This factor limits the presence of reefs to only the areas where the temperature is higher, generally, tropical areas with warm currents, as is the case of the Brazilian coast. Other factors, such as depth, transparency and salinity also limit the existence of these formations.

The increase in the production of skeletons associated to the presence of zooxanthellae is believed to be one of the major factors that restrict the presence of coral reefs to shallower depths, up to 50 m. These algae need irradiance to carry out photosynthesis. The amount of light present in the sea decreases with increased depth.

O incremento na produção de esqueleto associado à presença das zooxantelas é considerado um dos principais fatores que restringem a presença de recifes de coral a baixas profundidades, até cerca de 50m. Essas algas necessitam de luminosidade para realizar a fotossíntese. A quantidade de luz presente no mar decresce à medida que a profundidade aumenta. A coluna de água funciona como um filtro azul cada vez mais intenso, até bloquear totalmente a passagem da luz, inibindo esse processo.

Como já ressaltado, os recifes de coral apresentam grande importância biológica por serem os sistemas marinhos de maior diversidade que existem. Os ambientes coralíneos são também importantes para o homem brasileiro sob diversos aspectos:

✓ **Em termos físicos** - porque protegem as regiões costeiras da ação do mar em diversas áreas do litoral brasileiro;

✓ **Em termos biológicos** - porque a grande diversidade e a quantidade de organismos presentes associam-se em teia alimentar de grande complexidade, que culmina com os grandes predadores. A maioria desses organismos é utilizada como recursos pesqueiros para a alimentação humana. Além disso, os recifes funcionam como verdadeiros criadouros de peixes, renovando estoques e, principalmente no caso de áreas protegidas, favorecendo a reposição de populações de áreas densamente exploradas; e

✓ **Em termos bioquímicos** - porque os ambientes coralíneos também fornecem matéria-prima para pesquisas na área farmacológica. Devido à complexidade das cadeias alimentares e à intensa competição por espaço entre os organismos sésseis, muitos organismos dos recifes produzem inúmeras substâncias químicas. Estas são utilizadas, entre outras funções, como proteção contra predadores e como inibidoras da ocupação do espaço por competidores (Pennings, 1997). Pesquisadores em farmacologia buscam extrair e isolar essas substâncias para testar suas propriedades no tratamento de doenças e disfunções no homem (Rinehart, 1988).

A diversidade de espécies de corais nos recifes difere de acordo com sua história geológica e biológica. Os recifes do Indo-Pacífico possuem a maior diversidade de todos apresentando cerca do dobro das espécies de corais pétreos existentes nos ricos recifes do Caribe, os quais, por sua vez, são mais diversificados que os do Brasil (Paulay, 1997). Entretanto, as características do sistema fazem que mesmo os recifes brasileiros apresentem uma altíssima diversidade biológica, quando comparados com outros ambientes.

The water column works like an increasingly intense blue filter until it totally blocks the passage of light, thus inhibiting this process.

As stated, coral reefs have a major biological significance because they are the marine systems with greatest diversity. Coralline environments are also important to mankind in several ways:

✓ **In physical terms** - *they protect the coastal regions from the actions of the sea in several areas of the Brazilian coastline;*

✓ **In biological terms** - *the large diversity and quantity of organisms present associate themselves in a highly complex food web, ending at the major predators, such that most of these organisms are used as fisheries resources for human consumption. Furthermore, the reefs work as actual breeding grounds for fish, renewing stocks and particularly in the case of protected areas, help replace populations of highly exploited areas; and,*

✓ **In biochemical terms** - *the coralline environments also provide raw material for research in pharmacology. Due to the complexity of the food webs and to the intense competition for space by the sessile organisms, many reef organisms produce numerous chemicals. These chemicals are used as protection against predators, to inhibit competitors from occupying space and other functions (Pennings, 1997). Pharmacological researchers seek to extract and isolate these substances, testing their properties in the treatment of human dysfunctions and diseases (Rinehart, 1988).*

The diversity of coral species in the reefs varies according to their geological and biological history. The Indo-Pacific reefs have the greatest diversity, about double the number of stony corals existing in the rich Caribbean reefs, which have greater diversity than the ones in Brazil (Paulay, 1997). System characteristics, however, result in the fact that even the Brazilian reefs have an extremely high biological diversity when compared to other environments.



Spirobranchus giganteus



Scolymia wellsi

Recifes de Coral no Brasil

Coral Reefs in Brazil

Clovis Barreira e Castro
Museu Nacional/Universidade Federal do Rio de Janeiro
National Museum/Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ)

O Brasil possui os únicos recifes coralíneos do Atlântico Sul, porém a presença e a localização de todos eles ainda é pouco conhecida. O trabalho mais abrangente sobre o assunto foi realizado na década de 1960 (Laborel, 1970), que exatamente devido às condições precárias da época contou com diversos problemas logísticos.

Já foram registradas grandes comunidades coralíneas desde o Parcel de Manuel Luiz, no Maranhão, (cerca de 01° S) até os recifes de Viçosa, na área de Abrolhos, na Bahia (cerca de 18° S), além daqueles registrados em ilhas oceânicas, como o Atol das Rocas e o arquipélago de Fernando de Noronha. Algumas comunidades significativas também foram observadas mais ao sul, no que recebeu o nome de "zona de desaparecimento das comunidades coralíneas" (Laborel, 1970), que se estende até o Cabo Frio, no Rio de Janeiro.

Considerando apenas a distância linear ao longo da costa, essas comunidades limites estariam separadas por cerca de 2.400km. Isso equivale ao comprimento da Grande Barreira de Corais, na Austrália, que apresenta, conforme indicações dos pesquisadores, cerca de 2.300km. Naturalmente, seria um absurdo querer comparar essas duas entidades além desse seu "comprimento linear". A Grande Barreira de Corais é um sistema megadiverso em termos de corais e cobre uma área de cerca de 230.000km², com recifes relativamente próximos uns dos outros. Os recifes e as comunidades coralíneas do Brasil, por outro lado, apresentam poucas espécies de corais, com grandes descontinuidades e com recifes, em grande parte de sua distribuição, apenas como estreitas linhas próximas à costa. Entretanto, assim como hoje já se sabe tanto sobre a Grande Barreira da Austrália, é preciso ressaltar que os chamados recifes brasileiros formam também uma entidade diversificada em termos de história, de morfologia, e de biota.

As primeiras descrições mais detalhadas dos recifes brasileiros foram realizadas por C. F. Hartt (1870). Posteriormente, merece destaque pela grande abrangência a contribuição de Branner (1904). A seguinte grande contribuição para o conhecimento das comunidades recifais brasileiras foi dada na década de 1960, pelo pesquisador francês Jacques Laborel (1970), o qual ficou sediado no Instituto Oceanográfico, que havia sido fundado no Recife em 1958.

A história geológica dos recifes brasileiros é mais bem conhecida por meio dos trabalhos desenvolvidos pela Dra. Zelinda M. A. N. Leão e colaboradores, da Universidade Federal da Bahia, a partir do início da década de 1980 (Leão, 1982, 1994, 1996; Leão *et al.*, 1988, 1997; Kikuchi & Leão, 1997, 1998; e outros). A história geológica dos recifes de coral atuais indica que eles só começaram a crescer há 7.000 anos atrás, no período Quaternário, quando o nível do mar elevou-se e inundou toda a atual plataforma continental.

Brazil has the only coralline reefs of the South Atlantic, although the presence and location of all Brazilian reefs is not well known. The most comprehensive study on the topic was carried out in the sixties (Laborel, 1970), which because of the precarious conditions of that period ran into several logistic problems.

