

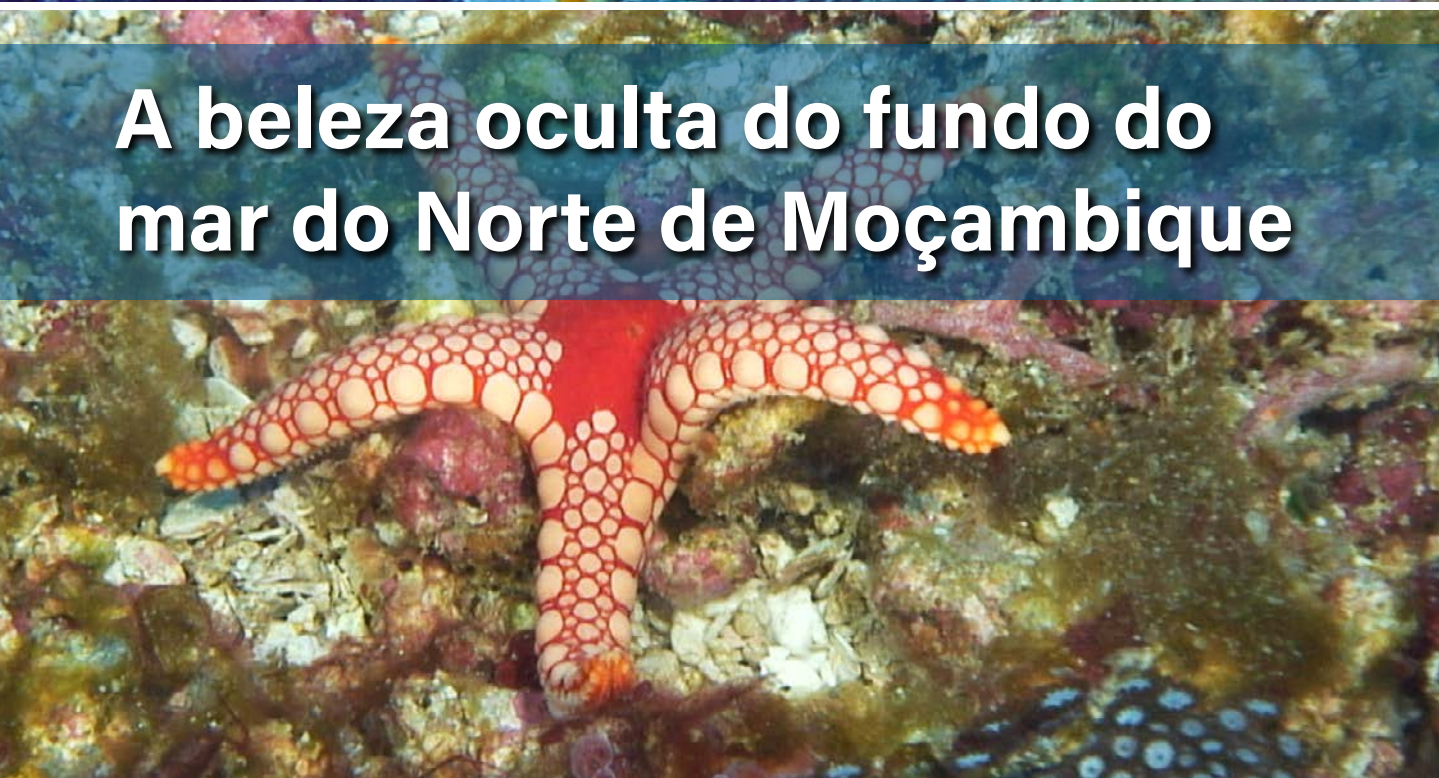


Food and Agriculture Organization
of the United Nations

Organização das Nações Unidas
para a Alimentação e a Agricultura

The hidden beauty of the northern Mozambique seafloor

A beleza oculta do fundo do mar do Norte de Moçambique



The background of the entire page is a composite of underwater photographs. At the top, a dark-colored fish with white stripes is visible. Below it, a sea snake with a white and brown patterned body is seen swimming. At the bottom, a large, reddish-orange crustacean, possibly a scud or amphipod, is shown. The overall color palette is light blue and green, with semi-transparent dark blue horizontal bands containing text.

The hidden beauty of the northern Mozambique seafloor

A beleza oculta do fundo do mar do Norte de Moçambique

**FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS
ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA**

Rome/Roma, 2023

Required citation/Citação obrigatória:

FAO. 2023. *The hidden beauty of the northern Mozambique seafloor/A beleza oculta do fundo do mar do Norte de Moçambique*. Rome/Roma. <https://doi.org/10.4060/cc9135b>

The designations employed and the presentation of material in this information product do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) concerning the legal or development status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. The mention of specific companies or products of manufacturers, whether or not these have been patented, does not imply that these have been endorsed or recommended by FAO in preference to others of a similar nature that are not mentioned.

As designações usadas e a apresentação do material neste produto de informação não implicam a expressão de qualquer opinião por parte da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) sobre o status legal, ou de desenvolvimento de qualquer país, território, cidade, área, ou sobre suas autoridades competentes, ou relativas à delimitação de suas fronteiras ou limites. A menção de empresas específicas ou produtos de fabricantes que tenham sido ou não patenteados, não implica que estas tenham o endosso, ou recomendação da FAO, em detrimento de outras de natureza similar que não tenham sido mencionadas.

ISBN 978-92-5-138477-0

© FAO, 2023



Some rights reserved. This work is made available under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 IGO licence (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/legalcode>).

Alguns direitos reservados. Este trabalho é oferecido sob a licença *Creative Commons* Atribuição-NãoComercial-Compartilhável 3.0 IGO (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/legalcode>).

Under the terms of this licence, this work may be copied, redistributed and adapted for non-commercial purposes, provided that the work is appropriately cited. In any use of this work, there should be no suggestion that FAO endorses any specific organization, products or services. The use of the FAO logo is not permitted. If the work is adapted, then it must be licensed under the same or equivalent Creative Commons licence. If a translation of this work is created, it must include the following disclaimer along with the required citation: “This translation was not created by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). FAO is not responsible for the content or accuracy of this translation. The original [Language] edition shall be the authoritative edition.”

Disputes arising under the licence that cannot be settled amicably will be resolved by mediation and arbitration as described in Article 8 of the licence except as otherwise provided herein. The applicable mediation rules will be the mediation rules of the World Intellectual Property Organization <http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules> and any arbitration will be conducted in accordance with the Arbitration Rules of the United Nations Commission on International Trade Law (UNCITRAL).

Third-party materials. Users wishing to reuse material from this work that is attributed to a third party, such as tables, figures or images, are responsible for determining whether permission is needed for that reuse and for obtaining permission from the copyright holder. The risk of claims resulting from infringement of any third-party-owned component in the work rests solely with the user.

Sales, rights and licensing. FAO information products are available on the FAO website (www.fao.org/publications) and can be purchased through publications-sales@fao.org. Requests for commercial use should be submitted via: www.fao.org/contact-us/licence-request. Queries regarding rights and licensing should be submitted to: copyright@fao.org.

De acordo com os termos desta licença, este trabalho poderá ser copiado, redistribuído e adaptado para fins não comerciais, desde que o trabalho seja devidamente citado. Em qualquer uso do trabalho, não deverá haver qualquer sugestão de que a FAO endosse qualquer organização, produto ou serviço específico. Não é permitido o uso do logotipo da FAO. Se o trabalho for adaptado, o mesmo deverá estar sob a mesma licença, ou outra equivalente da *Creative Commons*. Se o trabalho for traduzido, a tradução deverá incluir, juntamente com a citação obrigatória, o seguinte aviso: “Esta tradução não foi realizada pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO). A FAO não é responsável pelo conteúdo ou fidelidade da tradução. A versão [na Língua] original será a versão oficial.

Os litígios decorrentes da licença e não resolvidos amigavelmente serão solucionados por mediação e arbitragem, de acordo com o Artigo 8 da licença, salvo disposições em contrário expressas neste documento. As regras de mediação a serem aplicadas serão as da Organização Mundial da Propriedade Intelectual <http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules> e qualquer arbitragem deverá estar em conformidade com as Regras de Arbitragem da Comissão das Nações Unidas para o Direito Comercial Internacional (UNCITRAL).

Materiais de terceiros. Os usuários que reutilizem os materiais deste trabalho que tenham sido atribuídos a terceiros, tais como tabelas, ilustrações ou imagens, serão os responsáveis em determinar se uma autorização para tal reutilização é necessária e em obter a autorização do detentor dos direitos autorais. As possíveis demandas resultantes da violação de qualquer parte do trabalho que pertença a terceiros serão responsabilidade exclusiva do usuário.

Vendas, direitos e licenciamento. Os produtos de informação da FAO encontram-se no site da FAO (www.fao.org/publications). Podem ser adquiridos em: publications-sales@fao.org. Pedidos para uso comercial devem ser encaminhados para: www.fao.org/contact-us/licence-request. Envie consultas sobre direitos e licenciamento para: copyright@fao.org

Cover photos/Fotografias da capa: All cover and interior photographs courtesy of the Norwegian Institute of Marine Research (IMR) in Norway, unless otherwise stated. Todas as fotografias da capa e do interior são cortesia do Instituto Norueguês de Pesquisa Marinha (IMR) na Noruega, salvo indicação em contrário.

Contents

Acknowledgements	x
Executive summary	xi
1. Introduction	1
2. Shallow waters (20–100 metres): Coral reefs and estuaries along the coast and inner shelf	7
3. Continental shelf break (100–300 metres): From the continental shelf and out to the shelf break	23
4. Intermediate water depths (300–1 000 metres): Climbing down from the continental slope to the Bathyal	31
5. Deep sea (1000–2 000 metres): The cold, dark and deep Mozambique channel	41
6. St Lazarus Bank: From the deep sea to shallow tropical corals on the open ocean	49
7. Human impact: Pressures on the marine environment	63
8. Summary: Future perspectives on this understudied and rich area	71
9. References	73

Índice

Agradecimentos	x
Sumário executivo	xi
1. Introdução	75
2. Águas pouco profundas (20–100 metros): recifes de coral e estuários ao longo da costa e da plataforma continental média	81
3. Queda da plataforma continental (100–300 metros): Da plataforma continental ao talude continental	97
4. Zona de profundidades intermédias (300–1 000 metros): Descendo o talude continental até ao Batial	105
5. Mar profundo (1 000–2 000 metros): O canal de Moçambique, profundo, frio e escuro	115
6. Banco de S. Lázaro: Do mar profundo aos corais tropicais pouco profundos no oceano aberto	123
7. Impacto humano: Pressões sobre o ambiente marinho	137
8. Resumo: Perspectivas futuras nesta área pouco estudada e rica	145
9. Referências	147

Figures

Figure 1.1	Survey area showing the sampling site, with pictures from activity and observations (red dots on the map represent sampling stations)	1	Figure 2.24	The polyps of hard corals looking like flowers	17
Figure 1.2	The R/V <i>Dr. Fridtjof Nansen</i> research vessel, with its workboat	2	Figure 2.25	The coastal reefs host a rich fauna of soft corals (Octocorals)	18
Figure 1.3	The main ocean circulation patterns off the northern Mozambique Channel	3	Figure 2.26	A tube sponge (Porifera)	18
Figure 1.4	Vertical profile of (a) Temperature and Salinity and (b) Temperature and Oxygen diagram of the main water masses in northern Mozambique from the hydrographic data taken during the survey	3	Figure 2.27	A tube sponge (Porifera) surrounded by red and green algae	19
Figure 1.5	Origin of the main water masses and their rough trajectory into northern Mozambique	4	Figure 2.28	A sea cucumber, <i>Holothuria</i> sp.	19
Figure 1.6	Map of the survey area with survey track and sampling stations	4	Figure 2.29	The starfish <i>Fromia nodosa</i> (family Goniasteridae)	20
Figure 1.7	Scientific team on the R/V <i>Dr. Fridtjof Nansen</i> cruise 1.3 in Mozambique, 2018	6	Figure 2.30	Tunicates on the reefs and ridges	20
Figure 1.8	The Video Assisted Multi Sampler (VAMS), with examples from grab sample and observations in Mozambican waters	6	Figure 2.31	The rich fauna of the reefs	21
Figure 2.1	A map of the ROV stations in shallow waters; some are within national parks	7	Figure 2.32	The reef providing a wealth of different habitats for fish	21
Figure 2.2	Soft corals surrounded by shell sand	8	Figure 3.1	Map of the ROV stations on the continental break	23
Figure 2.3	A rich mix of coral species, in a variety of shapes and colours	8	Figure 3.2	The remnants of an old coral reef at the PEM 4 station	24
Figure 2.4	The organ pipe coral <i>Tubipora musica</i> with flower-like polyps	9	Figure 3.3	Rocks surrounded by gravely and sandy mud and a large amount of shell debris at the RUN 0 station, at 210 m	25
Figure 2.5	The "bubble coral" <i>Plerogyra sinuosa</i>	9	Figure 3.4	Two soft corals belonging to the family Nephtheidae	25
Figure 2.6	A soft coral of the genus <i>Cespitularia</i>	10	Figure 3.5	Species of hard coral	25
Figure 2.7	The hard coral <i>Acropora</i> cf. <i>cytherea</i>	10	Figure 3.6	A group of black corals and a yellow soft coral	26
Figure 2.8	The green tree coral <i>Tubastraea micranthus</i>	10	Figure 3.7	Hexactinellid sponges with interesting growth forms	26
Figure 2.9	The black coral <i>Cirrhopathes anguina</i>	10	Figure 3.8	Crustaceans moving around on the sea floor	27
Figure 2.10	Large starfishes encountered on the coral reef: <i>Choriaster granulatus</i> (top) and <i>Linckia</i> sp. (bottom)	11	Figure 3.9	Bristle worms (Polychaeta) in different shapes and sizes	27
Figure 2.11	The structure of coral reefs	11	Figure 3.10	Echinoderms discovered walking around on the rocks	27
Figure 2.12	A patch of sea whips, black corals, sea fans and sponges	12	Figure 3.11	Examples of fish observed on the sea floor	28
Figure 2.13	Sea whips	12	Figure 3.12	The shelf slope at 230 m, at the PEM 5 station	28
Figure 2.14	Sponges and feathery hydroids on the substrate	12	Figure 3.13	Crustaceans and a cuttlefish on the seafloor	29
Figure 2.15	Sea fan colonies	13	Figure 3.14	Inside the protected "Parque Nacional das Quirimbas" area at the PEM 7 station, at 300 m	29
Figure 2.16	A black coral (order Antipatharia)	13	Figure 4.0	The continental slope of Cabo Delgado is incised by several canyons	32
Figure 2.17	Colourful sponges	14	Figure 4.1	A sea pen, <i>Umbellula</i> sp. and a sea urchin <i>Phormosoma</i> sp. in the Pemba canyon	32
Figure 2.18	A "Barrel sponge"	14	Figure 4.2	At station RUN 2 at the continental slope of Ilha Rongui at a depth of 511 m	33
Figure 2.19	The hermit crab <i>Aniculus</i> sp and the stalk-eyed crab <i>Podophthalma</i> sp.	15	Figure 4.3	Sea urchins (<i>Phormosoma bursarium</i> and <i>Cidaris</i> sp.) and a starfish	33
Figure 2.20	Coarse shell sand and coral debris on top of the slope reef	15	Figure 4.4	A sea pen, <i>Chunella</i> sp. and the tongue-shaped sea pen <i>Echinoptilum echinatum</i> at station RUN 2 , situated in the deep sea	34
Figure 2.21	At the RUN station	16	Figure 4.5	Corals and sponges providing a home for many associated species on boulders	34
Figure 2.22	The coral <i>Trachyphyllia geoffroyi</i>	16	Figure 4.6	A white colony of the primnoid coral <i>Narella</i> sp.	35
Figure 2.23	Corals on the reef at the RUN station	17	Figure 4.7	Colourful fish <i>Chlorophthalmus</i> sp. and close to a rock, a larger cusk-eel (family Ophidiidae) on the seafloor	35
			Figure 4.8	Two spectacular deep-sea shrimps on the sediment	35

Figure 4.9	Rich life on boulders at the TUN 3 station outside Palma, at 750 m	36	Figure 6.11	In the transition between sand and the firm carpet made by incrusting organisms at the LAZ 8 station	56
Figure 4.10	Deep-sea species observed at the TUN 3 station	36	Figure 6.12	The upper slope of the St Lazarus Bank reef (35 m, 29 °C; LAZ 6)	56
Figure 4.11	Different species of corals at the TUN 3 station	37	Figure 6.13	Algae and soft corals on the bank at depths of 36 m (LAZ 6)	57
Figure 4.12	Three sea pens frequently found at the deep-sea TUN 3 station	37	Figure 6.14	A wealth of corals on the bank at the LAZ 6 station	57
Figure 4.13	Glass sponges <i>Hyalonema</i> sp. and an unidentified anemone	37	Figure 6.15	Beautiful corals on the bank at the LAZ 6 station including a ball-shaped hard coral <i>Astreopora</i> sp., and a brilliant red sea whip <i>Junceela</i> sp.	58
Figure 4.14	A well head at the RUN 1 station	38	Figure 6.16	The giant barrel sponge <i>Xestospongia</i> sp. at the LAZ 6 station	58
Figure 4.15	Ripple lines at the RUN 1 station	38	Figure 6.17	The laced moray, <i>Gymnotthorax favagineus</i> , guarding its home underneath a giant barrel sponge at the LAZ 6 station	59
Figure 4.16	A delicate <i>Cryosogorgia</i> colony hosting a tiny squat lobster between its branches	39	Figure 6.18	On top of St Lazarus Bank	59
Figure 4.17	The sea urchin <i>Phormosoma bursarium</i>	39	Figure 6.19	A club coral, <i>Pocillopora</i> sp. and a <i>Astreopora</i> sp. coral	60
Figure 4.18	Sea pen species <i>Pennatula</i> sp., <i>Virgularia</i> sp. and <i>Chunella</i> sp.	40	Figure 6.20	The seafloor on top of the bank (LAZ 7) covered by the brown algae <i>Padina boryana</i> .	61
Figure 4.19	A red shrimp and the smooth nylon shrimp <i>Heterocarpus laevigatus</i>	40	Figure 6.21	The coral hawkfish <i>Cirrhitichthys oxycephalus</i> among sponges and the cauliflower coral <i>Pocillopora damicornis</i> in the background	61
Figure 4.20	A white crab on the bacterial mat	40	Figure 6.22	An ornamented coffee-brown sponge that is relatively common on top of the bank at LAZ 7	61
Figure 4.21	A ghost shark <i>Chimaera</i> sp. and a cusk-eel <i>Ophidion</i> sp.	40	Figure 7.1	Coastline and islands of Cabo Delgado	65
Figure 5.0	Deep-sea depth zones	41	Figure 7.2	The vessel track and sampling stations in Pemba, St Lazarus Bank and Palma	65
Figure 5.1	Canyons off the coast of Mozambique	43	Figure 7.3	Plastic wrapping from household waste	66
Figure 5.2	Colourful rocks at the TUN 4 station	43	Figure 7.4	A drill site at a depth of 1934 m	66
Figure 5.3	A stalked glass sponge <i>Hyalonema</i> sp.	43	Figure 7.5	A drill site at a depth of 750 m	67
Figure 5.4	A sea urchin of the genus <i>Phormosoma</i>	44	Figure 7.6	Litter found in the vicinity of well locations and off Pemba	67
Figure 5.5	Starfish attacking the bamboo coral <i>Acanella</i> sp. at the TUN 4 station	44	Figure 7.7	Concentration of Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH 16) in the sediment at sampling stations, shown as proportional circles	68
Figure 5.6	Remarkable deep-sea fishes seen at the TUN 4 station	45	Figure 7.8	Levels of Barium (Ba) from the sample stations, represented by proportional circles	68
Figure 5.7	Anemones and sea cucumbers at the TUN 5 station, at 1 275 m	45	Figure 7.9	Microplastic particles in surface water	69
Figure 5.8	Hermit crabs hiding from predators in the house of a dead snail	46	Figure 7.10	A local fishing boat from a village in Cabo Delgado	69
Figure 5.9	A large smooth nylon shrimp <i>Heterocarpus laevigatus</i> at the LAZ 9 station, at 1 750 m	46			
Figure 5.10	Burrows and tunnels in the deep sea	47			
Figure 5.11	White bacterial mats with a Siboglinidae (Polychaete) community at the MET 3 station, 1 935 m	47			
Figure 5.12	Bacteria in the polychaeta community	48			
Figure 6.1	Positions of the St Lazarus Bank seamount and ROV stations in the area	49			
Figure 6.2	At the beginning of the long ROV dive (LAZ 5) on the slope of St Lazarus Bank seamount	51			
Figure 6.3	Sea fans and sponges at the LAZ 5 station	52			
Figure 6.4	Octocorals in the bedrock landscape at the LAZ 5 station	52			
Figure 6.5	Crustaceans on the mixed bottom at the LAZ 5 station	53			
Figure 6.6	Soft coral colonies at the LAZ 5 station	53			
Figure 6.7	The slopes of St Lazarus Bank (LAZ 8) at 86 to 74 m (27.1 °C)	54			
Figure 6.8	The seafloor at station LAZ 8	54			
Figure 6.9	A starfish <i>Fromia</i> sp. and the a sea cucumber <i>Holothuria</i> sp. at the LAZ 8 station	55			
Figure 6.10	The rich community at the LAZ 8 station	55			

Boxes

Box 1	Key biodiversity areas	5
Box 2	Coral reefs	9
Box 3	“Ocean sunset”	24
Box 4	“Submarine canyons”	32
Box 5	Deep-sea depth zones	41
Box 6	Seamounts	49

Figuras

Figura 1.1	Área do cruzeiro de investigação mostrando os locais de amostragem, com fotos das atividades e observações (os pontos vermelhos no mapa representam as estações de amostragem)	75	Figura 2.18	A esponja barril	88
Figura 1.2	O navio de investigação <i>Dr. Fridtjof Nansen</i> , com a sua embarcação auxiliar de trabalho	76	Figura 2.19	O caranguejo eremita <i>Aniculus</i> sp. e o caranguejo <i>Podophthalma</i> sp.	89
Figura 1.3	Principal circulação oceânica ao largo da costa Norte de Moçambique	77	Figura 2.20	Areia grossa de restos de conchas e fragmentos de coral no topo da encosta do recife	89
Figura 1.4	Diagrama do perfil vertical característico de (a) Temperatura-Salinidade e (b) Temperatura-Oxigénio das principais massas de água no Norte de Moçambique das estações de amostragem durante o cruzeiro de investigação	77	Figura 2.21	Na estação RUN	90
Figura 1.5	Origem das principais massas de água e suas trajetórias aproximadas para o Norte de Moçambique	78	Figura 2.22	O coral cérebro aberto <i>Trachyphyllia geoffroyi</i>	90
Figura 1.6	Mapa da área do cruzeiro de investigação com o trajeto do navio e as estações de amostragem	78	Figura 2.23	Corais no recife da estação RUN	91
Figura 1.7	A equipa científica do cruzeiro 1.3 no navio de investigação <i>Dr. Fridtjof Nansen</i> em Moçambique, 2018	80	Figura 2.24	Os pólipos de corais duros parecendo flores	91
Figura 1.8	O amostrador múltiplo assistido por vídeo (VAMS), com exemplos de amostras recolhidas e observações efectuadas em águas Moçambicanas	80	Figura 2.25	Os recifes costeiros abrigam uma exuberante fauna de corais moles (Octocorais)	92
Figura 2.1	Mapa das estações de amostragem do ROV em águas pouco profundas; algumas estações encontram-se dentro de parques nacionais	81	Figura 2.26	A esponja tubular (Porifera)	92
Figura 2.2	Corais moles rodeados por areia de conchas	82	Figura 2.27	A esponja tubular (Porifera) rodeada por algas vermelhas e verdes	93
Figura 2.3	Uma mistura rica em espécies de corais, com uma grande diversidade de formas e cores	82	Figura 2.28	O pepino do mar <i>Holothuria</i> sp.	93
Figura 2.4	O coral órgão de tubos <i>Tubipora musica</i> com pólipos em forma de flor	83	Figura 2.29	A estrela do mar nodulada <i>Fromia nodosa</i> (família Goniasteridae)	94
Figura 2.5	O coral-bolha <i>Plerogyra sinuosa</i>	83	Figura 2.30	Tunicados nos recifes e cristas submarinas	94
Figura 2.6	Um coral mole do género <i>Cespitularia</i>	84	Figura 2.31	A exuberante fauna dos recifes	95
Figura 2.7	O coral duro <i>Acropora</i> cf. <i>cytherea</i>	84	Figura 2.32	O recife providenciando aos peixes uma quantidade de habitats diferentes	95
Figura 2.8	O coral sol negro <i>Tubastraea micranthus</i>	84	Figura 3.1	Mapa das estações de ROV na zona do talude continental superior	97
Figura 2.9	O coral negro chicote do mar <i>Cirrhopathes anguina</i>	84	Figura 3.2	Os restos de um antigo recife de coral na estação PEM 4	98
Figura 2.10	Grandes estrelas do mar encontradas no recife de coral: <i>Choriaster granulatus</i> (imagem superior) e <i>Linckia</i> sp. (imagem inferior)	85	Figura 3.3	Rochas rodeadas por lama com areia e cascalho e uma grande quantidade de restos de conchas na estação RUN 0 , a 210 m de profundidade	99
Figura 2.11	A estrutura dos recifes de corais	85	Figura 3.4	Dois corais moles pertencentes à família Nephtheidae	99
Figura 2.12	Uma mancha de chicotes do mar, corais negros, gorgónias e esponjas	86	Figura 3.5	Espécies de corais duros	99
Figura 2.13	Corais chicotes do mar	86	Figura 3.6	Um grupo de corais negros e um coral mole amarelo	100
Figura 2.14	Esponjas e penas do mar (hidróides) no substrato	86	Figura 3.7	Esponjas Hexactinellida com formas interessantes	100
Figura 2.15	Colónias de gorgónias	87	Figura 3.8	Crustáceos movendo-se no fundo do mar	101
Figura 2.16	Um coral negro (order Antipatharia)	87	Figura 3.9	Vermes-de-cerdas (Polychaeta) com formas e tamanhos diferentes	101
Figura 2.17	Esponjas coloridas	88	Figura 3.10	Equinodermes descobertos a vaguear nas rochas	101
			Figura 3.11	Exemplos de peixes observados no fundo do mar	102
			Figura 3.12	O talude continental a 230 m de profundidade, na estação PEM 5	102
			Figura 3.13	Crustáceos e um choco no fundo do mar	103
			Figura 3.14	Dentro da área protegida do "Parque Nacional das Quirimbas" na estação PEM 7 , a 300 m de profundidade	103
			Figura 4.0	O talude continental de Cabo Delgado é recortado por vários canhões	106
			Figura 4.1	O coral caneta do mar <i>Umbellula</i> sp. e um ouriço do mar <i>Phormosoma</i> sp. no Canhão de Pemba	106
			Figura 4.2	Na estação RUN 2 no talude continental da Ilha Rongui a 511 m de profundidade	107
			Figura 4.3	Ouriços do mar (<i>Phormosoma bursarium</i> e <i>Cidaris</i> sp.) e uma estrela do mar	107

Figura 4.4	O coral caneta do mar <i>Chunella</i> sp. e o <i>Echinoptilum echinatum</i> em forma de língua na estação RUN 2 , situada no mar profundo	108	Figura 6.1	Localização do monte submarino Banco de S. Lázaro e das estações do ROV na área	123
Figura 4.5	Os corais e as esponjas nos rochedos fornecem abrigo para muitas espécies associadas	108	Figura 6.2	O início do longo mergulho do ROV (LAZ 5) na encosta do monte submarino Banco de S Lázaro	125
Figura 4.6	Uma colónia branca do coral primnoide <i>Narella</i> sp.	109	Figura 6.3	Gorgónias e esponjas na estação LAZ 5	126
Figura 4.7	O peixe colorido <i>Chlorophthalmus</i> sp. e, ao lado de uma rocha, uma grande abrótea (família Ophidiidae) no fundo do mar	109	Figura 6.4	Octocorais na paisagem rochosa da estação LAZ 5	126
Figura 4.8	Duas espetaculares gambas de profundidade no sedimento	109	Figura 6.5	Crustáceos no fundo misto na estação LAZ 5	127
Figura 4.9	Vida exuberante no substrato rochoso da estação TUN 3 ao largo de Palma, a 750 m de profundidade	110	Figura 6.6	Colónias de corais moles na estação LAZ 5	127
Figura 4.10	Espécies de águas profundas observadas na estação TUN 3	110	Figura 6.7	As encostas do Banco de S. Lázaro (LAZ 8) a profundidades de 86 a 74 m (27.1 °C)	128
Figura 4.11	Diferentes espécies de corais na estação TUN 3	111	Figura 6.8	O fundo do mar na estação LAZ 8	128
Figura 4.12	Três corais canetas do mar encontradas frequentemente na estação do mar profundo TUN 3	111	Figura 6.9	A estrela do mar <i>Fromia</i> sp. e o pepino do mar <i>Holothuria</i> sp. na estação LAZ 8	129
Figura 4.13	As esponjas de vidro <i>Hyalonema</i> sp. e uma anémone não identificada	111	Figura 6.10	A rica comunidade na estação LAZ 8	129
Figura 4.14	Uma cabeça de poço na estação RUN 1	112	Figura 6.11	Na transição entre a areia e o tapete firme composto por organismos incrustantes na estação LAZ 8	130
Figura 4.15	Fundo ondulado na estação RUN 1	112	Figura 6.12	A vertente superior do recife do Banco de S. Lázaro (35 m, 29 °C; LAZ 6)	130
Figura 4.16	Uma delicada colónia de <i>Crysogorgia</i> sp., hospedando um minúsculo lagostim nos seus ramos	113	Figura 6.13	Algas e corais moles no Banco a 36 m de profundidade (LAZ 6)	131
Figura 4.17	O ouriço do mar <i>Phormosoma bursarium</i>	113	Figura 6.14	A abundante riqueza de corais no Banco na estação LAZ 6	131
Figura 4.18	As espécies de corais canetas do-mar <i>Pennatula</i> sp., <i>Virgularia</i> sp. e <i>Chunella</i> sp.	114	Figura 6.15	Os belos corais do Banco na estação LAZ 6 , incluindo o coral duro em forma de bola <i>Astreopora</i> sp., e o coral chicote do mar vermelho brilhante <i>Junceela</i> sp.	132
Figura 4.19	A gamba vermelha e a gamba nylon lisa <i>Heterocarpus laevigatus</i>	114	Figura 6.16	A esponja-barril-gigante <i>Xestospongia</i> sp. na estação LAZ 6	132
Figura 4.20	Um caranguejo branco no tapete bacteriano	114	Figura 6.17	Uma moreia faveira, <i>Gymnotthorax favagineus</i> , guardando a toca debaixo de uma esponja barril gigante na estação LAZ 6	133
Figura 4.21	A químera <i>Chimaera</i> sp. e a abrótea <i>Ophidion</i> sp.	114	Figura 6.18	No topo do Banco de S. Lázaro	133
Figura 5.0	Zonas de profundidade do mar profundo	115	Figura 6.19	O coral couve flor <i>Pocillopora</i> sp. e o coral <i>Astreopora</i> sp.	134
Figura 5.1	Canhões submarinos ao largo da costa de Moçambique	117	Figura 6.20	O fundo do mar no topo do Banco na estação LAZ 7 coberto pela alga castanha <i>Padina boryana</i>	135
Figura 5.2	Rochas coloridas na estação TUN 4	117	Figura 6.21	O peixe falcão manchado <i>Cirrhitichthys oxycephalus</i> entre as esponjas e o coral couve flor <i>Pocillopora damicornis</i> no plano de fundo	135
Figura 5.3	A esponja de vidro pedunculada <i>Hyalonema</i> sp.	117	Figura 6.22	Uma esponja castanha café ornamentada, relativamente comum no topo do Banco na estação LAZ 7	135
Figura 5.4	Um ouriço do mar do género <i>Phormosoma</i>	118	Figura 7.1	A linha do litoral e as ilhas de Cabo Delgado	139
Figura 5.5	Uma estrela do mar atacando o coral-bambu <i>Acanella</i> sp. na estação TUN 4	118	Figura 7.2	O trajeto do navio de investigação e as estações de amostragem em Pemba, no Banco de S. Lázaro e em Palma	139
Figura 5.6	Notáveis peixes de profundidade observados na estação TUN 4	119	Figura 7.3	Embalagens plásticas de lixo doméstico	140
Figura 5.7	Anémonas e pepinos do mar na estação TUN 5 , a 1 275 m de profundidade	119	Figura 7.4	Um local de perfuração a uma profundidade de 1 934 m	140
Figura 5.8	Caranguejos eremitas escondendo se dos predadores na concha de gastrópodes mortos	120	Figura 7.5	Um local de perfuração a uma profundidade de 750 m	141
Figura 5.9	A grande gamba nylon lisa de profundidade <i>Heterocarpus laevigatus</i> na estação LAZ 9 , a 1 750 m de profundidade	120	Figura 7.6	Lixo encontrado nas proximidades dos locais dos poços e ao largo de Pemba	141
Figura 5.10	Tocas e túneis no mar profundo	121	Figura 7.7	Concentração de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH 16) no sedimento nas estações de amostragem, representada através de círculos proporcionais	142
Figura 5.11	Tapetes bacterianos brancos numa comunidade de Siboglinidae (Polychaeta) na estação MET 3 , a 1 935 m de profundidade	121			
Figura 5.12	Bactérias na comunidade de poliquetas	122			

Figura 7.8	Níveis de Bário (Ba) das estações de amostragem, representados por círculos proporcionais	142
Figura 7.9	Partículas de microplástico nas águas superficiais	143
Figura 7.10	Uma embarcação de pesca local de uma aldeia de Cabo Delgado	143

Caixas

Caixa 1	Áreas-Chave para a Biodiversidade	79
Caixa 2	Recifes de coral	83
Caixa 3	“Pôr-do-sol no oceano”	98
Caixa 4	“Canhões submarinos”	106
Caixa 5	Zonas de profundidade do mar profundo	115
Caixa 6	Montes submarinos	123

Contributors

Paula Santana Afonso

Instituto Nacional de Desenvolvimento de Pesca e Aquacultura, Maputo
Mozambique

Lene Buhl-Mortensen

Institute of Marine Research
Norway

Bernardino S. Malauene

Instituto Oceanográfico de Moçambique, Maputo, Mozambique, and
Nelson Mandela University, Gqeberha
South Africa

Bibiana Nassongole

Universidade Lúrio, Pemba
Mozambique

Bjørn Serigstad

Institute of Marine Research
Norway

Erwan Sola

Wildlife Conservation Society, Maputo
Mozambique

Carlota Amoda

Instituto Oceanográfico de Moçambique, Maputo
Mozambique

Contribuidores

Paula Santana Afonso

Instituto Nacional de Desenvolvimento de Pesca e Aquacultura, Maputo
Moçambique

Lene Buhl-Mortensen

Instituto de Investigação Marinha
Noruega

Bernardino S. Malauene

Instituto Oceanográfico de Moçambique, Maputo, Moçambique, e
Universidade Nelson Mandela, Gqeberha
África do Sul

Bibiana Nassongole

Universidade Lúrio, Pemba
Moçambique

Bjørn Serigstad

Instituto de Investigação Marinha
Noruega

Erwan Sola

Sociedade de Conservação da Vida Selvagem, Maputo
Moçambique

Carlota Amoda

Instituto Oceanográfico de Moçambique, Maputo
Moçambique

Acknowledgements

The authors are grateful for the support of the many individuals and organizations that have contributed to this book. First and foremost, we would like to thank the following government agencies and institutions for implementing the Marine Environmental Baseline and Habitat Characterization survey in northern Mozambique in 2018: the Norwegian Agency for Development Cooperation (Norad), the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), the Norwegian Institute of Marine Research (IMR), the Government of the Republic of Mozambique through the Ministry of the Sea, Inland Waters and Fisheries (MIMAIP) and the Mozambique Oceanographic Institute (InOM, formerly Fisheries Research Institute). We would also like to thank the EAF-Nansen Programme of FAO and Norad for providing the research vessel *Dr. Fridtjof Nansen*, and extend our gratitude and appreciation to the officers, crew and scientific team that took part in the expedition. In addition, we are grateful to the National Institute of Fish Inspection (INIP), the National Fisheries Administration (ADNAP), the National Environmental Agency

(AQUA), the National Institute of Petroleum (INP), Eduardo Mondlane University, Chemistry Department (UEM-DQ), and the University of Lúrio (UniLurio) for supporting the survey with information and participation. Thanks to the VAMS operators and technicians from Argus Remote Systems, Bergen, Norway for making it possible to do underwater video recordings and sampling. Finally, we acknowledge the information provided by the petroleum industry during the planning and post-survey meetings, specifically the Mozambican National Hydrocarbons Company (ENH), ANADARKO (currently TOTAL) and ENI. Four people were selected to review this book based on their different fields of expertise; to them we extend our warmest thanks, as well as to Kjell Bakkeplass at IMR, who provided some of the maps. The list of people who have helped the authors in different ways is long. To those not mentioned here by name, know that you have our sincere gratitude for helping this book come to life.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio dos muitos indivíduos e organizações que contribuíram para este livro. Em primeiro lugar, gostaríamos de agradecer às seguintes agências e instituições governamentais pela execução do levantamento da Linha de Base do Ambiente Marinho e Caracterização de Habitats no Norte de Moçambique em 2018: a Agência Norueguesa de Cooperação para o Desenvolvimento (Norad, Norwegian Agency for Development Cooperation), a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, Food and Agriculture Organization), o Instituto Norueguês de Investigação Marinha (IMR, Institute of Marine Research), o Governo da República de Moçambique através do Ministério do Mar, Águas Interiores e Pescas (MIMAIP) e o Instituto Oceanográfico de Moçambique (InOM, anteriormente Instituto de Investigação Pesqueira, IIP).

Também gostaríamos de agradecer ao Programa EAF-Nansen da FAO e à Norad por disponibilizar o navio de investigação *Dr. Fridtjof Nansen*, e estender a nossa gratidão e apreço aos oficiais, tripulação e à equipa científica que participaram da expedição. Além disso, agradecemos ao Instituto Nacional de Inspeção do Pescado (INIP), à Administração Nacional das Pescas (ADNAP), à Agência Nacional para o Controlo da Qualidade Ambiental

(AQUA), ao Instituto Nacional do Petróleo (INP), ao Departamento de Química da Universidade Eduardo Mondlane (UEM-DQ) e à Universidade Lúrio (UniLurio) pelo seu apoio ao levantamento, fornecendo informações e participando directamente no estudo. Obrigado aos operadores e técnicos de VAMS da Argus Remote Systems de Bergen na Noruega por tornarem possível realizar amostragem e gravação de vídeo subaquáticos. Finalmente, agradecemos a informação prestada pela indústria petrolífera durante as reuniões de planeamento e pós-inquérito, nomeadamente a Empresa Nacional de Hidrocarbonetos de Moçambique (ENH, EP), ANADARKO (actualmente TOTAL) e ENI.

Foram seleccionadas quatro pessoas para efetuar a revisão deste livro tendo em conta as suas diferentes áreas de especialização; a todas elas, estendemos os nossos mais calorosos agradecimentos, bem como a Kjell Bakkeplass, do IMR, que forneceu alguns dos mapas. A lista de pessoas que ajudaram os autores de modos diferentes é longa. Aos que não foram mencionados aqui pelo nome, saibam que têm a nossa mais sincera gratidão por ajudarem este livro a ganhar vida.

Executive summary

The waters off northern Mozambique host some of the jewels of the Indian Ocean. With more than 2 800 km of coastline, Mozambique is home to a vast and diverse range of marine life which thrives in a variety of coastal and marine habitats.

Yet the area is largely understudied, and its unique ecosystems are at risk from natural and anthropogenic factors. With many of its resources still unknown, rare species could disappear before they have even been discovered.

In 2018, the state-of-the-art research vessel *Dr. Fridtjof Nansen* of the EAF-Nansen Programme conducted a survey of the waters off the coast of northern Mozambique, using its advanced technology and equipment to collect data and information on the resources in the area. The expedition provided a great opportunity to bring this ocean area to the attention of scientists and ocean enthusiasts, both to increase knowledge of its beauty and raise awareness of the challenges it faces.

Using the findings from the research survey, this book will take you on a journey through the marine landscape. You will learn about the diversity of its unique and beautiful fauna, as well as

signs of human impacts on the habitats and species of the Cabo Delgado province.

The book covers depths from the shallow (20 m) and warm (29 °C) blue tropical waters close to the surface, to the mid-oceanic seamounts surrounded by crystal-clear waters, to the deep (2 000 m), cold (3 °C) and dark waters found at the bottom of the ocean. Furthermore, thanks to the use of video technology, this is the first time that the country's seascape can be studied at such great depths, which are unreachable for human divers.

Following an introduction in Chapter 1, Chapter 2 presents the shallow and colourful reefs that have become a paradise for scuba divers. From Chapter 3 to Chapter 4, the focus is on the continental shelf and slope, followed by a descent into the cold and dark deep-sea plain in Chapter 5. Thereafter, Chapter 6 climbs the St Lazarus Bank seamount, exploring the water masses of the Red Sea and the Antarctic, as well as taking time to observe the deep sea and methane seeps, both of which host specially adapted fauna. Chapter 7 focuses on pollutants and marine litter, before Chapter 8 offers an outlook for the future and some hopes for the region.

Sumário executivo

As águas do Norte de Moçambique albergam algumas das jóias do Oceano Índico. Com mais de 2 800 km de linha de costa, Moçambique é o lar de uma vasta e diversificada gama de vida marinha que prospera numa variedade de habitats costeiros e marinhos.

No entanto, a área é muito pouco estudada e os seus ecossistemas únicos encontram-se em risco devido a fatores naturais e antropogênicos. Com muitos dos seus recursos ainda desconhecidos, espécies raras poderiam desaparecer mesmo antes de serem descobertas.

Em 2018, o navio de investigação de última geração *Dr. Fridtjof Nansen* do Programa EAF-Nansen realizou um levantamento científico das águas ao largo da costa Norte de Moçambique, usando a sua tecnologia e equipamentos avançados para recolher dados e informações sobre os recursos na área. A expedição proporcionou uma grande oportunidade para chamar a atenção de cientistas e entusiastas do oceano para esta região oceânica, tanto para aumentar o conhecimento sobre a sua beleza quanto para sensibilizar para os desafios que esta enfrenta.

Usando os resultados obtidos durante o cruzeiro de investigação, este livro irá levá-lo numa viagem pela paisagem marinha. Irá aprender sobre a diversidade da sua fauna única e bela, assim como sobre os sinais dos impactos humanos nos habitats e espécies da província de Cabo Delgado.

O livro abrange profundidades que vão desde as águas azuis tropicais pouco profundas (20 m) e quentes (29 °C), próximas da superfície, passando pelos montes submarinos no meio do oceano rodeados por águas cristalinas, até às águas profundas (2 000 m), frias (3 °C) e escuras que se encontram no fundo do oceano. Além disso, graças ao uso da tecnologia de vídeo, esta é a primeira vez que a paisagem marítima do país pode ser estudada em tão grandes profundidades, inacessíveis a mergulhadores humanos.

Após uma introdução no Capítulo 1, o Capítulo 2 apresenta os recifes coralinos coloridos de baixas profundidades que se tornaram um paraíso para os mergulhadores recreativos. Do Capítulo 3 ao Capítulo 4, o foco centra-se na plataforma continental e no talude continental, seguidos por uma descida para a fria e escura planície abissal no Capítulo 5. Depois disso, o Capítulo 6 sobe o monte submarino do Banco de S. Lázaro, explorando as massas de água do Mar Vermelho e do Antártico, dedicando algum tempo para observar o mar profundo e as fossas de metano, ambos albergando fauna especialmente adaptada. O Capítulo 7 debruça-se sobre os poluentes e o lixo marinho, seguido pelo Capítulo 8 que oferece uma perspectiva para o futuro e algumas esperanças para a região.

1

Introduction

The Cabo Delgado province, located in northern Mozambique, hosts a particularly well-preserved coastline with unique marine habitats, including submarine canyons and seamounts. These habitats support a significant diversity of marine life, which ranges from rich coral reefs and associated fish communities to marine megafauna such as sea turtles, sharks, dolphins, and whales. In the central part of Cabo Delgado, the Quirimbas National Park established in 2002 provides protection against major encroachments on nature.

In the Mozambican Rovuma Basin off the country's northern coast, large recoverable and profitable natural gas resources were discovered between 2010 and 2014. Massive coastal development has already begun, with the planning and construction of production facilities offshore, pipelines from gas fields to land, a large onshore liquefied natural gas (LNG) facility, as well as an offshore floating liquefied natural gas (FLNG) plant. The Coral South floating LNG plant started producing and exporting in 2022. These projects are in addition to the associated heavy infrastructure, both on land and at sea. The industrial development in this area represents a major opportunity for Mozambique, but also poses a threat to this unique coastal and marine environment. Increasing knowledge of the marine habitats and associated life in this area, as well as a national plan for environmental monitoring, are therefore becoming vital.

To provide a baseline for environmental monitoring, in 2018 the *Dr. Fridtjof Nansen* research vessel conducted a two-week scientific survey to document the seafloor ecosystems off the coast of northern Mozambique (Figure 1.1 and Figure 1.2) as part of the EAF-Nansen Programme, with support from the Mozambique Government. The survey resulted in a wealth of samples and video records that uncovered the marine environment, seascape, and sea life at depths from 20 to 2 000 metres, in areas where knowledge of the marine world below scuba diving depths was once extremely poor. The richness, beauty and vulnerability of the ecosystems encountered was breathtaking, and many new and unexpected observations were made. The survey provided much-needed information to manage the emerging industrial activities in northern Mozambique, but also to increase public awareness of the ecosystems that are present in the area and their vulnerability.

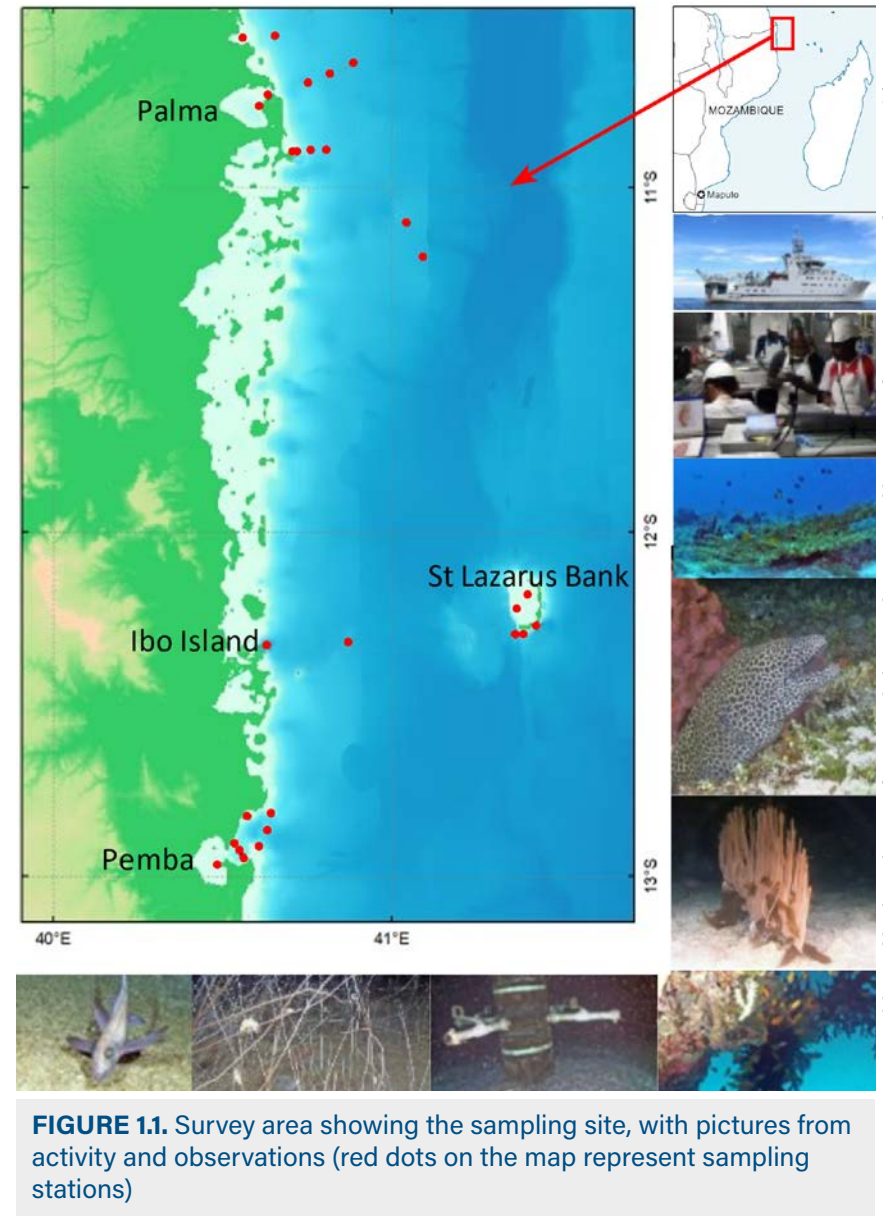


FIGURE 1.1. Survey area showing the sampling site, with pictures from activity and observations (red dots on the map represent sampling stations)

Source: Elaborated by the authors, conforming with the United Nations world map. United Nations Geospatial. 2020. Map of the World. Cited 28 November 2023. www.un.org/geospatial/file/3420/download?token=TUP4yDmF

This book was produced to share the new and exciting knowledge of the seafloor and its inhabitants which emerged from the research expedition. Aimed at anyone with an interest and love for the sea and marine life, over the course of its eight chapters it progresses in the same way as a diving expedition. Starting in shallow waters dominated by sunlight – full of colourful reefs and organisms, and a blue paradise for scuba divers – it gradually makes its way deeper, to the dark and cold seafloor where light is totally absent, and life very limited. Thereafter, it climbs up the distant and remote St Lazarus Bank seamount, which stands in rich, crystal-clear waters far from the country's coastline, and hosts a wealth of marine life. On this journey, the reader will also visit low-oxygen environments, which are home to specially adapted fauna. The final chapters focus on the human influence on the bottom seascape, including the presence of marine litter, and outlines some future hopes for the region.

We hope that this book will enable you to enjoy the breath-taking beauty and variety of the area's marine fauna as much as the expedition crew did, as you relive their immersion in the clear and rich waters of northern Mozambique.

Geology

The present-day coast of the northern Mozambique Channel was formed 182 million years ago during the breakup of the Gondwana supercontinent, with the separation from East Africa of what later became Madagascar, India and Sri Lanka. The initial east-west movement broke up the continental margins behind, which led to the formation of numerous submarine canyons in the region. The subsequent southward movement of East Gondwana, when Madagascar separated from what are now Kenya and the United Republic of Tanzania, opened the northern Mozambique Channel. This gave birth to the narrow, long and sloping "Davie Ridge", whose complex and beautiful underwater seascape includes several volcanic seamounts, one of which is St Lazarus Bank. In the northern part of the ridge, a flat sedimentary area forms the Rovuma basin, a topographic depression, where deepwater petroleum resources are located. Along the coastal margin to the west of the Davie Ridge, the formation of the Quirimbas archipelago reveals the topographic rises which emerged during the Pleistocene uplift.



FIGURE 1.2. The R/V *Dr. Fridtjof Nansen* research vessel, with its workboat

Ocean circulation and water masses

The ocean circulation in northern Mozambique has not been fully described, and existing knowledge is mostly based on the general, regional-scale circulation in the Western Indian Ocean. The westward-flowing South Equatorial Current divides at around 11° south over the coast of northern Mozambique, where the current collides with the African continent, into the north-flowing East African Coastal Current and the south-flowing northern Mozambique Current, along the Mozambican coast (**Figure 1.3**). Although a continuous and strong southward current can occur off the coast of northern Mozambique, mesoscale eddies also occur at times (Ullgren *et al.*, 2016). The mesoscale eddies extend throughout the water column from the surface to depths exceeding 2 000 m, influencing the deep circulation. At times very strong southward currents (60 cm s^{-1}) can also occur, according to the topography, at around 1 000 m. Flowing in an opposing direction, the northward-directed Mozambique Underwater Current dominates the intermediate depths, typically found between 800 and 1200 meters. The occurrence of periodic mesoscale eddies means this current is intermittent; this is key to the important, associated biological processes, which are driven by the input of nutrient-rich waters from the deep into the surface layer. Ocean water masses acquire their characteristic properties at the sea surface in particular localities and may sink to different depths as the waters flow through other regions, carrying these properties with it. Northern Mozambique is situated in a warm water pool. At the surface, at depths of

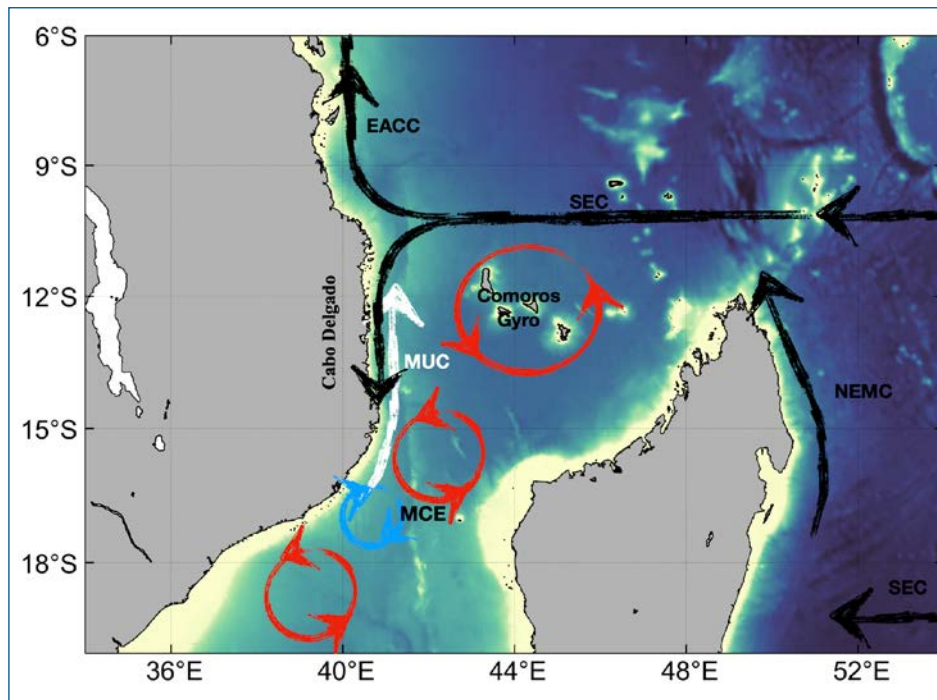


FIGURE 1.3. The main ocean circulation patterns off the northern Mozambique Channel

Note: The white arrow indicates the Mozambique Underwater Counter-current (MUC) and the black arrows the surface currents – South Equatorial Current (SEC), Northern East Madagascar Current (NEMC), East Africa Coastal Current (EACC), and Mozambique Channel Eddy (MCE). Red circles indicate anticyclonic eddies, and the blue circle represents a cyclonic eddy.

Source: Adapted from Lutjeharms, J. R. E. 2006. The Agulhas Current. Vol 1. Springer, Berlin.

less than 200 m, warm (> 26 °C) tropical surface water dominates, with fresh salinity of < 35 ‰ (Figure 1.4 and Figure 1.5). Subtropical surface water can occur just below the tropical surface water, as indicated by its highest salinity of over 35.2 ‰. The temperature decreases rapidly from 16 °C at depths of 200 m, to 8 °C at 600 m, while salinity increases (34.2–34.8 ‰). This increase is mainly because of the presence of South Indian Central Water and partly because of the cold (~ 4 °C) and saline (> 34.7 ‰) Red Sea Water originating in the Gulf of Aden (Figure 1.4 and Figure 1.5). Both water masses are transported towards the pole by a strong current. Below 600–1 000 m, the

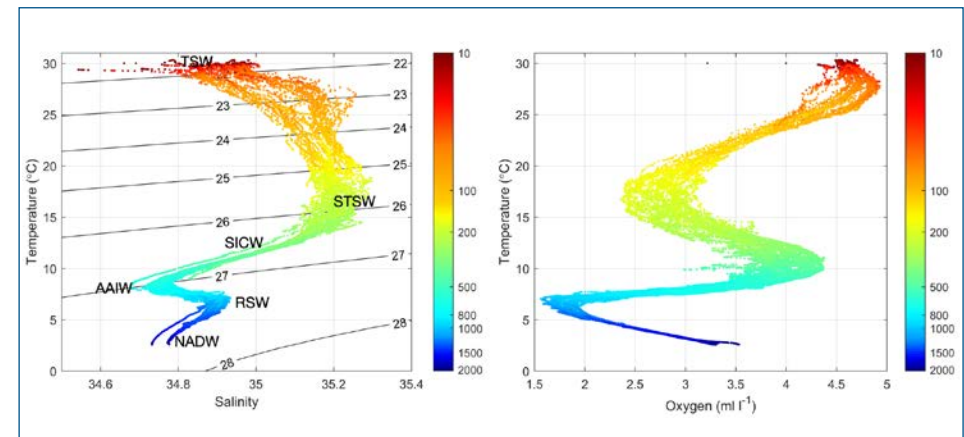


FIGURE 1.4. Vertical profile of (a) Temperature and Salinity and (b) Temperature and Oxygen diagram of the main water masses in northern Mozambique from the hydrographic data taken during the survey

Note: Tropical surface water (TSW), Subtropical surface water (STSW), South Indian central water (SICW), Antarctic intermediate water (AAIW), Red Sea water (RSW) and North Atlantic deep water (NADW). The lines and number in (a) indicate the corresponding density for temperature and salinity combinations, while the colour bar shows the depth in metres from the sea surface (red) to the bottom (blue).

circulation is mainly northward, as induced by the Mozambique Undercurrent, which moves towards the equator. The Mozambique Undercurrent meets the Antarctic Intermediate Water from the south, at depths of 800 m and 1 500 m, as well as the upper portion of the cold (2 °C) and saline (> 34.8 ‰) North Atlantic Deep Water at below 2 000 m.

Biology

The northern Mozambique coastal margin is characterized by a narrow continental shelf and a steep slope (Figure 1.6). This provides a wide variety of depth zonation, and thus supports a high diversity of marine organisms, including benthic flora and fauna such as shallow tropical coral reefs and deep-sea benthic communities. The area is not only famous for its world-class scuba-diving sites and fishing, but also as a globally outstanding area of ecologically or biologically significant marine ecosystems, including recently identified key biodiversity

areas (KBAs) (see **Box 1**). The marine fauna is believed to be particularly rich as a result of the mix of water from the Indian Ocean and the Red Sea, which allows for colonization from two rich areas. As a result, it is believed that the number of corals and unknown species could be particularly high in this region. There is

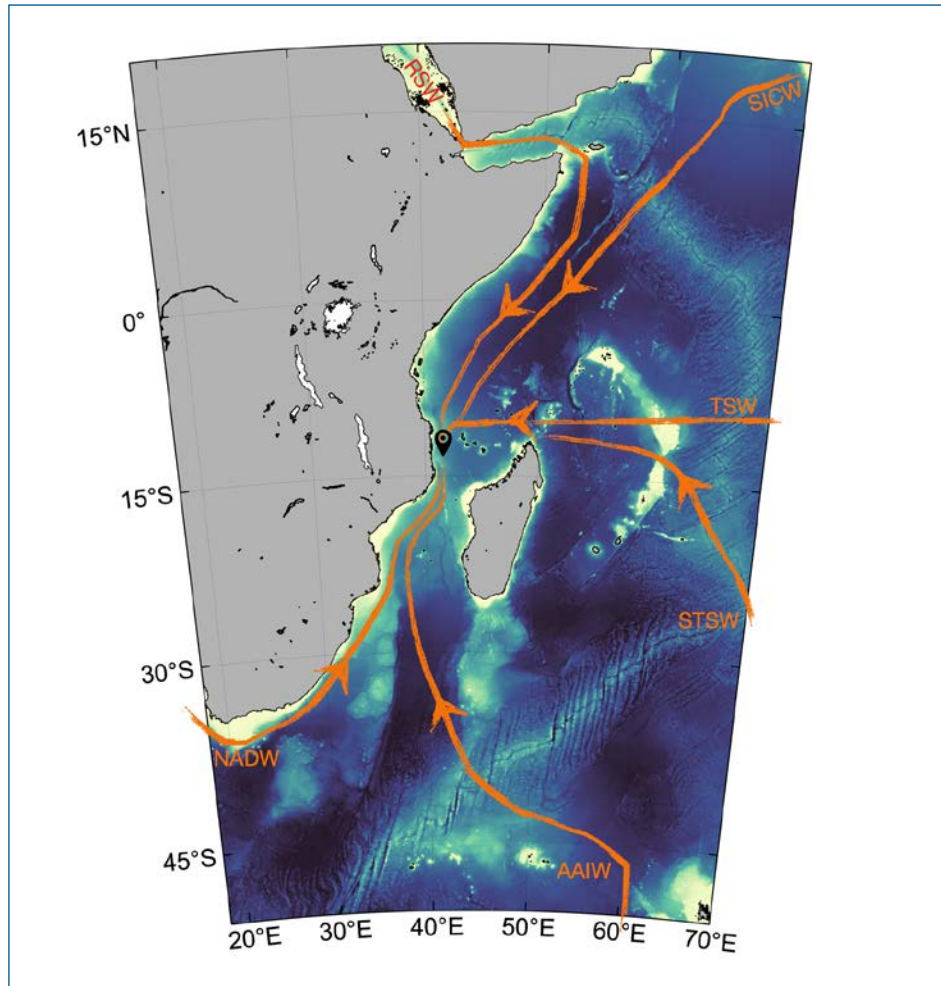


FIGURE 1.5. Origin of the main water masses and their rough trajectory into northern Mozambique

Source: Adapted from: Beal, L. M., T. K. Chereskin, Y. D. Lenn & S. Elipot. 2006. The sources and mixing characteristics of the Agulhas Current. *J. Phys. Oceanogr.*, 36, 2060–2074, doi:10.1175/JPO2964.1.

also an oxygen-deficient (hypoxic) zone (**Figure 1.4**) connected to the Red Sea water masses, which create special conditions in this region. The area therefore includes both stunning tropical reefs and surprising deep-sea fauna that have adapted to their environment, all within a relatively small area.

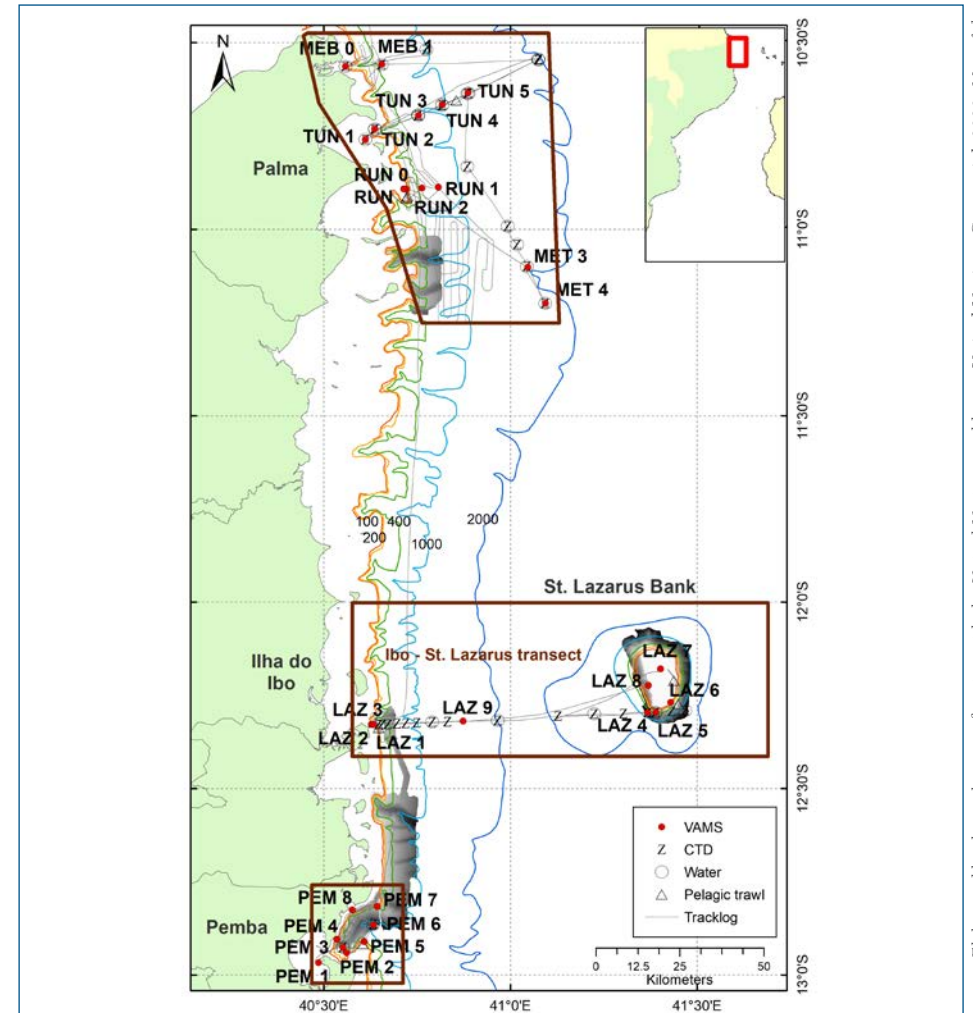


FIGURE 1.6. Map of the survey area with survey track and sampling stations

Note: In the grey areas, bathymetric maps have been produced based on data from the multibeam echosounder. In addition to observations and video recordings, sediment samples for biological and chemical analysis were collected on all stations.

Source: Elaborated by the authors, conforming with the United Nations world map. United Nations Geospatial. 2020. *Map of the World*. Cited 28 November 2023. www.un.org/geospatial/file/3420/download?token=TUP4yDmF

BOX 1 – KEY BIODIVERSITY AREAS

Key biodiversity areas (KBAs) are sites that contribute significantly to the global persistence of biodiversity, both in terrestrial, freshwater, marine and underground systems. The KBAs and Red List Program in Mozambique began in February 2019, when WCS-Mozambique established a partnership with the Ministry of Land and Environment (MTA) through the National Directorate of the Environment (DINAB) and the Oceanographic Institute of Mozambique (InOM, formerly the National Institute of Fisheries Research). The programme developed an innovative project to assess IUCN Red List data on threatened species, and for the first time it also mapped KBAs in Mozambique according to the new global standard.

In 2020, this project conducted Red List assessments for 67 species that are found exclusively, or almost exclusively, in Mozambique. It also established the National Coordination Group (NCG) on KBAs and Red Lists and trained more than 130 technicians to identify KBAs and assess Red Lists. The WCS website provides details of the Project Story Map and the KBA Atlas (WCS, 2023). In 2021, through the same partnership, a complementary project was conducted to finalize a historical ecosystem map of the country and conduct Red List assessments. This project produced the most comprehensive ecosystem map developed to date for Mozambique (scale 1:250 000).

Now in its third phase (2022–2024), the main activities of the programme include:

- (i) collecting data onsite to identify and map potential coastal and marine KBAs, with a focus on the Nampula province, developing and submitting proposals for new KBAs to the KBA Secretariat;
- (ii) completing additional Red Listing assessments for fauna and flora, including marine species;
- (iii) increasing national capacity on KBA and Red List assessments and their use for decision-making;
- (iv) supporting the development of conservation plans and financial solutions that can guarantee the long-term sustainability of these KBAs; and
- (v) compiling information on the conservation status of coral reef ecosystems throughout Mozambique.

Wildlife Conservation Society (WCS). 2023. *Key biodiversity areas and Red Lists Program*. In: WCS Mozambique. Maputo, Mozambique. [Cited 28 April] 2023. mozambique.wcs.org/Initiatives/Key-Biodiversity-Areas-KBAs.aspx

EAF-Nansen Programme survey activity

Through the Oceanographic Institute of Mozambique (InOM, formerly the National Institute of Fisheries Research), the Government of Mozambique requested that an environmental survey be conducted off the Mozambican coast. The survey was to collect sediment samples for chemical and biological analysis, as well as to undertake visual documentation of the marine habitats and biodiversity in order to provide a strong baseline for future environmental monitoring. The survey was planned over several years and carried out thanks to cooperation between the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and the Norwegian Institute of Marine Research (IMR), working aboard the R/V *Dr. Fridtjof Nansen*. Scientists from Mozambique represented institutions with expertise in marine fisheries, marine environment, and oil/gas. The following seven institutions from Mozambique were represented: Oceanographic Institute of Mozambique (InOM, formerly the National Institute of Fisheries Research); National Institute of Fish Inspection (INIP); National Fisheries Administration (ADNAP); National Agency for Environmental Quality Control (AQUA); National Institute of Petroleum (INP); Eduardo Mondlane University, Chemistry Department (UEM-Chemistry) and University of Lúrio (UniLurio) (**Figure 1.7**). The survey took place in northern Mozambique, between the Bay of Pemba (13° south) and the border with the United Republic of Tanzania (10°30' south) and covered a large part of the Rovuma Basin. The expedition set sail from Pemba, where the main logistics base for the oil and gas industry in northern Mozambique will be established. A transect from Ibo Island in the Quirimbas National Park, and out to the St Lazarus Bank seamount, located approximately 70 nautical miles from shore, was surveyed.

The top of St Lazarus Bank was also surveyed. This is a remote area, rich in biodiversity both on the coastal side and on the seamount, and the former is also protected by the presence of the National Park. Although one exploratory well has been drilled in the vicinity of St Lazarus Bank, for the purposes of the present study this area is the closest the vessel came to a low-impact environment. An important focus of this work was placed on areas off the coast of Palma District, where large natural gas reservoirs (over 150 trillion cubic feet) have been discovered offshore, at depths ranging from 500 to



FIGURE 1.7. Scientific team on the R/V *Dr. Fridtjof Nansen* cruise 1.3 in Mozambique, 2018

2 000 m. These massive gas fields are among the largest reserves in the world, attracting the largest energy corporations and huge foreign development to the region. **Figure 1.6** provides an overview of the areas covered, the survey track and the sampling stations.

Observations and sample collection

A video-assisted multisampler (VAMS) is the platform that was used to conduct sampling and seafloor observations (**Figure 1.8**). It consists of multiple samplers and sensors used to monitor the surrounding ocean environment, as well as an integrated, remotely operated underwater vehicle (ROV), which is connected to the research vessel at the surface by an umbilical cord. The sampling platform is particularly efficient and time-saving in deep waters, and also has five hydraulic grabs that can be opened from the ship to collect surface sediment samples, while being monitored by a camera. The VAMS is equipped

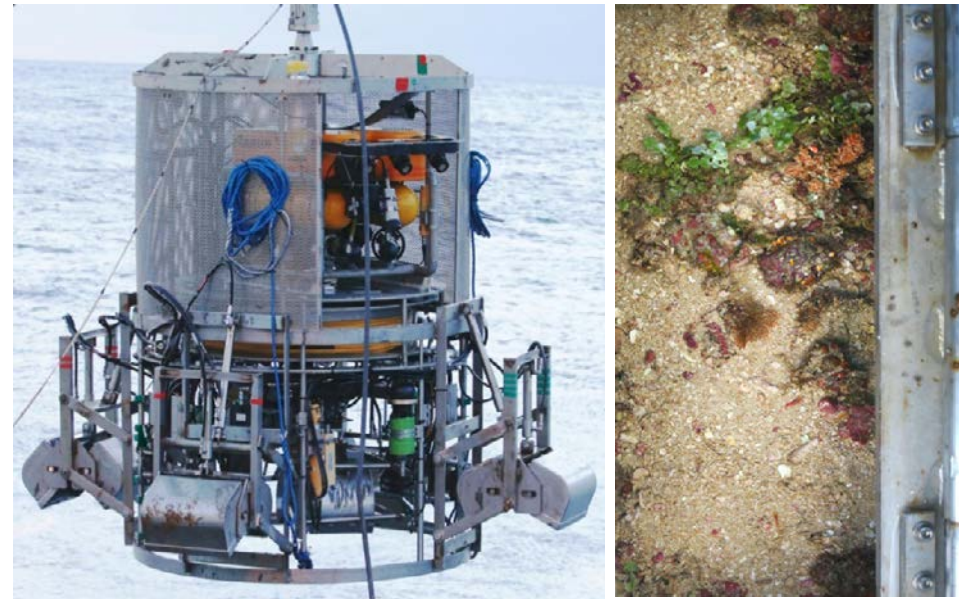


FIGURE 1.8. The Video Assisted Multi Sampler (VAMS), with examples from grab sample and observations in Mozambican waters

with a conductivity, temperature, and depth sensor (CTD) and other sensors measuring oxygen, fluorescence, and turbidity, altimeter, transponder and a compass for orientation. The ROV is equipped with a high-definition camera, working cameras, led lights and a compass in order to document, direct, and supervise sampling operations. The VAMS and ROV can operate down to depths of 2 500 m and collect up to nine parallel sediment samples in one dive. This is in addition to obtaining various sensor outputs, high-resolution video, and images from the sea bed at depths unreachable by humans.

Shallow waters (20–100 metres): Coral reefs and estuaries along the coast and inner shelf

Shallow tropical waters are often dominated by coral reefs. They are characterized by warm temperatures, an abundance of light, and low nutrient content (oligotrophic). Near the coast, where rivers flow into the ocean, estuaries offer sheltered areas with lower salinity and often higher turbidity. River deltas are often dominated by mangroves. Shallow waters are normally home to nearshore reefs, as opposed to offshore reefs which are usually found deeper on the continental shelf or at the top of seamounts.

These shallow waters can be accessed by scuba divers, which allows humans to experience them directly. Depths greater than 30 m require advanced diving techniques, given the increased risks, and video recorders on platforms like ROVs or submarines are often recommended. The shallow waters are also characterized by a colourful seascape and a high level of biodiversity, in which a multiplicity of organisms coexist and entertain close relationships.

Coral reefs provide vital ecosystem services to about 1 billion people worldwide. They are equally important in Mozambique, where they sustain artisanal fisheries, an economy linked to the tourism sector, and the livelihoods and culture of numerous coastal communities. However, both in Mozambique and across the world, coral reefs are threatened by climate change and various other degradation factors such as overfishing, pollution and coastal development. Most of the world's coral reefs are in a state of degradation and there is a risk that these ecosystems may collapse entirely before the end of this century.

Coral reefs cover an estimated 1 800 km² across Mozambique (Spalding, 2007), 30 percent of which occurs in the Quirimbas Archipelago along the coast of Cabo Delgado (which in itself accounts for just 7 percent of the Mozambican coast). The country has at least 300 species of coral – roughly 40 percent of the globally recognized nominal species (Obura, 2012) – over 800 species of reef fish (Pereira *et al.*, 2000), and a wide variety of other associated species (Frontier-Mozambique 1997; 1998a; 1998b).

The full extent and diversity of species along the coast, as well as their exact distribution, is still unclear, and the observations provided by the EAF-Nansen expedition therefore constitute invaluable new knowledge. They enable us to unveil the overwhelming beauty and richness of these coral ecosystems from an understudied part of the world's oceans, one which has been identified as

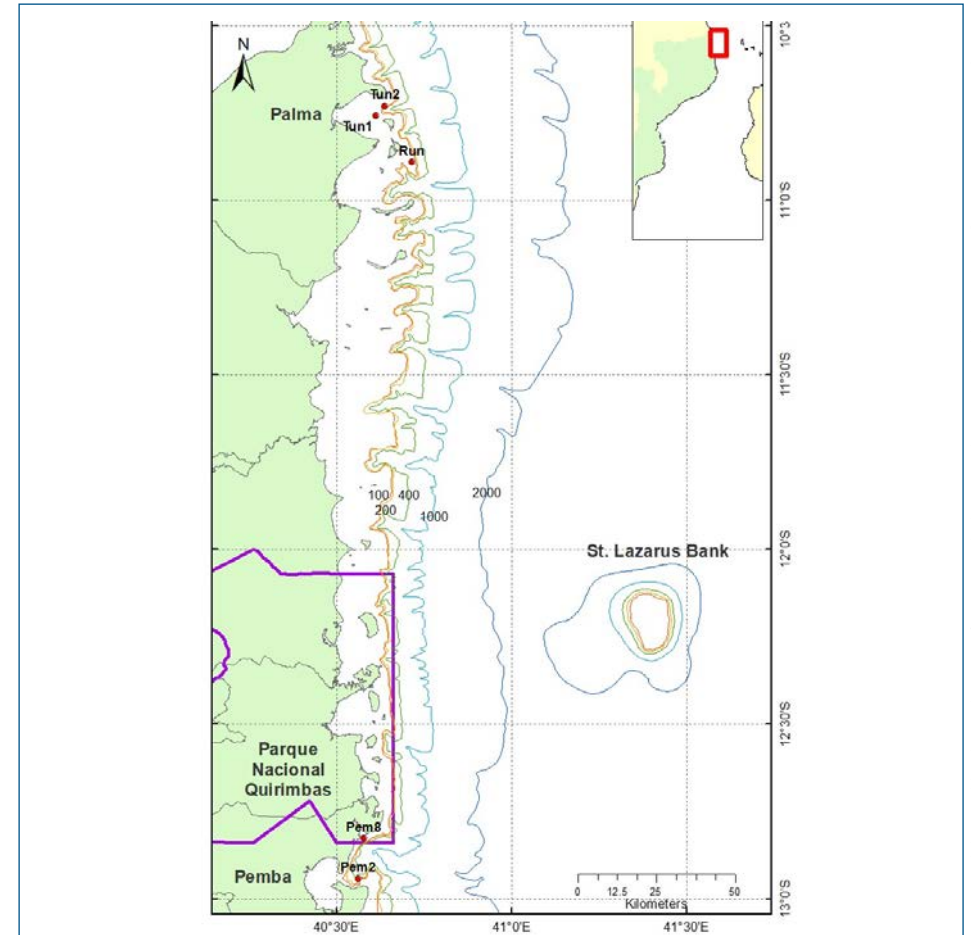


FIGURE 2.1. A map of the ROV stations in shallow waters; some are within national parks

Source: Elaborated by the authors, conforming with the United Nations world map. United Nations Geospatial. 2020. *Map of the World*. Cited 28 November 2023. www.un.org/geospatial/file/3420/download?token=TUP4yDmF

the second global hotspot for Indo-Pacific coral reef biodiversity, second only to the Coral Triangle in Southeast Asia.

Observations on shallow ecosystems

The coral reef station **TUN 1** was in the Tungue Bay at 22 metres. Here we measured a seawater temperature of 28.8 °C and the seafloor was covered with sand mixed with dead shells and coral rubble. At this shallow depth, the swell from waves and the current is strong. The coral reef features both soft and hard corals, and many associated species. While the soft corals dominate, the occasional large, hard corals provide a home for a rich fauna of reef fishes.

In the outer part of Tungue Bay, on the continental shelf, the station **TUN 2** targeted a sandy plateau at 79–84 m, on the lower slope of the coral reef. Here, the water temperature was 24.9–23.7 °C and the seafloor was covered with sand, shell debris and coral rubble. These lower parts of the reef were dominated by sea whips (mainly black corals) sea fans and sponges (**Figure 2.13**, **Figure 2.14** and **Figure 2.15**).

At the station **PEM 2** (70 m deep), we discovered a coral-sponge garden. The water temperature was 27 °C and sandy sediment covered the seafloor. The bottom community was dominated by sponges together with a few sea fans (**Figure 2.16** to **Figure 2.19**). Of the many sponge species present, the most prominent was the giant barrel sponge (*Xestospongia testudinaria*), which can grow up to 1.5 m and live up to 1 000 to 2 000 years old (Swierts *et al.*, 2013).

The seafloor was inspected inside a marine protected area (Quirimbas National Park) and near an estuary, at 65 m at the station **PEM 8**. The seawater temperature was 26 °C and the sea bed was characterized by soft sediments, with lots of burrows made by bottom dwellers evident. Decomposing terrestrial plant debris, which originates from riverine discharge, is abundant on the sea bed and contributes to nutrient input into the local food chain. The fauna of estuarine soft bottoms therefore comprises numerous detritivorous species and filter feeders. Indeed, key species in this benthic community are the crab *Podophthalmus* sp. and sea whips (**Figure 2.20**).



FIGURE 2.2. Soft corals surrounded by shell sand

Note: These corals are at a depth where the current and swell from large waves are strong. The soft and flexible bush-like coral can sustain being washed back and forth by the waves.



FIGURE 2.3. A rich mix of coral species, in a variety of shapes and colours

Further north, at the station **RUN**, a rich coral reef was discovered at 48–57 m, where the seawater temperature was 29 °C. A few large boulders were encountered, but, in general, the benthic community was dominated by algae, soft corals, sponges and fish. Roughly 50 percent of the seafloor was covered in coarse shell sand and coral debris, with the remaining 50 percent covered in the encrusting red algae *Lithothamnion* and/or green algae. The deeper parts of the slope included sea fans, sea whips and the giant barrel sponges, together with larger fish (Figure 2.21).

BOX 2 - CORAL REEFS

Corals are made up of a myriad of minute animals called polyps and belong to the Cnidarian phylum (the level of classification above class). Corals are modular organisms in which individual polyps are clones of each other and live as a cohesive unit; they exchange matter and energy and are capable of coordinated movement and a variety of behaviours. They grow into a wide variety of spectacular shapes by secreting exoskeletons that fuse together to form the calcareous cathedrals of the ocean. Their vibrant colours are the product of the photosynthetic pigments of the microalgal symbiont (an organism living in symbiosis with another) known as zooxanthellae, which lives in their otherwise transparent bodily tissues. This symbiosis is what allows the coral to survive in the clear but nutrient-poor waters of the tropics across the world's oceans. Food, in the form of sugar compounds, is provided by the symbiotic algae in exchange for shelter and inorganic nutrients.

Coral reefs are very old, and it is through the succession of coral generations that complex and sturdy three-dimensional structures are built, forming what we know as coral reefs. The complex physical structure of coral reefs provides habitat for numerous species of fish, invertebrates, reptiles, and marine mammals (Kleypas *et al.*, 2001).

Coral reefs are among the most productive ecosystems on the planet (Snelgrove *et al.*, 2016), as well as being the most biodiverse marine ecosystem. They make a disproportionately positive contribution to global marine biodiversity, given that they occupy only about 0.1 percent of the ocean's surface area but provide shelter for more than 25 percent of known global marine species (Reaka-Kudla, 1997; Snelgrove *et al.*, 2016). This high concentration of biodiversity is extremely rare in the planet's ecosystems, rivalled only by that of tropical rainforests.

Kleypas, J.A., Buddemeier, R.W. & Gattuso, J.P. 2001. The future of Coral reefs in an age of global change. *International Journal of Earth Sciences*, 90: 426–437.

Reaka-Kudla, M. 1997. The global biodiversity of coral reefs: a comparison with rain forests. In: Reaka-Kudla, M., D.E. Wilson, E.O. Wilson (eds.). *Biodiversity II: Understanding and Protecting our Biological Resources*. Washington, D.C.: Joseph Henry Press. 83-108.

Snelgrove, P. *et al.* 2016. Global Patterns in Marine Biodiversity. In: Inniss, L & Simcock, A., coord. *The First Global Integrated Marine Assessment – World Ocean Assessment*. The Group of Experts of the Regular Process. C. United Nations. Available online at: www.un.org/Depts/los/global_reporting/WOA_RegProcess.htm

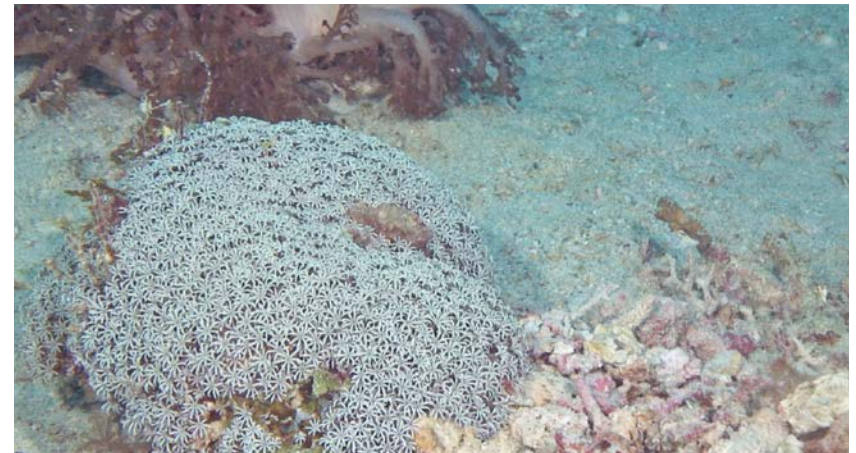


FIGURE 2.4. The organ pipe coral *Tubipora musica* with flower-like polyps

Note: Their name comes from the appearance of their skeleton, which consists of tightly arranged tubes from which the polyps emerge.



FIGURE 2.5. The "bubble coral" *Plerogyra sinuosa*

Note: This "bubble coral" has large vesicles (bubbles) that are up to 2.5 cm in diameter. The bubbles are larger during the day and retracted at night to expose the polyps and their tentacles. Up to 90 percent of the coral's nutritional needs comes from the symbiotic algae (zooxanthellae) that live in its tissue, including the walls of the vesicles. The remaining needs are met by the organisms that the polyps catch at night.



FIGURE 2.6. A soft coral of the genus *Cespitularia*

Note: The *Cespitularia* corals have astonishing colours; many species are kept in aquariums.