Large coralline communities were recorded in Brazil starting at the Parcel de Manuel Luiz, Maranhão State (around 01° S) down to the Viçosa reefs, in the Abrolhos, Bahia State region (around 18° S), in addition to those recorded on oceanic islands such as Atol das Rocas and Fernando de Noronha. Some important communities were also observed further south, in what was called "the zone of disappearance of coralline communities" (Laborel, 1970), extending down to Cabo Frio, Rio de Janeiro State.

Taking only the linear distance around the coast into account, these limit communities would be separated by about 2,400 km. This is equivalent to the length of the Great Barrier Reef in Australia, which is said to be about 2,300 km long. It would naturally be absurd to wish to compare these two entities in anything beyond their "linear length". The Great Barrier Reef is a megadiverse system in terms of corals, covering an area of approximately 230,000 km² with reefs relatively close to each other. Conversely, the reefs and coralline communities in Brazil have fewer coral species, large discontinuities and most of reefs are just in a straight line formation close to the coast. Nevertheless, as today much is known about the Great Barrier Reef, it must be stressed that the Brazilian reefs are a completely different entity in terms of history, morphology and biota.

The first more elaborate descriptions of the Brazilian reefs were done by C. F. Hartt (1870). We should also include Branner's later contribution (1904), due to its wide scope. The next major contribution to the knowledge of the Brazilians reef communities occurred during the sixties, by the French researcher Jacques Laborel (1970), working at the Oceanographic Institute, established in Recife in 1958.

The geological history of the Brazilian reefs is far more well known due to the work developed by Dr. Zelinda M. A. N. Leão and associates, from the Federal University of Bahia, starting in the early eighties (Leão, 1982, 1994, 1996; Leão et al., 1988, 1997; Kikuchi & Leão, 1997, 1998; and others). The geological history of the quaternary period indicates that the current coral reefs only began to grow some seven thousand years ago, when the sea level rose and flooded all the continental shelf.

As the corals, hydrocorals and other organisms that form reefs, grew, they superimposed themselves and directed the formation of the

Os corais, os hidrocorais e outros organismos formadores de recife, à medida que cresciam em sobreposição, dirigiram a formação dos recifes em direção à superfície do mar, construindo, com os seus esqueletos, essa estrutura rochosa.

Na Bahia e em diversos estados do Brasil, outras comunidades recifais se instalaram sobre bancos de arenito de praia, em geral estreitos, alongados e localizados adjacentes à praia (Leão, 1996).

Os estudos quantitativos de comunidades coralíneas foram principalmente iniciados por pesquisadores do Rio de Janeiro, especialmente na área de Abrolhos (Pitombo *et al.*, 1988; Coutinho *et al.*, 1993; Maida *et al.*, 1995; Villaça & Pitombo, 1997; Figueiredo, 1997; e outros). Porém, muito ainda resta a ser estudado e realizado para se conhecer e entender melhor esse ambiente.

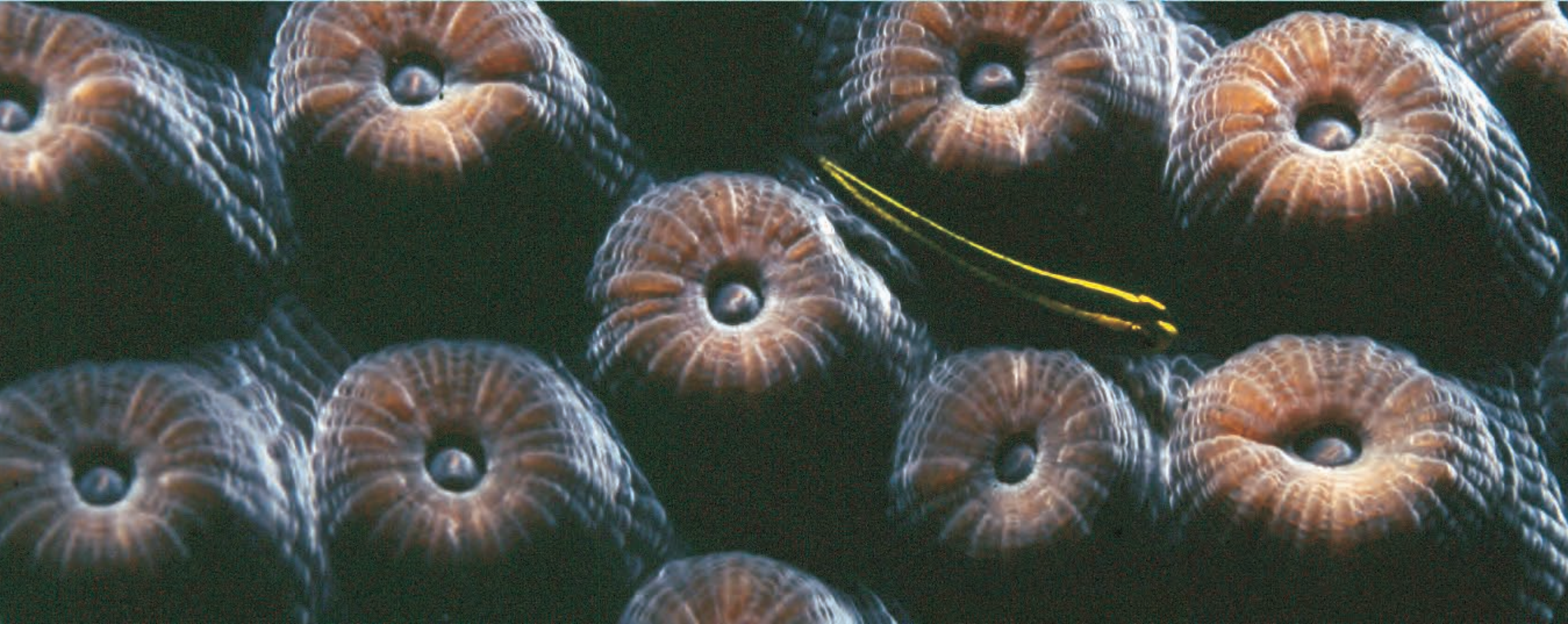
Como já ressaltado anteriormente das mais de 350 espécies de corais recifais existentes no mundo, pelo menos 20 espécies (de corais verdadeiros e hidrocorais) foram registrados para o Brasil, sendo que oito são endêmicas, ou seja, encontram-se apenas nos mares brasileiros. Uma outra espécie ocorre apenas no Brasil e ao largo da África (*Favia gravida*). As espécies de corais e hidrocorais recifais brasileiros são (Tabela 1):

reefs towards the surface of the sea, building, with their skeletons, this rocky structure.

In Bahia and several Brazilian states, other reef communities have established themselves on sandstone banks, usually narrow and long, situated close to the beach (Leão, 1996).

Quantitative studies of the coralline communities began mainly with Rio de Janeiro researchers, particularly in the Abrolhos area (Pitombo et al., 1988; Coutinho et al., 1993; Maida et al., 1995; Villaça & Pitombo, 1997; Figueiredo, 1997; and others). There is still much, however, to be studied and done in order to know and understand this environment better.

As mentioned before, of the more than 350 coral species existing in the world, at least 20 species (of true corals and hydrocorals) are found in Brazil, and eight are endemic to Brazil, that is, they are only found in Brazilian seas. One other species occurs only in Brazil and alongside Africa (Favia gravida). The Brazilian coral and hydrocoral reef species are (Table 1):



Elacatinus figaro sobre/over *Montastrea cavernosa*

Tabela 1: Corais escleractíneos e hidrocorais encontrados no Brasil, com sua distribuição geográfica (modificado e atualizado de Maida e Ferreira, 1997).

Table 1 : Scleractinian corals and hydrocorals found in Brazil with their geographical distribution (modified and updated from Maida & Ferreira, 1997).