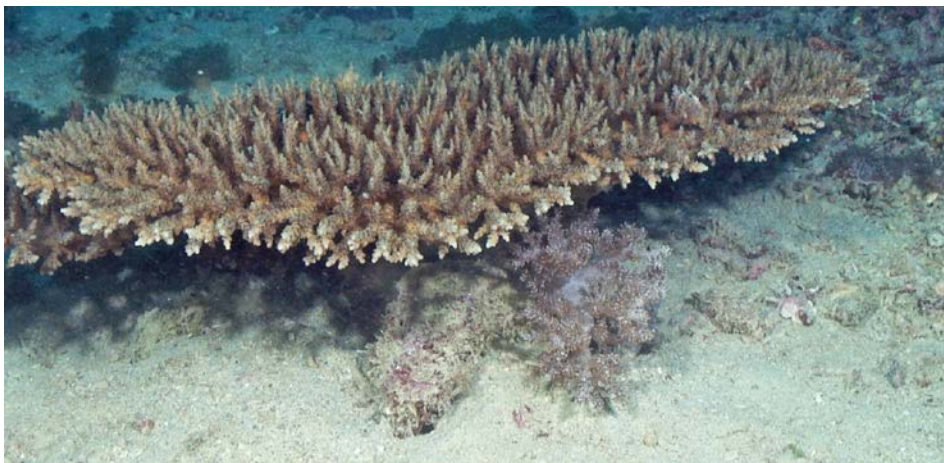


FIGURE 2.7. The hard coral *Acropora* cf. *cytherea*

Note: Species from the *Acropora* genus form one of the most diverse groups in the region, with over 40 species identified in the Quirimbas Archipelagos alone. They grow faster than other corals with branching, tabular or digitated growth forms, and considered a key group among the primary architects of the reef's complex, three-dimensional structure.



FIGURE 2.8. The green tree coral *Tubastraea micranthus*

Note: *Tubastraea micranthus* grows in bushy or tree-like colonies of up to 1 m tall; its branches can be 1–3 cm thick and are usually oriented perpendicular to the current. The size and calcification of colonies varies greatly in the Indo-Pacific, according to the environment, but this can also indicate “cryptic species” (species that are hard to discriminate).

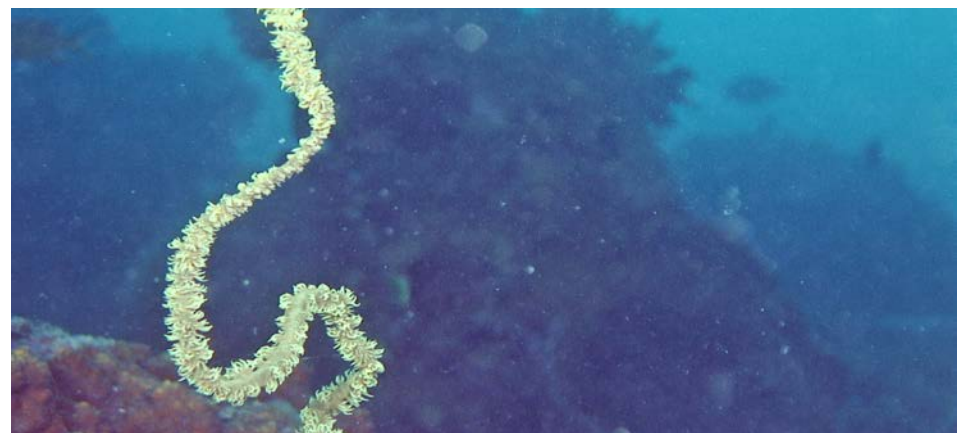


FIGURE 2.9. The black coral *Cirrhipathes anguina*

Note: *Cirrhipathes anguina* belongs to a genus that is commonly known as whip or wire corals because they often exhibit a twisted or coiled morphology. In addition to their colourful appearance, they possess a dark skeleton that is characteristic of black coral.



FIGURE 2.10. Large starfishes encountered on the coral reef: *Choriaster granulatus* (top) and *Linckia* sp. (bottom)

Note: Common names for *Choriaster granulatus* are granulated star, big-plated sea star and doughboy starfish. The arms have rounded tips, making it appear “chubby” – hence its nickname “the doughboy starfish”. It is large, with a maximum growth radius of about 27 cm.



FIGURE 2.11. The structure of coral reefs.

Note: The complex three-dimensional structure of coral reefs provides a variety of microhabitats for a wide range of fish and reef-dwelling species.

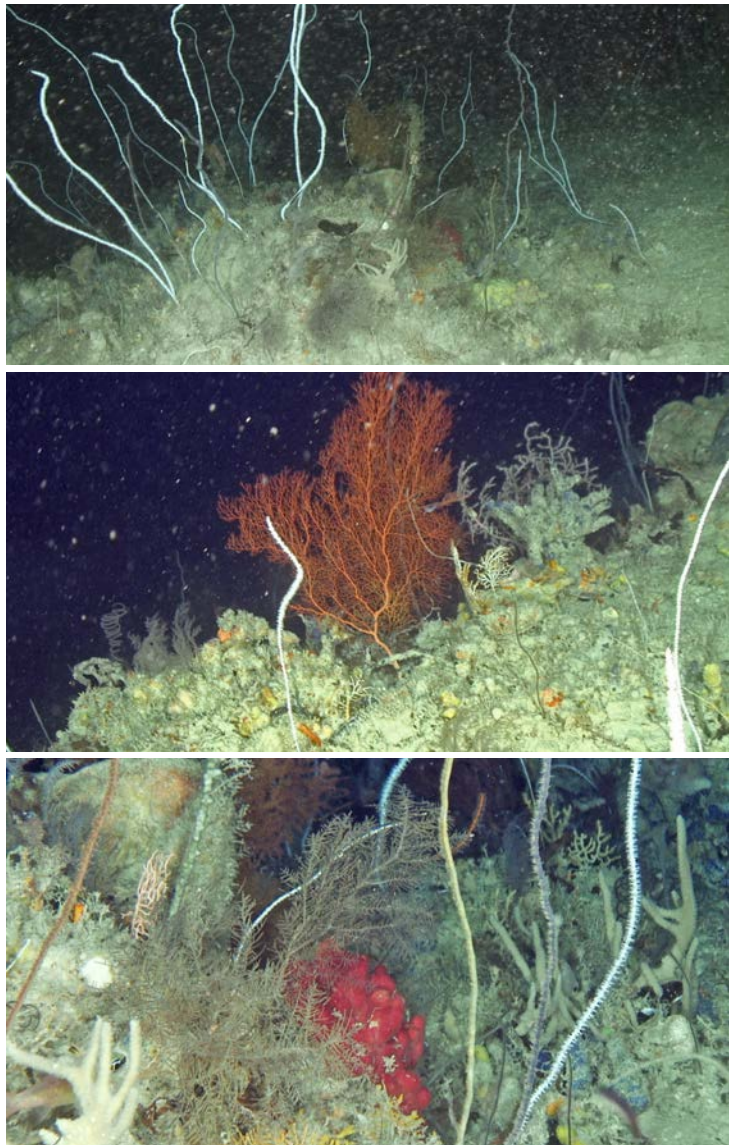


FIGURE 2.12. A patch of sea whips, black corals, sea fans and sponges

Note: The lower parts of coral reefs are often dominated by sea whips, mainly black corals, sea fans and sponges (Top: a patch of sea whips; middle: a red sea fan; bottom: a rich community of sponges, corals and hydroids.).



FIGURE 2.13. Sea whips

Note: Sea whips are normally long and thin, and some form a spiral. Sponges grow in many forms: the photo shows red and blue sponges that look like a piece of meat and blue fingers.



FIGURE 2.14. Sponges and feathery hydroids on the substrate

Note: The substrate is completely covered by sponges and feathery hydroids. A small fish hides from the strong ROV light.



FIGURE 2.15. Sea fan colonies

Note: Two delicate sea fan colonies with polyps that look like little flowers. The branches are covered in polyps which use their tentacles to capture small preys and organic matter from the water.



FIGURE 2.16. A black coral (order Antipatharia)

Note: Antipatharia are not actually black but bear this name on account of their black skeleton. These corals are often found in deep water.

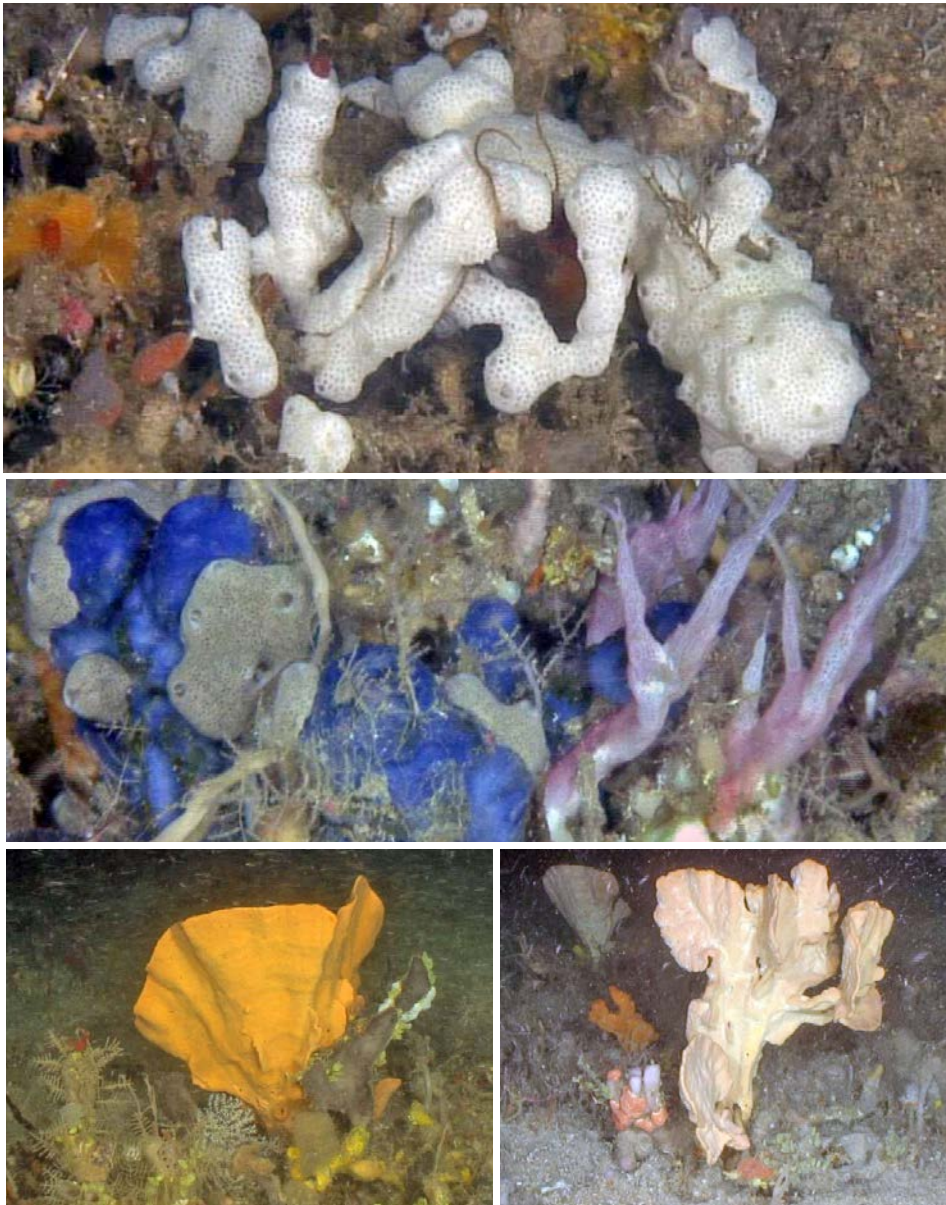


FIGURE 2.17. Colourful sponges

Note: A variety of colourful sponges with spectacular growth forms: some looks like fingers while others are fan-shaped.



FIGURE 2.18. A "Barrel sponge"



FIGURE 2.19. The hermit crab *Aniculus* sp and the stalk-eyed crab *Podophthalma* sp.

Note: The hermit crab *Aniculus* sp. in its shell, and the stalk-eyed crab *Podophthalmus* sp. between sea whips (top); a small fish and an octopus (middle); and the very colourful “Rainbow fire urchin” *Astropyga radiata*, along with an almost transparent soft coral (bottom).

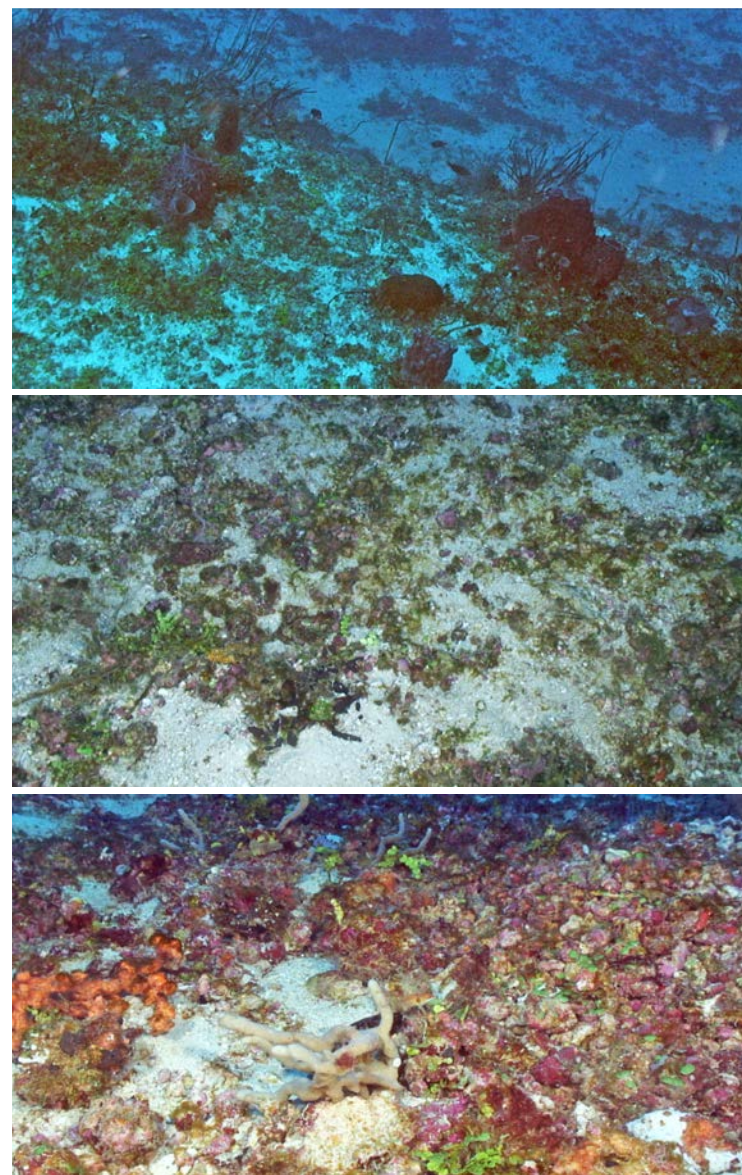


FIGURE 2.20. Coarse shell sand and coral debris on top of the slope reef

Note: On the slope of the reef, the seafloor was covered with 50 percent coarse shell sand and coral debris, and 50 percent of the encrusting red algae *Lithothamnion*, in addition to some green algae.

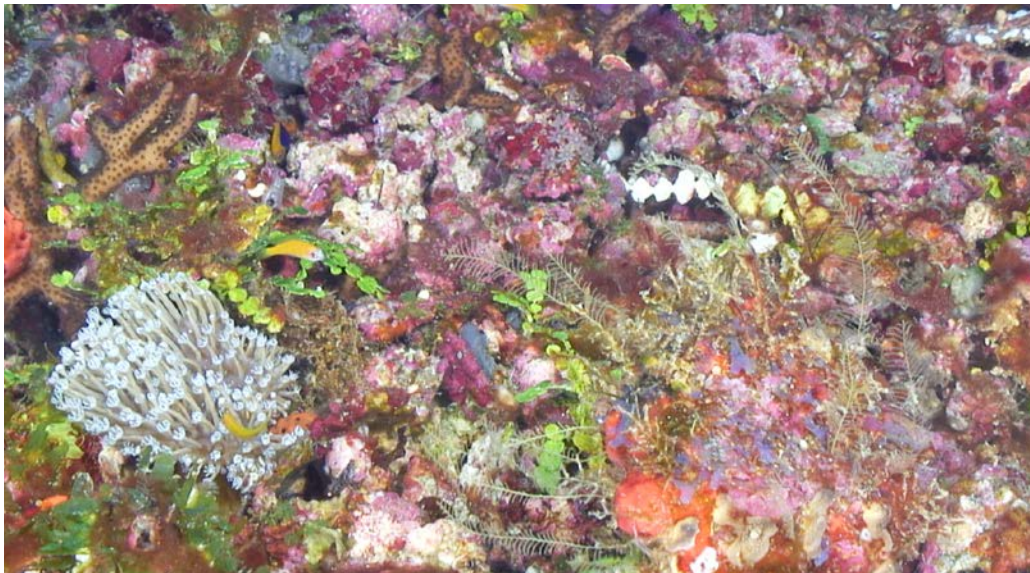


FIGURE 2.21. At the RUN station

Note: A highly diverse habitat with many sponges, corals, and red algae was documented on the coastal reef at the RUN station.



FIGURE 2.22. The coral *Trachyphyllia geoffroyi*

Note: This large and beautiful coral is listed as “near threatened” in the IUCN Red List of Threatened Species as a result of habitat loss and over-harvesting for the aquarium trade.



FIGURE 2.23. Corals on the reef at the RUN station

Note: There is a rich fauna of hard corals on the reef at the RUN station. *Plesiastrea* sp. (top) and an unidentified species of hard coral, possibly *Anacropora* sp. (bottom).



FIGURE 2.24. The polyps of hard corals looking like flowers

Note: The polyps of hard corals often look like flowers, as in the beautiful *Goniopora* sp. (top), and the carpet formed by *Astreopora* sp. or *Turbinaria* sp. (bottom). Identifying corals is hard; the use of a microscope is often needed to confirm the species.



FIGURE 2.25. The coastal reefs host a rich fauna of soft corals (Octocorals)

Note: The octocorals include: *Sarcophyton* sp. (top); colonies belonging to the soft coral family Xeniidae (middle), which have very long and feather-like tentacles on their polyps; the large sea fan *Annella* sp. (bottom) occurs on the sloping, lower part of the reef.

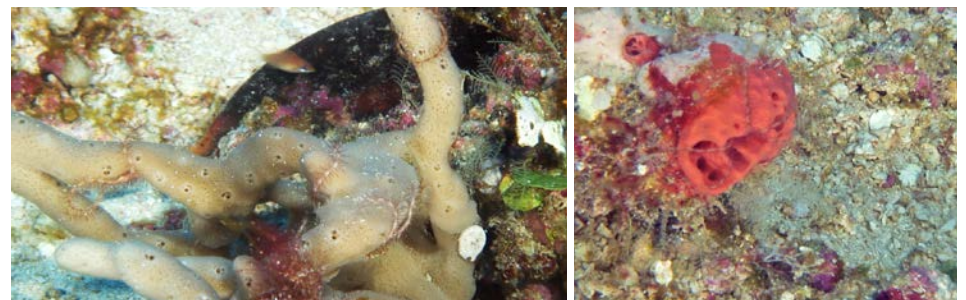


FIGURE 2.26. A tube sponge (Porifera)

Note: The coastal reefs also house a wealth of sponges (Porifera). They have many growth forms and colours, including the orange “cork sponge” (top left) and the tube sponge (bottom).



FIGURE 2.27. A tube sponge (Porifera) surrounded by red and green algae

Note: A Porifera surrounded by red and green algae on the sandy, wave-exposed upper part of the reef. A small fish hides in this mini jungle of species on top of the reef.



FIGURE 2.28. A sea cucumber *Holothuria* sp.

Note: Large sea cucumbers are common in tropical waters; this is one of many *Holothuria* species. They often have numerous long tentacles surrounding their mouth to handle food. They belong to the same larger group of organisms as starfishes and sea urchins, the echinoderms.

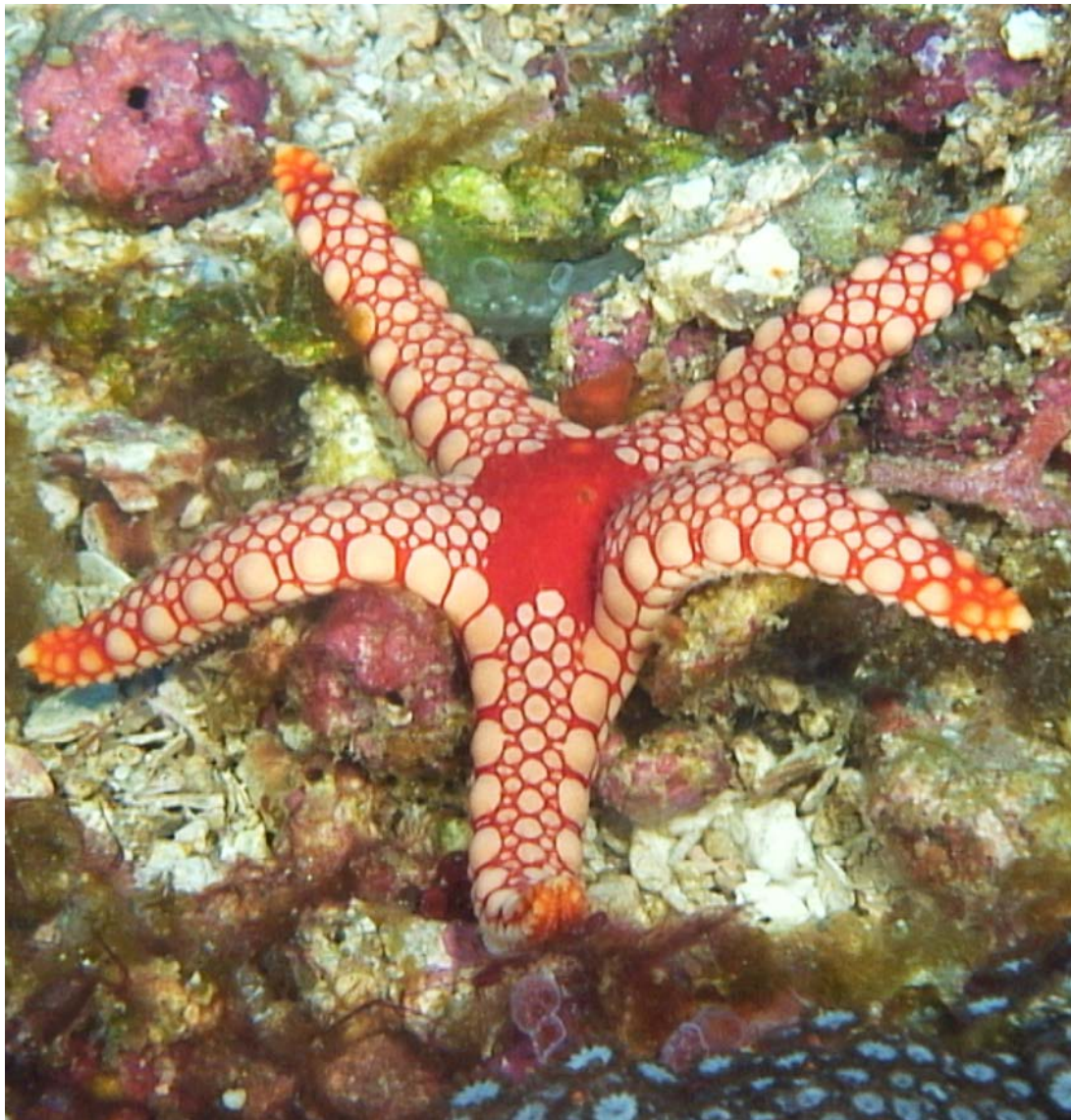


FIGURE 2.29. The starfish *Fromia nodosa* (family Goniasteridae)

Note: *Fromia nodosa* is also named the “Elegant Sea Star” because of its remarkable patterns and coloration. It is mainly active at night and feeds on bivalve molluscs, corals, detritus and microalgae. Like all sea stars it must externalize its stomach (evagination) to eat and digest food externally. In the lower part of the photo is the beautiful hard coral *Goniopora* sp.



FIGURE 2.30. Tunicates on the reefs and ridges

Note: Tunicates can grow both alone and in colonies. The green colonial tunicate *Diplosoma virens*, commonly referred to as the “Photosymbiotic sea squirt”, has small blob-shaped colonies with zooids arranged around a central common cloacal cavity (white ring on the colony). This reef-dwelling species is common on the reefs and ridges. It is a filter feeder and houses the symbiotic green alga *Prochloron didemni*.



FIGURE 2.31. The rich fauna of the reef

Note: On top: The “Triggerfishes” (family Balistidae) dig out prey from the sand (such as crabs and worms) by flapping with their fins and blowing water from their mouths. They have tough teeth and jaws that can flip over sea urchins to get at their bellies, which have fewer spines. It is accompanied by a “Bluestreak cleaner wrasse” that eats parasites and dead tissue off the skin of larger fish, which in return provide food and protection for the wrasse. Bottom: The “Fire goby” (*Nemateleotris magnifica*) inhabits the upper portions of outer reef slopes where it hovers above the bottom. It fits the holes it finds or digs them in the sand for shelters, several individuals may share the same hole (especially juveniles). It has a habit of flicking its pennant-like first dorsal fin back and forth while facing the current to feed on zooplankton.

FIGURE 2.32. The reef providing a wealth of different habitats for fish

Note: On top: A “Bluestreak cleaner wrasse” (*Labroides dimidiatus*), in the middle: Cardinal fish inspecting a tube sponge, and on the bottom: a wrasse surrounded by red and green algae and the green colonial tunicate, the “Photosymbiotic sea squirt”.

Continental shelf break (100–300 metres): From the continental shelf and out to the shelf break

After visiting the shallow, warm part of the coast with its colourful reefs, we pursued our journey further out onto the narrow shelf and the upper shelf slope outside Pemba harbour (Figure 3.1). This area leads down to the canyon head, with the “Parque Nacional Quirimbas” national park to the north.

At the **PEM 4** station, the dive began at 132 m, where the seafloor was covered with shell and coral debris and the temperature was 19.4 °C. At the end of the ROV transect, we encountered an old coral reef. The old boulders of dead coral formed a framework providing a suitable habitat for crabs with their burrows and tunnels. A few living hard corals and some gorgonian corals were observed, but most of the reef consisted of coral rubble. Soft corals were also abundant; these included gorgonian corals (*Nidalia* sp.) and Elisellidae and Plexaridae sea whips, together with a few sponges (Figure 3.2).

To the north, off Ilha Rongui, at 210 m (**RUN 0**), the temperature dropped to 15 °C. The sediment was mainly gravely, sandy mud, with shell and coral debris and the occasional large boulder (Figure 3.3). The boulders are hotspots for diversity and house octocorals such as sea fans and sea whips. Several species of sponge and echinoderm were also observed (Figure 3.4 to Figure 3.7). On the surrounding soft bottom, we saw shrimps, squat lobsters and hermit crabs, together with a few fishes (Figure 3.8 to Figure 3.11).

A little further down the shelf slope, at 230 m, observations at the **PEM 5** station showed that the diversity is substantially lower. The seawater temperature at this depth was 14 °C, and the seafloor was covered with shell debris. Only a few coral species were observed, including the soft corals *Dendronephthya*, a sea whip, and a few solitary hard corals (Figure 3.12), as well as small crabs, squat lobsters and a squid (*Sepia* sp.) (Figure 3.13).

To the north, inside the protected area of the “Parque Nacional das Quirimbas” area, the **PEM 7** station was even deeper on the shelf slope, at 300 m. Here the temperature had dropped to 12 °C, and many burrows were evident on the soft

bottom (Figure 3.14). The community here consists of burrowing crustaceans and sea pens. The large squat lobster *Metanephrops* sp. and other crustaceans were observed.

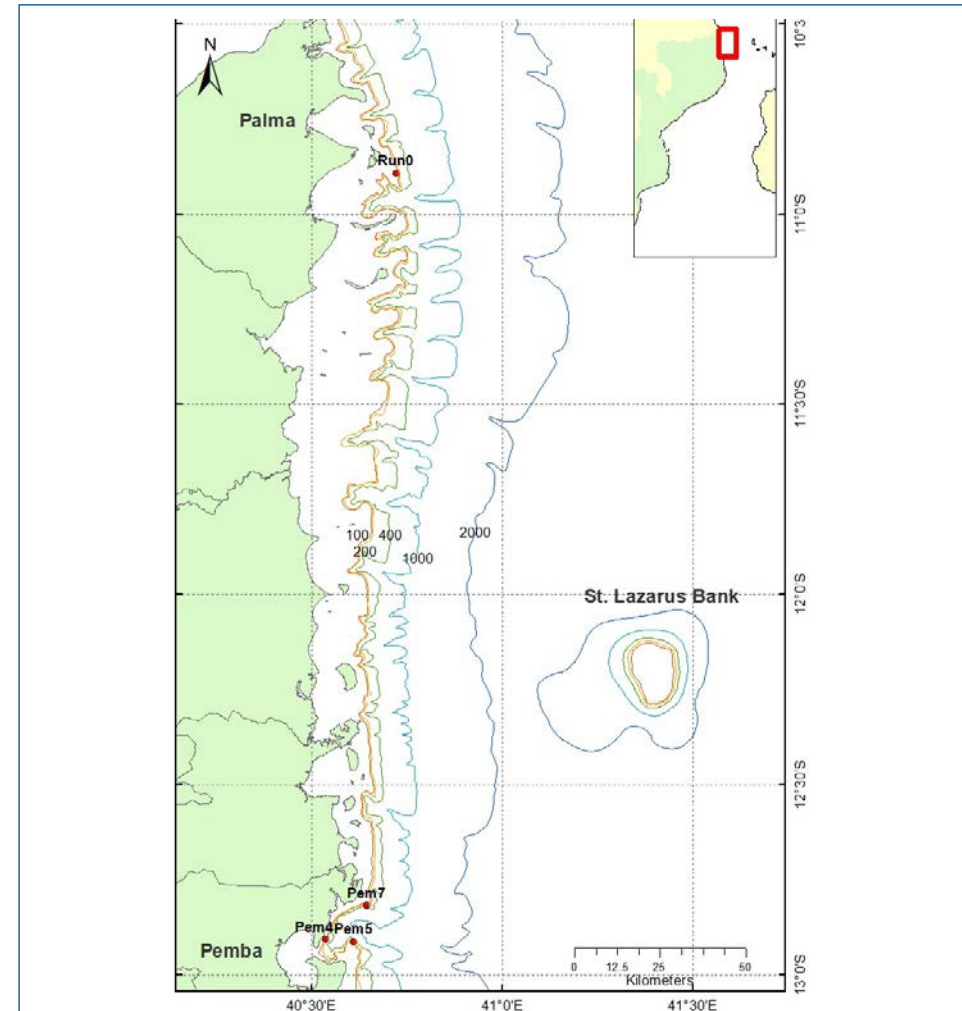


FIGURE 3.1. Map of the ROV stations on the continental break

BOX 3 - "OCEAN SUNSET"

As we leave the shelf and dive into deeper waters, light and seasonal changes in the water temperature, as well as salinity, all decrease. Light in the ocean decreases with depth and minimal light penetrates to between 200–1 000 m, while areas below receive no light from the surface. The ocean's water column can be vertically divided into zones that are described in terms of how much light they receive. Generally it is divided into three zones: the euphotic, dysphotic, and aphotic zones.

The dysphotic zone, also referred to as the "Twilight Zone", is the area between 200 and 1 000 m where light intensity is severely reduced with increasing depth. Seasonal variation in temperature and salinity at 200–300 m is low, and it is almost absent at all at lower depths. At the same time richness of habitats and fauna diminishes (Ekman, 1967).

Ekman, S. 1967. *Zoogeography of the Sea* (publ.) Sidgwick & Jackson; Watergate ed edition, 417 pp.

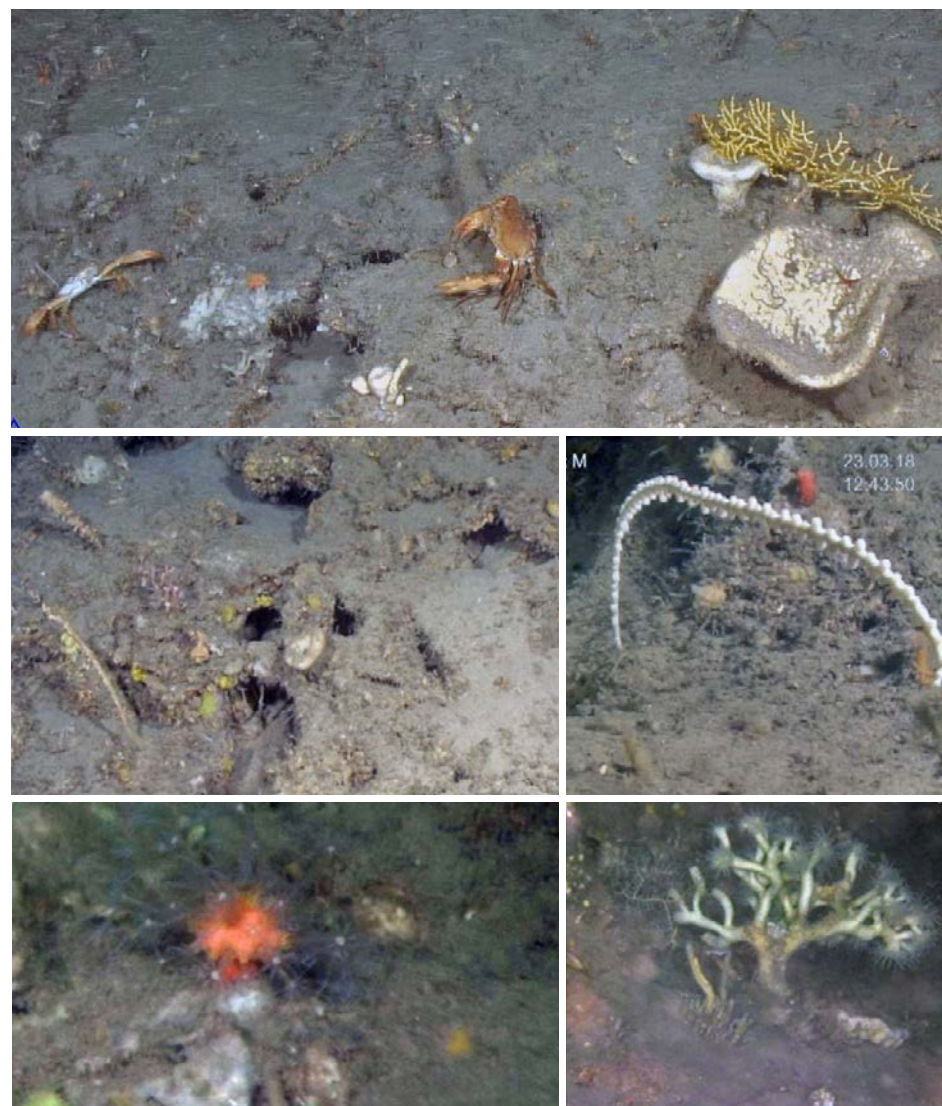


FIGURE 3.2. The remnants of an old coral reef at the PEM 4 station

Note: The upper part of the figure shows crabs with their burrows and tunnels. The upper right shows a yellow sea fan (family Plexaridae) together with two white sponges. The middle right shows a white sea whip belonging to the family Elisellidae. The bottom-left image shows the red gorgonian coral *Nidalia* sp., which belongs to a group commonly referred to as "Daisy Coral". To the right is a white tree shaped hard coral.



FIGURE 3.3. Rocks surrounded by gravely and sandy mud and a large amount of shell debris at the RUN 0 station, at 210 m

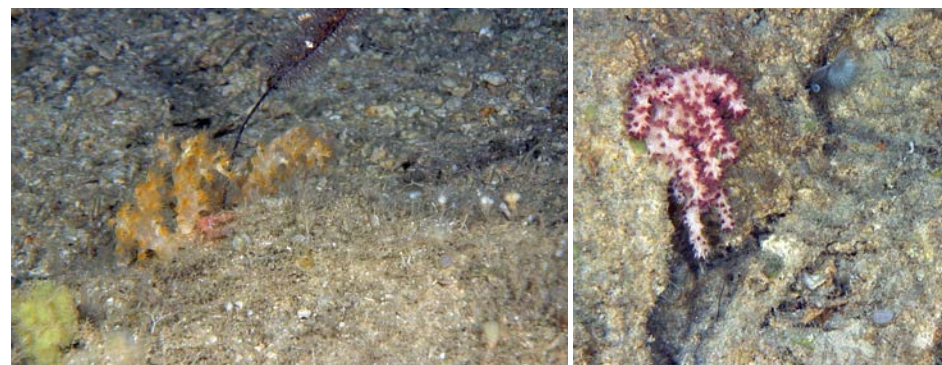


FIGURE 3.4. Two soft corals belonging to the family Nephtheidae

Note: A yellow colony to the left and a colony with red polyps to the right; behind the yellow colony is a black coral.

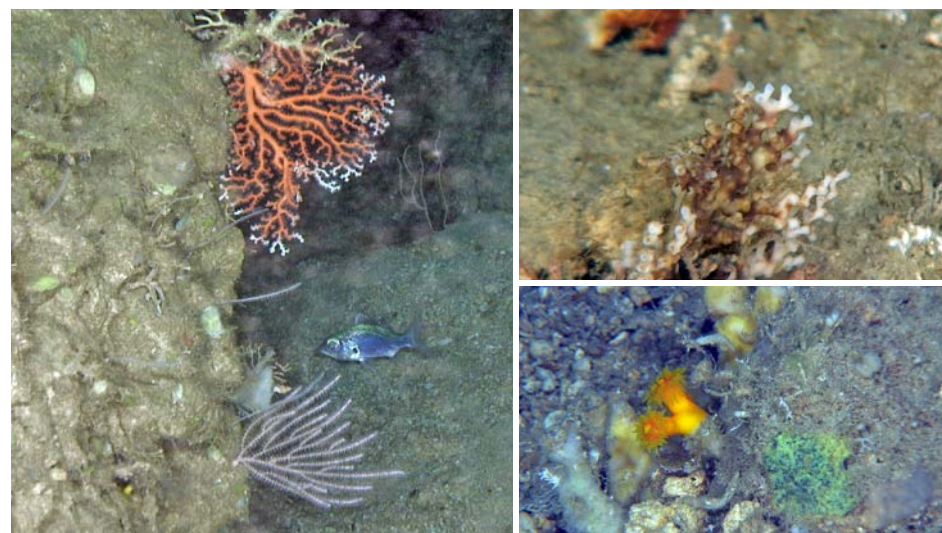


FIGURE 3.5. Species of hard coral

Note: Hard corals refer to those from the order Scleractinia, but other groups of corals are also hard with a carbonate skeleton (even some soft corals, counterintuitively). For instance, some species of corals found at this depth were from the suborder Scleraxiona, such as the red coral (*Corrallium* sp.) on the left, as well as Anthoathecata, such as the fire coral (*Milleropora* sp.) on the top-right. On the bottom-right, the orange cup-coral (*Tubastraea coccinea*) is a true hard coral from the Scleractinia.

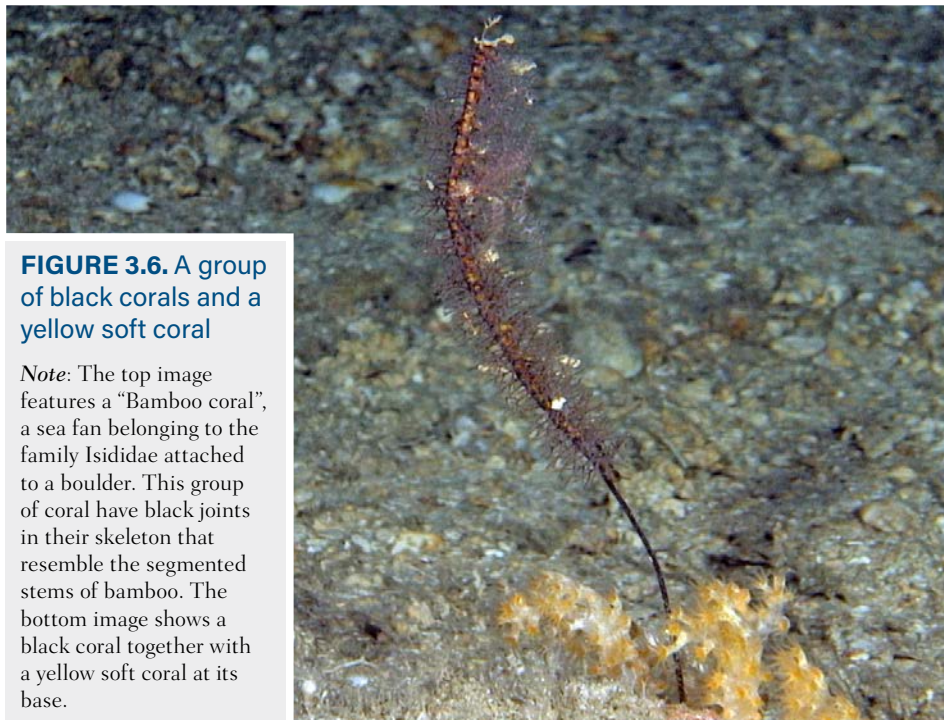


FIGURE 3.6. A group of black corals and a yellow soft coral

Note: The top image features a “Bamboo coral”, a sea fan belonging to the family Isididae attached to a boulder. This group of coral have black joints in their skeleton that resemble the segmented stems of bamboo. The bottom image shows a black coral together with a yellow soft coral at its base.

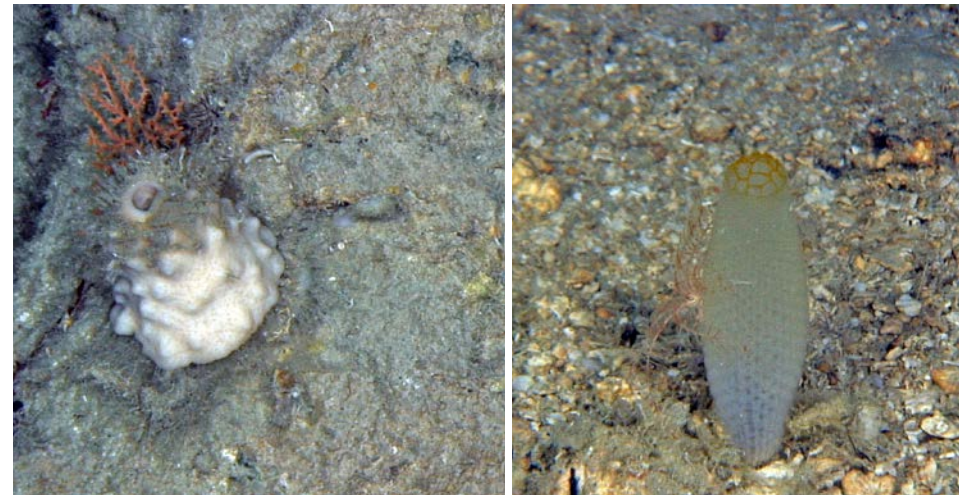


FIGURE 3.7. Hexactinellid sponges with interesting growth forms

Note: These Hexactinellid sponges are often referred to as glass sponges because they have a skeleton made of siliceous spicules. In the top left is the vase-shaped species *Pheronema* sp., while towards the top right is the delicate and beautiful sponge known as “Venus’s flower basket” (*Euplectella* sp.). A feather star (an echinoderm) is sitting on the side of the sponge. At the bottom a trumpet-shaped sponge likely belonging to the genus *Heterorete*. *Euplectella* species feed on organic debris and microscopic organisms that are drawn into its central cavity through numerous holes in the body wall. In Japan this sponge is regarded as a symbol of eternal love because each basket commonly contains a mated pair of shrimp.