Espécies/Species	Distribuição Biogeográfica/Biogeographical Distribution
Corais escleractíneos / Scleractinian corals	
Agaricia humilis	Caribe - Brasil / Caribbean - Brazil
Agaricia fragilis	Caribe - Brasil / Caribbean - Brazil
Favia gravida	Brasil - África / Brazil - Africa (Laborel, 1974)
Favia leptophylla	Endêmico do Brasil / Endemic to Brazil (Bahia)
Madracis decactis	Caribe - Brasil - África/Caribbean - Brazil - Africa (Laborel, 1974)
Meandrina braziliensis	Caribe - Brasil / Caribbean - Brazil
Montastrea cavernosa	Caribe - Brasil / Caribbean - Brazil
Mussismilia braziliensis	Endêmico do Brasil / Endemic to Brazil (Bahia)
Mussismilia harttii	Endêmico do Brasil / Endemic to Brazil
Mussismilia hispida	Endêmico do Brasil / Endemic to Brazil
Porites astreoides	Caribe - Brasil - África / Caribbean - Brazil - Africa (Laborel, 1974)
Porites branneri	Caribe - Brasil / Caribbean - Brazil
Scolymia wellsii	Caribe - Brasil / Caribbean - Brazil
Siderastrea stellata	Endêmico do Brasil / Endemic to Brazil
Stephanocoenia michelini	Caribe - Brasil / Caribbean - Brazil
Hidrocorais/Hydrocorals	
Millepora alcornis	Caribe-Brasil-África / Caribbean - Brazil - Africa (Laborel, 1974)
Millepora braziliensis	Endêmico do Brasil / Endemic to Brazil
Millepora nitida	Endêmico do Brasil / Endemic to Brazil (Bahia)
Millepora sp.	Endêmico do Brasil / Endemic to Brazil (Maranhão); espécie não descrita / species not described (Amaral, 1997)
Stylaster roseus	Caribe-Brasil / Caribbean-Brazil



Unidades de Conservação

Conservation Units

Ana Paula Leite Prates
NZCM/SBF/MMA

As unidades de conservação são componentes das sociedades humanas desde a mais remota antiguidade. Com conceitos que evoluem constantemente, o estabelecimento de áreas protegidas ou unidades de conservação representa uma das principais estratégias de conservação da biodiversidade mundial. Pode-se afirmar que as unidades de conservação são as únicas criações da humanidade destinadas ao benefício das populações como um todo.

As unidades devem ser representativas dos ambientes a ser protegidos e devem funcionar de maneira eficaz nessa proteção. Concordando com os esforços mundiais de conservação, o Brasil também vem estabelecendo um sistema representativo de áreas protegidas.

Em comparação com os sistemas terrestres, os processos e as populações oceânicas ainda são pouco conhecidas, o que pode conduzir a tomada de decisões inapropriadas de manejo. Historicamente os oceanos têm sido percebidos e manejados como áreas abertas de comum acesso e estão freqüentemente sujeitos a conflitos de múltiplos usos. Esse é um dos maiores desafios que enfrenta o estabelecimento de áreas costeiras e marinhas protegidas (Salm et al., 2000).

Pode-se dizer que o estabelecimento de áreas protegidas na zona costeira e marinha tem sido mais recente, sendo a maioria com a intenção de conservar a biodiversidade e de manter os habitats. Por outro lado, esse mecanismo tem sido visto também como uma alternativa para se manejar a pesca, principalmente nas áreas recifais, onde as pescarias são multiespecíficas e as formas convencionais de seu manejo não surtem mais efeito. Cresce o número de publicações onde os autores sugerem o estabelecimento de unidades de conservação marinhas como forma de auxiliar na recuperação de estoques pesqueiros considerados ameaçados. Essas áreas funcionam como berçários e fonte de exportação de indivíduos maduros para as áreas adjacentes. (Roberts, 1997; Russ, 1996, Ballantine, 1996, Roberts, et al., 2003 and Luchenco, et al., 2003)

Muitos habitats costeiros e marinhos têm merecido proteção especial em diversos países devido a características de serem vitais para a realização do ciclo reprodutivo de determinadas espécies migratórias e/ou ameaçadas, o que é particularmente importante quando se espera que essas populações de organismos ora ameaçadas possam ampliar seus números e sua área de distribuição, servindo assim as Unidades de Conservação como bancos genéticos de grande valor para o processo de recomposição populacional (Prates et al., 2000). Diversos autores reconhecem o estabelecimento e o manejo efetivo de um sistema representativo de áreas marinhas protegidas como a mais poderosa ferramenta para a

Conservation units are components of human societies since antiquity. With constantly evolving concepts, the establishment of protected areas or conservation units represents one of the most important strategies for conserving the world's biodiversity. It can be said that conservation units are the only human creations intended for the benefit of populations as a whole.

These units must be representative of the environments to be protected and to operate in an efficient manner so as to fulfill its objective. In this sense, Brazil has endeavored to expand the national network of protected areas in order to achieve this representativity.

In contrast to land systems, still little is known on the oceanic ecological processes and populations, which may lead to inappropriate management decisions. Historically, oceans have been perceived and managed as open areas of common access and are often the object of multiple use conflicts. This is one of the biggest challenges that faces the establishment of protected marine and coastal areas (Salm et al., 2000).

For the coastal and marine zone it can be said that the establishment of protected areas has occurred far more recently, wherein most intend to conserve the biodiversity and maintain the habitats. However, this mechanism has also been seen as an alternative for fisheries management, particularly in reef areas, where fisheries are multispecific and the conventional methods of management are not effective. The number of publications is growing in which authors suggest that the establishment of marine conservation units is a means for assisting the recovery of endangered fishing stocks. These areas would function as nurseries and a source for exporting mature individuals to adjacent areas. (Roberts, 1997; Russ, 1996, Ballantine, 1996, Roberts, et al., 2003 and Luchenco, et al., 2003)

Several marine and coastal habitats have warranted special protection in various countries due to their crucial nature for the reproductive cycle of certain migratory and/or endangered species. This is particularly important when it is expected that currently endangered populations can expand their numbers and area of distribution. In this way, the conservation units act as a valuable gene bank for the process of population recomposition (Prates et al., 2000). Several authors recognize the establishment and the effective management of a representative system of marine protected areas as the most powerful instruments for conservation of coral reefs (IUCN, 1995; Bohnsack, 1996; Kelleher, 1999; Salm et al., 2000, among others).

In Brazil, the establishment of specially protected land areas in all the states of the country is the constitutional responsibility of the

conservação dos recifes de coral (Bohnsack, 1997; IUCN, 1995; Kelleher, 1999; Salm *et al.*, 2000 entre outros).

No Brasil, o estabelecimento de espaços territoriais especialmente protegidos, em todas as Unidades da Federação, é atribuição constitucional do Poder Público. Essa atribuição foi recentemente respaldada com a sanção da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - o SNUC, na qual ficaram reunidos todos os instrumentos e normas existentes sobre o assunto, passando a constituir um marco para a criação, implantação, consolidação e gestão dessas unidades.

A importância de se instituir um Sistema Nacional de Unidades de Conservação está na definição, uniformização e consolidação de critérios para o estabelecimento e a gestão dessas unidades. Assim sendo, por meio da integração dos vários sistemas, a União se alia aos Estados e Municípios para viabilizar maior e melhor proteção ao meio ambiente no país. O Brasil possui uma vasta extensão de áreas protegidas pelos três níveis de governo (federal, estadual e municipal), as quais estão distribuídas nos cinco grandes biomas (Guatura, 2000).