FIGURE 3.8. Crustaceans moving around on the seafloor

Note: In the top left is a colourful shrimp with spectacular eyes; in the top right, a squat lobster hides beneath a coral colony. To the bottom right tiny hermit crabs (in their equally tiny gastropod shell) walk along an old sea whip that is covered in polychaete tubes.



FIGURE 3.9. Bristle worms (Polychaeta) in different shapes and sizes

Note: Two very different tube-dwelling polychaetes were observed: the thin white *Salmacina* sp. to the left, and a fan worm belonging to the family Sabellidae to the right. Fan worms have a large feather-like tentacle crown, and they have a lid called an “operculum” to close their tube – this is evident in the image by its round disc.



FIGURE 3.10. Echinoderms discovered walking around on the rocks

Note: The sea urchins *Stereocidaris* sp. belong to the family Cidaridae, which have massive spines, as evident in the top-left image. Most species occur in the deep sea. *Coelopleurus* sp. is an urchin with very long and pointed spines that are decorated with red and green bands (top). Their mouth is underneath and they eat from the surface of the rock they crawl over. To the right is a *Brisingaster* sp. starfish, which belongs to the family Brisingidae. It captures food particles using its arms, before passing them into its mouth underneath.



FIGURE 3.11. Examples of fish observed on the seafloor

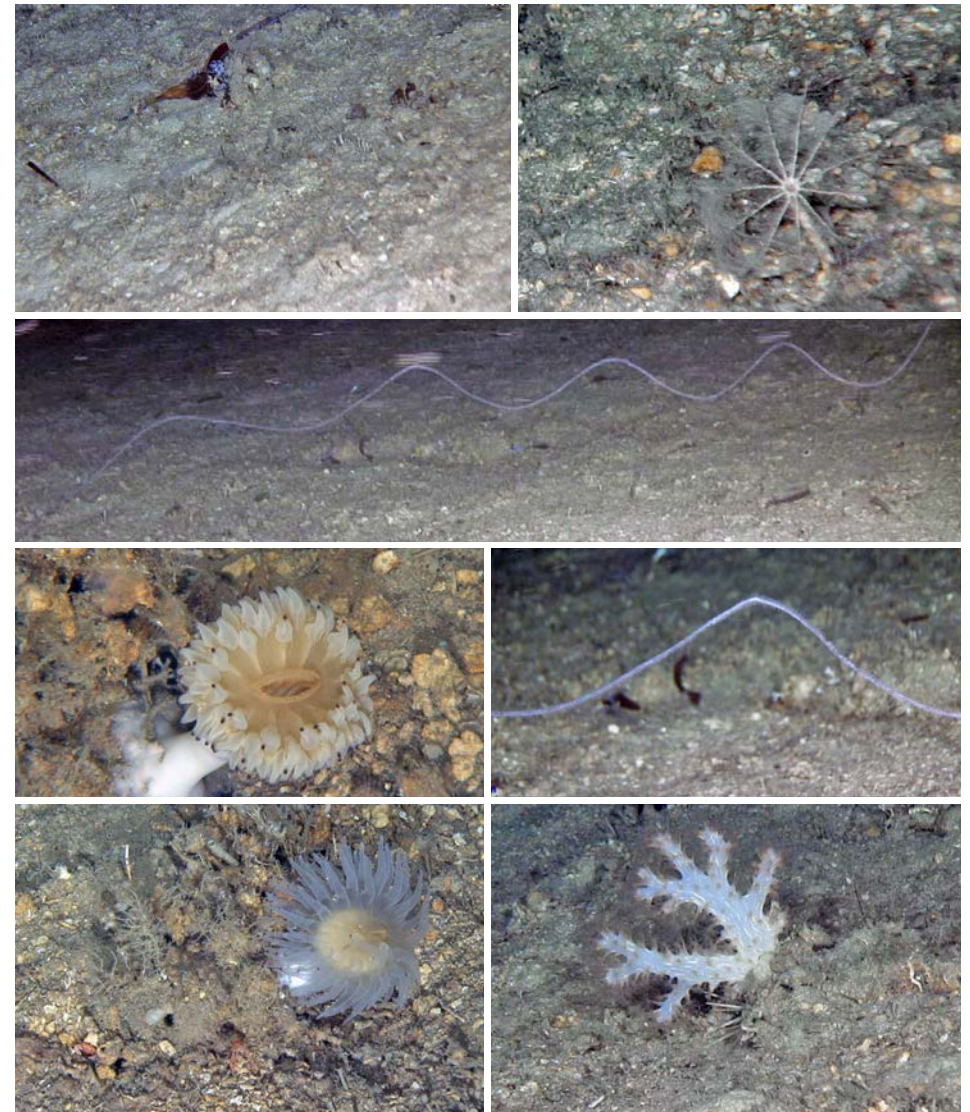


FIGURE 3.12. The shelf slope at 230 m, at the PEM 5 station

Note: On the shelf slope at 230 m, diversity is substantially lower. Some kelp debris were found, unexpectedly, as evident in the top left. To the top right, a polychaete worm decorating its tube: long branches surround the opening of the tube. Only few corals are found here. In the middle is an extremely long and spiralled black coral, a sea whip (> 1 m), while to the bottom left we see two solitary hard corals. To the bottom right is a *Dendronephthya* soft coral.



FIGURE 3.13. Crustaceans and a cuttlefish on the seafloor

Note: Some crustaceans and a cuttlefish were found: the top shows a beautifully striped shrimp. Below: a sleepy cuttlefish (*Sepia* sp.) rests on the seafloor. To the bottom right: a small crab struggles to capture a round isopod in the high current, while several squat lobsters can be seen nearby.



FIGURE 3.14. Inside the protected “Parque Nacional das Quirimbas” area at the PEM 7 station, at 300 m

Note: The soft bottom revealed numerous burrow holes. Large burrows are made by the large squat lobster *Metanephrops* sp., as in the top left, although shrimp were also common. A red sea pen – in the middle, to the left – is part of this community of megafauna and sea pens. Other species included the starfish, to the bottom left, and a burrowing anemone (*Ceriantharia*), to the bottom right.



Intermediate water depths (300–1 000 metres): Climbing down from the continental slope to the Bathyal

Several canyons cut into the lower continental slope of Cabo Delgado. Below 500 m the water is low in oxygen and belongs to the Red Sea water mass (Figure 4.0). Canyons are the major transport route for organic matter from the shelf to the deep-sea plain below (see Box 4). In canyons, the biodiversity is much more limited than on the high-productivity shelf area: the soft sediment houses few large and visible organisms, and most species live on or are attached to boulders.

In the upper part of the Pemba Canyon, at 450 m, the temperature dropped to 10 °C, while at the PEM 3 station the seafloor was covered with sandy mud. Plant debris from seagrass growing near the coast often concentrates in canyons and can provide a useful source of food for many organisms. We observed snails feasting on this resource at a depth where the food supply is otherwise limited. Some *Phormosoma* sea urchins with their remarkably balloon-like tentacles, are common in this area, together with the beautiful *Umbellula* sp. sea pen (Figure 4.1).

At the RUN 2 station, the goal was to target a well head for gas exploration at 511 m on the continental slope off Ilha Rongui. Unfortunately, we could not find the well. At this depth the temperature had decreased to 9.7 °C. On the sandy, mud-covered seafloor we occasionally encountered boulders and rocks (Figure 4.2). Generally, the biodiversity remained low and most organisms observed were found on or near boulders. On the soft sediment, shrimps, sea pens and sea urchins dominated the benthic community (Figure 4.3 and Figure 4.4). Although most species are found on boulders that also play host to corals and sponges, with their associated fauna (Figure 4.5 and Figure 4.6), fishes and shrimps are also frequent on the soft sediment (Figure 4.7 and Figure 4.8).

In the Palma area outside the Tongue Bay we conducted an ROV dive on the continental slope at 750 m, at the TUN 3 station. At that point the temperature was down to 7.4 °C. As with the previous dive, the sediment was composed of sandy mud with occasional boulders. On the boulders we encountered a rich deep-sea community with large shrimps, sea pens, glass sponges and several fish species (Figure 4.9). The large shrimp *Heterocarpus laevigatus* was observed on the rocks together with sea fans and anemones. In the deep sea very interesting adaptations to darkness and low food availability can be observed; the “Feeler fish” tripod *Bathypterois longifilis* is a stunning example of this (Figure 4.10). Several coral species were present at this depth including sea fans, sea whips, sea pens and solitary hard corals. These often host a rich associated fauna dominated by crustaceans (Figure 4.11 and Figure 4.12). Glass sponges are common in the deep sea, together with some anemones (Figure 4.13).

Offshore of Ilha Rongui, on the lower slope, we conducted another dive at the RUN 1 station to target another well head. In this case we managed to land the ROV close to the well (Figure 4.14) thanks to good positioning equipment and information from the industry. Here the depth was 751 m, and the temperature was 7.7 °C, similar to the previous dive. We observed ripple lines on the sediment, which indicated the presence of strong bottom currents (Figure 4.15). The sediment here was partly artificial, insofar as it consisted of drilling waste, in addition to areas covered with what appeared to be bacterial mats. We observed corals housing crustaceans (Figure 4.16). The balloon-carrying sea urchin was present, together with brittle stars and anemones (Figure 4.17). Sea pens were also common at these depths (Figure 4.18), as were shrimp (Figure 4.19). An interesting crab was spotted on the bacterial mat (Figure 4.20): the white colour indicates it feeds on the bacteria, as are the snails.

BOX 4 - "SUBMARINE CANYONS"

A sheer and relatively narrow bathymetric depression in the continental shelf. Analogous to canyons on land, these are often formed through the erosion of the continental shelf, which was sometimes created above the surface, when sea levels were lower, and then submerged by rising sea levels. Submarine canyons are the connection between the productive shelf and the deep-sea plain; they are also a special habitat for living fossil fish, such as the iconic Coelacanth.

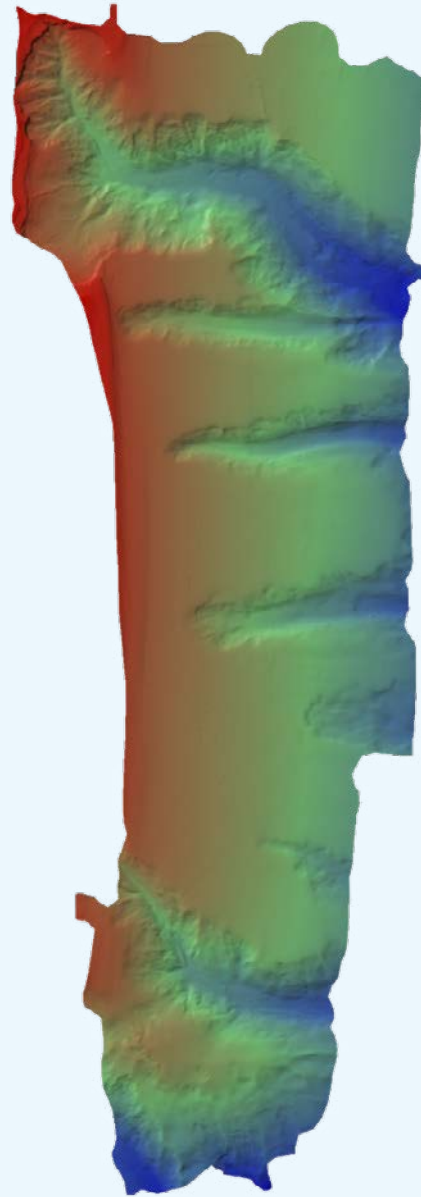


FIGURE 4.0. The continental slope of Cabo Delgado is incised by several canyons

Note: The bathymetric map is based on data collected on the old R/V *Dr. Fridtjof Nansen* in Mozambique in 2007. It was first published in the report from this cruise.

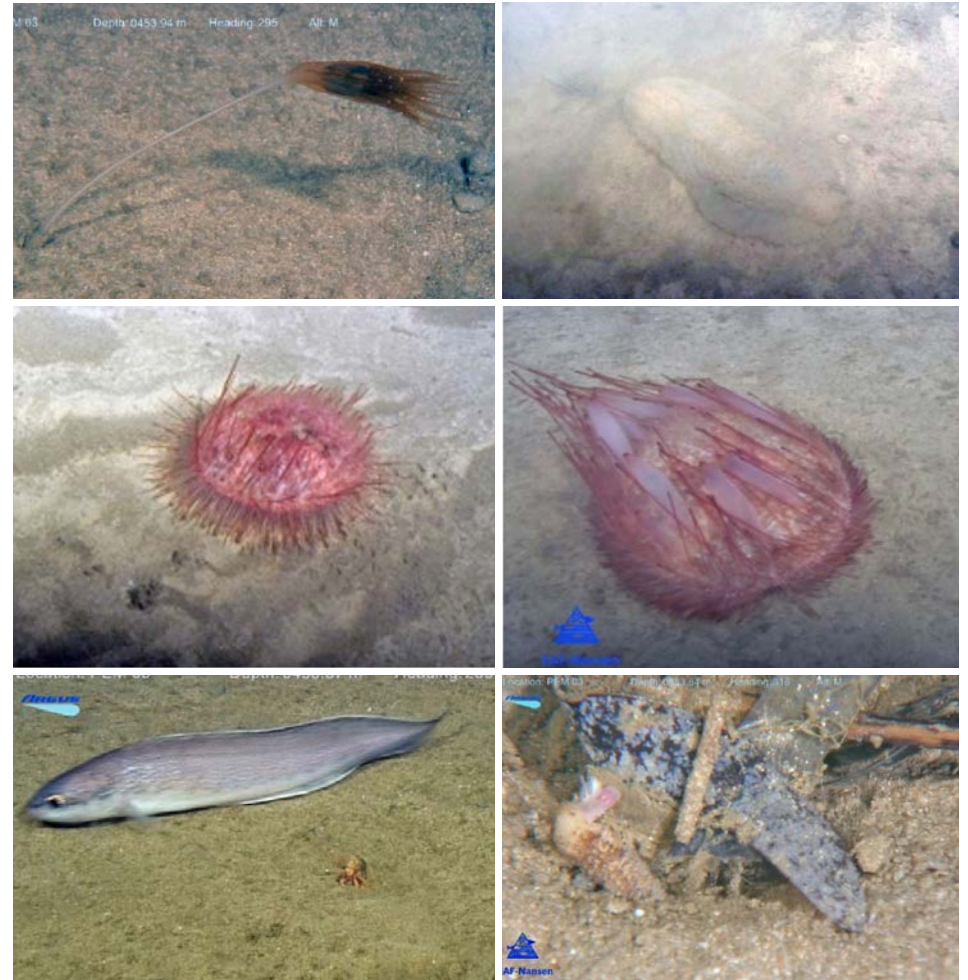


FIGURE 4.1. A sea pen *Umbellula* sp. and a sea urchin *Phormosoma* sp. in the Pemba canyon

Note: The sea pen *Umbellula* sp. (upper left) which, together with the sea urchin *Phormosoma* sp. (in the middle), is part of this deep-sea



FIGURE 4.2. At station RUN 2 at the continental slope of Ilha Rongui at a depth of 511 m

Note: The sediment is mainly sandy mud with few visible organisms, but burrows indicate the presence of burrowing organisms (top photo).

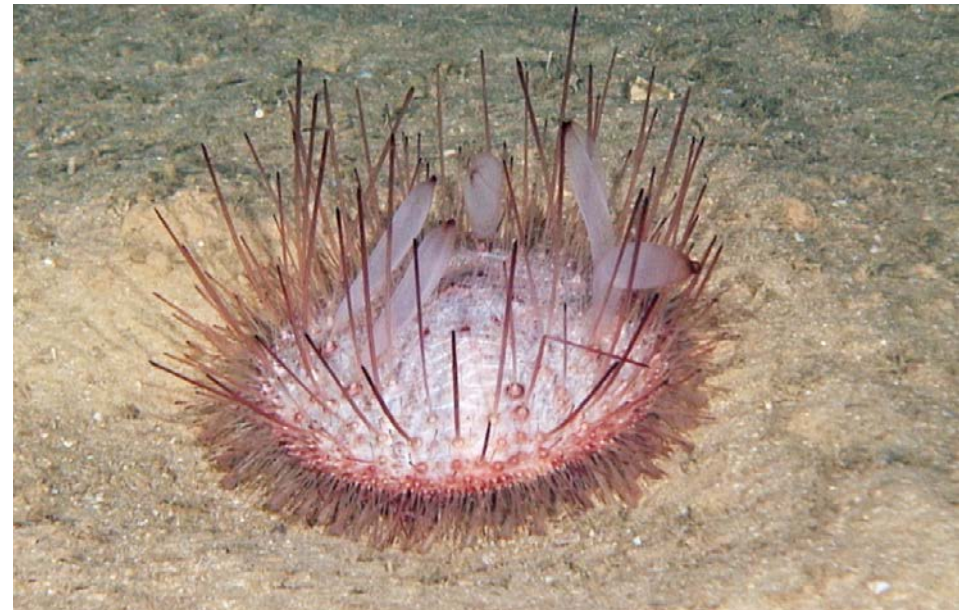


FIGURE 4.3. Sea urchins (*Phormosoma bursarium* and *Cidaris* sp.) and a starfish

Note: On the soft sediment we encountered a remarkable sea urchin belonging to the genus *Phormosoma*, which has balloon-like tentacles between its normal thin and needle-shaped spines. The sea urchin *Cidaris* sp., on the other hand, has extremely thick spines. Here we also found a starfish crawling along on its many tube feet. Tube feet are small active tubular projections on the oral face of an echinoderm (the side facing the sediment). Whether it is a starfish, a sea urchin or a sea cucumber, all of these use tube feet to walk or grip on to a surface.





FIGURE 4.4. A sea pen *Chunella* sp. and the tongue-shaped sea pen *Echinoptilum echinatum* at station **RUN 2**, situated in the deep sea

Note: Most corals attach to a hard substratum, but sea pens (which are octocorals) live on the soft bottom where they anchor their colony with a fleshy foot. On top left, the elegant sea pen *Chunella* sp., on the top right, the tongue-shaped *Echinoptilum echinatum*, and an anemone.



FIGURE 4.5. Corals and sponges providing a home for many associated species on boulders

Note: On the left, a large bushy colony of the black coral *Antipathes* sp., which is densely populated with white-stalked barnacles and small squat lobsters. Below this colony is a solitary hard coral with red tentacles, a white sponge to the right, and a primnoid coral behind. On the right, the black coral *Bathypathes* sp. looks like a large white feather and a little squat lobster is climbing between the branches.

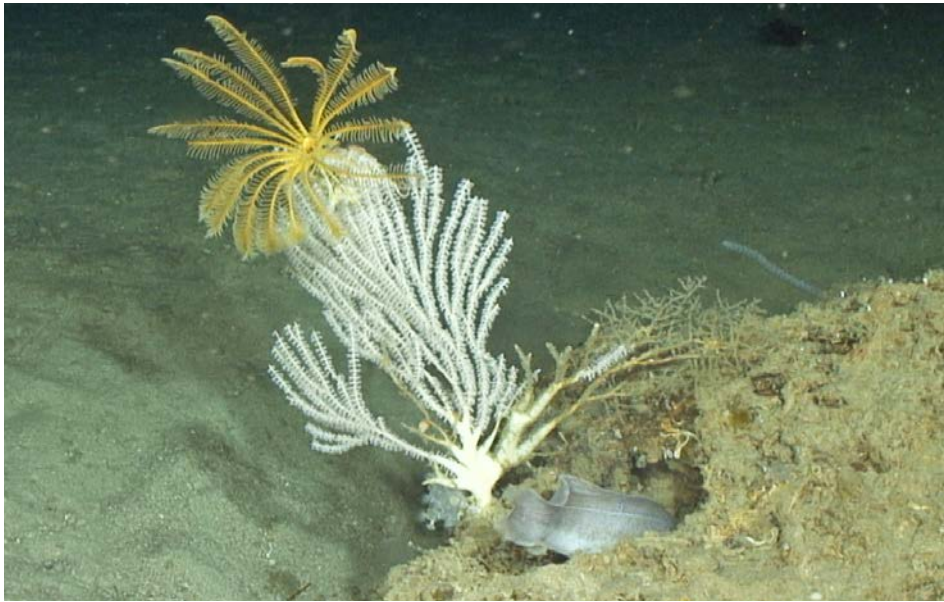


FIGURE 4.6. A white colony of the primnoid coral *Narella* sp.

Note: At the top of the colony sits a yellow feather star (an echinoderm belonging to the group Crinoidea), in a good position to capture food particles passing by. Below is a fish using the rock as a hiding place.



FIGURE 4.7. Colourful fish *Chlorophthalmus* sp. and close to a rock, a larger cusk-eel (family Ophidiidae) on the seafloor



FIGURE 4.8. Two spectacular deep-sea shrimps on the sediment

Note: On top: a large-eyed, colourful shrimp with very long and slender legs cf. *Plesionika* sp. Below: the stout red shrimp *Aristeus antennatus* with long antennae.

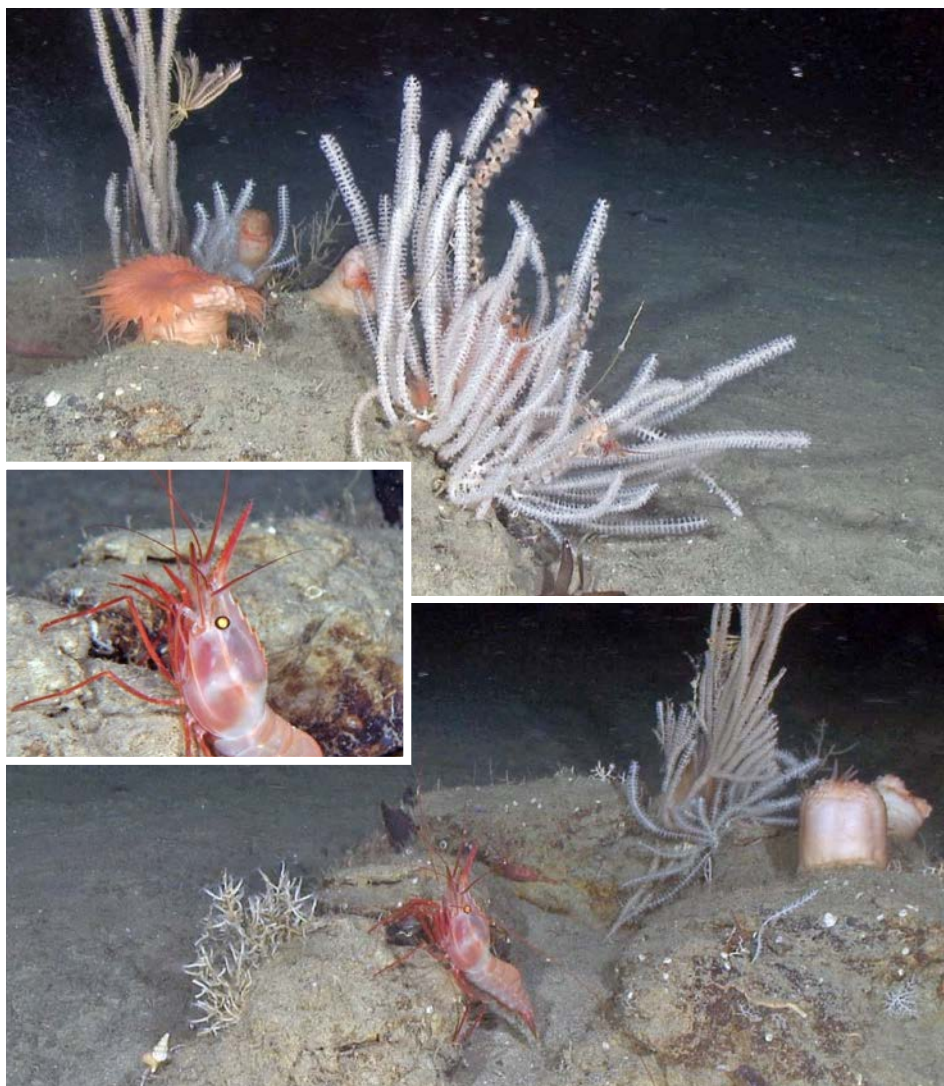


FIGURE 4.9. Rich life on boulders at the TUN 3 station outside Palma, at 750 m

Note: On top, large pink anemones and colonies of the octocoral *Narella* sp. have a stable position on the rock from which they can capture food from the passing current. The large shrimp *Heterocarpus laevigatus* poses on a rock that is also home to some white brittle worms (Polychaeta) and a tiny hermit crab.



FIGURE 4.10. Deep-sea species observed at the TUN 3 station

Note: On top: a frequently sighted eel species *Coloconger scholesi*. In the middle: a small flatfish, *Cynoglossus* sp. that tries to mimic the bottom colour. Below: the spectacular "Feeler fish" tripod *Bathypterois longifilis*, with its extremely long antler-like fins stretched out in front. It feeds on small crustaceans and squid that it can most likely detect with its long feelers.

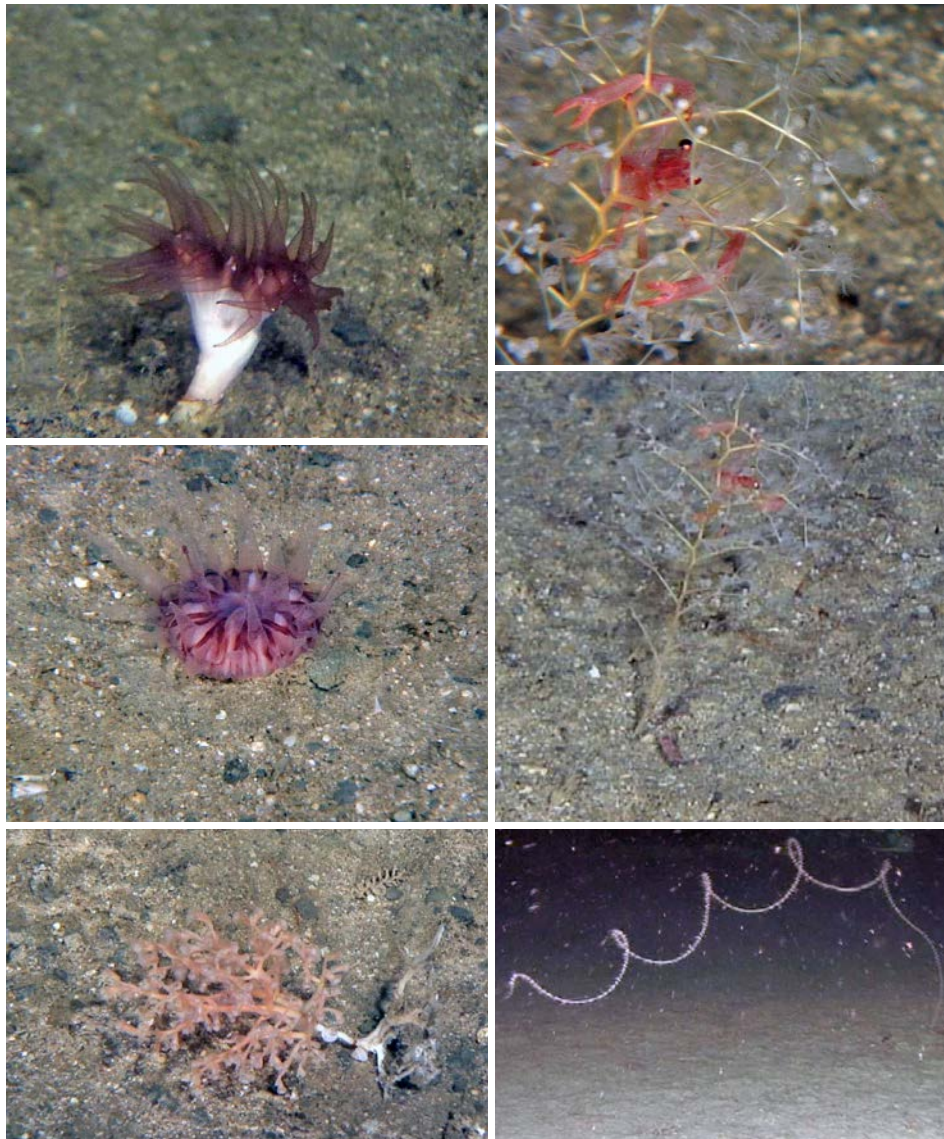


FIGURE 4.11. Different species of corals at the TUN 3 station

Note: From the top to the left: two different species of solitary hard corals. Bottom: a tilted octocoral colony; compare with *Acanella* sp. Top right: a small *Crysogorgia* sp. coral colony, with a lobster climbing among the branches. Bottom right: a spiralled black coral sea whip more than 1 m long.



FIGURE 4.12. Three sea pens frequently found at the deep-sea TUN 3 station

Note: There were three sea pens frequently found at the deep-sea TUN 3 station. To the left, the fleshy *Kophobelemnon* sp., and below, the delicate *Umbellula* sp. Top right: a *Pennatula* sp.



FIGURE 4.13. Glass sponges *Hyalonema* sp. and an unidentified anemone

Note: Glass sponges, the most common sponges in deep water. On top: the stalked *Hyalonema* sp., and below: an unidentified anemone (compare with *Actinoscyphia aurelia* i.e. the Venus flytrap).

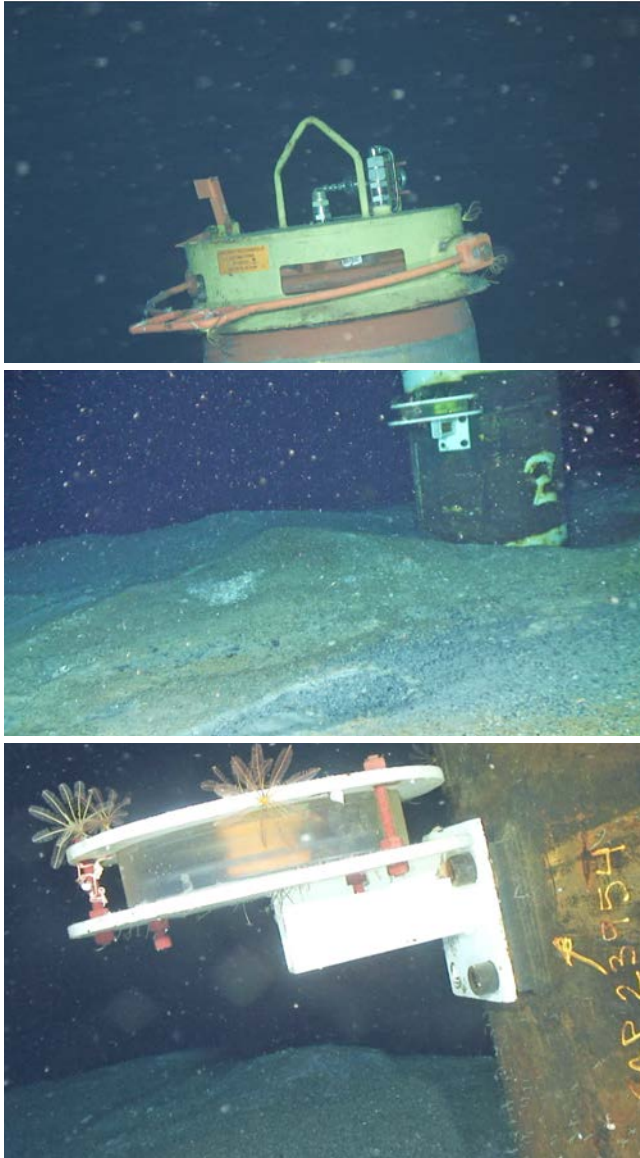


FIGURE 4.14. A wellhead at the RUN 1 station

Note: Several feather stars (Crinoids) use the well as a seat – hard substrates are not common here and always attract bottom dwellers.

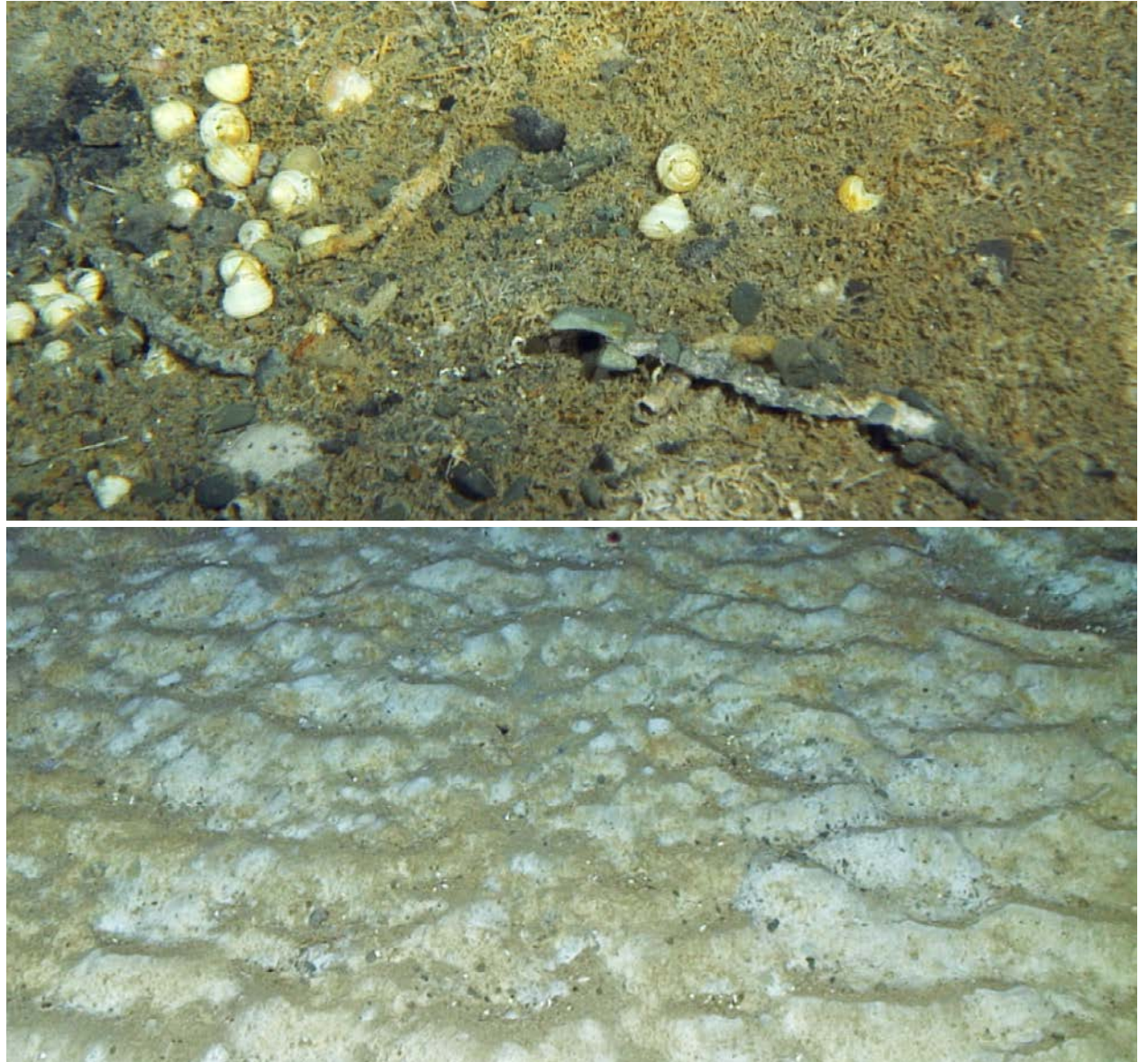


FIGURE 4.15. Ripple lines at the RUN 1 station

Note: The ripple lines indicated strong currents, while areas with drilling waste were covered with bacterial mats feasted on by white snails.



FIGURE 4.16. A delicate *Chrysogorgia* colony hosting a tiny squat lobster between its branches



FIGURE 4.17. The sea urchin *Phormosoma bursarium*

Note: A remarkable sea urchin (*Phormosoma bursarium*) with its balloon-shaped tentacles, and a huge orange brittle star crawling over a rock. Below: a cerianthid anemone catching food with its long tentacles.

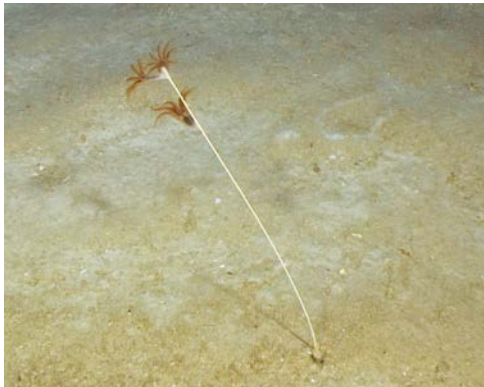


FIGURE 4.18. Sea pen species *Pennatula* sp., *Virgularia* sp. and *Chunella* sp.

Note: By this point of the expedition, only a few sea pen species had been recorded, but in this deep-sea region we encountered several others. On top: a red *Pennatula* sp. In the middle: the more delicate *Virgularia* sp. – notice its ability to pull itself down into the sediment, which is a trait common to many sea pens. Below: what looks like the very elegant *Chunella* sp. sea pen.



FIGURE 4.19. A red shrimp and the smooth nylon shrimp *Heterocarpus laevigatus*

Note: In general, the same few shrimp species are sighted in the deep sea. Left: the red shrimp. Right, posing on a rock with its long red rostrum protruding from its head, is the *Heterocarpus laevigatus* shrimp.



FIGURE 4.20. A white crab on the bacterial mat

Note: On the bacterial mats a white crab carries a large piece of plant debris for disguise and protection. Right: a branched bryozoa or hydroid colony with a hermit crab and a mysid climbing on the branches.



FIGURE 4.21. A ghost shark *Chimaera* sp. and a cusk-eel *Ophidion* sp.

Note: In the deep sea fishes often have large eyes, which allow them to use the little light available. On top left: *Chimaera* sp. with wing-like fins; its common names are ghost sharks, rat fish, spook fish, or rabbit fish. Right it is an unidentified eel. At the bottom: a fish species we encountered on several occasions, the cusk-eel *Ophidion* sp.





Deep sea (1 000–2 000 metres): The cold, dark and deep Mozambique channel

The deep sea is a worldwide habitat with very stable conditions, characterized by low temperatures, low production, a scarcity of food, no light, and high pressure from the vast water masses above. At depths between 1 000 and 2 000 m we are in the transition zone between the “Bathyal” and the “Abyssal plain” below (Box 5). The continental slope descends to more than 2 000 m, while temperature decreases with depth to below 3 °C at 1 900 m. Here the water is particularly cold because of the influence of the Antarctic water masses being transported northward with the Mozambique Undercurrent (see Chapter 1, Figure 1.4).

In the deep sea the main source of food comes from dead organic matter floating down from production in the upper water column. Light is virtually absent in the deep ocean and without sunlight the process by which plants make food (photosynthesis) is impossible. Furthermore, most of the organic matter produced in the surface waters decomposes before landing on the seafloor at great depths. This contributes to a general scarcity of food in the ocean and therefore a lower overall density of organisms. Chemosynthetic communities – organisms that use the oxidation of inorganic compounds such as hydrogen gas and hydrogen sulphide, or ferrous ions, as a source of energy, in the vicinity of hydrothermal vents and cold seeps – are an exception, because they are not dependent on photosynthesis as a primary food source.

Many deep-sea species are present worldwide, by virtue of the wide geographical range of this stable and uniform environment. Typical adaptations are large eyes because of the low light conditions; long stilt-like legs or fins, to avoid sinking in to the watery and soft sediment; and relatively large body sizes and slow growth, from living in a stable and cold environment with little food. These species are also able to sustain extreme pressure. Water pressure increases by one atmosphere (atm, which equates to 10 332 kg/m²) every 10 m. At 100 m depth the pressure is 10 atm (~ 100 000 kg/m²), while at 1 000 m the pressure has increased to 1 million kg/m², at which most organisms with gas-filled spaces would be crushed by the pressure.

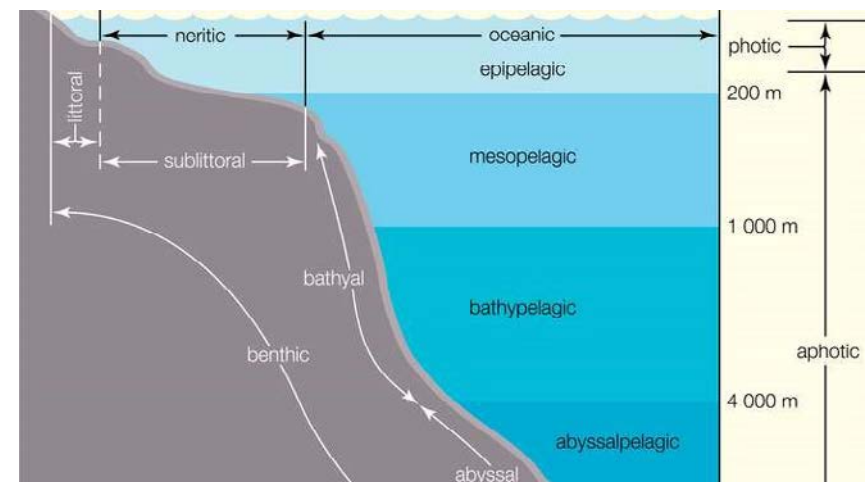
BOX 5 - DEEP-SEA DEPTH ZONES

Bathyal zone: extends from the edge of the continental shelf to the depth at which the water temperature is 4 °C (39 °F). Both limits are variable, but the bathyal zone is generally described as lying between 200 and 2 000 m (660 and 6 600 feet) below the surface.

Abyssal zone: the portion of the ocean that is deeper than about 2 000 m (6 600 feet) and shallower than about 6 000 m (20 000 feet). The zone is defined mainly by its extremely uniform environmental conditions, as reflected in the distinct life forms inhabiting it. The upper boundary between the abyssal zone and the overlying bathyal zone is conveniently defined as the depth at which the water temperature is 4 °C (39 °F). This depth varies between 1 000 m and 3 000 m.

Waters deeper than 6 000 m are treated separately as the **hadal** realm by ecologists.

FIGURE 5.0. Deep-sea depth zones



The number of taxa observed is 75 percent lower in the deep sea than in the very rich tropic coral reef fauna in the top 50 m. Remnants of seaweed can occasionally be transported with currents to greater depths. When canyons cut into the continental slope, they represent important transport routes for organic matter, including plant debris, to be transported from the productive shelf environment to the deep sea. In northern Mozambique, the submarine canyon system constitutes an important source of sedimentary organic matter, with nutrients from the coast and continental shelf possibly of terrigenous origin.

Deep-sea canyons are steep-sided valleys cut into the seafloor of the continental slope (see **Chapter 4, Box 4**). These submarine canyons vary in size, shape, and morphological complexity. They are an important link between the shelf and the deep sea. Just as canyons above sea level serve as channels for the flow of water across land, submarine canyons serve as channels for the flow of dense, sediment-laden waters. These “turbidity currents” travel down the slope at great speed, and finally deposit sediment onto the Abyssal plain.

Deep-sea habitats and their inhabitants

At the **PEM 6** station the dive was conducted in the Pemba canyon at 1 085 m. It revealed soft sediment and a temperature of 4.9 °C. The most common organisms here were sea urchins (Echinoidea) and hermit crabs (Paguridae) – primarily scavengers living off dead organic matter. We also encountered some litter (**Figure 5.1**).

At the **TUN 4** station the depth was 1 004 m and the surrounding temperature was 6.5 °C. The few larger organisms on the soft sediment were sea pens, anemones, holothurian, sea urchins, hermit crabs and glass sponges, together with fishes and crustaceans. On the wide areas of soft sediment, the few rocks offered a home for organisms in need of a solid base, either for attachment or to rise above the sediment to avoid becoming buried (**Figure 5.2**). These rocks are hotspots for deep-sea diversity, and often look like colourful oases surrounded by an endless carpet of soft sediment. Feather stars and soft corals were the main larger organisms found on these rocks. Glass sponges are also

common in the deep sea (**Figure 5.3**), while sea urchins and starfishes crawl on the seafloor. We also encountered a large starfish attacking a coral (**Figure 5.4 to Figure 5.5**), as well as some remarkable deep-sea fish (**Figure 5.6**).

At 1 275 m, at the **TUN 5** station, the temperature was even lower (3.1 °C). The few larger organisms sighted were anemones and holothuroids (**Figure 5.7**), which are among the few organism groups common in the deep sea globally. The Holothuroidea (sea cucumbers) have an elongated body with a mouth at one end, often surrounded by many tentacles. They are deposit feeders – similar, in many ways, to the earthworm on land – who move around on the sea bed, feeding on material that has settled from the surface water.

On the deep continental slope, we conducted a dive at the **LAZ 9** station, down to 1 750 m; the temperature was 3.1 °C. The soft seafloor was level, with very few visible species and large distances between the larger organisms; small crustaceans dominated, while the few larger organisms observed were, anemones, and shrimps (**Figure 5.8 to Figure 5.10**).

The *Heterocarpus laevigatus* shrimp can occur at water depths from 350 m to 750 m but is most common between 750 m and 1000 m. Although not commercially targeted in Mozambique, the species was targeted by exploratory trapping fishing in the Western Indian Ocean (Seychelles, Mauritius and Réunion) in the mid-1980s.

At the **MET 4** station, only a few organisms occurred at a depth of 880 m on the soft bottom. Here the temperature was 3.1 °C and the largest organisms sighted were sea urchins, sea cucumber, sea pens, and demersal fish.

A drilling head site was targeted at the **MET 3** station, at a depth of 1 934 m (see also **Chapter 7**). On landing close to a drilling head, we came across white bacterial mats on top of the soft mud sediment. This is a habitat where the Siboglinidae (Polychaeta) community often occurs, the ambient temperature now as low as 2.6 °C (**Figure 5.11**). A rich and unique bacteria-related fauna thrives among the thin white polychaete tubes. Red shrimp walked in between the tubes and white gastropods climbed on them. Other inhabitants included scale worms and squat lobsters (**Figure 5.12**).



FIGURE 5.1. Underwater canyons off the coast of Mozambique

Note: Off the coast of Mozambique are several canyons: at the PEM 6 ROV station, the dive was conducted in the Pemba canyon at 1 085 m. The few visible organisms were Echinoidea and Paguridae; some litter was observed.



FIGURE 5.2. Colourful rocks at TUN 4 station

Note: At TUN 4 ROV station at 1 004 m we encountered rocks that looked like colourful oases surrounded by an endless carpet of soft sediment. Here, three yellow feather stars *Glyptometra* sp. (family Thalassometridae) sit on a rock. Behind, a colony of the white coral *Narella* sp. with some branches covered by a colonial anemone.



FIGURE 5.3. The stalked glass sponge *Hyalonema* sp.

Note: The stalked glass sponge *Hyalonema* sp. is common in the deep sea; its stalk provides a firm and stable attachment compared to the surrounding soft sediments colonized by a colonial anemone (epizoantidae).



FIGURE 5.4. A sea urchin of the genus *Phormosoma*

Note: Sea urchins are common in the deep sea; again, we encountered an urchin belonging to the genus *Phormosoma*, which has balloon-like tentacles.

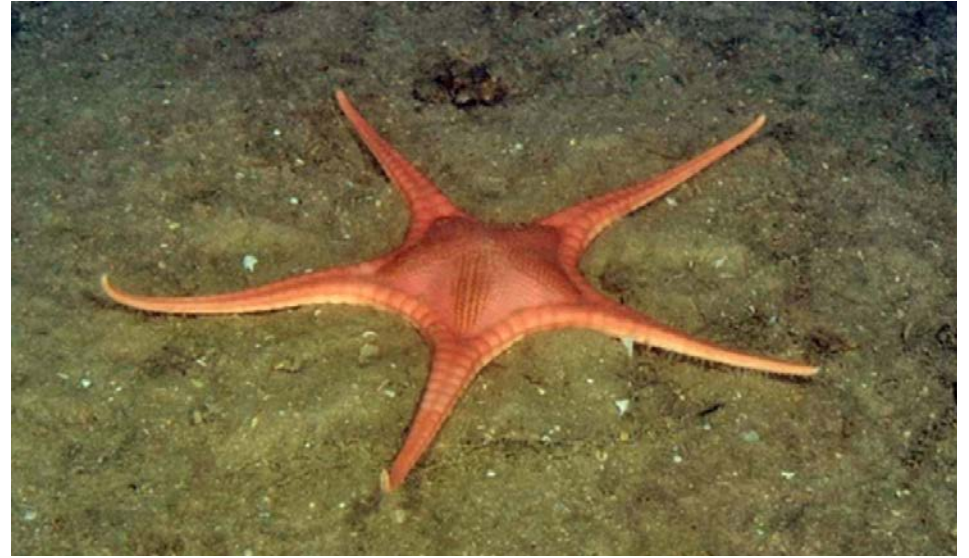


FIGURE 5.5. Starfish attacking the bamboo coral *Acanella* sp. at the TUN 4 station

Note: On top: a beautiful red starfish in deep waters, below is a large starfish attacking a tiny bamboo coral (*Acanella* sp.) at 1 004 m deep. The coral colony hosts a small squat lobster (the pink claw can be seen) trying to defend the host against the starfish predator.



FIGURE 5.6. Remarkable deep-sea fishes seen at the TUN 4 station

Note: an eel-shaped fish (top) belonging to the family Halosauridae; middle: a fish with the peculiar habit of hanging its head down in the water, which belongs to the family Bathyclupeidae; bottom: the dark Grenadiers or rattail fish (family Macrouridae).



FIGURE 5.7. Anemones and sea cucumbers at the TUN 5 station, at 1 275 m

Note: Anemones (top) and holothuroids (bottom) were among the larger organisms observed. In general sea cucumbers (Holothuroidea) are common all over the world in the deep sea. To the left: the holothurian *Bathyplores* sp. with its faeces (excrement). To the right: a deep-sea holothurian (*Kolga* sp.) carrying a polychaete (Polynoidae), which might have a special association to this host.



FIGURE 5.8. Hermit crabs hiding from predators in the house of a dead snail

Note: Hermit crabs are frequently seen running around on the mud. An anemone is often attached to the shell. The anemone can support the crab with its stinging tentacles, and benefits from leftovers from the crab's feeding.



FIGURE 5.9. A large smooth nylon shrimp *Heterocarpus laevigatus* at the LAZ 9 station, at 1750 m



FIGURE 5.10. Burrows and tunnels in the deep sea

Note: In the deep sea, large burrows and tunnels are often the only sign of marine life. The walls of burrows made by larger organisms are often full of little holes, which are entrances to tiny tunnels made by small crustaceans.



FIGURE 5.11. White bacterial mats with a Siboglinidae (Polychaete) community at the MET 3 station, 1935 m

Note: Among the white polychaete tubes, red shrimps were walking, and large white gastropods were climbing on the tubes.



FIGURE 5.12. Bacteria in the polychaete community

Note: As part of the bacteria-polychaete community we observed a scale worm (bottom), a white squat lobster (top left), and an anemone clinging to a polychaete tube (top right).



St Lazarus Bank:

From the deep sea to shallow tropical corals in the open ocean

St Lazarus Bank is a colossal seamount situated in the northern part of the Mozambique Channel, some 70 nautical miles east of the coast (Figure 6.1A). This seamount has almost 60 km² of shallow topography and has exceptional physical and biological characteristics that make it a biodiversity hotspot and a sportfishing paradise (Figure 6.1B). The strong current flowing south creates eddies on the surface and brings nutrients from the depths. This makes the St Lazarus Bank home to a wide variety of pelagic species including big wahoo, dogtooth, and yellowfin tuna, as well as the most sought-after of target species, *Caranx ignobilis* – the giant trevally. The mountains rise from a depth of over 2 000 m to 6 m from the surface. This seamount (Box 6) is particularly famous for being a spectacular, remote, and hard-to-reach hotspot, with great underwater visibility (up to 30 m) at the surface layers. It drops down to the deep plains of the continental shelf – the cold and dark environment presented in Chapter 5.

BOX 6 - SEAMOUNTS

A seamount is defined as a large geological relief that rises from the ocean floor. It can rise to 1 000–4 000 m (3 300–13 100 ft) high but does not reach the water surface. Peaks are often found hundreds to thousands of metres below the surface and are therefore considered to be within the deep sea. Formed by extinct volcanoes, seamounts are found mainly in the oceanic crust and, to a lesser extent, in the extended continental crust. They are generated near meso-oceanic spreading ridges, in interior plates on resurgence plumes (hotspots), and convergent configurations of an island arc.

Seamounts are embraced by the conservation community as islands of biodiversity. Several ecological paradigms concerning seamounts are already firmly rooted in the scientific literature, where there is a consensus view of seamounts as unique environments and hotspots of biodiversity and endemism. Furthermore, the discovery of relict fauna on seamounts suggests that some seamounts provide a “refuge habitat” for many taxa, including crinoids, sponges, and brachiopods. This is also true for large oceanic fish and sharks, which use the seamounts as feeding, breeding and nursing grounds.

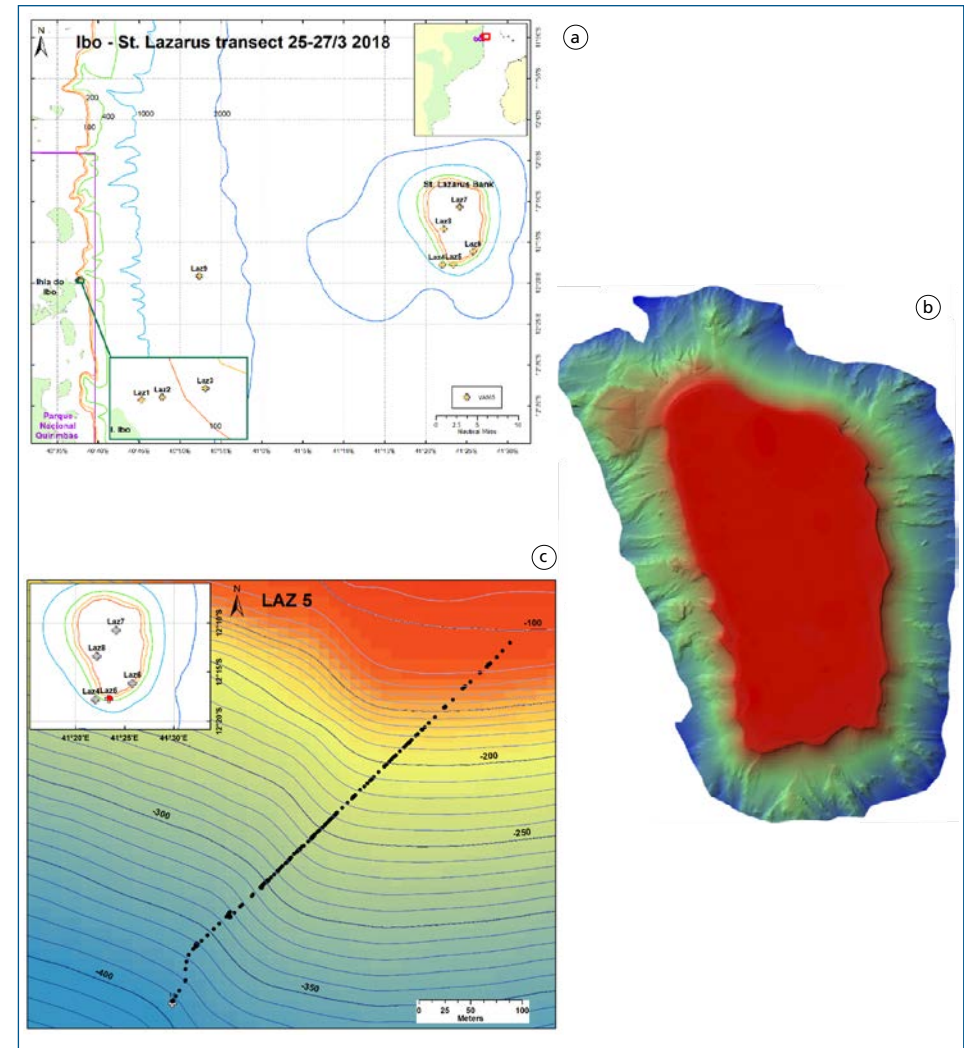


FIGURE 6.1. Positions of the St Lazarus Bank seamount and ROV stations in the area

Note: (A) Positions of the St Lazarus Bank seamount and ROV stations in the area; (B) the 3-D bathymetry map of the seamount; (C) depth curves and position of the long ROV transect conducted at the LAZ 5 station.

Documenting the richness of the St Lazarus Bank

The c. 2000-metre-high St Lazarus Bank seamount towers above the dark and cold surrounding seafloor, its summit reaching all the way to the sun-exposed and clear shallow waters above. Although it never breaches the surface – and thus falls short of forming an island – this submerged mountain nonetheless brings together a plethora of marine life along its slopes and around its summit, a real oasis in the deep blue.

Here our investigation began with a very long ROV dive at the **LAZ 5** station. We climbed 300 m up the side of the seamount, starting at a depth of 404 m and ending at 104 m (**Figure 6.1C**). During the climb, the temperature changed from 10 °C to 27 °C, and a wide set of environments were observed including shell sand, rocks, and ridges. We also witnessed a clear change in bottom communities and increases in biodiversity as we climbed upwards, with the largest change evident between 10 °C and 20 °C. When we turned on the lights of the ROV at 404 m at the beginning of the dive, the surroundings were steep cliffs and vertical walls, similar to what a mountain climber might see (**Figure 6.2**). To avoid smashing the ROV or its cage (garage) against the rocky walls, we hung above the ground while inspecting the surroundings. The rocky walls were covered with parabola-shaped glass sponges, like crystal spheres shining in the dark.

The bedrock allows for the attachment of coral colonies, and large sea fans filtered through the deep-sea waters for food (**Figure 6.3** and **Figure 6.4**). As we climbed-up, the temperature gradually rose, and more and more creatures were present: in the depths, sea whips, soft corals, odd gastropods and crustaceans went about their daily lives undisturbed. At a depth of 150–200 m we approached the mesophotic zone, into which only faint rays of sunlight penetrate. An abundance of various species of sea urchins and sponges of all kinds predominated, and some algae started to appear. Though this area is not known to have kelp forests, interestingly, kelp leaves were entangled in several coral colonies (**Figure 6.5** and **Figure 6.6**). The temperature had reached almost 20 °C at 100 m by the end of the dive, and a couple of coral reef fish reminded us of our proximity to a tropical reef.

This suggestion was confirmed when we climbed from 86 to 74 m, at the **LAZ 8** station. The temperature increased to 27.1 °C and the seafloor was covered in patches of sand, coral and algae rubble. The diversity of reef fish, sponges, corals (both hard and soft) and echinoderms left no doubt that we were reaching the coral reef. Huge barrel sponges became abundant, and an increasing variety of larger fish were sighted (**Figure 6.7**), in addition to a rich sponge community with hard coral. On the patchy sea bed we found a rich community of colourful tunicates, starfishes, flowerlike hard corals and trumpet-like sponges sitting on the hard substratum. By contrast, the huge (~1 m) sea cucumber *Holothuria* sp. prefers to crawl on the sand that it eats in its search for food; **Figure 6.8** and **Figure 6.9**). A firm carpet, made by encrusting organisms, occurred like islands on the hard bottom, on a background of shell sand. At the border of these “islands” we came across caves that provide shelter for many organisms. In one cave we found a moray-eel living with a group of small fishes (**Figure 6.10**).

Our ascension continued. At 35 m deep, at the **LAZ 6** station, we were surrounded by warm tropical waters of 29 °C. Here the sea bed was covered with encrusting red algae (**Figure 6.11**). We found enormous patches of coral rubble covered in a great variety of sponges, while hard corals occasionally appeared scattered around. Soft corals were common at this level, along with tunicates, as well as hard corals and sea whips (**Figure 6.12**, **Figure 6.13** and **Figure 6.14**). The soft corals with large polyps danced in the strong currents. There were also several sponges at this depth, the largest of which provided shelter for fishes (**Figure 6.15**). Below a giant barrel sponge, we encountered a laced moray (**Figure 6.16**).

At 26 m deep, on top of the bank at the **LAZ 7** station, the water temperature was 29 °C. Sunlight was abundant at this depth, and green and brown alga covered the seafloor together with a mix of encrusting red algae and sand (about 25 percent). There were bushes of branching *Acropora* corals, massive *Porites* and tabular corals everywhere, exhibiting their wonderful shapes and colours. Teeming with fish and a tremendous diversity of associated species, the reef buzzed with life (**Figure 6.17** and **Figure 6.18**). Above the carpet of

brown algae, swaying in the wave swell, sponges could be seen in many shapes and colours (**Figure 6.19** to **Figure 6.21**).

This concentration of life at the summit of the seamount fuels complex food chains that result in a great biomass of fish, which in turn seduces larger predators to live onsite or frequently visit the area in search of a good meal. These include reef sharks – such as grey reef sharks, silver-tips, black-tips and white-tips, but also oceanic ones such as tiger sharks, oceanic white-tips and many more.



FIGURE 6.2. At the beginning of the long ROV dive (LAZ 5) on the slope of St Lazarus Bank seamount

Note: At 404 m deep the submerged rocky walls are covered in glass sponges, like crystal spheres shining in the dark.



FIGURE 6.3. Sea fans and sponges at the LAZ 5 station

Note: Sea fans and sponges often occur on the summit of elevations or on steep walls. Two other glass sponges observed in the bedrock landscape at LAZ 5 are the vase-shaped *Pheronema* species and the convoluted *Farrea* sp.

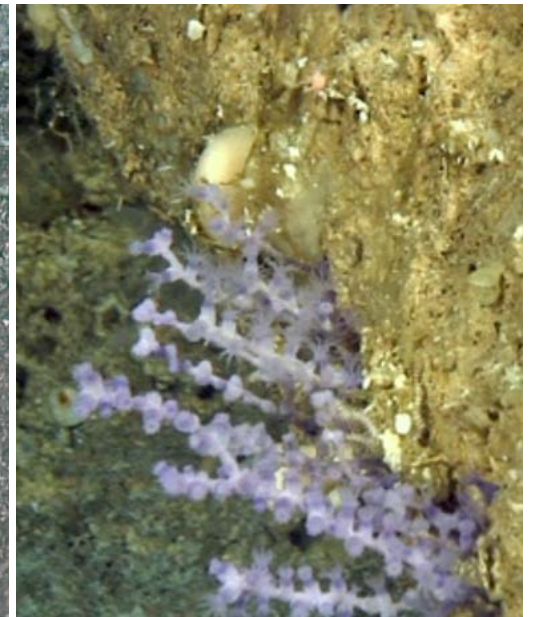


FIGURE 6.4. Octocorals in the bedrock landscape at the LAZ 5 station

Note: The red soft coral *Anthomastus* sp. with its big flowerlike polyp, requires a rock to attach its colony. A group of blue octocorals has attached near a boulder. The large and majestic sea fan *Isidella* sp., and another sea fan inhabited by a brittle star. Notice the entangled kelp.

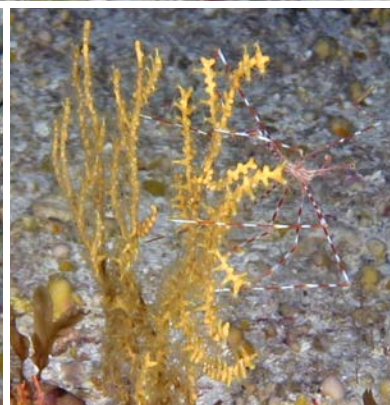


FIGURE 6.5. Crustaceans on the mixed bottom at the LAZ 5 station

Note: On the mixed bottom, during the LAZ 5 ROV transect, we encountered several crustaceans among rocks and shell debris. A rock lobster (*Palinurus* sp.) looks out from its hiding place below the bedrock. Below: a squat lobster with brilliant blue eyes conceals its behind in a burrow. To the right: a coral colony with a delicate and long-legged crab belonging to the family Latreilliidae.



FIGURE 6.6. Soft coral colonies at the LAZ 5 station

Note: Many soft coral colonies are attached to the bedrock that is covered with a thin layer of shell sand. Surprisingly, we found kelp and sea urchins here, on the long LAZ 5 dive, at a depth of ~150 m. The water surrounding St Lazarus Bank is incredibly clear and this explains the occurrence of plants at this depth.



FIGURE 6.7. The slopes of St Lazarus Bank (LAZ 8) at 86 to 74 m (27.1 °C)

Note: The Giant barrel sponge *Xestospongia* sp. and sea fans become more common, together with larger fish. In the foreground: the "Emperor angelfish", *Pomacanthus imperator*.



FIGURE 6.8. The seafloor at station LAZ 8.

Note: On a colorful patch of coral rubble and encrusting sponges and algae sits the delicate tunicate *Didemnum* sp.



FIGURE 6.9. The starfish *Fromia* sp. and the sea cucumber *Holothuria* sp. at the LAZ 8 station

Note: The starfish *Fromia* sp. crawling on a patch of coral rubble, with encrusting sponges and red algae, at LAZ 8. A large sea cucumber (*Holothuria* sp.) slowly crawls on the sand while ingesting it; what is left after useful organic matter has been digested is excreted at the rear end.

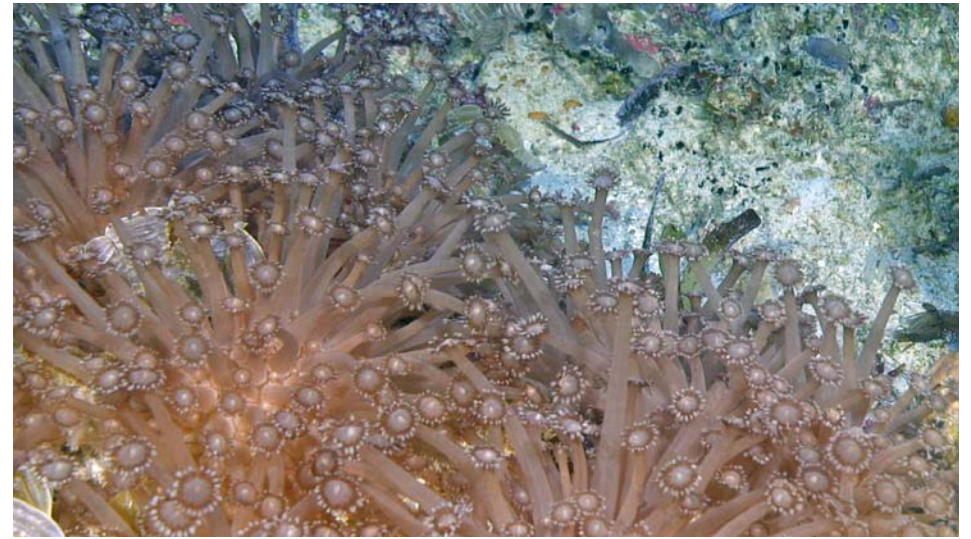


FIGURE 6.10. The rich community at the LAZ 8 station

Note: Some corals, such as the hard coral *Goniophora* sp., look like bouquets of flowers – but each ‘flower’ is a polyp that uses its tentacles to capture food. The orange, trumpet-shaped sponge (likely a *Clathria* sp.) has many holes and filters water to ingest food.



FIGURE 6.11. In the transition between sand and the firm carpet made by encrusting organisms at the LAZ 8 station

Note: Caves provide shelter for numerous critters. A moray watches from the cave it shares with a variety of small fish. The fish may well benefit from the protection of their large friend – what is left after the moray has eaten will be a treat.



FIGURE 6.12. The upper slope of the St Lazarus Bank reef (35 m, 29 °C; LAZ 6)

Note: Most of the sea bed is covered with encrusting red algae; the brown algae *Padina boryana* and the green algae *Halimeda cuneata* are also common.

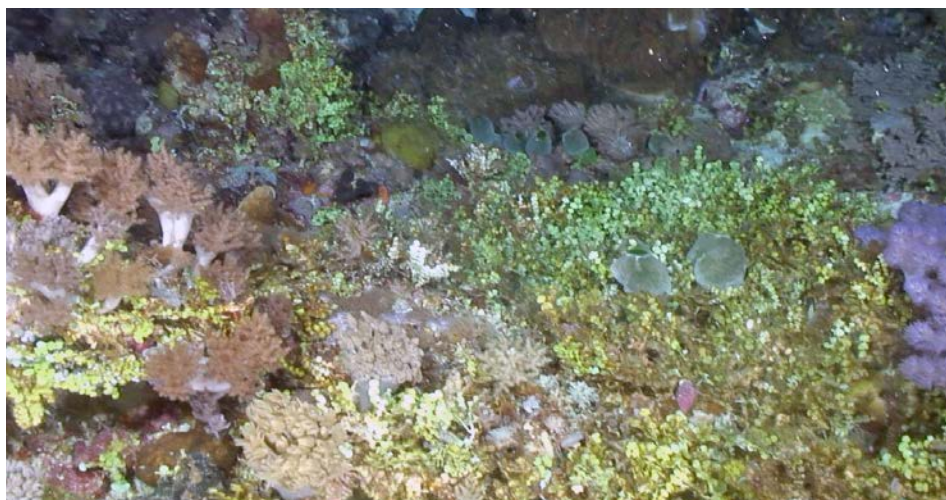


FIGURE 6.13. Algae and soft corals on the bank at depths of 36 m (LAZ 6)

Note: The green *Didemnum* sp. is a common tunicate, seen here with a soft coral belonging to the family Xenidae (likely *Anthelia* sp.); its large polyps sway in the strong currents on the bank.



FIGURE 6.14. A wealth of corals on the bank at the LAZ 6 station

Note: Top left: an unidentified soft coral species with long branches and very small polyps. Below: a *Capnella* sp. with densely set polyps together with a soft blue coral. Top right: the hard coral *Fungia* sp. Below: the soft coral *Lobophytum crassum* with many ridges covered with little polyps.

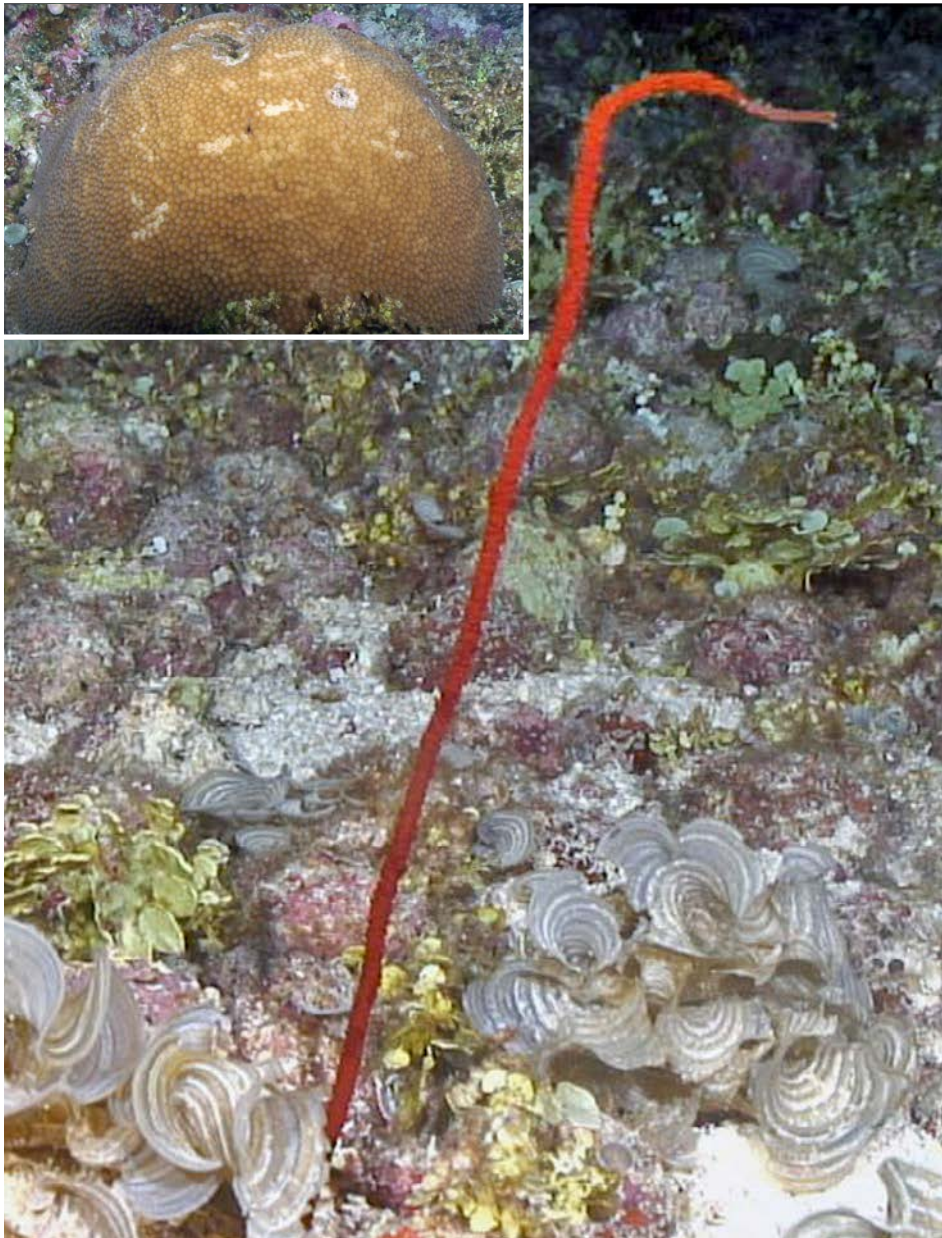


FIGURE 6.15. Beautiful corals on the bank at the LAZ 6 station including a ball-shaped hard coral *Astreopora* sp., and a brilliant red sea whip *Junceela* sp.



FIGURE 6.16. The giant barrel sponge *Xestospongia* sp. at the LAZ 6 station

Note: There are few sponges as large as the giant barrel sponges (*Xestospongia* sp.) that offer a good hiding place for small fishes. At LAZ 6 the seafloor is covered with numerous small sponges; we also encountered a stand of a chimney-shaped, grey-white sponges.



FIGURE 6.17. A laced moray, *Gymnothorax favagineus*, guarding its home underneath a giant barrel sponge at the LAZ 6 station.



FIGURE 6.18. On top of St Lazarus Bank

Note: At LAZ 7 on the St Lazarus Bank, hard corals thrive alongside a rich fish community at a depth of 26 m in crystal-clear waters of 29 °C.



FIGURE 6.19. A club coral, *Pocillopora* sp. and an *Astreopora* sp. coral

Note: Provides shelter for a hawkfish and a group of Chocolate dip damselfish here at LAZ 7. To the left: a pink sponge, and in the foreground the *Astreopora* sp. coral.



FIGURE 6.20. The seafloor on top of the bank (LAZ 7) covered by the brown algae *Padina boryana*

Note: About 50 percent of the seafloor on top of the bank at LAZ 7 is covered by the brown algae *Padina boryana*; the rest is a mix of sand and encrusting algae. The striped leaves of the brown algae move back and forth because of the wave swell. Sponges reach above this moving carpet of algae like modern art sculptures. The red-brown cork sponge *Stylissa* sp. occurs here, together with soft and hard corals.



FIGURE 6.21. The coral hawkfish *Cirrhitichthys oxycephalus* among sponges and the cauliflower coral *Pocillopora damicornis* in the background



FIGURE 6.22. An ornated coffee-brown sponge that is relatively common on top of the bank at the LAZ 7 station



Human impact: Pressures on the marine environment

Marine and coastal pollution from various sources is an emerging problem all over the world. Yet some areas have not yet been exposed to large-scale industrial activity and the problems this may represent (**Figure 7.1**).

In the coastal areas of northern Mozambique where our survey took place (**Figure 7.2**), the population is scattered, and most people live traditionally, meaning their consumption of industrial goods is low. As a consequence, until recently the human impact on the environment has been low.

One of the focuses during the planning and implementation of this expedition was to identify the possible sources of pollution and to assess its current levels. Within this, our primary goal was to establish a baseline for future environmental monitoring.

Offshore petroleum industry

There has been a particular focus on the offshore petroleum industry in northern Mozambique. Over the last 10 years, intensive hydrocarbon exploration activity, involving seismic surveys and the drilling of exploration and production wells, has confirmed huge amounts of recoverable natural gas. The survey area was divided into three subareas (**Figure 7.2**):

- 1) Pemba
- 2) Ilha do Ibo to St Lazarus Bank
- 3) Palma, Rovuma area

Large gas resources have been discovered in the Rovuma basin, off the coastal city of Palma, at depths ranging from 500 m to 2 500 m below sea level. The fields contain gas and some condensate and are among the largest in the world. There are several plans for the development of industry to extract and process this gas; most of it will be exported to the world market, where the demand for liquefied natural gas (LNG) is now extremely high.

In Palma, a large processing plant for LNG is under construction and pipelines from the production wells will cross depth zones and sensitive areas on their way to the shore.

There are also plans for floating producing plants offshore in the Rovuma Basin for direct export. The Coral South floating LNG in offshore area 4 started exporting the first gas on 13 November 2022. This historic event was followed by the visit and inauguration of the Coral South floating LNG installation by President of Mozambique, Filipe Jacinto Nyusi, on 23 November 2022.

Both onshore and offshore LNG facilities will contribute to increased shipping activity, as well as increased industrial activity in the land-based processing plants and the service industry connected to it. The process water is separated, chemicals are used, and the discharge ends up in the ocean.

An increase in the population and urbanization of the coastal areas will also follow. All these factors represent risks of environmental pollution. The Quirimbas National Park, which has a rich and special fauna, is situated close to this area.

Awareness of chemical discharge in the sea has improved in recent years, and toxic chemicals are being replaced by more environmentally friendly ones. In the Cabo Delgado area there is little experience of pollution and the tolerance limits of most species to the discharged chemicals from the new industry are unknown.

The human impact on the area is low and there is little industrial fishing activity. Some tourism exists and the potential for its development is huge.

Littering of the seafloor

Interestingly, observations of litter and plastics from the video mapping show that the area is almost pristine. The litter we did observe was mainly in a canyon head close to the provincial capital Pemba, an area associated with urbanization and development (Figure 7.3), as well as in the vicinity of drilling locations related to drilling activity (Figure 7.4 to Figure 7.6).

Other types of littering included concrete and piles of drill cuttings close to the well heads with related bacterial mats (Figure 7.4 and Figure 7.5).

However, the first video conducted at the test station on the quay in Pemba harbour revealed a considerable amount of litter from marine transport activities.

Contaminants in the sediment

Sediment samples were used to document contamination from the heavy metals and hydrocarbons connected to human activities and the petroleum industry (Boitsov *et al.*, 2021). The concentrations of pollutants are low and amount to background (unpolluted) values, except for the area outside Pemba harbour. At the drill sites we visited, we found high levels of hydrocarbons (PAH 16, Figure 7.7) and Barium (Ba, Figure 7.8). Barium is the main ingredient in the drilling fluid that is used to lubricate the drill bits and drill string, and to seal and strengthen the walls of the well to avoid lost circulation. Barium is used because it is heavy and it gives less wear and tear on the drilling equipment compared to other alternative weight agents. The sediment contains a low concentration of Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH 16), a persistent organic pollutant. The highest values for this were found in Pemba harbour and at the deepest sampling sites where very fine (small-grained) sediment was observed.

Microplastics in the water

A plankton pump was used to collect plankton, fish eggs and fish larvae, and collect particles of microplastics at depths of 2–3 m. The greatest

concentrations were observed far from the coast, in the layers of surface water on St Lazarus Bank (Figure 7.9). This particle concentration could be the result of a gyre on top of the seamount. In contrast, no microplastics were found near the coast.

Fishing activities

Fishing activity observed during the expedition took place mostly in small local boats operating in coastal areas (Figure 7.10). Some recreational fishing was observed at St Lazarus Bank. Only a few larger fishing boats were observed far from the coast.

Outlook for the future

Although the situation currently reveals clean and rich marine ecosystems off northern Mozambique, the emerging offshore petroleum industry is a source of concern both locally and globally. Examples from around the world suggest that such installations need sound management in all activities, though especially in terms of safety, contingency plans, controlled usage and discharges into the sea and air. Weaknesses in any aspects of management may result in severe negative effects on marine life, ecosystems, human health and other industrial and economic interests like tourism or fisheries. Possible negative impacts may result from:

- operational discharges into the sea and air from oil production and transportation
- accidental discharges from well operations, production and transport, as well as from any chemicals used for the treatment of such spillages
- discharge of untreated wastes from oil tankers and other vessels
- sound and light from the activities, and
- increased traffic on land and at sea.

These could all result in the loss of marine biodiversity and resources.

Elsewhere, the industry may compete with other activities in the region. This therefore raises concerns regarding limited access to fishing grounds.

Petroleum activities could also affect community development and settlement and the recreational use of the coastline, because of the need for safety zones. This may therefore impose limitations on the tourism industry.

A national environmental monitoring plan is needed to monitor the effects on ecosystems both on land and in the sea. There are also fears of health problems relating to pollution.

This study contributes to the establishment of an environmental baseline for the northern coast of Mozambique. Hopefully, further similar studies can be carried out in the near future, in the remaining southern coastal and marine areas of Mozambique.



FIGURE 7.1. Coastline and islands of Cabo Delgado

Note: Most of the coastline and islands of Cabo Delgado are pristine and have not yet been exposed to large-scale industrial activity, and the problems this may present.

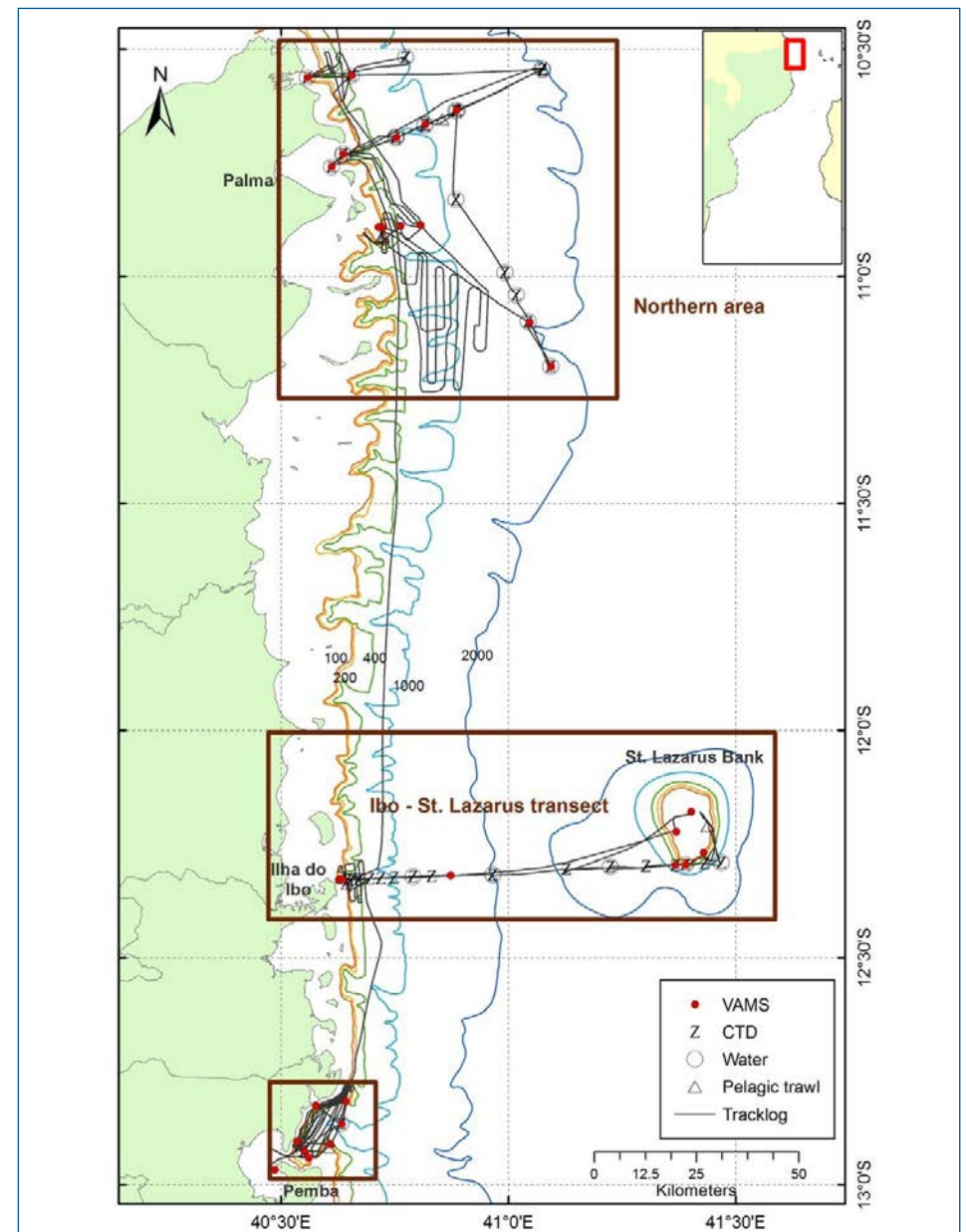


FIGURE 7.2. The vessel track and sampling stations in Pemba, St Lazarus Bank and Palma

Source: Elaborated by the authors, conforming with the United Nations world map. United Nations Geospatial. 2020. *Map of the World*. Cited 28 November 2023. www.un.org/geospatial/file/3420/download?token=TUP4yDmF



FIGURE 7.3. Plastic wrapping from household waste

Note: Litter observed outside the city of Pemba at a canyon head, at a depth of 1 080 m.