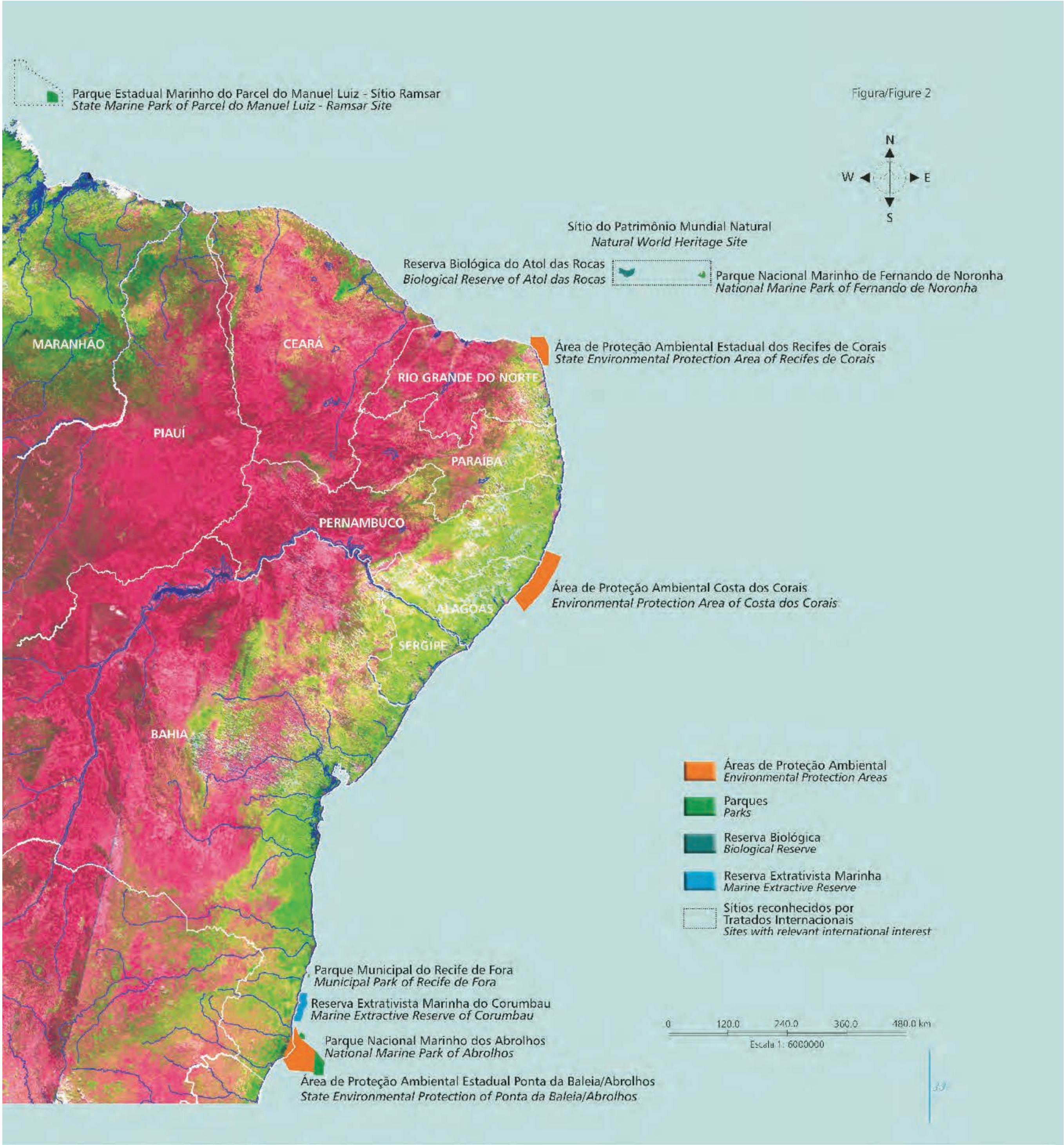
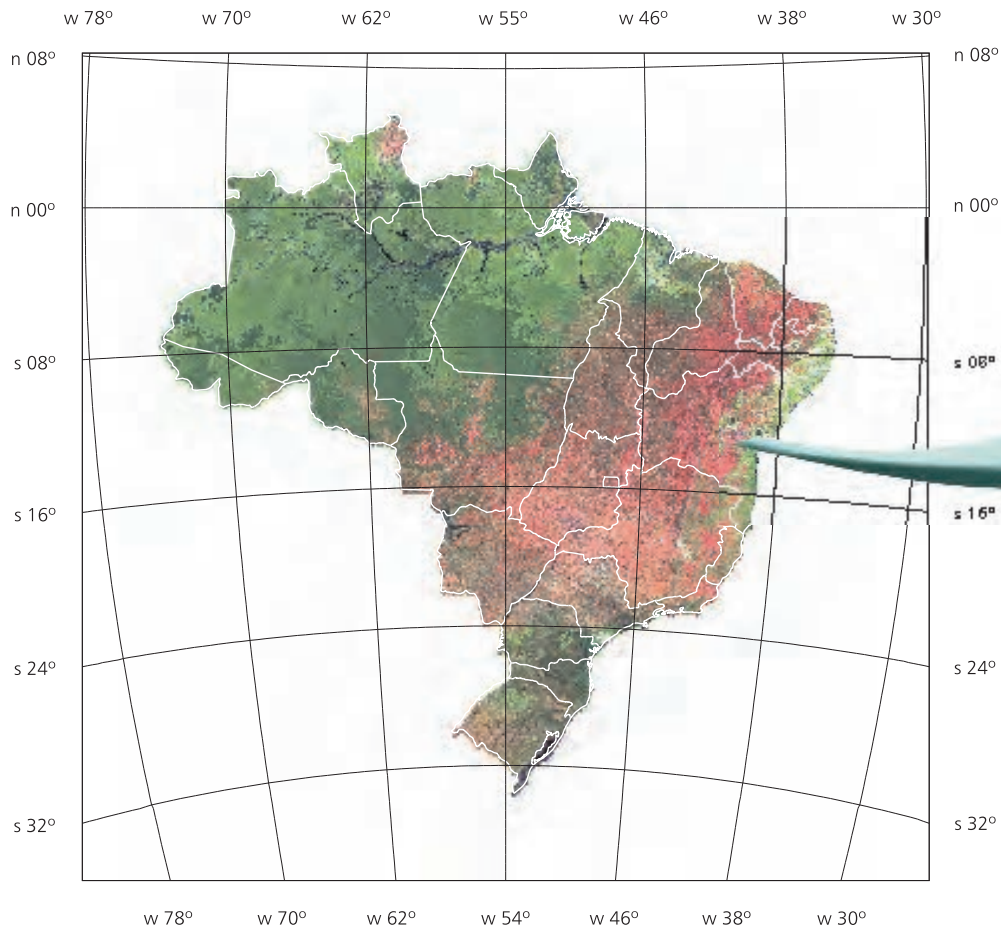
Segundo o SNUC, define-se unidade de conservação como: "espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção".

Government. This responsibility was recently strengthened with the enactment of Law No. 9,985, dated July 18, 2000, instituting the National System of Conservation Units - SNUC, which brought together all existing instruments and regulations on the issue, constituting a framework for the creation, implementation, consolidation and management of these units.

The importance of the establishment of a National System of Conservation Units is in the definition, uniformity and consolidation of criteria for the creation and management of these areas. In this way, with the integration of the various systems, the Federal Government joins State and Local Governments in providing better protection of the environment in Brazil. Brazil has a vast expanse of protected areas at the three levels of government (federal, state and local) and they are distributed among the five large biomes (Guatura, 2000).

According to the SNUC, the conservation unit is defined as: "territorial space and its environmental resources, including jurisdictional waters, with relevant natural characteristics, legally established by the government, with defined limits and conservation goals, under a special management regime, to which are applied adequate protection guarantees".

Conservation units are distributed along the entire Brazilian coastline and include nearly all the country's oceanic islands, presenting a broad system, with different management categories at the three levels of government: federal, state and local (Prates & Pereira, 2000).



As unidades de conservação no Brasil estão distribuídas por todo o seu litoral e abrangem quase todas as ilhas oceânicas do país, apresentando um sistema amplo, com diferentes categorias de manejo e nos três níveis de governo: federal, estadual e municipal. (Prates e Pereira, 2000).

No entanto, os diagnósticos resultantes do *workshop* do PROBIO (MMA, 2002), por exemplo, confirmam que a porção terrestre está mais amplamente protegida que os espaços marítimos, com exceção das ilhas oceânicas. A situação mais crítica identificada, refere-se aos ecossistemas de recifes de coral brasileiros, que estão sob forte impacto da ação antrópica. Existe, portanto a necessidade da efetiva implementação e/ou a criação de novas unidades de conservação, bem como a necessidade de estabelecimento de um programa de pesquisa e monitoramento específico.

As unidades de conservação que englobam comunidades recifais já estão distribuídas em praticamente todas as principais áreas recifais brasileiras e se dividem nos dois grandes grupos de categorias de manejo:

✓ **Proteção Integral**, como as Reservas Biológicas e os Parques Nacionais, onde é admitido apenas o uso indireto dos recursos naturais; e

✓ **Uso Sustentável**, como as Áreas de Proteção Ambiental e as Reservas Extrativistas, que permitem o uso sustentável de parte dos seus recursos naturais.

Essas diferentes categorias surgem de acordo com estudos e demandas comunitárias conforme as características e as alternativas locais para a conservação dos recursos naturais. Em toda a extensão dos 3.000 km de litoral em que os recifes ocorrem, existem nove unidades de conservação marinhas, entre federais, estaduais e municipais, que englobam comunidades recifais significativas.

Das nove unidades de conservação existentes, duas encontram-se em ilhas oceânicas: a Reserva Biológica do Atol das Rocas e o Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha (ambas designadas, em 2001, como Sítio do Patrimônio Mundial Natural); três nos limites de distribuição de recifes: Parque Estadual do Parcel do Manuel Luiz, no Maranhão (designado como sítio RAMSAR em 2000), Parque Nacional Marinho dos Abrolhos e Área de Proteção Ambiental Estadual da Ponta da Baleia, na Bahia; e quatro em áreas mais costeiras: Área de Proteção Ambiental Estadual dos Recifes de Corais, no Rio Grande do Norte, Área de Proteção Ambiental - APA Costa dos Corais, em Pernambuco e Alagoas, Reserva Extrativista Marinha do Corumbau, na Bahia e o Parque Municipal do Recife de Fora, em Porto Seguro, na Bahia (Figura 2).

The diagnoses resulting from the PROBIO workshop (MMA, 2002), for example, confirm that the terrestrial part is more widely protected than the sea areas, with the exception of oceanic islands. Nevertheless, the most critical situation that has been identified refers to the Brazilian coral reef ecosystems, which are undergoing the strong impact of anthropic action. There is, therefore the need for effective implementation and/or creation of new conservation units, as well as for establishing a specific monitoring and research program.

The conservation units that encompass reef communities are already distributed in practically all the main reef areas in Brazil and are divided into two main categories:

✓ **Full Protection**, such as Biological Reserves and National Parks, where only the indirect use of natural resources is allowed; and

✓ **Sustainable Use**, such as Environmental Protection Areas and Extractive Reserves, which allow the sustainable use of part of their natural resources.

These different management categories emerge according to studies and community needs and in accordance with local alternatives and characteristics for the conservation of natural resources. Throughout the 3,000 km of coast where reefs are found, there are nine marine conservation units, including federal, state and local ones, that encompass important reef communities.

Out of the nine existing conservation units, two of them are on oceanic islands, the Biological Reserve of Atol das Rocas and the National Marine Park of Fernando de Noronha (both designated as Natural World Heritage Sites in 2001); three on the limits of reef distribution - State Marine Park of Parcel de Manuel Luiz, Maranhão State (designated a Ramsar Site in 2000), National Marine Park of Abrolhos and the State Environmental Protection Area of Ponta da Baleia, Bahia State. The remaining four are on more coastal areas: State Environmental Protection Area of Recifes de Corais, Rio Grande do Norte State; Environmental Protection Area of Costa dos Corais, Pernambuco and Alagoas State; Municipal Marine Park of Recife de Fora, Bahia State; and the Marine Extractive Reserve of Corumbau, Bahia State (Figure 2).



Pomacanthus paru



Abudefduf saxatilis

Procedimentos metodológicos para a confecção dos Mapas Temáticos

Methodological procedures to draft the Thematic Maps

Eymar Silva S. Lopes
Douglas F. M. Gherardi
INPE

Os mapas dos recifes biogênicos costeiros e oceânicos do Brasil que compõem o presente Atlas foram confeccionados em um ambiente computacional que incorpora ferramentas de processamento digital de imagens a um sistema de informações geográficas. Todas as etapas do processamento digital das imagens e de desenvolvimento do banco de dados geográficos foram desenvolvidas no SPRING¹ (Câmara *et al.*, 1996). Para isso, foi necessário criar um banco de dados e um projeto - *sensu* SPRING - para dar início ao processamento das imagens e ao mapeamento. Vale ressaltar que alguns dos procedimentos descritos abaixo foram simplificados nas novas versões do aplicativo como, por exemplo, a possibilidade de se utilizar o filtro de restauração na imagem registrada (ou georreferenciada).

Antes de iniciar um trabalho de mapeamento, é necessário planejar as etapas de desenvolvimento do projeto e identificar as informações necessárias à execução adequada do trabalho. Os dados geográficos possuem características peculiares que tornam a sua modelagem mais complexa do que a de dados convencionais; e modelar os aspectos espaciais é de fundamental importância na criação de um Banco de Dados Geográficos - BDG (Davis Júnior, 2000). A criação de um modelo conceitual de BDG permite avaliar a quantidade e a qualidade dos dados, definir os processos e as transformações necessários à derivação de informações e aos relacionamentos entre os dados no BDG. Assim, é possível definir *a priori* as possibilidades e as limitações dos dados e da metodologia empregada e os resultados que poderão ser obtidos.

Para se criar a metodologia, levou-se em consideração a necessidade de se gerarem os primeiros mapas em um espaço de tempo relativamente curto; as limitações do equipamento disponível em cada Unidade de Conservação (UC); a falta de experiência em processamento digital de imagens e uso de SIG dos técnicos envolvidos no mapeamento; e a necessidade de, ao final do trabalho, integrar uma grande massa de informações em um único banco de dados. Para tentar contornar essas limitações, promoveu-se um treinamento (Braga *et al.*, 2002) dos técnicos das nove Ucs

Drafting of the coastal and oceanic biogenic reef maps in Brazil, which constitutes this Atlas was executed in a computational environment incorporating digital image processing tools with a geographical information system. All the stages of digital image processing and of the development of the geographical database were developed in SPRING¹ (Câmara et al., 1996). To do so, it was necessary to create a database and a project, sensu SPRING, to begin image processing and mapping. It should be noted that some of the procedures described below have been simplified in the new versions of the software, for example, the possibility of using a restoration filter in the recorded (or georeferenced) image.

Before beginning a mapping task, it is necessary to plan the stages of project development and to identify the information required for the proper execution of the task. Geographical data have particular characteristics that make their modeling more complex than conventional data. Modeling the spatial aspects is absolutely essential in creating a Geographical database - GDB (Davis Júnior, 2000). The creation of a conceptual model of a GDB allows assessment of the quantity and quality of the data, the definition of the processes and the transformations required to derive the information and the relationships among the GDB data. It is thus possible to define, a priori, the possibilities and limitations of the data and of the methodology employed as well as the results that can be obtained.