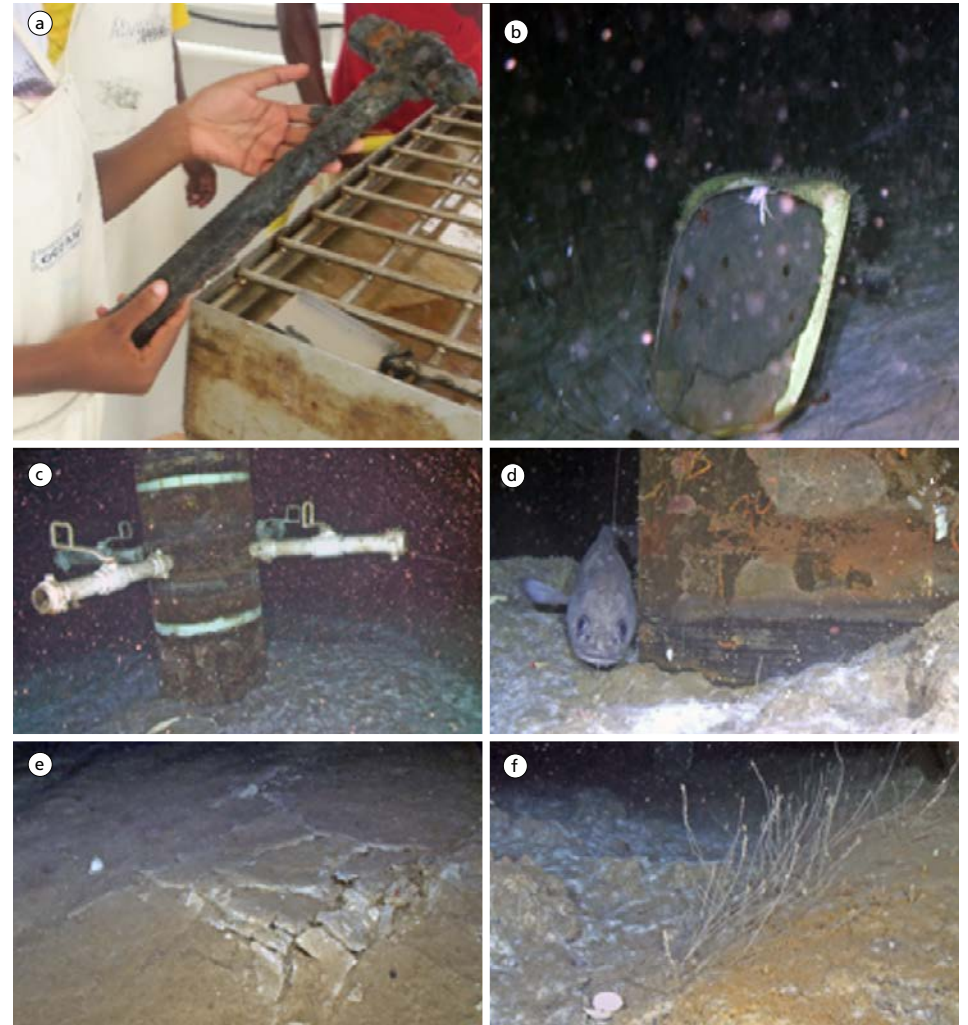


FIGURE 7.4. A drill site at a depth of 1 934 m

Note: Litter related to industrial activity was observed at the drill site: (A & B) Hammer and chair lost from a drilling or service vessel. (C & D) Well head with bacterial mats connected to drill mud and cuttings. (E) Concrete used to stabilize and seal the well casing. (F) Bacterial mats and polychaetes are often found on drill mud and cuttings that can be rich in organic carbon.

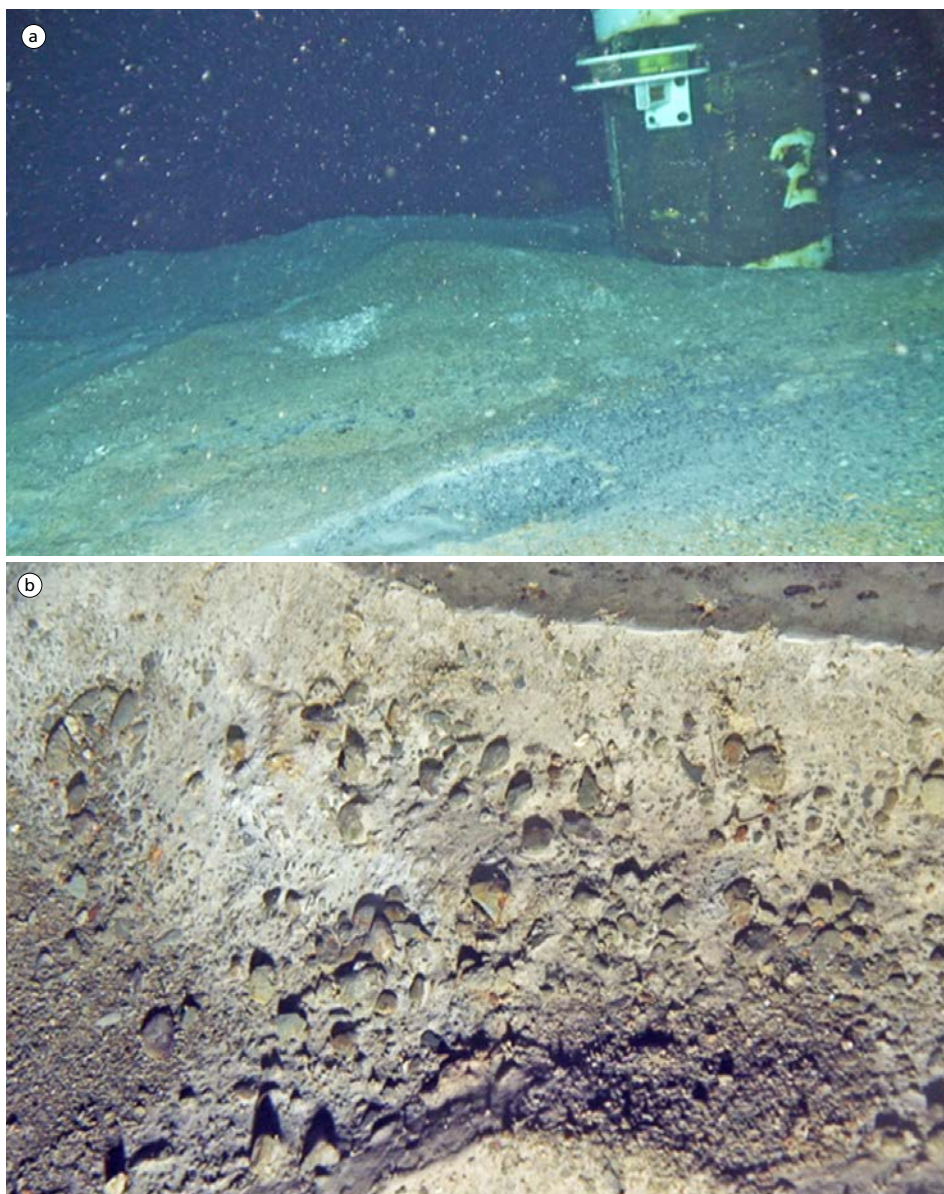


FIGURE 7.5. A drill site at a depth of 750 m

Note: A well head (A) with surrounding bacterial mats and excess concrete, and close-up of concrete (B).

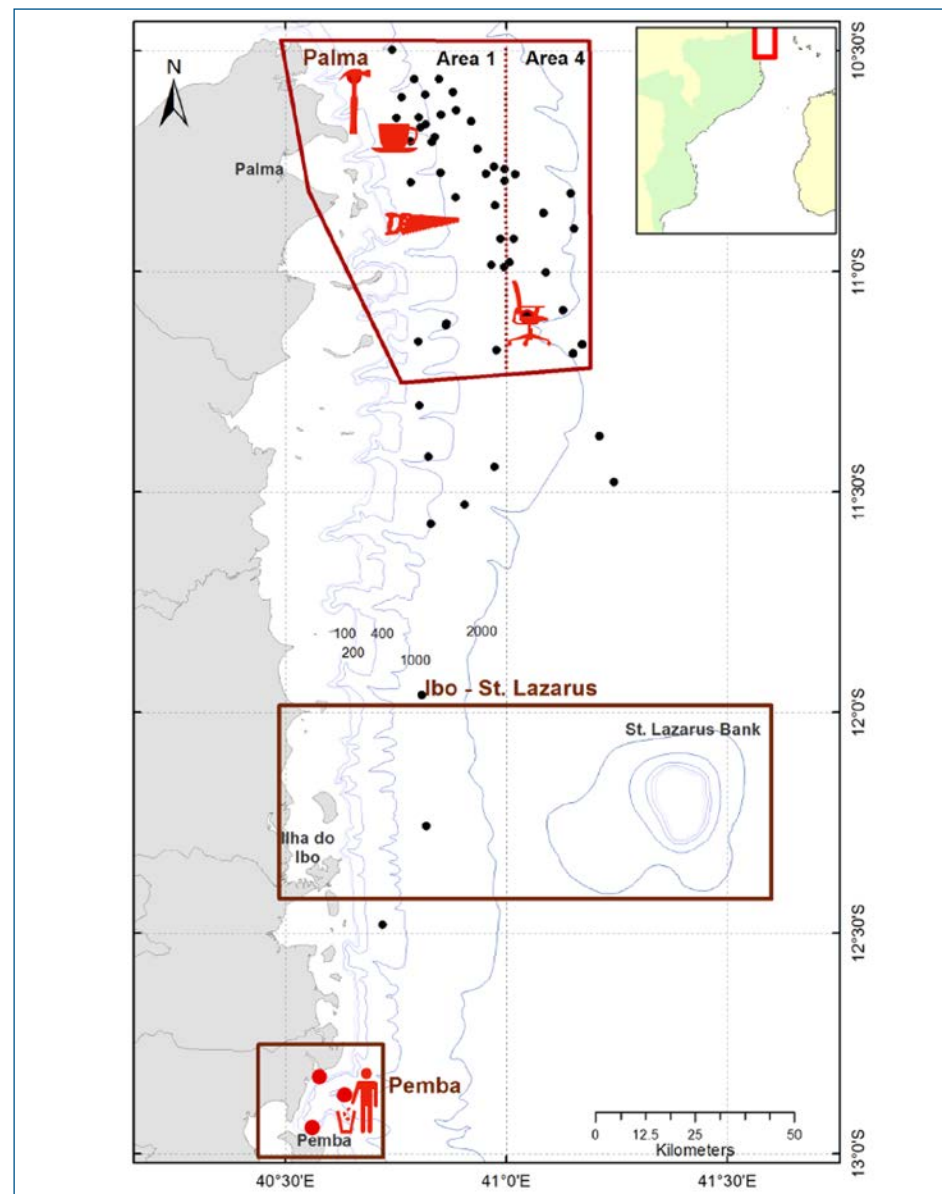


FIGURE 7.6. Litter found in the vicinity of well locations and off Pemba

Note: Red dots and shapes indicate where litter was encountered, while black dots show drilling locations that we did not manage to visit on this survey.

Source: Elaborated by the authors, conforming with the United Nations world map. United Nations Geospatial. 2020. Map of the World. Cited 28 November 2023. www.un.org/geospatial/file/3420/download?token=TUP4yDmF

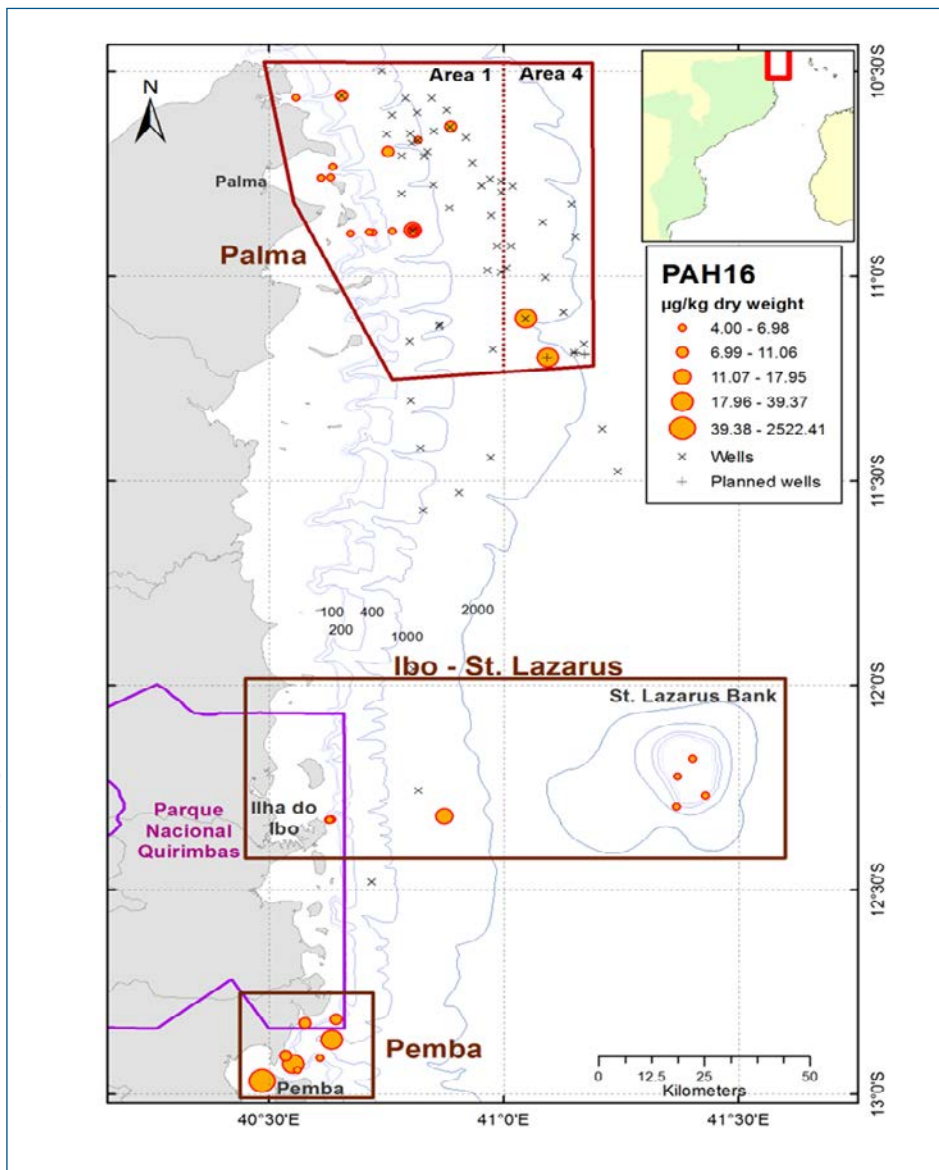


FIGURE 7.7. Concentration of Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH 16) in the sediment at sampling stations, shown as proportional circles

Note: The levels are low, and the highest values were found in Pemba harbour and at the deepest sampling sites.

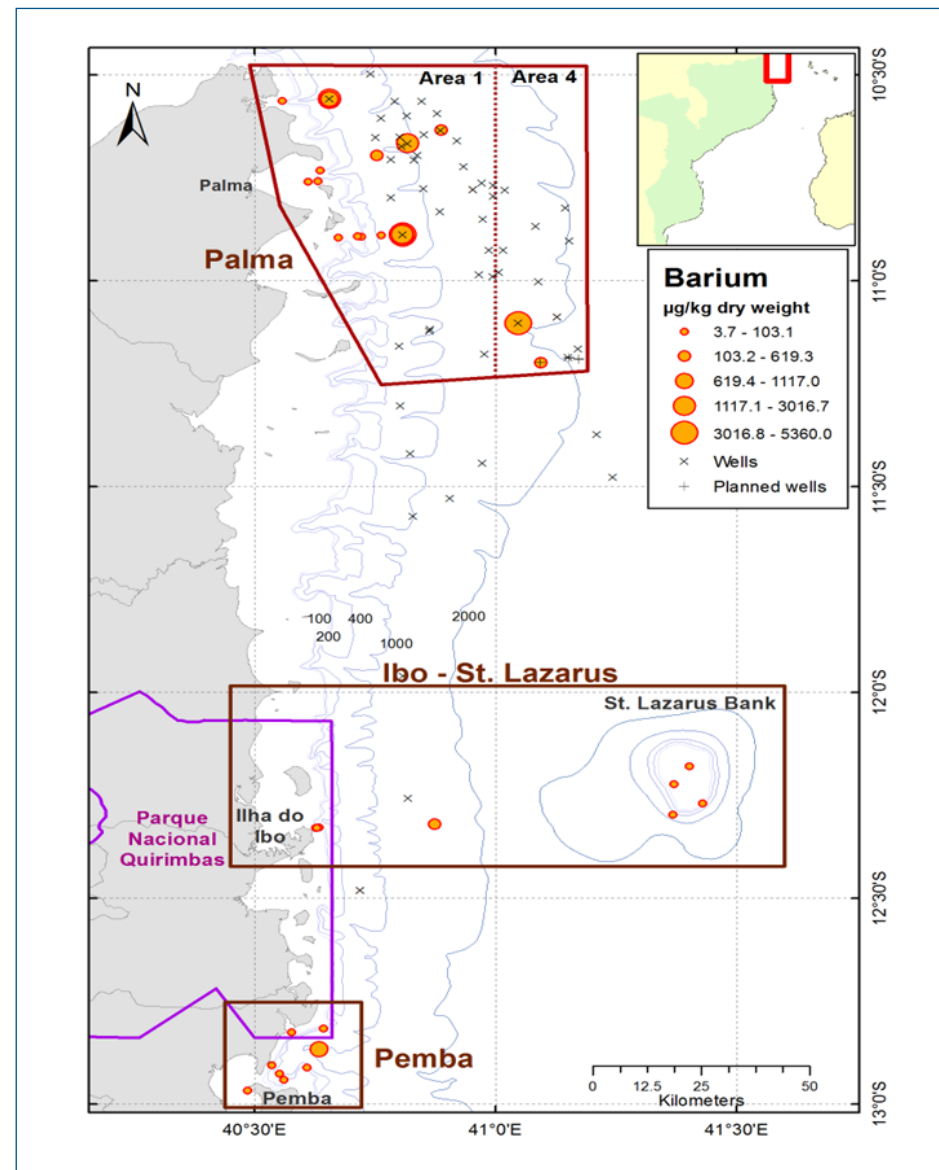


FIGURE 7.8. Levels of Barium (Ba) from the sample stations, represented by proportional circles

Note: High concentrations are found in locations where wells are drilled. There is also an increase in Ba concentrations at the deepest stations, with fine-grained sediments.

Source: Elaborated by the authors, conforming with the United Nations world map. United Nations Geospatial. 2020. *Map of the World*. Cited 28 November 2023. www.un.org/geospatial/file/3420/download?token=TUP4yDmF

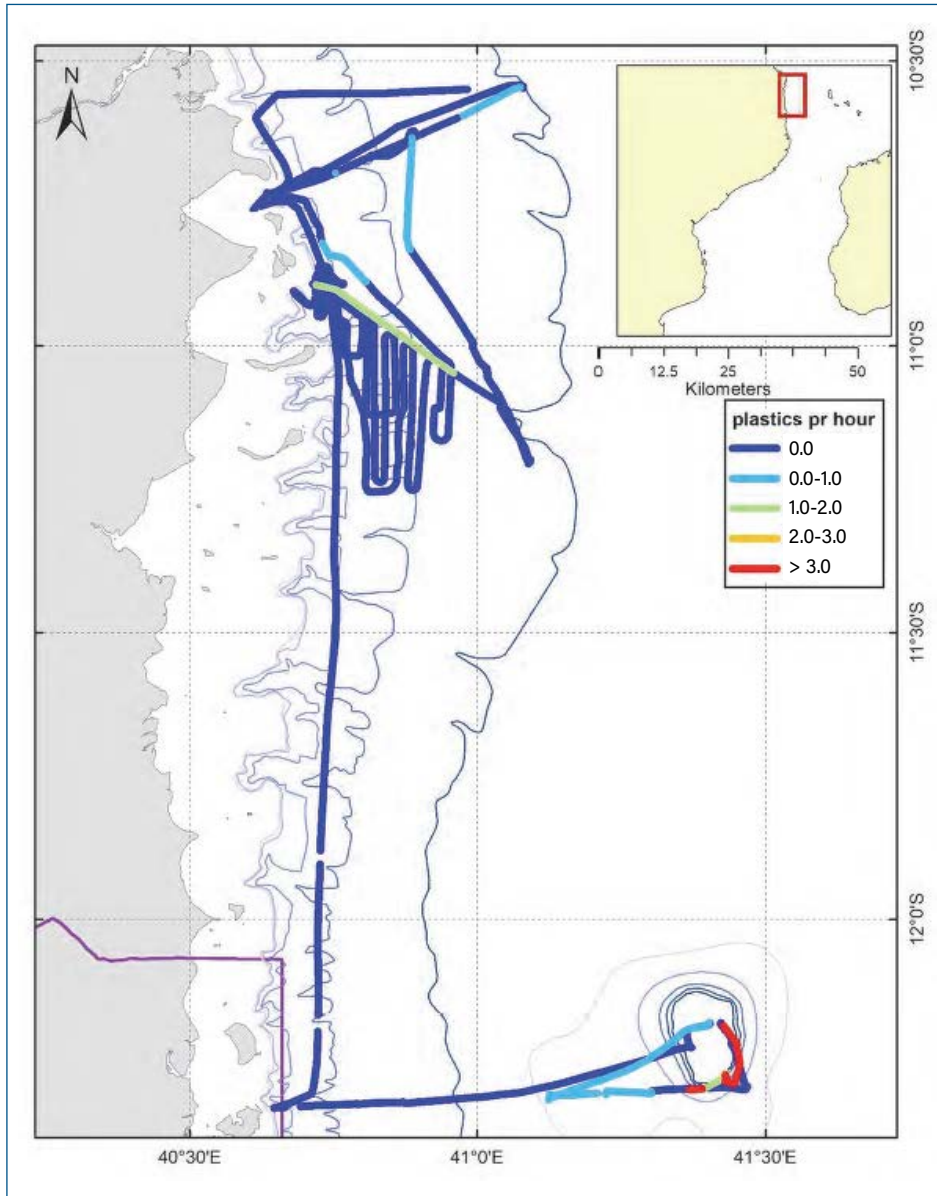


FIGURE 7.9. Microplastic particles in surface water

Note: The line shows the course of the expedition, while the colour indicates the number of microplastic particles filtered per hour.

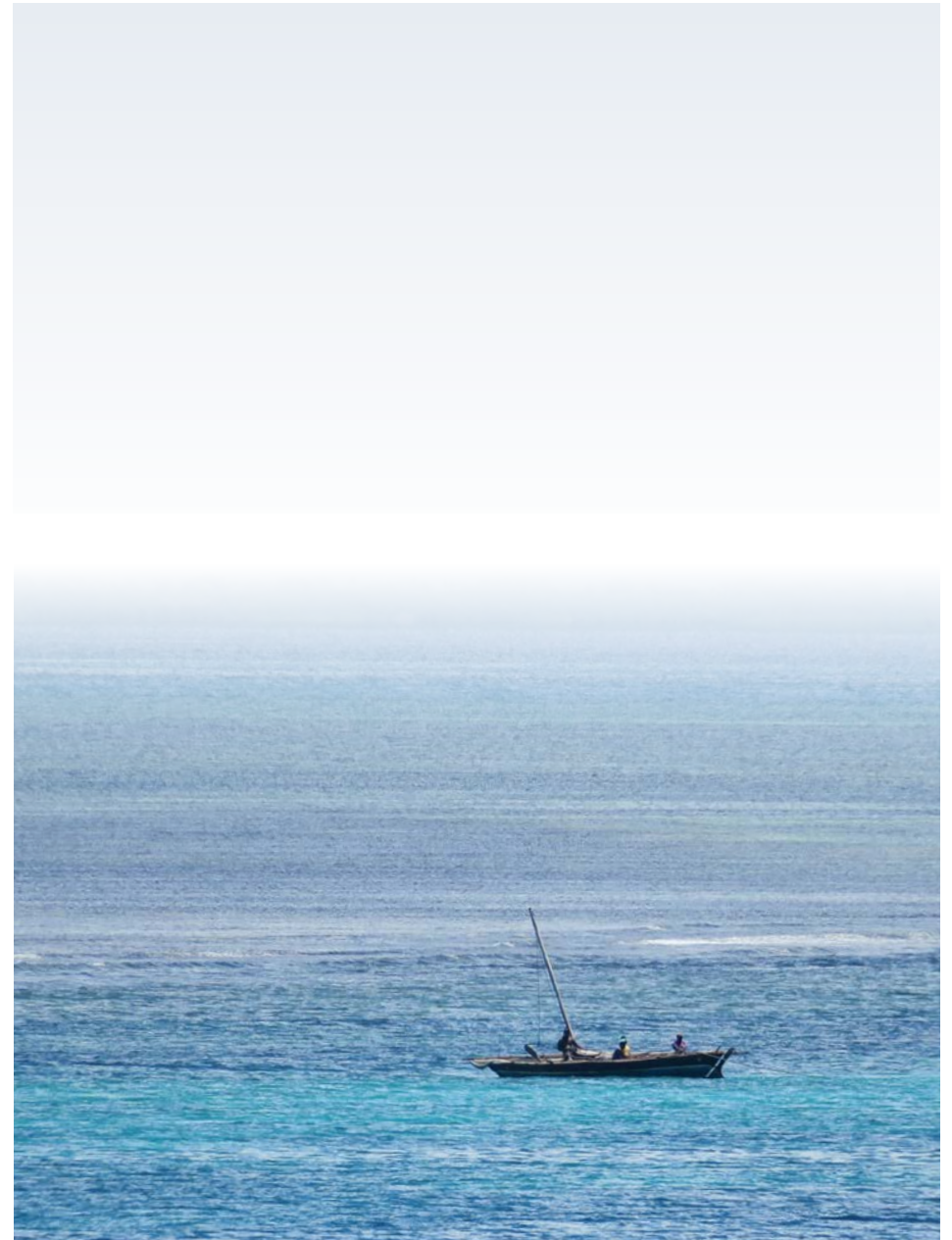


FIGURE 7.10. A local fishing boat from a village in Cabo Delgado



Summary: Future perspectives on this understudied and rich area

The sea bed off the coast of Cabo Delgado is one of the most interesting tropical coral areas in the world. We found large colourful corals on the coast as well as further out, on the beautiful St Lazarus Bank seamount, where the water is clean and clear. However, even in this pristine-looking environment we found small plastic particles in the upper water column. The corals and marine life in this region have not been studied in detail before, especially in areas far from the shore and at greater depths.

During this survey aboard the research vessel *Dr. Fridtjof Nansen* we collected sediment samples and video recordings from depths of 20 m to 2 000 m. Analyses of the benthic fauna reveal a rich biodiversity and only a few signs of human impact. The only exceptions to this were in Pemba harbour and around the well heads where petroleum exploration is being undertaken, off the coast of Palma.

This unique area is large and, in this first attempt to describe it, we have only begun to scratch the surface. Nevertheless, this study has increased the knowledge of – and attention to – one of the world's most beautiful and rich

marine habitats, while also considering the possible environmental impacts of increasing oil and gas activities in the waters of northern Mozambique. By combining data from hydrography, depth and sediment characterization with the number of taxa observed, as well as the dominant fauna in the different depth strata, the study has established a baseline for future environmental monitoring.

We are pleased to see that Mozambique has kept large parts of this unique and unexplored area clean and unaffected by human activity. Nevertheless, there is so much more to investigate and further studies are required, and we hope to return to conduct complementary expeditions.

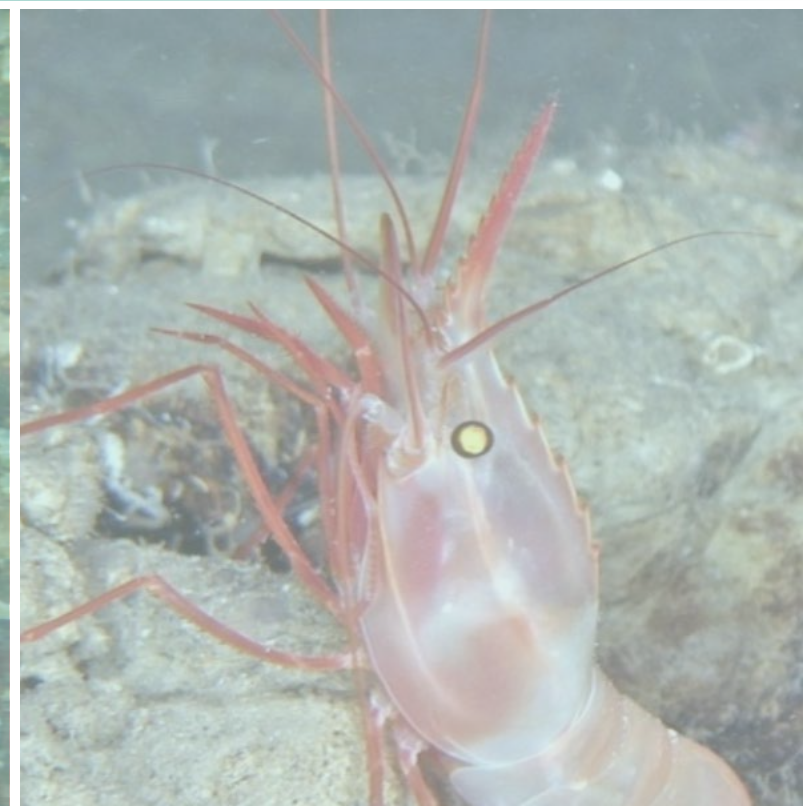
We believe the area off the coast of Cabo Delgado is one of the great wonders of nature, and sound national management plans are needed to ensure that it is protected from destructive activities, now and in the future.

References

- Boitsov, S., Newman, B.K., Muiambo, H.F., Chaúque, E.F.C., Serigstad, B., Malauene, B.S. 2021. Distribution and possible sources of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and metals in marine surface sediments off northern Mozambique. *Marine Pollution Bulletin*, 163: 111952. doi: 10.1016/j.marpolbul.2020.111952
- Frontier-Mozambique. 1997. Central Islands Group – Ibo, Quirimba, Sencar and Quilaluia Islands. In: Whittington M.W., C.M. A., Corrie A., Gell F., eds. Marine Biological and Resource Use Surveys of the Quirimba Archipelago. *Frontier Mozambique Environmental Research Report 3*. Society for Environmental Exploration, London and Ministry for the Co-ordination of Environmental Affairs, Maputo, Mozambique.
- Frontier-Mozambique. 1998a. Northern Islands Group - Macaloe, Mogundula, Rolas and Matemo Islands. Marine Biological and Resource Use Surveys of the Quirimba Archipelago. In: Stanwell-Smith D., António C.M., Heasman M., Myers M., Whittington M.W., eds. Marine Biological and Resource Use Surveys of the Quirimba Archipelago. *Frontier Mozambique Environmental Research Report 2*. Society for Environmental Exploration, London and Ministry for the Co-ordination of Environmental Affairs, Maputo, Mozambique.
- Frontier-Mozambique. 1998b. Southern Islands Group - Mefunvo , Quisiva and Quipaco Islands. In: Heasman M., António C.M., Myers M., Stanwell-Smith D., Whittington M.W., eds. Marine Biological and Resource Use Surveys of the Quirimba Archipelago. *Frontier Mozambique Environmental Research Report 4*. London and Ministry for the Co-ordination of Environmental Affairs, Maputo, Mozambique.
- Obura, D. 2012. The Diversity and Biogeography of Western Indian Ocean Reef-Building Corals. *PLoS ONE* 7(9): e45013. doi:10.1371/journal.pone.0045013
- Pereira M.A.M. 2000. *Preliminary checklist of reef associated fishes of Mozambique*. Maputo, MICOA. 21 pp.
- Spalding, M.D., Fox, H.E., Allen, G.R., Davidson, N., Ferdaña, Z.A., Finlayson, M. *et al.* 2007. Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience*, 57(7): 573–583.
- Swierts, T., Peijnenburg, K.T.C.A., de Leeuw, C., Cleary, D.F.R., Hörnlein, C., Setiawan, E. *et al.* 2013. Lock, Stock and Two Different Barrels: Comparing the Genetic Composition of Morphotypes of the Indo-Pacific Sponge *Xestospongia testudinaria*. *PLoS ONE* 8(9): e74396. doi.org/10.1371/journal.pone.0074396
- Ullgren, J.E., André, E., Gammelsrød, T. & Hogueane, A.M. 2016. Observations of strong ocean current events offshore Pemba, northern Mozambique. *Journal of Operational Oceanography*, 9: 55–66.



A beleza oculta do fundo do mar do Norte de Moçambique





Introdução

A província de Cabo Delgado, localizada no Norte de Moçambique, alberga uma linha de costa bem preservada e com habitats marinhos únicos, incluindo desfiladeiros e montes submarinos. Esses habitats abrigam uma diversidade significativa de vida marinha, que varia desde ricos recifes coralinos com as suas comunidades de peixes associadas até à megafauna marinha, que inclui tartarugas marinhas, tubarões, golfinhos e baleias. Na zona central de Cabo Delgado, o Parque Nacional das Quirimbas, criado em 2002, oferece proteção contra grandes invasões da natureza.

Entre 2010 e 2014, na Bacia do Rovuma, em Moçambique, ao largo da costa norte do país, foram descobertos grandes e rentáveis recursos de gás natural recuperável. O desenvolvimento costeiro de grande envergadura já se iniciou, com o planeamento e a construção de instalações de produção no alto mar, gasodutos dos campos de gás para terra, uma grande instalação em terra de gás natural liquefeito (LNG, Liquefied Natural Gas), bem como uma plataforma flutuante de gás natural liquefeito (FLNG, Floating Liquefied Natural Gas) de alto mar. A plataforma flutuante de LNG “Coral Sul” começou a produzir e a exportar em 2022. Estes projetos são adicionais a toda uma infraestrutura pesada associada, tanto em terra quanto no mar. O desenvolvimento industrial nesta área representa uma grande oportunidade para Moçambique, mas também representa uma ameaça para este ambiente costeiro e marinho único. O aumento do conhecimento dos habitats marinhos e da vida a estes associada nesta área, bem como um plano nacional de monitorização ambiental tornam-se, portanto, vitais.

Para obtenção de uma linha de base para a monitorização ambiental, em 2018 o navio de investigação *Dr. Fridtjof Nansen* realizou um cruzeiro científico de duas semanas para documentar os ecossistemas do fundo do mar ao largo da costa Norte de Moçambique (Figura 1.1 e Figura 1.2) como parte do Programa EAF-Nansen e com o apoio do Governo da República de Moçambique. Como resultado do cruzeiro obteve-se um grande número de amostras e registos de vídeo que revelaram o ambiente marinho, a paisagem e a vida marinha a profundidades entre 20 e 2 000 metros, em áreas onde o conhecimento do mundo marinho abaixo das profundidades de mergulho com escafandro autónomo já foi em tempos extremamente pobre. A riqueza, a beleza e a vulnerabilidade dos ecossistemas encontrados foi de tirar a respiração, tendo sido efectuadas muitas observações novas e inesperadas. O cruzeiro forneceu informação muito necessária não só para a gestão das actividades industriais emergentes no Norte de Moçambique, mas também para o aumento da sensibilidade pública sobre os ecossistemas presentes na zona e a sua vulnerabilidade.

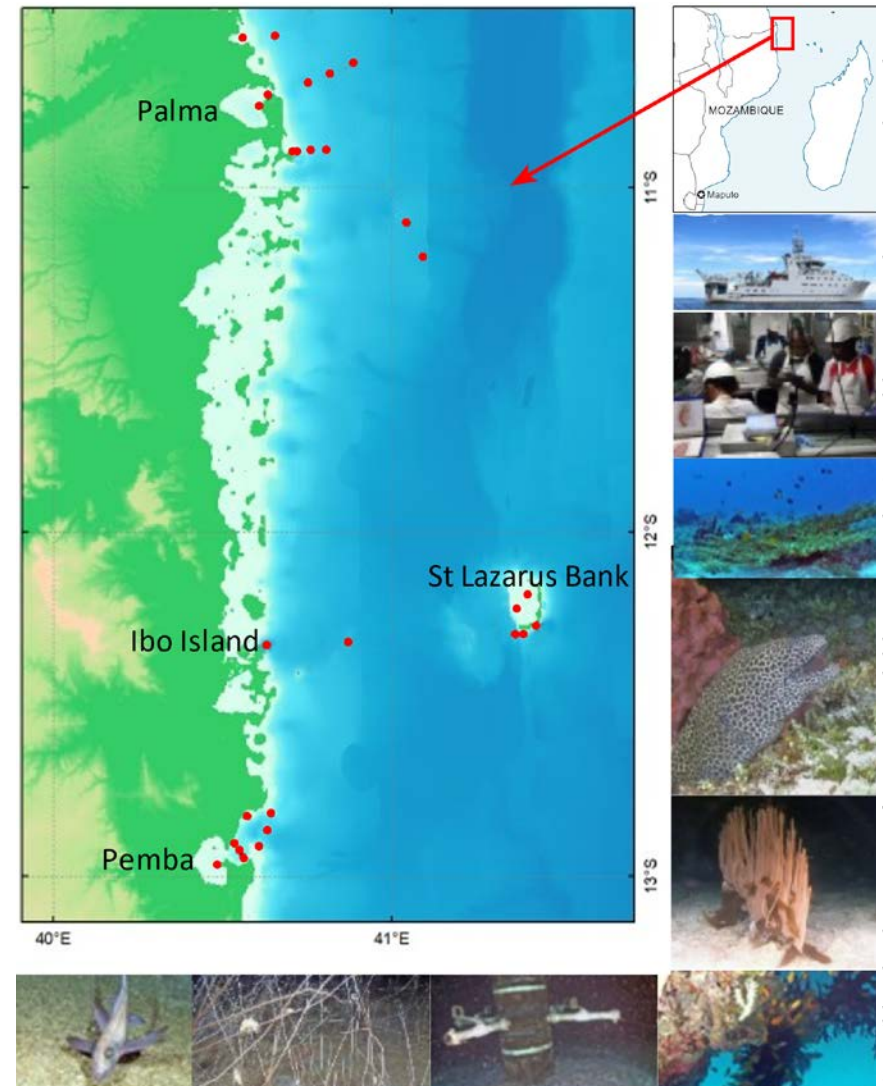


FIGURA 1.1. Área do cruzeiro de investigação mostrando os locais de amostragem, com fotos das actividades e observações (os pontos vermelhos no mapa representam as estações de amostragem)

Fonte: Elaborado pelos autores, com base no mapa mundial das Nações Unidas. Geoespacial das Nações Unidas. 2020. Mapa do Mundo. Citado em 28 de novembro de 2023. www.un.org/geospatial/file/3420/download?token=TUP4yDmF

Este livro foi produzido para compartilhar o novo e empolgante conhecimento sobre o fundo do mar e os seus habitantes resultante desta expedição científica. É destinado a todos com interesse e amor pelo mar e a vida marinha, o livro desenvolve-se ao longo dos seus oito capítulos do mesmo modo que uma expedição de mergulho. Começando nas águas pouco profundas, dominadas pela luz do sol – repletas de recifes de corais e de organismos coloridos, e um paraíso azul para os mergulhadores recreativos – a expedição faz gradualmente o seu caminho até ao fundo do mar frio e escuro, onde a luz é totalmente ausente e as condições de vida muito limitada. Depois, sobe até ao longínquo e remoto monte submarino do Banco de São Lázaro, que se localiza em águas ricas e cristalinas longe da costa e que abriga uma grande riqueza de vida marinha. Nesta viagem, o leitor também visitará ambientes com baixa concentração de oxigénio, que albergam uma fauna especialmente adaptada. Os capítulos finais centram-se na influência humana na paisagem do fundo marinho, incluindo a presença de lixo marinho, e apresenta esperanças futuras para a região.

Esperamos que este livro permita ao leitor apreciar a variedade e beleza de cortar a respiração da fauna marinha da região, tal como aconteceu com os participantes da expedição, enquanto o convidamos a reviver a sua imersão nas águas claras e ricas do Norte de Moçambique.

Geologia

A atual linha de costa do norte do Canal de Moçambique formou-se há 182 milhões de anos, durante a desagregação do supercontinente Gondwana, com a separação da África Oriental do que mais tarde se tornou Madagascar, Índia e Sri Lanka. O movimento inicial este-oeste quebrou as margens continentais, o que levou à formação de numerosos canhões submarinos na região. O movimento subsequente para o sul da Gondwana Oriental, quando Madagascar se separou do que hoje são a República do Quênia e a República Unida da Tanzânia, abriu a zona norte do Canal de Moçambique. Isto deu origem à estreita, longa e inclinada cordilheira submarina “Davie Ridge”, cuja complexa e bela paisagem subaquática inclui vários montes submarinos vulcânicos, um dos quais é o Banco de S. Lázaro. Na parte norte da cordilheira, uma zona sedimentar plana forma a bacia do Rovuma, uma depressão topográfica, onde estão localizados os recursos petrolíferos de águas profundas. Ao longo da margem costeira a oeste da cordilheira “Davie Ridge”, a formação do arquipélago das Quirimbas revela as elevações topográficas que emergiram durante o levantamento do Pleistoceno.



FIGURA 1.2. O navio de investigação *Dr. Fridtjof Nansen*, com a sua embarcação auxiliar de trabalho

Circulação oceânica e massas de água

A circulação oceânica no Norte de Moçambique não foi ainda totalmente descrita, e o conhecimento existente baseia-se principalmente na circulação geral, à escala regional, no Oceano Índico Ocidental. A Corrente Sul Equatorial que flui para oeste divide-se, onde colide com o continente africano, perto dos 11° sul na costa do Norte de Moçambique, na Corrente da Costa Leste Africana que flui para norte e na Corrente do Norte de Moçambique que flui para sul, ao longo da costa Moçambicana (**Figura 1.3**). Embora uma corrente contínua e forte para sul domine ao largo da costa Norte de Moçambique, por vezes também ocorrem vórtices de mesoescala (Ullgren *et al.*, 2016). Os vórtices de mesoescala são muito profundos ao longo de toda a coluna de água desde a superfície até ao fundo no mar, alcançando profundidades abaixo dos 2 000 m, o que significa que influenciam a circulação profunda. Às vezes, também podem ocorrer correntes muito fortes para sul (60 cm s^{-1}) em torno dos 1 000 m de profundidade, de acordo com a topografia. Nas profundidades intermédias entre os 800 e 1 200 m existe a corrente oposta para o norte, a contra corrente Moçambicana de fundo. A ocorrência de vórtices de mesoescala periódicos significa que a corrente é intermitente; isto é importante para os importantes processos biológicos associados, que são impulsionados pela entrada de águas ricas em nutrientes das profundezas para as camadas superficiais.

As massas de água oceânica adquirem as suas propriedades características na superfície do mar em determinadas localizações e podem afundar-se para diferentes profundidades à medida que as águas fluem por outras regiões,

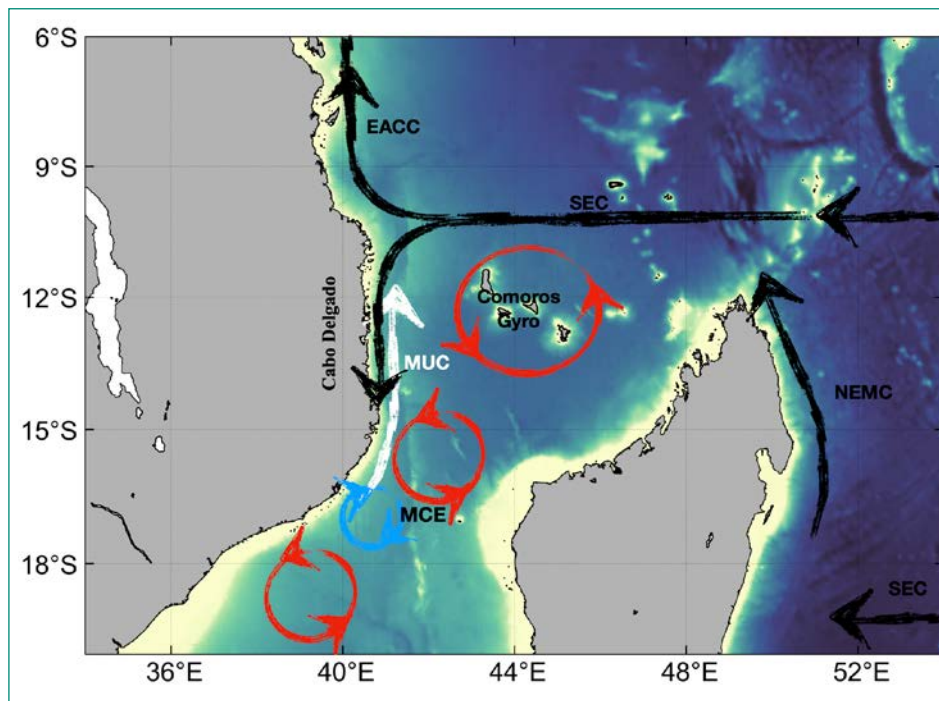


FIGURA 1.3. Circulação oceânica ao largo da costa Norte de Moçambique

Nota: A seta branca indica a contra-corrente sub-superficial de Moçambique (MUC, Mozambique Underwater Counter-current) e setas pretas as correntes superficiais – Corrente Sul Equatorial (SEC, South Equatorial Current), Corrente Norte do Leste de Madagascar (NEMC, Northern East Madagascar Current), Corrente da Costa Leste de África (EACC, African East Africa Coastal Current), vórtices do Canal de Moçambique (MCE, Mozambique Channel Eddy). Circunferências vermelhas indicam vórtices anti-ciclónicos ou anti-horários e Circunferência azul vórtice ciclónico ou horário.

Fonte: Adaptado de Lutjeharms, J. R. E. 2006. The Agulhas Current. Vol 1. Springer, Berlin.

transportando consigo essas propriedades. O Norte de Moçambique está situado numa piscina de água quente. Na superfície, em profundidades inferiores a 200 m, dominam as águas superficiais tropicais quentes ($> 26\text{ }^{\circ}\text{C}$), com salinidades $< 35\text{ }‰$. Águas superficiais subtropicais podem ocorrer logo abaixo das águas superficiais tropicais, conforme indicado pela sua salinidade superior a $35,2\text{ }‰$ (Figura 1.4 e Figura 1.5). A temperatura diminui rapidamente de $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ a profundidades de 200 m para $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ a 600 m, enquanto se regista um aumento de salinidade ($34,2\text{--}34,8\text{ }‰$). Esse aumento deve-se principalmente à presença de Água Central do Índico Sul (SICW, South Indian Central Water) e, em parte, à

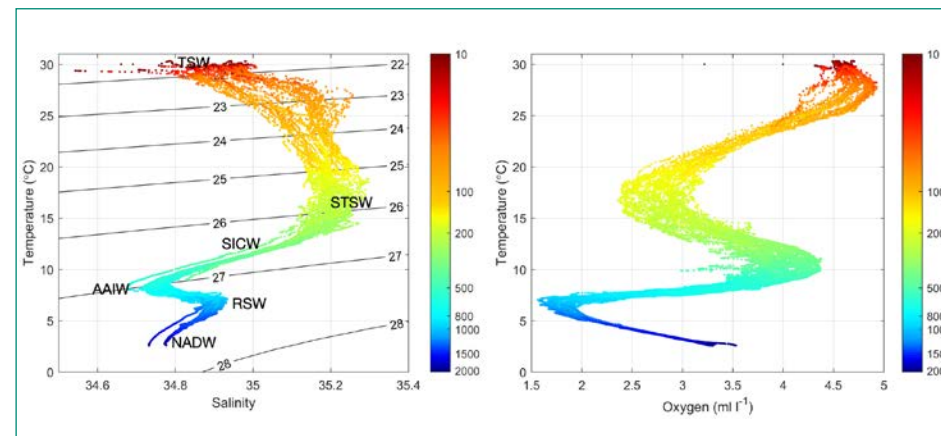


FIGURA 1.4. Diagrama do perfil vertical de (a) Temperatura-Salinidade e (b) Temperatura-Oxigénio das principais massas de água no Norte de Moçambique das amostragem durante o cruzeiro de investigação

Nota: Água Tropical de Superfície (TSW, Tropical Surface Water), Água Subtropical de Superfície (STSW, Subtropical Surface Water), Água Central do Índico Sul (SICW, South Indian Central Water), Água Intermédia do Antártico (AAIW, Antarctic Intermediate Water), Água do Mar Vermelho (RSW, Red Sea Water) e Água Profunda do Atlântico Norte (NADW, North Atlantic Deep Water). As linhas e os números em (a) indicam a densidade da água correspondente às combinações de temperatura e salinidade, enquanto a barra colorida à direita indica a profundidade em metros desde a superfície (vermelho) até ao fundo marinho (azul).

água fria ($\sim 4\text{ }^{\circ}\text{C}$) e salina ($> 34,7\text{ }‰$) do Mar Vermelho, proveniente do Golfo de Aden (Figura 1.4 e Figura 1.5). Ambas as massas de água são transportadas em direção ao pólo por uma corrente com um fluxo forte. Abaixo dos 600–1 000 m de profundidade, a circulação dirige-se principalmente para norte, induzida pela Subcorrente de Moçambique, que se move em direção ao equador. A Subcorrente de Moçambique encontra a Água Intermediária Antártica (AAIW, Antarctic Intermediate Water) proveniente do sul, a profundidades de 800 m a 1 500 m, assim como a parte superior das águas frias ($2\text{ }^{\circ}\text{C}$) e salinas ($> 34,8\text{ }‰$) da Água Profunda do Atlântico Norte (NADW, North Atlantic Deep Water), abaixo dos 2 000 m.

Biologia

A margem costeira do Norte de Moçambique é caracterizada por uma plataforma continental estreita e um talude continental íngreme (Figura 1.6). Isso fornece uma ampla variedade de zonas de profundidade, suportando deste modo uma

alta diversidade de organismos marinhos, incluindo flora e fauna bentônicas tais como recifes de coral tropicais de águas pouco profundas e comunidades bentônicas de águas profundas. A região é famosa não só pelos seus locais de mergulho recreativo e pesca de categoria mundial, mas também, como

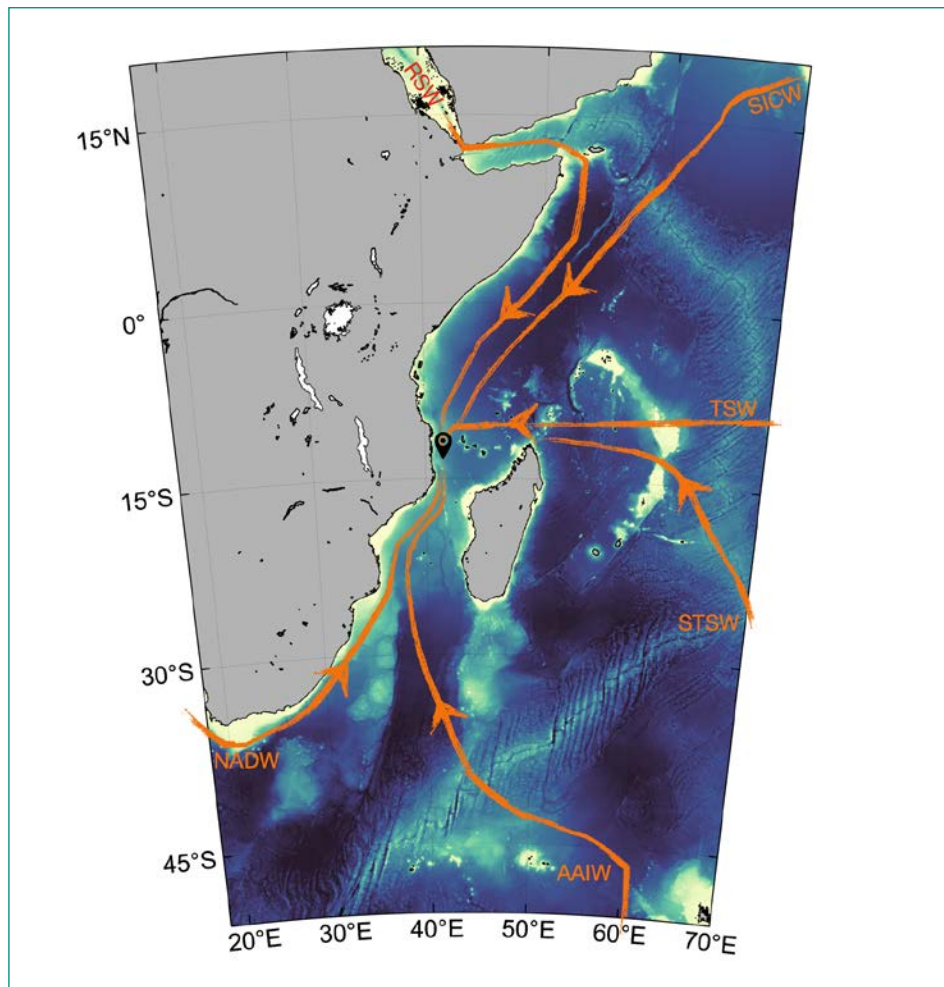


FIGURA 1.5. Origem das principais massas de água e suas trajetórias aproximadas para o Norte de Moçambique

Fonte: Adaptado de: Beal, L. M., T. K. Chereskin, Y. D. Lenn & S. Elipot. 2006. The sources and mixing characteristics of the Agulhas Current. *J. Phys. Oceanogr.*, 36, 2060–2074, doi:10.1175/JPO2964.1.

uma área globalmente notável de ecossistemas marinhos, ecologicamente ou biologicamente significativos, incluindo as Áreas-Chave para a Biodiversidade (KBAs, key biodiversity areas) recentemente identificadas (ver Caixa 1). Pense-se que a fauna marinha seja particularmente rica como resultado da mistura de

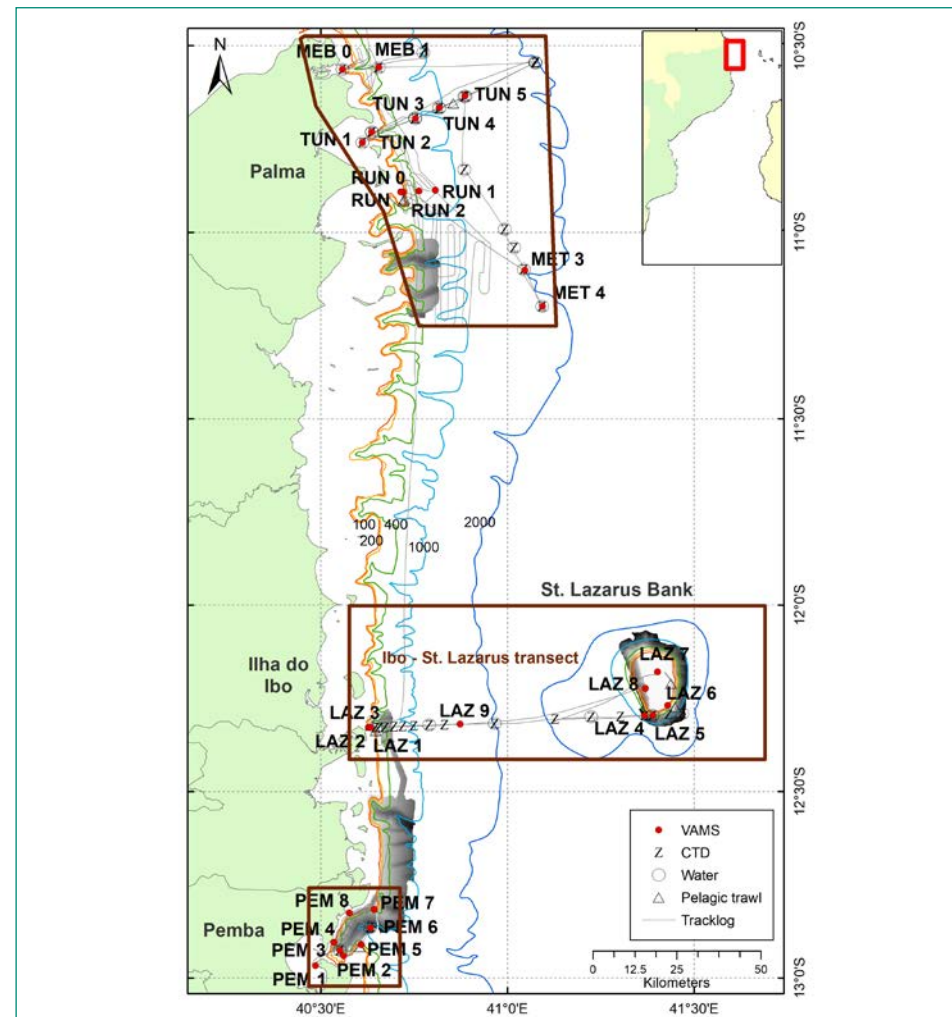


FIGURA 1.6. Mapa da área do cruzeiro de investigação com o trajeto do navio e as estações de amostragem

Nota: Nas áreas cinzentas, produziram-se mapas batimétricos com base nos dados obtidos através da sonda acústica multifeixe. Além das observações e gravações em vídeo, foram ainda recolhidas amostras de sedimentos em todas as estações para análises biológicas e químicas.

Fonte: Elaborado pelos autores, conforme mapa mundial das Nações Unidas. Geoespacial das Nações Unidas, 2020. Mapa do Mundo. Citado em 28 de novembro de 2023. www.un.org/geospatial/file/3420/download?token=TUP4yDmF

CAIXA 1 – ÁREAS-CHAVE PARA A BIODIVERSIDADE

Áreas-Chave para a Biodiversidade (KBAs) são locais que contribuem significativamente para a persistência global da biodiversidade, em sistemas terrestres, de água doce, marinhos e subterrâneos. O Programa de KBAs e de Listas Vermelhas de Espécies e Biodiversidade em Moçambique teve início em Fevereiro de 2019, quando a WCS-Moçambique (WCS, Wildlife Conservation Society) estabeleceu uma parceria com o Ministério da Terra e Ambiente (MTA) através da Direcção Nacional do Ambiente (DINAB) e o Instituto Oceanográfico de Moçambique (InOM, anteriormente Instituto Nacional de Investigação Pesqueira). Este programa desenvolveu um projeto inovador para a avaliação dos dados da Lista Vermelha da IUCN (sigla em inglês para International Union for Conservation of Nature – União Internacional para a Conservação da Natureza) sobre as espécies ameaçadas e, pela primeira vez, também mapeou as KBAs em Moçambique de acordo com o novo padrão global.

Em 2020, este projeto realizou avaliações da Lista Vermelha para 67 espécies encontradas exclusivamente, ou quase exclusivamente, em Moçambique. O programa também estabeleceu o Grupo Nacional de Coordenação (GNC) das Áreas-Chave para a Biodiversidade (KBAs) e das Listas Vermelhas (LV), tendo treinado mais de 130 técnicos para identificação de KBAs e avaliação de Listas Vermelhas. O website da WCS fornece detalhes sobre o Mapa Histórico do Projeto e o Atlas das KBAs (WCS, 2023). Em 2021, através da mesma parceria, foi realizado um projeto complementar para finalizar o mapa histórico dos ecossistemas do país e realizar avaliações relacionadas com a Lista Vermelha. Este projeto produziu o mapa de ecossistemas mais abrangente desenvolvido até hoje para Moçambique (escala 1:250 000).

Agora na sua terceira fase (2022-2024), as principais actividades do Programa incluem:

- (i) recolher dados *in situ* para identificar e mapear potenciais KBAs costeiras e marinhas, com especial foco na província de Nampula, desenvolver e submeter propostas para novas KBAs ao Secretariado do KBA;
- (ii) concluir avaliações adicionais da Lista Vermelha para a fauna e a flora, incluindo espécies marinhas;
- (iii) aumentar a capacidade nacional para avaliações de KBA e de Lista Vermelha e o seu uso para a tomada de decisões;
- (iv) apoiar o desenvolvimento de planos de conservação e soluções financeiras que possam garantir a sustentabilidade a longo prazo dessas KBAs; e
- (v) compilar informação sobre o *status* de conservação dos ecossistemas de recifes de coral ao longo de Moçambique.

Wildlife Conservation Society (WCS). 2023. *Key biodiversity areas and Red Lists Program*. In: WCS Mozambique. Maputo, Mozambique. [Cited 28 April] 2023. mozambique.wcs.org/Initiatives/Key-Biodiversity-Areas-KBAs.aspx

águas do Oceano Índico e do Mar Vermelho, o que permite uma colonização originária de duas áreas ricas. Como resultado, pensa-se que o número de corais e de espécies desconhecidas possa ser particularmente elevado nesta região. Existe também uma zona deficiente em oxigénio (hipóxica) (Figura 1.4) ligada às massas de água do Mar Vermelho, que cria condições especiais nesta região. Deste modo, a região inclui tanto recifes tropicais deslumbrantes como uma surpreendente fauna de profundidade que se adaptou ao seu ambiente, tudo numa área relativamente pequena.

Actividades de investigação do Programa FAO/Nansen

Através do Instituto Oceanográfico de Moçambique (InOM, na altura Instituto Nacional de Investigação Pesqueira, IIP), o Governo da República de Moçambique solicitou a realização de um cruzeiro de investigação ambiental ao largo da costa Moçambicana. O levantamento deveria incluir a recolha de amostras de sedimentos para análise química e biológica, bem como a realização da documentação visual dos habitats marinhos e da biodiversidade, a fim de fornecer uma linha de base sólida para a monitorização ambiental futura. A expedição foi planeada ao longo de vários anos e realizada graças à cooperação entre a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) e o Instituto Norueguês de Investigação Marinha (IMR), trabalhando a bordo do navio de investigação *Dr. Fridtjof Nansen*. Os cientistas de Moçambique que participaram no estudo representaram diversas instituições que cobriam especializações em pesca marinha, ambiente marinho e petróleo/gás. Estiveram representadas sete instituições moçambicanas: Instituto Oceanográfico de Moçambique (InOM, anteriormente Instituto Nacional de Investigação Pesqueira, IIP); Instituto Nacional de Inspecção do Pescado (INIP); Administração Nacional das Pescas (ADNAP); Agência Nacional para o Controlo da Qualidade Ambiental (AQUA); Instituto Nacional de Petróleo (INP); Universidade Eduardo Mondlane, Departamento de Química (UEM-DQ); e Universidade Lúrio (UniLurio) (Figura 1.7). O cruzeiro de investigação decorreu no Norte de Moçambique, entre a Baía de Pemba (13° sul) e a fronteira com a República Unida da Tanzânia (10°30' sul), cobrindo grande parte da Bacia do Rovuma. A expedição partiu de Pemba, cidade onde será estabelecida a principal base logística para a indústria de petróleo e gás no Norte de Moçambique. O estudo foi realizado ao longo de um transecto desde a Ilha do Ibo no Parque Nacional das Quirimbas até ao monte submarino do Banco de S. Lázaro, localizado aproximadamente a 70 milhas náuticas da costa.

O topo do Banco de S. Lázaro também foi pesquisado. Esta é uma área remota, rica em biodiversidade tanto na vertente costeira como no próprio monte submarino, e



FIGURA 1.7. A equipa científica do cruzeiro 1.3 no navio *Dr. Fridtjof Nansen* em Moçambique, 2018

a primeira também é protegida pela presença do Parque Nacional. Apesar de ter sido perfurado um poço exploratório nas proximidades do Banco de S. Lázaro, para efeitos do presente estudo esta zona é a que mais se aproxima a uma zona de baixo impacto ambiental em toda a área de estudo do navio. Um foco importante deste trabalho foi as zonas ao largo da costa do Distrito de Palma, onde foram descobertos grandes reservatórios de gás natural (mais de 150 biliões de pés cúbicos) no alto mar, num intervalo de profundidades entre os 500 e os 2 000 m. Estes enormes campos de gás estão entre as maiores reservas do mundo, atraindo para a região as maiores corporações de energia e um enorme desenvolvimento estrangeiro. A **Figura 1.6** fornece uma visão geral das áreas cobertas pelo cruzeiro, o trajeto do navio de investigação e as estações de amostragem.

Observações e recolha de amostras

Um amostrador múltiplo assistido por vídeo (VAMS, Video-Assisted Multisampler) é a plataforma que foi usada para conduzir as amostragens e observações no fundo do mar (**Figura 1.8**). Este é ligado ao navio de investigação na superfície através de um “cordão umbilical” e é constituído por amostradores múltiplos e

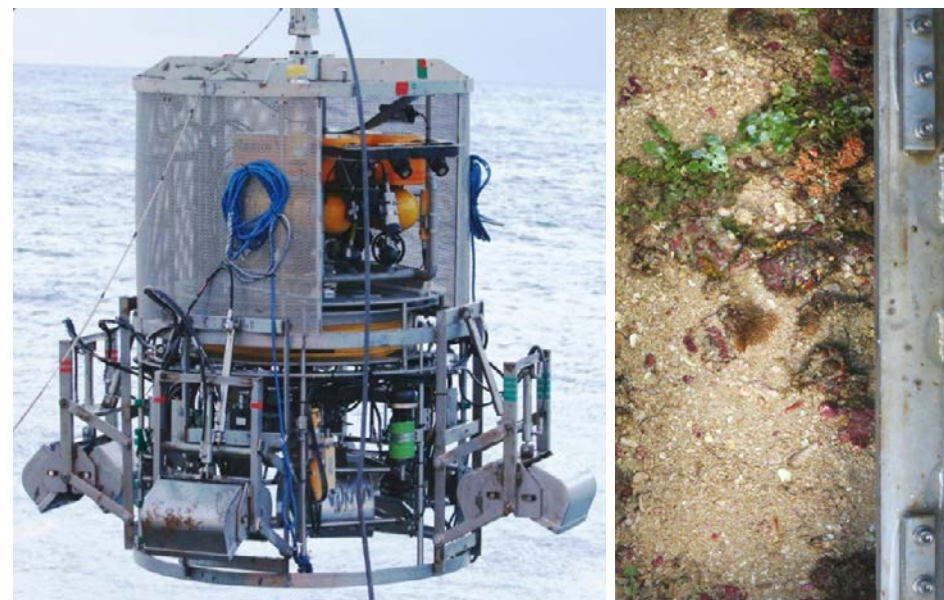


FIGURA 1.8. O amostrador múltiplo assistido por vídeo (VAMS), com exemplos de amostras recolhidas e observações efectuadas em águas Moçambicanas

sensores, usados para monitorizar o ambiente oceânico circundante, com um veículo subaquático integrado e operado remotamente (ROV. Remotely Operated Vehicle) A plataforma de amostragem é particularmente eficiente e economiza tempo, especialmente em águas profundas, possuindo cinco garras hidráulicas que podem ser abertas do navio para recolha de amostras da superfície do sedimento, enquanto são monitorizadas por uma câmara de vídeo. O VAMS está equipado com um sensor de condutividade, temperatura e profundidade (CTD, Conductivity Temperature Depth) e outros sensores que medem o oxigénio, a fluorescência e a turbidez, altímetro, transponder e possui um sonar e bússola para orientação. O ROV está equipado com uma câmara de alta definição, câmaras de trabalho, luzes LED e uma bússola para documentar, direccionar e supervisionar as operações de amostragem. O VAMS e o ROV podem operar até profundidades de 2 500 m e recolher até nove amostras paralelas de sedimentos durante um único mergulho. Estes aparelhos podem ainda obter várias outras informações através de sensores, vídeos de alta resolução e imagens do fundo do mar em profundidades inacessíveis ao homem.

Águas pouco profundas (20-100 metros): recifes de coral e estuários ao longo da costa e da plataforma continental média

As águas tropicais pouco profundas são frequentemente dominadas por recifes de corais. Estas são caracterizadas por temperaturas quentes, abundância de luz e baixo teor de nutrientes (oligotróficas). Perto da costa, onde os rios desaguam no oceano, os estuários oferecem áreas protegidas com menor salinidade e muitas vezes turbidez mais elevada. Os deltas dos rios são frequentemente dominados por mangais. As águas pouco profundas albergam normalmente recifes neríticos, em oposição aos recifes oceânicos, que geralmente são encontrados a maiores profundidades na plataforma continental ou no topo dos montes submarinos.

Estas águas pouco profundas são acessíveis aos mergulhadores, o que permite que os humanos as desfrutem e as experimentem diretamente. As profundidades superiores a 30 m requerem técnicas avançadas de mergulho devido a maiores riscos, e nestes casos são frequentemente recomendados gravadores de vídeo em plataformas como ROVs ou submarinos. As águas pouco profundas são também caracterizadas por uma paisagem marinha colorida e um elevado nível de biodiversidade, onde uma multiplicidade de organismos coexiste e mantém relações estreitas entre si.

Os recifes coralinos fornecem serviços ecossistémicos vitais para cerca de 1 milhar de milhões de pessoas em todo o mundo. Eles são igualmente importantes em Moçambique, onde sustentam a pesca artesanal, uma economia ligada ao sector do turismo, a subsistência e a cultura de numerosas comunidades costeiras. No entanto, tanto em Moçambique como em todo o mundo, os recifes de coral estão ameaçados pelas alterações climáticas e vários outros factores de degradação, como a sobrepesca, a poluição e o desenvolvimento costeiro. A maioria dos recifes de coral do mundo está num estado de degradação e existe o risco de estes ecossistemas entrarem em colapso total antes do final deste século.

Os recifes de coral cobrem cerca de 1 800 km² em Moçambique (Spalding, 2007), 30% dos quais ocorrem no Arquipélago das Quirimbas ao longo da costa de Cabo Delgado (que por si só representa apenas 7% da costa Moçambicana). O país tem pelo menos 300 espécies de corais – cerca de 40% das espécies-tipo reconhecidas globalmente (Obura, 2012) – mais de 800 espécies de peixes recifais (Pereira, 2000) e uma grande variedade de outras espécies associadas (Frontier-Moçambique 1997; 1998a; 1998b).

A extensão total e a diversidade de espécies ao longo da costa, bem como sua distribuição exata, ainda não estão claras, e as observações fornecidas pela expedição EAF-Nansen constituem, deste modo, um novo conhecimento inestimável. Estas observações permitem-nos desvendar as belezas e a riquezas impressionantes desses ecossistemas de corais numa zona pouco estudada dos

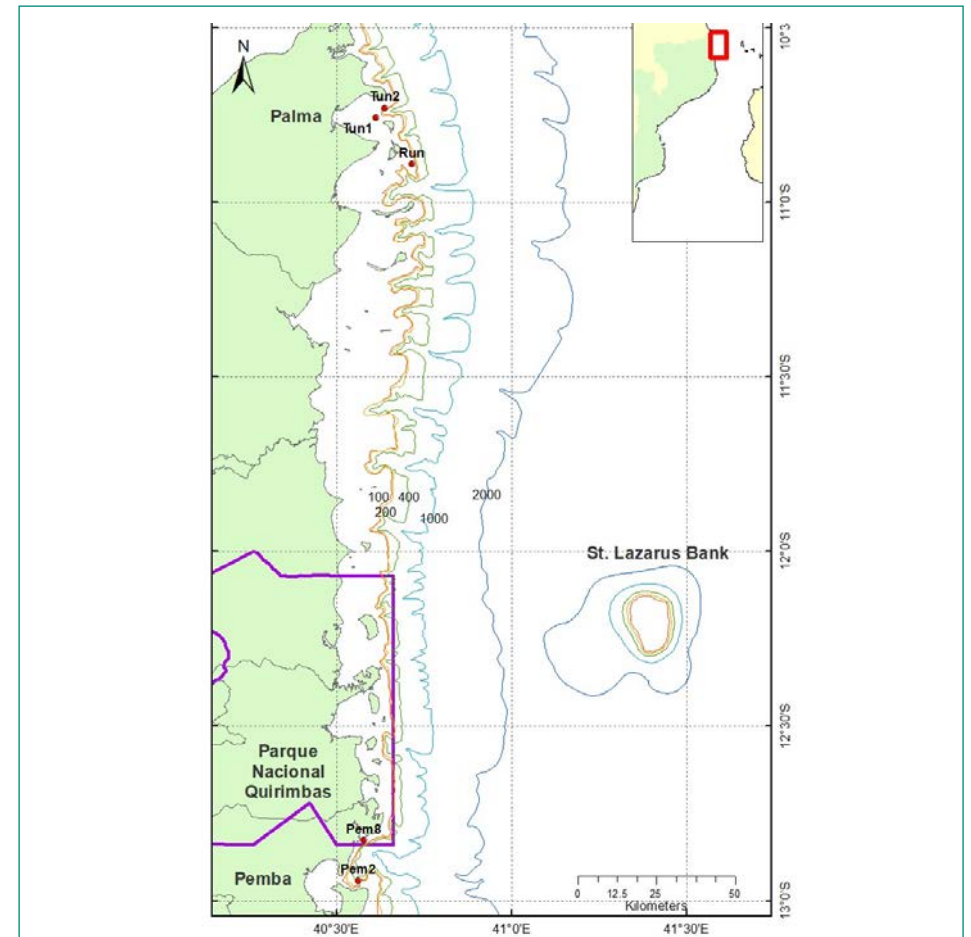


FIGURA 2.1. Mapa das estações de amostragem do ROV em águas pouco profundas; algumas estações encontram-se dentro de parques nacionais

Fonte: Elaborado pelos autores, conforme mapa mundial das Nações Unidas. Geoespacial das Nações Unidas, 2020. Mapa do Mundo. Citado em 28 de novembro de 2023. www.un.org/geospatial/file/3420/download?token=TUP4yDmF

oceanos mundiais, a qual foi identificada como o segundo hotspot a nível global para a biodiversidade de recifes de corais do Indo-Pacífico, logo a seguir ao Triângulo de Coral do Sudeste Asiático.

Observações nos ecossistemas pouco profundos

A estação **TUN 1** de recife de coral foi realizada na Baía de Tungue à profundidade de 22 m. Aqui medimos uma temperatura da água do mar de 28,8 °C e o fundo do mar estava coberto de areia misturada com conchas mortas e detritos de coral. Nesta profundidade baixa, a ondulação das ondas e a corrente são fortes. O recife de coral apresenta corais moles e duros com muitas espécies associadas. Enquanto os corais moles dominam, os grandes corais duros arborescentes ocasionais fornecem um lar para uma rica fauna de peixes recifais.

Na parte externa da Baía de Tungue, na plataforma continental, a estação **TUN 2** teve como alvo uma zona plana arenosa a 79–84 m de profundidade, situada na encosta inferior do recife de coral. Aqui, a temperatura da água era de 24,9–23,7 °C e o fundo do mar estava coberto de areia, detritos de conchas e destroços de coral. Estas partes mais baixas do recife eram dominadas por corais-chicotes-do-mar, principalmente corais negros, gorgónias e esponjas (**Figura 2.13**, **Figura 2.14** e **Figura 2.15**).

Na estação **PEM 2** (70 m de profundidade), descobrimos um jardim de esponjas e de corais. A temperatura da água era de 27 °C e o sedimento arenoso cobria o fundo do mar. A comunidade de fundo era dominada por esponjas juntamente com algumas gorgónias (**Figura 2.16** a **Figura 2.19**). Das muitas espécies de esponjas presentes, a mais proeminente foi a esponja-barril-gigante (*Xestospongia testudinaria*), que pode atingir até 1,5 m de altura; a sua idade estimada é de 1 000 a 2 000 anos (Swierts *et al.*, 2013).

O fundo do mar foi inspecionado dentro de uma área marinha protegida (Parque Nacional das Quirimbas) perto de um estuário, a 65 m de profundidade na estação **PEM 8**. A temperatura da água do mar era de 26 °C e o fundo do mar era caracterizado por sedimentos moles, com evidência de muitos buracos feitos pelos habitantes do fundo. Os detritos vegetais terrestres em decomposição, originários da descarga fluvial, são abundantes no fundo do mar e contribuem para a entrada de nutrientes nas cadeias alimentares locais. Deste modo, a fauna dos fundos moles estuarinos inclui numerosas espécies detritívoras e filtradoras. De fato, as espécies-chave nesta comunidade bentónica são o caranguejo *Podophthalmus* sp. e os corais-chicotes-do-mar (**Figura 2.20**).



FIGURA 2.2. Corais moles rodeados por areia de conchas

Nota: Estes corais estão a uma profundidade onde há fortes correntes e ondulações de grandes ondas. Os corais moles e flexíveis, semelhantes a um arbusto, podem tolerar ser arrastados para a frente e para trás pelas ondas.



FIGURA 2.3. Uma mistura rica em espécies de corais, com uma grande diversidade de formas e cores

Mais ao norte, na estação **RUN**, foi descoberto um exuberante recife de coral a 48–57 m de profundidade, onde a temperatura da água do mar era de 29 °C. Alguns rochedos grandes foram encontrados, mas, em geral, a comunidade bentônica era dominada por algas, corais moles, esponjas e peixes. Cerca de 50% do fundo do mar estava coberto por areia grossa de conchas e detritos de coral, com os 50% restantes cobertos por algas vermelhas incrustantes *Lithothamnion* e/ou algas verdes. As partes mais profundas do declive incluíam gorgônias, chicotes-do-mar e esponjas-barril-gigantes, juntamente com peixes maiores (Figura 2.21).

CAIXA 2 – RECIFES DE CORAL

Os corais são compostos por uma miríade de animais minúsculos chamados pólipos e pertencem ao filo (o nível de classificação acima da classe) Cnidaria. Os corais são organismos modulares nos quais os pólipos individuais são clones uns dos outros e vivem como uma unidade coesa; partilham entre si matéria e energia, sendo capazes de movimentos coordenados e de uma variedade de comportamentos. Eles crescem numa grande variedade de formas espetaculares, secretando exoesqueletos que se fundem entre si para formar as catedrais calcárias do oceano. As suas cores vibrantes resultam dos pigmentos fotossintéticos das microalgas simbiotas (um organismo que vive em simbiose com outro) conhecidas como zooxantelas, as quais vivem nos tecidos corporais transparentes dos corais. Esta simbiose permite que o coral sobreviva nas águas claras, mas pobres em nutrientes, de todas as regiões tropicais dos oceanos mundiais. Alimento, em forma de compostos de açúcar, é fornecido pelas microalgas simbióticas em troca de abrigo e nutrientes inorgânicos.

Os recifes de coral são muito antigos e é através da sucessão de gerações de corais que são construídas estruturas tridimensionais complexas e robustas, formando o que conhecemos como recifes de coral. A complexa estrutura física dos recifes de coral fornece o habitat para inúmeras espécies de peixes, invertebrados, répteis e mamíferos marinhos (Kleypas *et al.*, 2001).

Os recifes de coral, além de serem o ecossistema marinho com maior biodiversidade, estão entre os ecossistemas mais produtivos do planeta (Snelgrove *et al.*, 2016). Eles têm uma contribuição desproporcionalmente positiva para a biodiversidade global marinha, uma vez que ocupam apenas cerca de 0,1% da superfície do oceano, mas fornecem abrigo para mais de 25% das espécies marinhas globalmente conhecidas (Reaka-Kudla, 1997; Snelgrove *et al.*, 2016). Esta elevada concentração de biodiversidade é extremamente rara nos ecossistemas do planeta, rivalizando apenas com as florestas tropicais.

Kleypas, J.A., Buddemeier, R.W. & Gattuso, J.P. 2001. The future of Coral reefs in an age of global change. *International Journal of Earth Sciences*, 90: 426–437.

Reaka-Kudla, M. 1997. The global biodiversity of coral reefs: a comparison with rain forests. In: Reaka-Kudla, M., D.E. Wilson, E.O. Wilson (eds.). *Biodiversity II: Understanding and Protecting our Biological Resources*. Washington, D.C.: Joseph Henry Press. 83-108.

Snelgrove, P. *et al.* 2016. Global Patterns in Marine Biodiversity. In: Inniss, L & Simcock, A., coord. *The First Global Integrated Marine Assessment – World Ocean Assessment*. The Group of Experts of the Regular Process. C. United Nations. Available online at: www.un.org/Depts/los/global_reporting/WOA_RegProcess.htm



FIGURE 2.4. O coral órgão de tubos *Tubipora musica* com pólipos em forma de flor

Nota: O nome do coral tem origem no aspecto do seu esqueleto, que consiste em tubos organizados apertadamente dos quais emergem os pólipos.



FIGURE 2.5. O coral-bolha *Plerogyra sinuosa*

Nota: Este coral bolha possui grandes vesículas (bolhas) que podem atingir até 2,5 cm de diâmetro. As bolhas são maiores durante o dia e contraem-se à noite, permitindo expor os pólipos e os seus tentáculos. As algas simbiotas (zooxantelas) que vivem nos tecidos do coral, incluindo nas paredes das vesículas, contribuem para até 90% das suas necessidades nutricionais. As restantes necessidades são complementadas pelos organismos capturados pelos pólipos durante o período noturno.



FIGURA 2.6. Um coral mole do género *Cespitularia*

Nota: As *Cespitularia* têm cores surpreendentes; muitas espécies são mantidas em aquários.



FIGURA 2.7. O coral duro *Acropora* cf. *cytherea*

Nota: As espécies do género *Acropora* constituem um dos grupos com maior diversidade na região, tendo sido identificadas mais de 40 espécies apenas no Arquipélago das Quirimbas. Estes crescem mais rápido que outros corais apresentando formas de crescimento ramificadas, tabulares ou digitadas e são consideradas um grupo chave entre os principais arquitetos da complexa estrutura tridimensional do recife.



FIGURA 2.8. O coral sol negro *Tubastraea micranthus*

Nota: A espécie *Tubastraea micranthus* cresce em colónias arborescentes e pode atingir 1 m de altura; os seus ramos podem ter de 1 a 3 cm de espessura e encontram-se geralmente orientados perpendicularmente à corrente. A dimensão e a calcificação das colónias varia muito no Indo Pacífico, de acordo com o ambiente, o que pode indicar também que algumas espécies sejam “espécies crípticas” (espécies “camufladas”, difíceis de discriminar umas das outras).

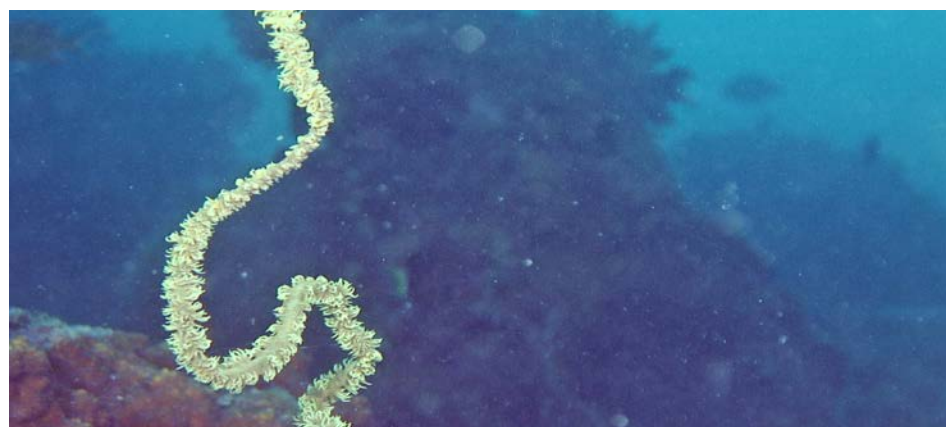


FIGURA 2.9. O coral negro chicote do mar *Cirrhopathes anguina*

Nota: A espécie *Cirrhopathes anguina* pertence a um género que é geralmente conhecido como chicotes do mar porque muitas vezes exibem uma morfologia torcida ou enrolada. Além da sua aparência colorida, eles possuem um esqueleto escuro que é característico dos corais negros.



FIGURA 2.10. Grandes estrelas do mar encontradas no recife de coral: *Choriaster granulatus* (imagem superior) e *Linckia* sp. (imagem inferior)

Nota: O nome comum para a *Choriaster granulatus* é estrela do mar-granulada (imagem superior). Os braços têm pontas arredondadas, fazendo com que pareça “gordinha” – daí por vezes o apelido de “estrela do mar *almofada*”. É grande, com um crescimento radial máximo de cerca de 27 cm.

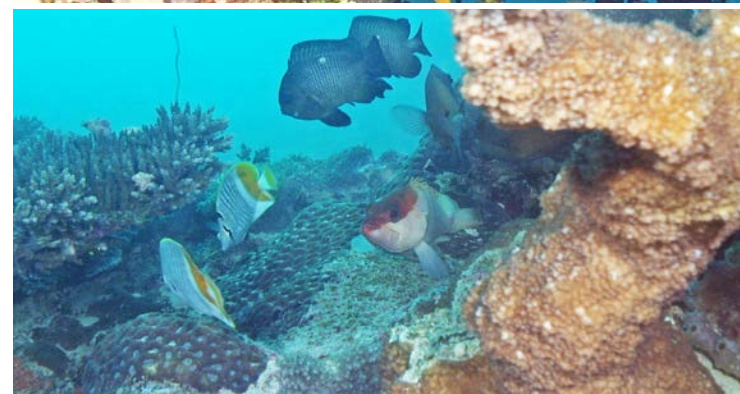
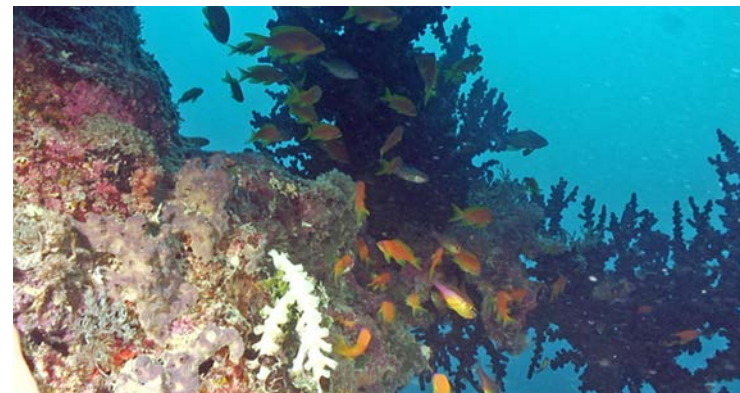


FIGURA 2.11. A estrutura dos recifes de corais

Nota: A estrutura tridimensional complexa dos recifes de coral fornece uma variedade de micro-habitats para uma ampla diversidade de peixes e de outras espécies que povoam os recifes.