Definition of the methodology took into account the need to generate the first maps in a relatively short space of time, the limitations of the equipment available in each conservation unit, the lack of experience in digital image processing and in using GIS of the technical staff involved in the mapping and also the need to, at the end of the work, integrate a large amount of information into a single database. To try and circumvent these limitations, training was provided (Braga et al., 2002) for the technical staff of the nine conservation units involved in the work of mapping the reefs. Training was carried out at the National Institute for Space Research - INPE, with the support of the Directorate for Protected Areas

¹ Software para Processamento de Imagens e Geoprocessamento, desenvolvido pela equipe da Divisão de Processamento de Imagens (DPI), vinculada à Coordenação-Geral de Observação da Terra (OBT) e disponibilizado gratuitamente pela Instituição no site: http://www.inpe.br/produtos_e_servicos/software.html

¹ Software for Image Processing and Geoprocessing developed by the staff of the Image Processing Division (DPI), linked to the General Coordination of Earth Observation (OBT) and made available, free of charge, by the institution at the site: http://www.inpe.br/produtos_e_servicos/software.html

envolvidos no trabalho de mapeamento dos recifes. O treinamento foi realizado no INPE e contou com o apoio da Diretoria de Áreas Protegidas (DAP/MMA), da Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR/INPE) e da Divisão de Processamento de Imagens (DPI/INPE). Esse treinamento foi importante para garantir um padrão mínimo de qualidade ao mapeamento e para verificar o desempenho da metodologia nas diferentes áreas.

A seguir, serão apresentadas as técnicas de processamento digital de imagens que foram o foco do treinamento e, em seguida, apresentado o modelo do banco de dados que permitiu integrar os resultados de todos os mapeamentos.

1. Processamento digital das imagens

Para este trabalho foram utilizadas imagens do sensor do Landsat-5 TM, do Landsat-7 ETM+, e do HRV SPOT que apresentaram uma cobertura de nuvens baixa o suficiente para permitir a visualização dos recifes. Outras informações relevantes foram obtidas de cartas náuticas e topográficas digitalizadas em *scanner* comercial. O trabalho de mapeamento foi executado pela interpretação visual de composições coloridas das bandas 3, 2, e 1 referentes aos intervalos de comprimento de onda do espectro eletromagnético do vermelho, verde, e azul, respectivamente. Essas bandas foram alocadas nos canais do vermelho, verde, e azul, para que o resultado visual final fosse semelhante à percepção visual do olho humano.

O mapeamento dos recifes foi feito pela interpretação visual das composições coloridas, segundo a experiência adquirida no mapeamento da APA Costa dos Corais (Gherardi et al., 1999; Morelli, 2000; Braga e Gherardi, 2001). Para a interpretação visual das imagens, é desejável que se busque maximizar a resolução espacial e o contraste dos alvos de interesse, realçando os sinais de alta frequência como feições lineares. Com isso em mente, elaborou-se o tutorial, que permitiu aos gestores e técnicos o domínio dos procedimentos básicos para a elaboração dos mapas. É relevante ressaltar que foi elaborado um tutorial com linguagem acessível, de forma que incluísse as técnicas a serem utilizadas. O conjunto dessas técnicas constitui a metodologia empregada no mapeamento e envolve as seguintes etapas:

1.1. Leitura das imagens - as imagens contidas nos CD-ROMs foram traduzidas para o formato de leitura do SPRING (executado no módulo INPIMA, para gerar arquivos com extensão .grb), onde também se pode recortar a cena de forma que se trabalhe apenas com a área de interesse. Esse procedimento permite que os arquivos sejam reduzidos de tamanho para poupar espaço em disco rígido e tempo de processamento. A mesma operação faz-se necessária para que as imagens derivadas da digitalização de cartas topográficas ou náuticas sejam incorporadas ao projeto. Na falta de pontos coletados por receptores de GPS (*Global Positioning System*), essas cartas podem fornecer pontos de controle para o georreferenciamento das imagens.

1.2. Restauração das imagens - a resolução das imagens obtidas por sensores a bordo de satélites é degradada por diversas fontes, como

(DAP/MMA), the Remote Sensing Division (DSR/INPE), and the Image Processing Division (DPI/INPE). Training was important to assure a minimum standard of quality for the mapping and to verify the performance of the methodology in the various areas.

Below are described the digital image processing techniques included in the training and after that, the database model that allowed integration of the results of all the mappings.

1. Digital Image Processing

Images were used from the Landsat-5 TM, Landsat-7 ETM+, and HRV SPOT sensors that had sufficiently low cloud coverage to enable the reefs to be visualized. Other relevant information was obtained from nautical charts and topographic maps that were digitalized with a commercial scanner. Mapping was executed based on the visual interpretation of the colored compositions of bands 3, 2 and 1, which correspond to the wavelength intervals of the electromagnetic spectrum of red, green and blue, respectively. These bands were allocated to the red, green and blue channels so that the final visual result would be similar to the visual perception of the human eye.

Mapping of the reefs was done by the visual interpretation of the colored compositions, according to the experience acquired in mapping of the EPA of Costa dos Corais (Gherardi et al., 1999; Morelli, 2000; Braga & Gherardi, 2001). To visually interpret the images, it is desirable to maximize the spatial resolution and the contrast of the targets of interest, highlighting the high frequency signals such as linear features. With this in mind, a tutorial was prepared that enabled managers and technical staff to learn the basic procedures for drafting maps. It is important to underline that the tutorial was prepared with clear and simple language, in order to include the techniques to be used. The set of these techniques constitute the methodology used in the mapping and involves the following stages:

1.1. Reading images - the images contained in the CD-ROMs were converted to the SPRING format (within the INPIMA module for generating files with a .grb extension), where images can also be cropped, so as to only work with the area of interest. This procedure reduces the size of the files, saving hard disk space and processing time. The same operation is required for incorporating the scanned images of nautical charts and topographic maps. These charts and maps can provide control points for georeferencing the images, in the absence of points collected by the GPS (*Global Positioning System*) receivers.

1.2. Image Restoration - the resolution of images obtained from sensors onboard satellites becomes degraded for various reasons, such as optical diffraction, size of detector and electronic filtering. Consequently, the effective resolution is generally worse than the nominal resolution, which corresponds to the projection of the detector on the ground (Fonseca et al., 1993). With the use of restoration techniques it is possible not only to recover a degraded image, but also to generate images with improved effective spatial

difração óptica, tamanho do detector e filtragem eletrônica. Como consequência, a resolução efetiva é, em geral, pior que a resolução nominal, que corresponde à projeção do detector no terreno (Fonseca et al., 1993). Através de técnicas de restauração é possível, não só recuperar uma imagem degradada, mas também gerar imagens com melhor resolução espacial efetiva. O processo de escolha da resolução efetiva final depende do comportamento de cada cena, podendo assumir os valores de 20m, 15m, 10m e 5m. Em geral, a resolução efetiva que maximizou a relação sinal/ruído foi a de 15m para as imagens TM e ETM+, e de 10m para as imagens SPOT. As imagens obtidas mostraram maior realce de bordas e das feições lineares.

1.3. Filtragem das imagens - depois de restauradas, as imagens tendem a apresentar algum ruído de alta frequência que, embora não prejudique a interpretação visual, podem tornar-se inconvenientes ao serem aproximadas na tela do computador. Esse problema foi resolvido com a utilização de um filtro 3x3, semelhante a um filtro de passa-baixa-média (Romeu Simi Jr., com. pess.), aplicado sobre as imagens restauradas.

1.4. Registro das imagens - Para que as imagens de sensoriamento remoto tenham a precisão cartográfica, é necessário que essas imagens sejam corrigidas segundo algum sistema de coordenadas. Inicialmente, a correção geométrica procura remover os erros sistemáticos introduzidos na imagem durante a sua aquisição. Em seguida, um modelo polinomial registra a imagem, relacionando as coordenadas da imagem (linha, coluna) com as coordenadas de um sistema de referência. A relação entre os dois sistemas de coordenadas (mapa e imagem) pode ser calculada pela definição de pontos de controle no terreno, os quais podem ser coletados com um receptor de GPS. Finalmente, a transformação geométrica reamostra os valores de níveis de cinza da imagem original, de forma que os posicione dentro do sistema determinado no registro. A projeção utilizada em cada projeto individual foi a UTM, o datum horizontal escolhido foi o SAD 69, e o interpolador usado para a reamostragem foi o bilinear, que reduz o efeito de blocagem da imagem. O projeto que integra todos os mapeamentos utilizou-se da projeção polycônica, com o datum SAD 69, que é o mais adequado para mapeamento temático em escalas pequenas.

1.5. Mapeamento dos recifes - Inicialmente, definiu-se uma legenda que contemplasse os ambientes recifais identificáveis nas imagens de todas as UCs. A legenda foi acordada por todos os técnicos que participaram do *workshop* realizado em Tamandaré, Pernambuco, nas dependências do CEPENE/IBAMA, onde o trabalho desenvolvido foi apresentado por cada representante das Unidades de Conservação (UC), bem como as dificuldades enfrentadas e os resultados obtidos por eles. Naquela ocasião, foi definida uma legenda padronizada para o mapeamento das áreas recifais, com vistas a construir uma única base de dados com o sistema SPRING. Desse modo, foram feitos ajustes a essa legenda para tornar o mapeamento mais objetivo, com o agrupamento de temas que apresentassem alto grau de subjetividade na identificação. Essa legenda representa todo o espectro de temas efetivamente

resolution. The process of selecting the final effective resolution depends on each scene and can be 20m, 15m, 10m and 5m. As a rule, the effective resolution that maximized the signal/noise ratio was 15m for TM and ETM+ images, and 10m for SPOT images. The images obtained showed greater highlighting of edges and linear features.

1.3. Image Filtering - after restoration, images tend to have some high frequency noise that, although it doesn't interfere with visual interpretation, can become inconvenient when the image is enlarged on the computer screen. This problem was solved with the use of a 3x3 filter, similar to a low medium pass filter (Romeu Simi Jr., personal comm.), applied to the restored images.

1.4. Image Recording - in order to introduce cartographical precision into the remote sensing images it is necessary to correct these images according to some system of coordinates. Initially, the geometrical correction seeks to remove the systematic errors introduced when images are acquired. Then a polynomial model records the image, relating the image coordinates (row, column) to the coordinates of a reference system. The relation between the two systems of coordinates (map and image) can be calculated through the definition of control maps on the ground, which can be the points collected by a GPS receiver. Finally the geometrical transformation resamples the grey levels of the original image so as to position them within the system determined in the records. The projection used in each individual project was the UTM projection, SAD69 was the selected horizontal datum and bilinear interpolation was used for resampling, which reduces the blocking effect. The project that integrates all the mapping used the polyconic projection with the SAD69 datum, which is the most suitable for thematic mapping on small scales.

1.5. Reef Mapping - At first a legend was defined that included the reef environments identifiable in the images of all the conservation units. The legend was agreed to by all the technical staff who took part in the workshop held in Tamandaré/PE, at CEPENE/IBAMA, where each conservation unit representative presented the work developed, the difficulties encountered and the results obtained. On this occasion a standardized legend was defined for the mapping of reef areas, with the aim of building a single database with the SPRING system. In this way, adjustments were made to this legend to make the mapping more objective, grouping themes that presented a high degree of subjectivity in their identification. This legend represents the complete spectrum of the themes effectively identified in the visual interpretation of the images. It is for this reason that some themes are present in some maps but absent in others. Once the legend had been defined, we went to generate the polygons representing the themes that were relevant to each area, by using on-screen vectorial editing. Vectorial editing is the generation of lines around the geomorphologic elements that have been visually identified in the image, creating polygons that will be associated to a specific theme defined in the GIS. The result of this type of mapping allows not only to obtain maps of the reefs, but also to calculate the areas and perimeters of each mapped theme, as well

identificados na interpretação visual das imagens. Por isso, certos temas estarão presentes em alguns mapas, mas ausentes em outros. Com a legenda definida, procedeu-se à geração dos polígonos, que representam os temas pertinentes a cada área, por meio da edição vetorial em tela. A edição vetorial se traduz em geração de linhas em torno dos elementos geomorfológicos identificados visualmente nas imagens, onde cria polígonos que serão associados a um determinado tema definido no SIG. O resultado desse tipo de mapeamento permite não só obter os mapas dos recifes, mas também calcular as áreas e os perímetros de cada tema mapeado, bem como calcular a sua proporção dentro de cada UC ou, comparativamente, entre todas as UCs.

2. Modelagem do Banco de Dados

Cada unidade forneceu um arquivo digital devidamente georreferenciado, com o resultado da geomorfologia recifal conforme sua interpretação, além de outros dados, como limites, imagens processadas e descrição dessas UCs para compor a base de dados. Como não existe padronização de uma chave de identificação para as unidades de conservação, foi definida uma com o prefixo UC mais três dígitos com números sequenciais (veja tabela 2 a seguir).

Tabela/Table 2 - Nome e código das Ucs/Name and code of Conservation Units		
Unidades de Conservação/Áreas/Conservation Units/Areas		Código UC/UC Code
1. Rebio Atol das Rocas/Biological Reserve of Atol das Rocas		UC001
2. Parque Marinho Estadual do Parcel Manuel Luiz/ State Marine Park of Parcel do Manuel Luiz (MA), inclui os bancos Tarol e Alvaro/including the Tarol and Álvaro Banks		UC007
		UC008
		UC009
3. Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha/ National Marine Park of Fernando de Noronha		UC010
4. APA Costa dos Corais/EPA Costa dos Corais		UC004
5. Parque Municipal Marinho do Recife de Fora/ Municipal Marine Park of Recife de Fora (BA)		UC011
6. Reserva Extrativista Marinha do Corumbau/ Marine Extractive Reserve of Corumbau		UC005
7. Parque Nacional Marinho dos Abrolhos, inclui os recifes Timbebas/ National Marine Park of Abrolhos, includes the Timbebas reefs		UC002
		UC003
8. APA Estadual Ponta da Baleia/Abrolhos/ State EPA of Ponta da Baleia/Abrolhos (BA)		UC006
9. APA Estadual dos Recifes de Corais/State EPA of Recifes de Corais (RN)		UC013

Foi criado, no sistema SPRING, um banco de dados único, definido pela coordenação do projeto. Nesse banco, de nome “Recifes_BR”, foram definidos diversos projetos, sendo um para cada UC.

Todos os projetos referentes às áreas das UCs foram definidos em projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) e modelo da Terra SAD69; portanto, foram feitas algumas conversões quando necessário. O projeto, que englobou todas as unidades, foi definido em projeção polycônica e modelo da Terra SAD69. A Tabela 3 mostra os parâmetros utilizados na definição dos projetos.

as the percentage of each theme within each conservation unit, or in comparison to all conservation units.

2. Database Modeling

Each unit provided a duly georeferenced digital file with the results of their reef geomorphologic interpretation, in addition to other data such as limits, processed images and descriptions of their conservation units to complete the database. As there is no standardization of an identification key for the conservation units, one was defined with the prefix conservation unit plus three digits with sequential numbering (see table 2 below).

A single database, defined by the coordinators of the project, was created using the SPRING system. In this database, “Recifes_BR”, several projects were defined, one for each conservation unit.

All the projects related to the areas of the conservation units were defined in UTM projection and Earth model SAD69, and conversions were carried out when needed. The project that encompassed all the units was defined in polyconic projection and Earth model SAD69. Table 3 shows the parameters used in project definition.



Sterna fuscata

Tabela 3 - Lista das Unidades de Conservação e de seus atributos de localização geográfica /
Table 3 - List of Conservation Units with their geographical location data

Unidades de Conservação/ Conservation Units	Projeção/Projection Datum	Retângulo Envolvente/ Encompassing Rectangle
1. Rebio Atol das Rocas <i>Biological Reserve of Atol das Rocas</i>	UTM/SAD69	Lat1 : s 4° 0’ 0” Lat2 : s 3° 47’ 0” Long1 : w 34° 0’ 0” Long2 : w 33° 33’ 0”
2. Parque Estadual Marinho do Parcel do Manuel Luiz <i>State Marine Park of Parcel do Manuel Luiz</i>	UTM/SAD69	Lat1 : s 2° 4’ 42” Lat2 : s 0° 6’ 19” Long1 : w 45° 15’ 46” Long2 : w 43° 58’ 51”
3. Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha <i>National Marine Park of Fernando de Noronha</i>	UTM/SAD69	Lat1 : s 3° 58’ 0” Lat2 : s 3° 44’ 0” Long1 : w 32° 42’ 0” Long2 : w 32° 18’ 0”
4. APA Costa dos Corais <i>EPA of Costa dos Corais</i>	UTM/SAD69	Lat1 : s 10° 0’ 0” Lat2 : s 8° 40’ 0” Long1 : w 35° 45’ 0” Long2 : w 34° 40’ 0”
5. Parque Municipal Marinho do Recife de Fora <i>Municipal Marine Park of Recife de Fora</i>	UTM/SAD69	Lat1 : s 16° 27’ 0” Lat2 : s 16° 22’ 0” Long1 : w 39° 1’ 0” Long2 : w 38° 57’ 0”
6. Reserva Extrativista Marinha do Corumbau <i>Marine Extractive Reserve of Corumbau</i>	UTM/SAD69	Lat1 : s 17° 14’ 30” Lat2 : s 16° 42’ 0” Long1 : w 39° 14’ 0” Long2 : w 38° 57’ 0”
7. Parque Nacional Marinho dos Abrolhos e APA Estadual Ponta da Baleia/Abrolhos <i>National Marine Park of Abrolhos and State EPA of Ponta da Baleia/Abrolhos</i>	UTM/SAD69	Lat1 : s 18° 11’ 0” Lat2 : s 17° 19’ 0” Long1 : w 39° 30’ 0” Long2 : w 38° 31’ 0”
8. APA Estadual dos Recifes de Corais (Maracajaú-RN) <i>State EPA of Recifes de Corais</i>		Lat1 : s 5° 30’ 5.17’’ Lat2 : s 4° 58’ 55.31” Long1 : w 35° 31’ 7.45” Long2 : w 35° 8’ 53.64”
9. Projeto “Recifes_UCs” - litoral todo <i>Project “Recifes_UCs” - entire coast</i>	Polycônica/SAD69 <i>Polyconic</i>	Lat1 : s 19° 0’ 0” Lat2 : s 5° 0’ 0” Long1 : w 46° 30’ 0” Long2 : w 31° 0’ 0”

2.1. Padronização de Geomorfologia Recifal

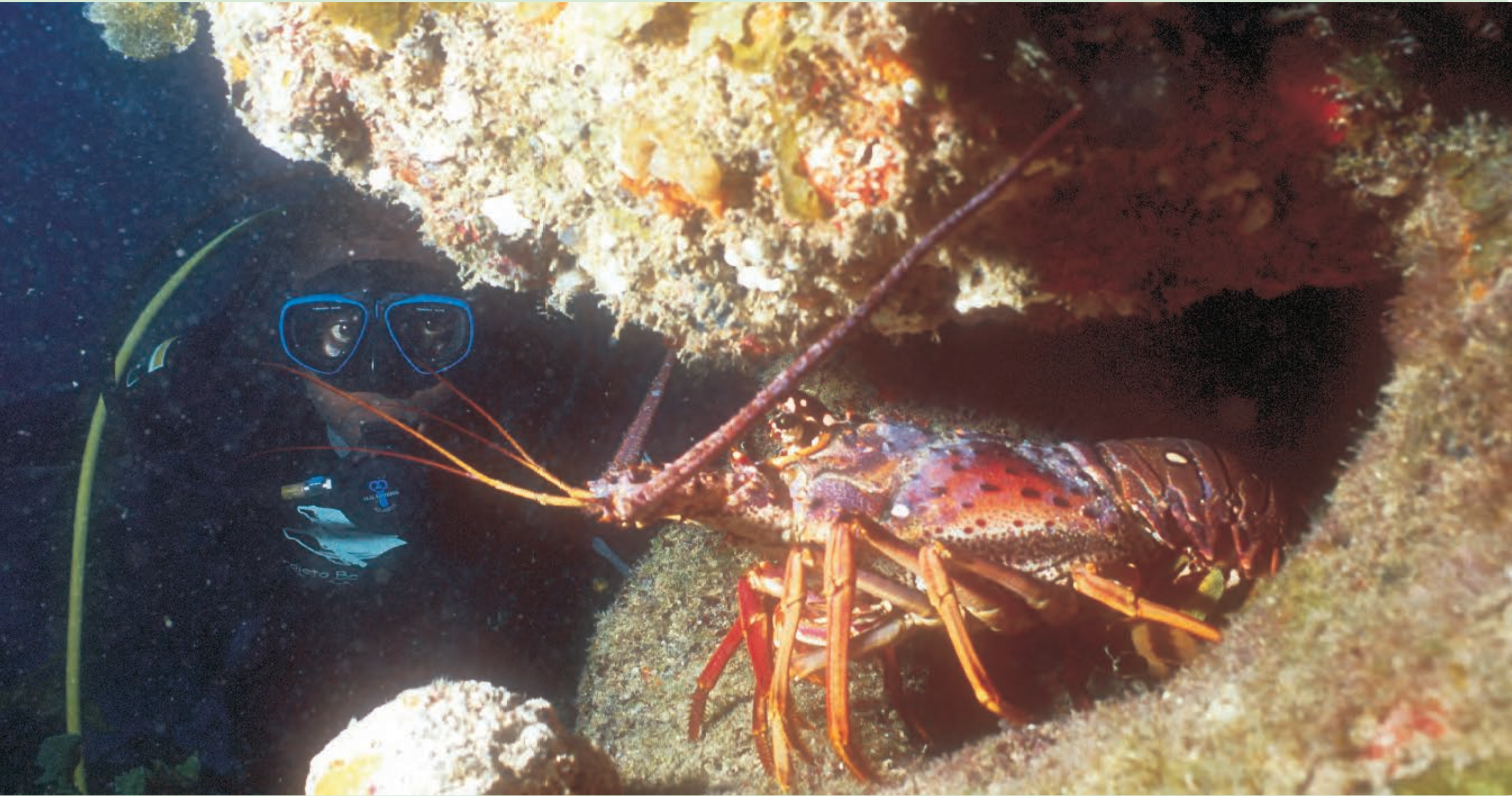
Para integração das informações no banco de dados criado no SPRING, foi necessário padronizar a legenda referente às interpretações da geomorfologia recifal. Assim, foi definido que a categoria temática do sistema deveria ter as seguintes classes:

- ✓ Recife Intermareal
- ✓ Recife Submerso
- ✓ Piscina
- ✓ Ilha
- ✓ Manguezal
- ✓ Areia sobre Recife
- ✓ Laje/Bloco
- ✓ Banco de Areia

2.1. Standardization of Reef Geomorphology

To integrate the information in the database created in SPRING, it was necessary to standardize the legend referring to the interpretation of reef geomorphology. Thus it was defined that the thematic category of the system should include the following classes:

- ✓ Intertidal Reef
- ✓ Submerged Reef
- ✓ Pool
- ✓ Island
- ✓ Mangrove
- ✓ Sand over Reef
- ✓ Ledge/Block
- ✓ Sandbank



Panulirus sp.