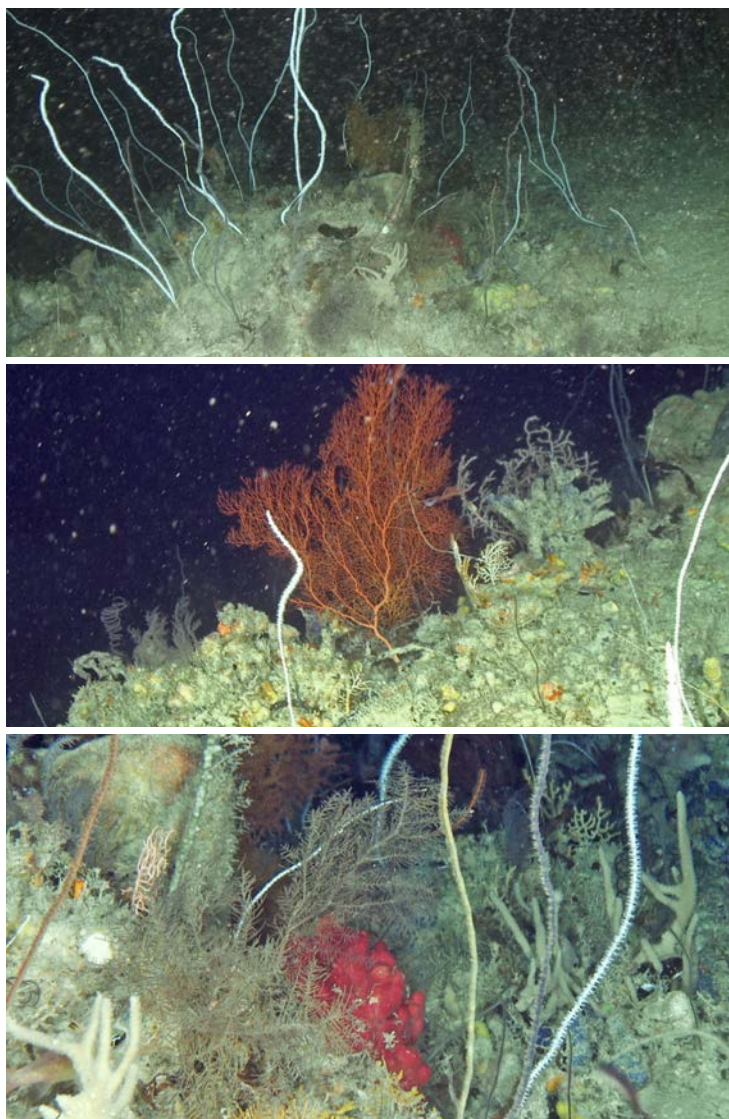


FIGURA 2.12. Uma mancha de chicotes do mar, corais negros, gorgônias e esponjas

Nota: As zonas inferiores dos recifes de coral são muitas vezes dominadas por chicotes do mar, principalmente corais negros, gorgônias e esponjas (imagem superior: uma mancha de chicotes do mar; imagem central: uma gorgônia vermelha; imagem inferior: uma rica comunidade de esponjas, corais e hidróides).



FIGURA 2.13. Corais chicotes do mar

Nota: Os chicotes do mar são normalmente longos e finos, e alguns formam uma espiral. As esponjas crescem em formas diversas: a imagem mostra esponjas vermelhas e azuis parecidas com pedaços de carne e dedos azuis.



FIGURA 2.14. Esponjas e penas do mar (hidróides) no substrato

Nota: O substrato é completamente coberto por esponjas e hidróides penas do mar. Um pequeno peixe esconde-se da luz forte do ROV.

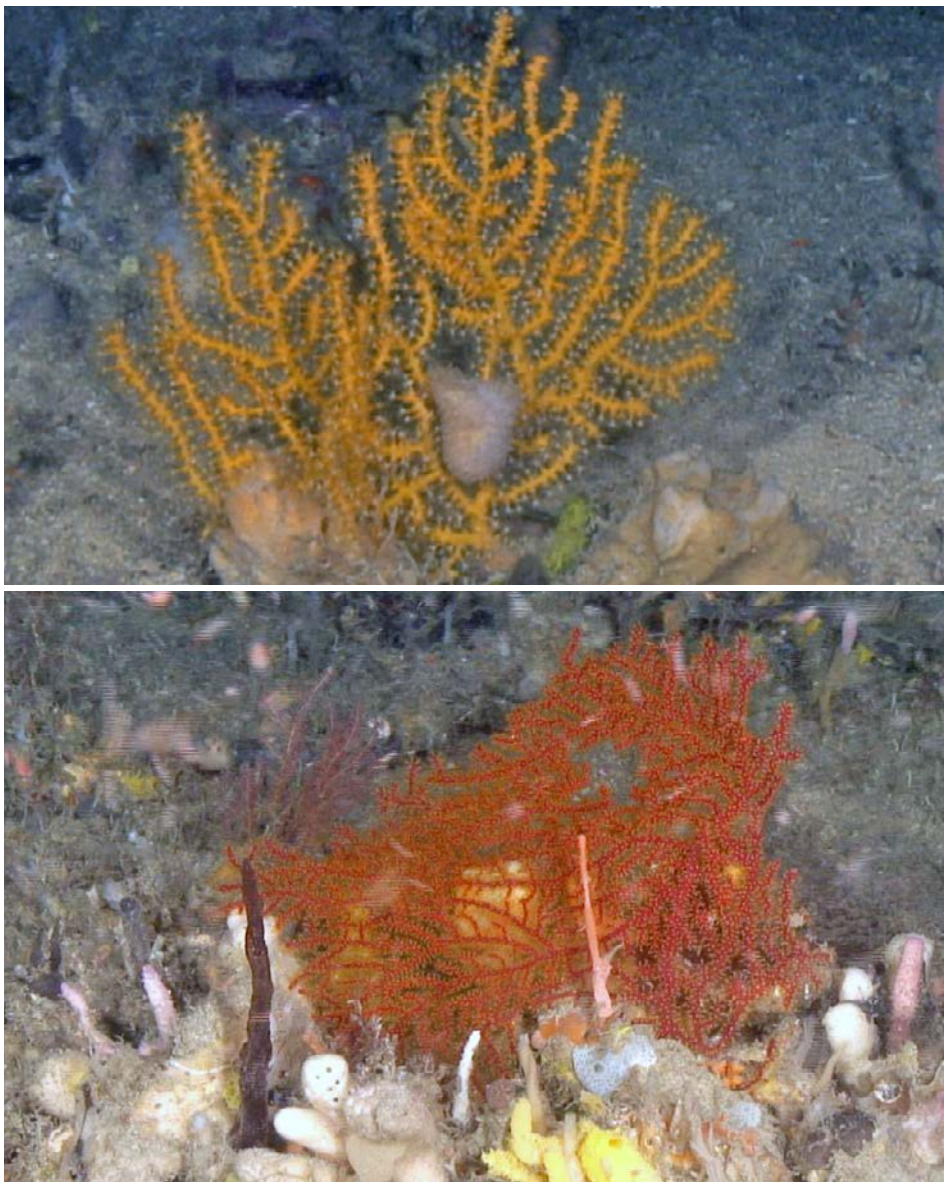


FIGURA 2.15. Colônias de gorgônias

Nota: Duas delicadas colônias de gorgônias com pólipos que se assemelham a pequenas flores. Os ramos estão cobertos de pólipos que são usados para se alimentar, capturando pequenas presas da água e matéria orgânica.



FIGURA 2.16. Um coral negro (order Antipatharia)

Nota: Antipatharia não são realmente pretos, mas têm esse nome devido ao seu esqueleto preto. Esses corais são frequentemente encontrados em águas profundas.

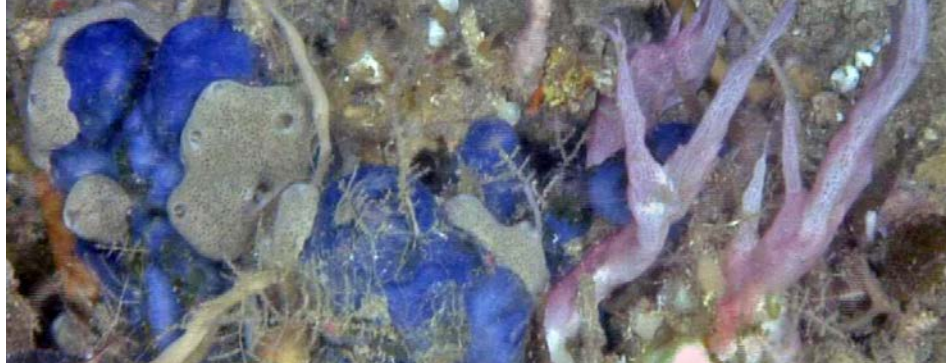


FIGURA 2.17. Esponjas coloridas

Nota: Uma diversidade de esponjas coloridas com formas espetaculares: algumas parecem dedos enquanto outras são em forma de leque.



FIGURA 2.18. A esponja barril



FIGURE 2.19. O caranguejo eremita *Aniculus* sp. e o caranguejo *Podophthalma* sp.

Nota: O caranguejo eremita *Aniculus* sp. na sua concha, e o caranguejo *Podophthalma* sp. entre chicotes do mar (imagens superiores); um pequeno peixe e um polvo (imagens centrais); e o muito colorido ouriço de pontos azuis *Astropygia radiata*, juntamente com um coral mole quase transparente (imagens inferiores).

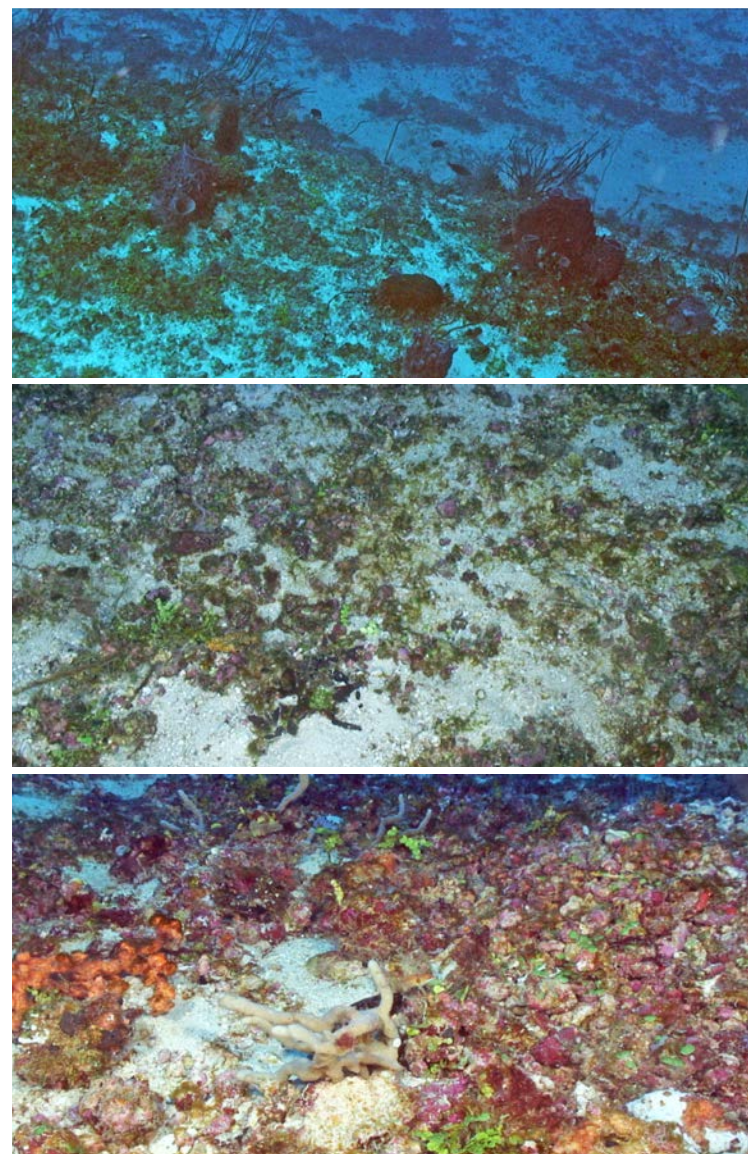


FIGURE 2.20. Areia grossa de restos de conchas e fragmentos de coral no topo da encosta do recife

Nota: Na encosta do recife, o fundo do mar estava coberto com 50% de areia grossa de restos de conchas e fragmentos de coral e 50% de algas vermelhas incrustantes *Lithothamnion*, além de algumas algas verdes.

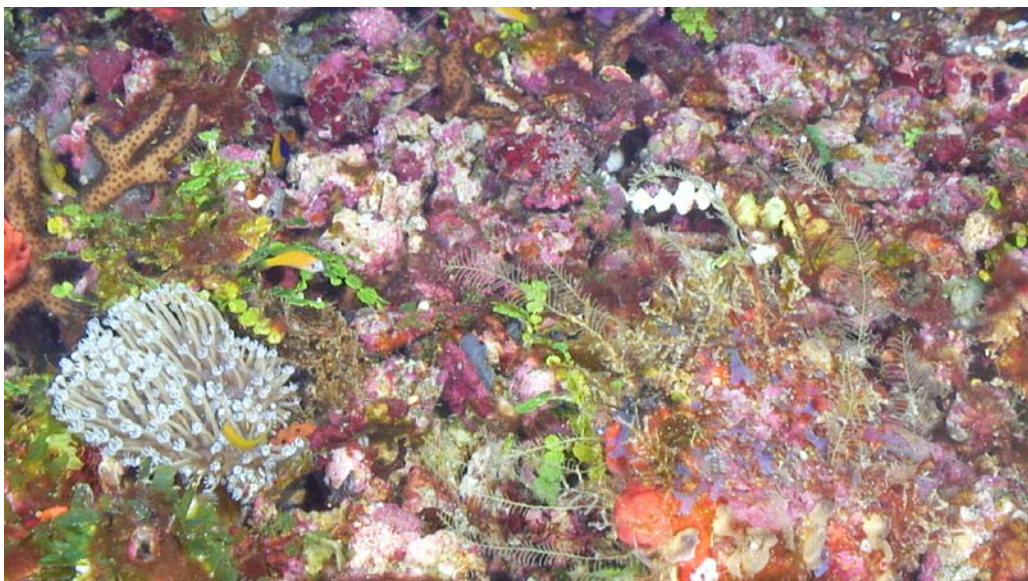


FIGURA 2.21. Na estação RUN

Nota: No recife costeiro da estação RUN foi documentado um habitat altamente diversificado com muitas espécies de esponjas, corais e algas vermelhas.



FIGURA 2.22. O coral cérebro aberto *Trachyphyllia geoffroyi*

Nota: Este grande e belo coral está classificado como “quase ameaçado” na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN devido à perda de habitat e da sua colheita excessiva para o comércio de aquários.



FIGURA 2.23. Corais no recife da estação RUN

Nota: Existe uma fauna rica de corais duros no recife junto à estação RUN. *Plesiastrea* sp. (imagem superior) e uma espécie não identificada de coral duro, possivelmente *Anacropora* sp. (imagem inferior).



FIGURA 2.24. Os pólipos de corais duros parecendo flores

Nota: Os pólipos dos corais duros parecem-se muitas vezes com flores, como na bela *Goniopora* sp. (imagem superior), e o tapete formado por *Astreopora* sp. ou *Turbinaria* sp. (imagem inferior). Identificar corais é difícil; para confirmar a espécie é muitas vezes necessário o uso de um microscópio.



FIGURA 2.25. Os recifes costeiros abrigam uma exuberante fauna de corais moles (Octocorais)

Nota: Os octocorais incluem: *Sarcophyton* sp. (imagem superior); colônias pertencentes à família de corais moles Xeniidae (imagem central), que possuem tentáculos muito longos e semelhantes a penas nos seus pólipos; a grande gorgónia *Annella* sp. (imagem inferior) ocorre na parte inferior da encosta do recife.

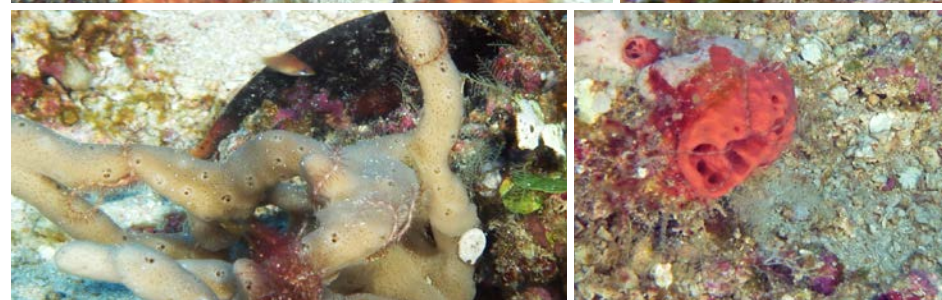


FIGURA 2.26. A esponja tubular (Porifera)

Nota: Os recifes costeiros também abrigam uma riqueza grande de esponjas (Porifera). Estas apresentam muitas formas diferentes e cores, incluindo a “esponja de cortiça” cor de laranja (imagem superior esquerda) e a esponja tubular (imagem inferior).



FIGURA 2.27. A esponja tubular (Porifera) rodeada por algas vermelhas e verdes

Nota: Uma Porifera rodeada por algas vermelhas e verdes na zona superior do recife, arenosa e exposta às ondas. No topo do recife, um peixe pequeno esconde-se nesta mini selva de espécies.



FIGURA 2.28. O pepino do mar *Holothuria* sp.

Nota: Os pepinos do mar grandes são comuns em águas tropicais; esta é uma das muitas espécies de *Holothuria*. Estes organismos têm geralmente numerosos tentáculos compridos ao redor da boca para manipular os alimentos. Eles pertencem ao mesmo grupo de organismos que as estrelas do mar e os ouriços do mar, os equinodermes.

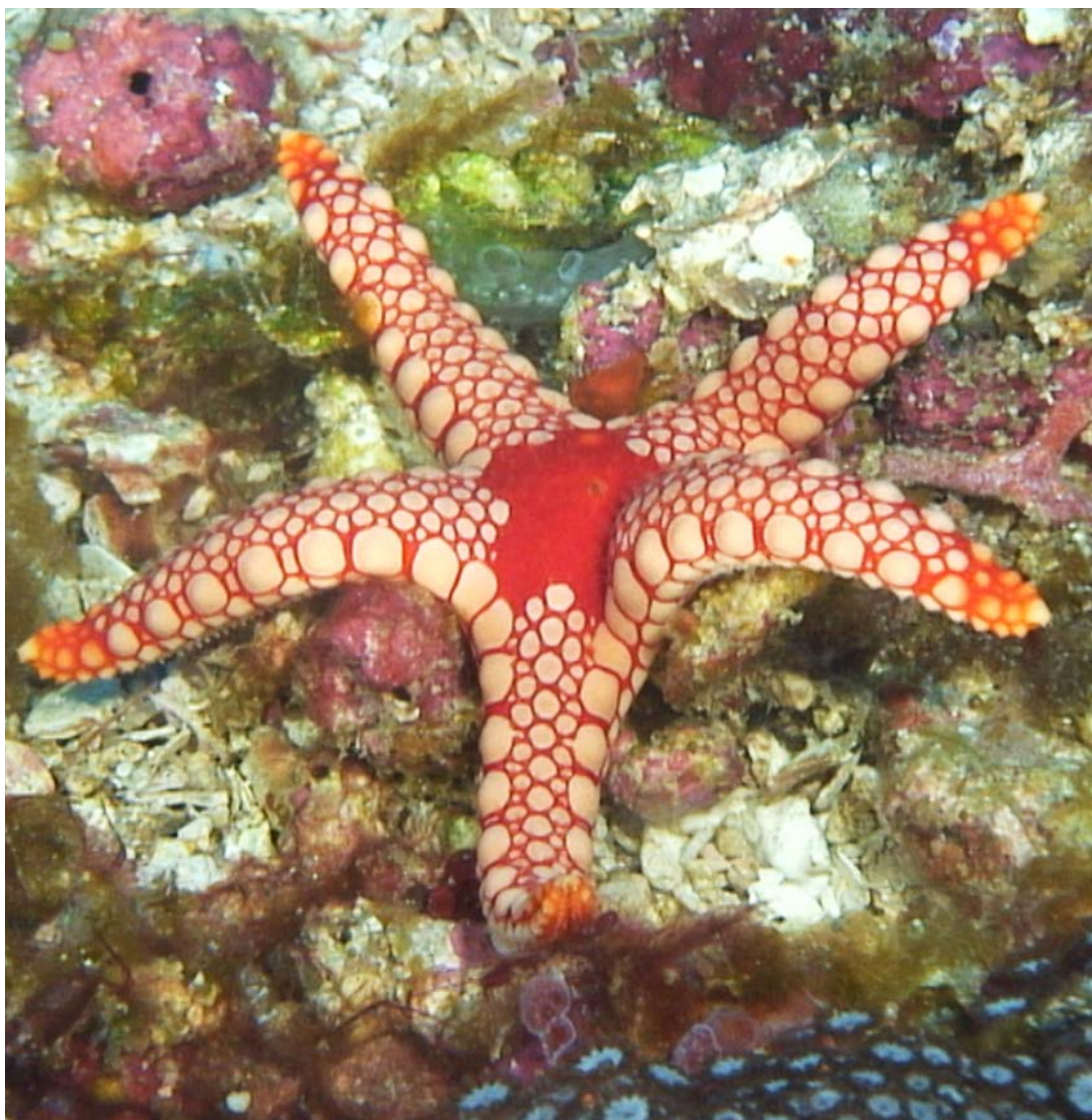


FIGURA 2.29. A estrela do mar nodulada *Fromia nodosa* (família Goniasteridae)

Nota: A *Fromia nodosa* é também apelidada de “estrela do mar-nodulada” devido à sua coloração e aos seus padrões notáveis. Esta estrela do mar é ativa principalmente à noite e alimenta-se de moluscos bivalves, corais, detritos e microalgas. Como todas as estrelas do mar, ela expele uma parte do seu estômago para fora do corpo (evaginação) para comer e digerir alimentos externamente. Na parte inferior da imagem pode-se observar o lindo coral duro *Goniopora* sp.



FIGURA 2.30. Tunicados nos recifes e cristas submarinas

Nota: Os tunicados podem crescer tanto sozinhos como em colônias. O tunicado colonial verde *Diplosoma virens*, comumente chamado de “esguicho do mar fotossimbiótico”, possui pequenas colônias em forma de bolha com zoóides dispostas em torno de uma cavidade cloacal central comum (anel branco na colônia). Esta espécie residente nos recifes é comum nos recifes e cristas marinhas. É um animal filtrador e abriga a alga verde simbiótica *Prochloron* sp.



FIGURA 2.31. A exuberante fauna dos recifes

Nota: Os “peixes porco” (família Balistidae) desenterra as suas presas (tais como caranguejos e vermes) batendo com as barbatanas e esguichando jatos de água da boca (imagem superior). Têm dentes e mandíbulas muito resistentes que lhe permitem virar ouriços do mar com o objetivo de chegar às suas barrigas, que têm menos espinhos. É acompanhado por um “bodião limpador de listra azul” que come os parasitas e o tecido morto da pele de peixes maiores, os quais em troca fornecem alimento e proteção para o bodião. O “góbio de fogo” (*Nemateleotris magnifica*) habita nas zonas superiores das encostas exteriores do recife onde flutua sobre o fundo (imagem inferior). Este peixe encaixa-se nos buracos que encontra ou escava na areia para se abrigar, podendo o mesmo buraco ser partilhado por vários indivíduos (principalmente juvenis). O góbio tem o hábito de agitar a primeira barbatana dorsal em forma de galhardete para frente e para trás enquanto enfrenta a corrente para se alimentar de zooplâncton.

FIGURA 2.32. O recife providenciando aos peixes uma quantidade de habitats diferentes

Nota: Um “bodião limpador de listra azul” *Labroides dimidiatus* (imagem superior); O peixe cardeal inspeciona uma esponja tubular (imagem central); Um bodião cercado por algas vermelhas e verdes e o tunicado colonial verde, o “esguicho do mar fotossimbiótico” (imagem inferior).

Queda da plataforma continental (100–300 metros): Da plataforma continental ao talude continental

Depois de visitar a parte pouco profunda e quente da costa com os seus recifes coloridos, continuámos a nossa viagem para a plataforma continental inferior estreita e a parte superior do talude continental ao largo do porto de Pemba (Figura 3.1). Esta área desce depois até à cabeceira do canhão submarino, tendo a norte o Parque Nacional das Quirimbas.

Na estação **PEM 4**, o mergulho iniciou-se aos 132 m de profundidade, onde o fundo do mar estava coberto por detritos de conchas e corais e a temperatura era de 19,4 °C. No final do transecto do ROV encontrámos um antigo recife coralino. Os antigos blocos de coral morto formam uma estrutura que cria um habitat adequado para os caranguejos com as suas tocas e túneis. Aqui, foram observados alguns corais duros e algumas gorgónias, mas a maior parte do recife é composto por cascalho. Os corais moles incluíam gorgónias (*Nidalia* sp.) e chicotes do mar das famílias Elisellidae e Plexaridae, juntamente com algumas esponjas (Figura 3.2).

Ao norte da Ilha Rongui à 210 m de profundidade (**RUN 0**), a temperatura caiu para 15 °C. O sedimento era principalmente composto por lama arenosa e de cascalho, com detritos de conchas e corais e ocasionalmente, grandes rochedos (Figura 3.3). Os rochedos são *hotspots* de elevada biodiversidade e abrigam varios grupos de octocorais tais como gorgónias, chicotes do mar, e corais moles. Também foram observadas várias espécies de esponjas e equinodermes (Figura 3.4 – Figura 3.7). No substrato mole circundante, vimos camarões, caranguejos *Anomura* e caranguejos eremitas, juntamente com alguns peixes (Figura 3.8 – Figura 3.11).

Um pouco mais abaixo no talude continental, à profundidade de 230 m, as observações na estação **PEM 5** mostraram que a diversidade é substancialmente menor. A temperatura da água do mar a essa profundidade era de 14 °C e o fundo do mar estava coberto por detritos de conchas. Apenas algumas espécies de corais foram observadas, incluindo corais moles do género *Dendronephthya*, um chicote do mar e alguns corais duros solitários (Figura 3.12), bem como pequenos caranguejos, caranguejos eremita e um choco (*Sepia* sp.) (Figura 3.13).

Mais para norte e dentro da área protegida do “Parque Nacional das Quirimbas”, a estação **PEM 7** situou-se a 300 m de profundidade, ainda mais abaixo no talude continental. Aqui a temperatura diminuiu para 12 °C, e eram evidentes muitas

tocas no fundo mole (Figura 3.14). A comunidade aqui é composta de crustáceos escavadores e canetas-do-mar. Foram também observados outros crustáceos como o grande lagostim comum *Metanephrops* sp.

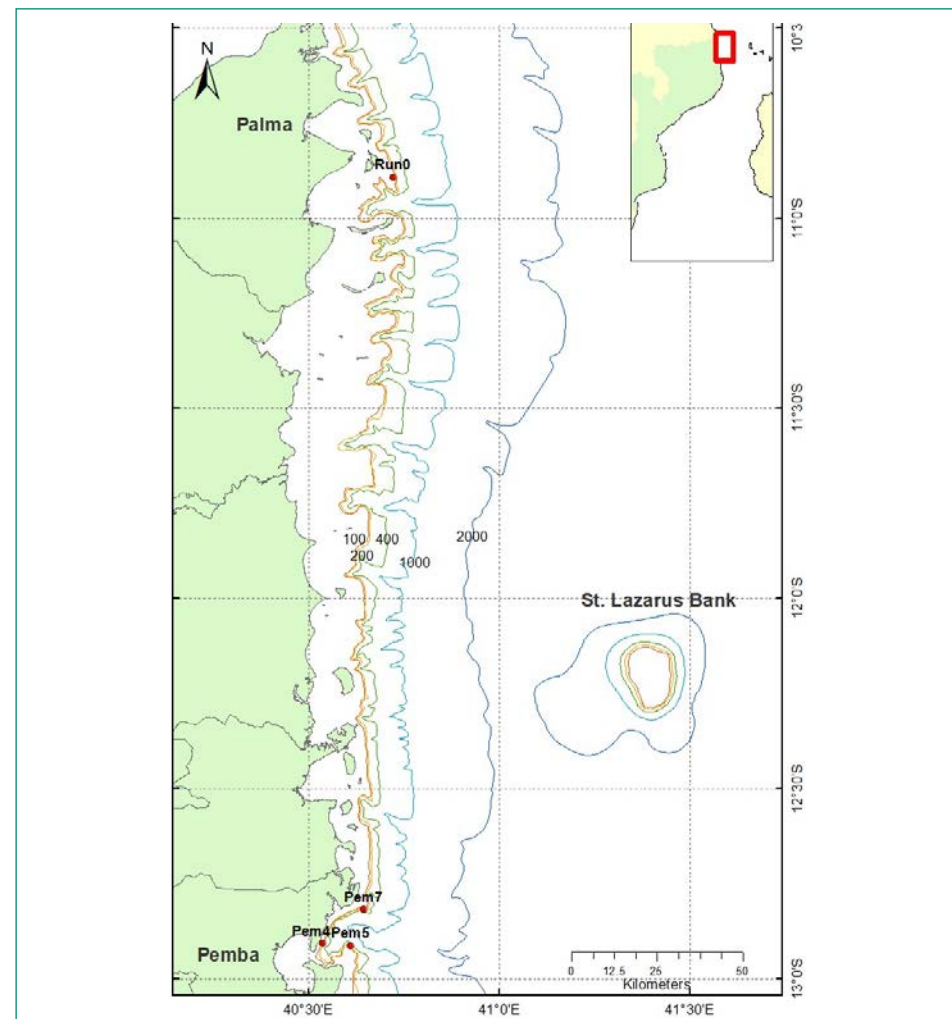


FIGURA 3.1. Mapa das estações de ROV na zona do talude continental superior

CAIXA 3 - "PÔR-DO-SOL NO OCEANO"

À medida que deixamos a plataforma e mergulhamos em águas mais profundas vai diminuindo tanto a intensidade da luz como a influência das mudanças sazonais na temperatura da água e na salinidade. A luz no oceano diminui com a profundidade, e apenas um nível mínimo de luz penetra até à zona entre 200–1000 m de profundidade. As camadas situadas abaixo destas profundidades não recebem luz da superfície. A coluna de água do oceano pode ser verticalmente dividida em zonas que são descritas em função da quantidade de luz que recebem. Geralmente, é dividida em três zonas: as zonas eufótica, disfótica e afótica.

A zona disfótica, também conhecida como "Zona Crepuscular", é a área entre os 200 e os 1000 m, onde a intensidade da luz se reduz severamente com o aumento da profundidade. A variação sazonal de temperatura e salinidade a 200–300 m é baixa e quase não existe em profundidades maiores; simultaneamente há uma diminuição da riqueza de habitats e fauna (Ekman, 1967).

Ekman, S. 1967. *Zoogeography of the Sea* (publ.) Sidgwick & Jackson; Watergate ed edition, 417 pp.



FIGURA 3.2. Os restos de um antigo recife de coral na estação PEM 4

Nota: A parte esquerda da imagem superior e a imagem central esquerda mostram caranguejos com as suas tocas e túneis. Do lado direito da imagem superior pode-se observar uma gorgónia amarela (família Plexaridae) ao lado de duas esponjas brancas. A imagem central direita mostra um chicote do mar branco pertencente à família Elisellidae. A imagem inferior esquerda mostra o coral vermelho com forma de gorgónia *Nidalia* sp., que pertence a um grupo comumente referido como "corais margarida". Na imagem direita pode-se observar um coral duro branco com uma forma arborescente.



FIGURA 3.3. Rochas rodeadas por lama com areia e cascalho e uma grande quantidade de restos de conchas na estação **RUN 0**, a 210 m de profundidade

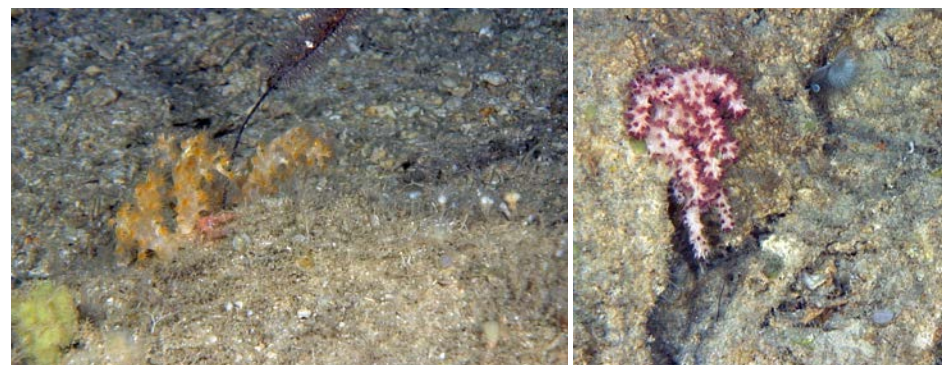


FIGURA 3.4. Dois corais moles pertencentes à família *Nephtheidae*

Nota: Na imagem esquerda observa-se uma colónia amarela e na imagem direita uma colónia com pólipos vermelhos; atrás da colónia amarela está um coral negro.

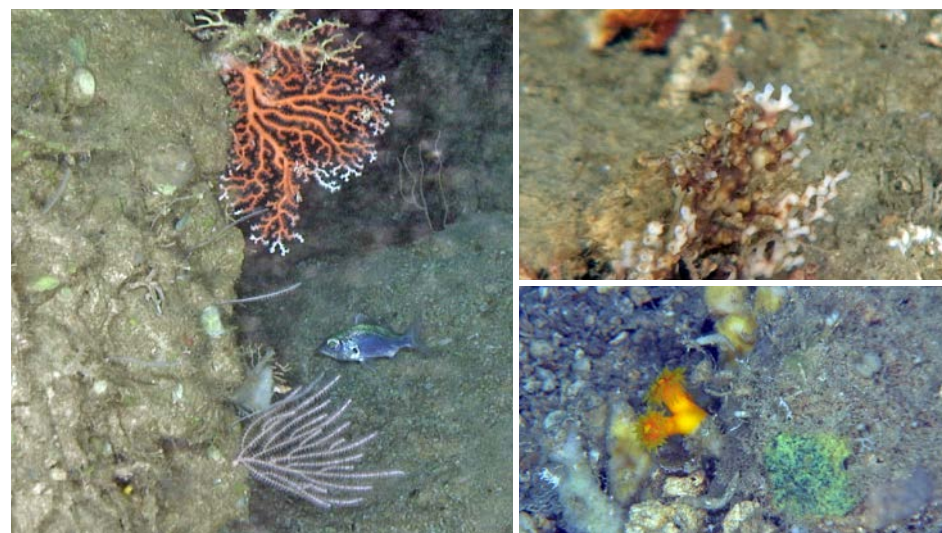


FIGURA 3.5. Espécies de corais duros

Nota: Corais duros referem-se aos da ordem Scleractinia, mas outros grupos de corais também são duros com um esqueleto carbonático (até mesmo alguns corais moles, contra intuitivamente). Por exemplo, algumas das espécies de corais encontradas a estas profundidades era da subordem Scleraxiona, como o coral Vermelho (*Corrallium* sp.) à esquerda, assim como o Anthoathecata por exemplo o coral fogo (*Milleropora* sp.) no canto superior direito. No canto inferior direito, o coral-copo de cor laranja (*Tubastraea coccinea*) é um verdadeiro coral duro da ordem Scleractinia.



FIGURA 3.6. Um grupo de corais negros e um coral mole amarelo

Nota: Na imagem superior observa-se um “coral-bambu”, uma gorgónia pertencente à família Isididae, presa a um rochedo. Este grupo de corais apresenta juntas negras no esqueleto que se assemelham ao desenho segmentado dos bambus. A imagem inferior mostra um coral mole negro com um coral mole amarelo na sua base.



FIGURA 3.7. Esponjas Hexactinellida com formas interessantes

Nota: As esponjas da classe Hexactinellida são muitas vezes referidas como esponjas de vidro por terem um esqueleto composto por espículas siliciosas. Na imagem superior esquerda observa-se a espécie *Pheronema* sp. em forma de vaso, enquanto na imagem superior direita está a delicada e bela esponja conhecida como “cesta de flores de Vénus” (*Euplectella* sp.). Um lírio do mar (equinoderme) está apoiado num dos flancos da esponja. Na imagem inferior pode se ver uma esponja com forma de trombeta provavelmente pertencente ao género *Heterorete*. As espécies de *Euplectella* alimentam-se de detritos orgânicos e organismos microscópicos que são aspirados para a sua cavidade central através de numerosos orifícios na parede do corpo. No Japão, esta esponja é considerada um símbolo do amor eterno porque cada cesta geralmente contém um casal de camarões.



FIGURA 3.8. Crustáceos movendo-se no fundo do mar

Nota: Na imagem superior esquerda está um camarão colorido com olhos espetaculares; na imagem superior direita, um caranguejo *Anomura* esconde-se debaixo de uma colônia de corais. Na imagem inferior direita, caranguejos eremitas minúsculos (nas suas conchas de gastrópodes igualmente minúsculas) deslocam-se ao longo de um velho chicote do mar coberto por tubos de poliquetas.



FIGURA 3.9. Vermes-de-cerdas (Polychaeta) com formas e tamanhos diferentes

Nota: Foram observados dois poliquetas tubulares muito diferentes: o branco e fino *Salmasina* sp. (imagem esquerda), e um verme espanador da família Sabellidae (imagem direita). Os vermes espanador têm uma grande coroa de tentáculos em forma de leque ou espiral e uma tampa chamada “opérculo” que serve para fechar o tubo – na imagem pode-se observar o seu disco redondo.



FIGURA 3.10. Equinodermes descobertos a vaguear nas rochas

Nota: Os ouriços do mar *Stereocidaris* sp. pertencem à família Cidaridae, possuem espinhos enormes, como é evidente na imagem superior esquerda. A maioria das espécies ocorre no mar profundo. *Coelopleurus* sp. é um ouriço do mar com espinhos extraordinariamente longos e pontiagudos decorados com faixas vermelhas e verdes (imagem inferior esquerda). A sua boca encontra-se na face ventral e alimenta-se na superfície da rocha sobre a qual rasteja. Na imagem direita está uma estrela do mar da espécie *Brisingaster* sp., que pertence à família Brisingidae. Esta captura partículas de comida usando os seus braços, antes de as passar para a boca que se encontra no lado ventral do corpo.



FIGURA 3.11. Exemplos de peixes observados no fundo do mar

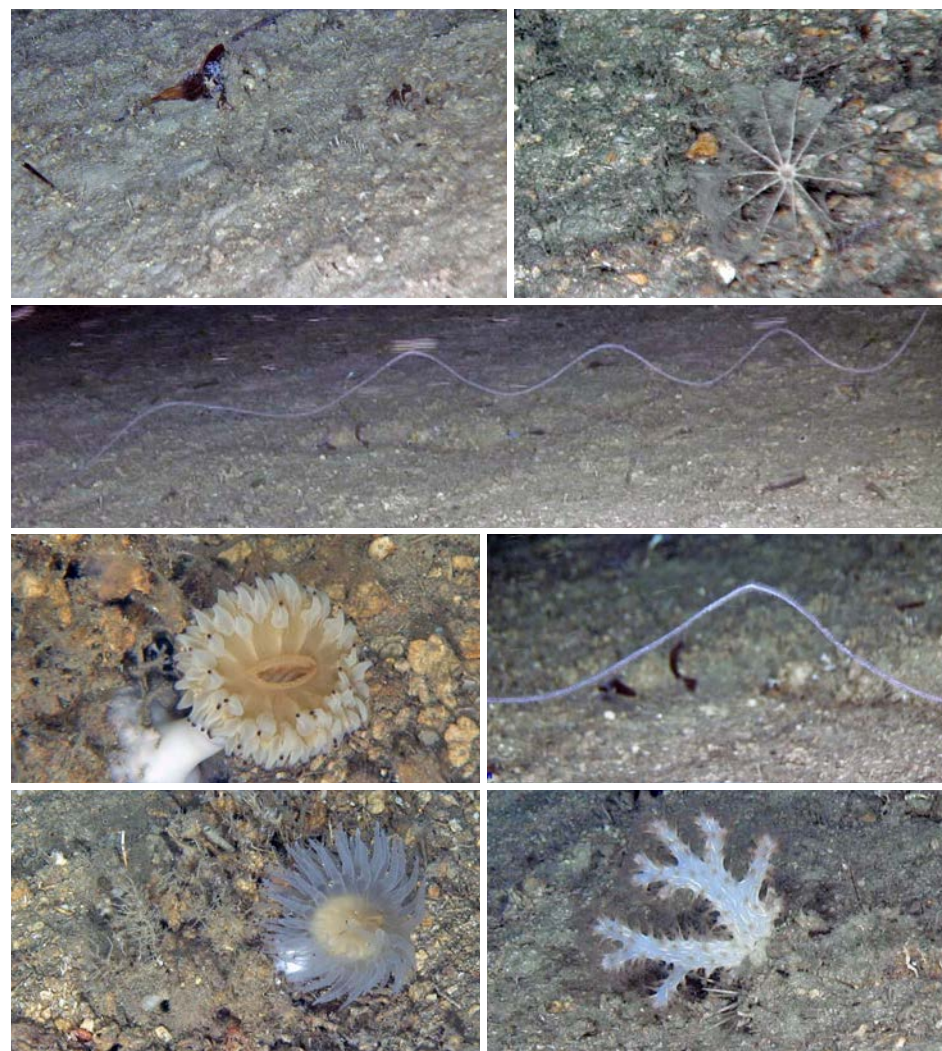


FIGURA 3.12. O talude continental a 230 m de profundidade, na estação PEM 5

Nota: No talude da plataforma continental a 230 m de profundidade, a diversidade é substancialmente menor. Inesperadamente, foram encontrados alguns detritos de algas castanhas (kelp), como se pode observar na imagem superior esquerda. Na imagem superior direita, um poliqueta está a decorar o seu tubo: uma coroa de tentáculos longos rodeiam a abertura do tubo. Nesta zona encontram-se apenas alguns corais. Na imagem central está um coral negro extremamente longo e espiralado, um chicote do mar (> 1 m), enquanto na imagem inferior esquerda vemos dois corais duros solitários. Na imagem inferior direita está um coral mole pertencente ao género *Dendronephthya*.



FIGURA 3.13. Crustáceos e um choco no fundo do mar

Nota: Foram encontrados alguns crustáceos e um choco: a imagem superior mostra um belo camarão listrado. Na imagem central: um pequeno caranguejo luta para capturar um isópode redondo no meio da corrente intensa, enquanto que vários caranguejos *Anomura* podem também ser vistos nas proximidades. Na imagem inferior, um choco (*Sepia* sp.) adormecido descansa no fundo do mar.



FIGURA 3.14. Dentro da área protegida do “Parque Nacional das Quirimbas” na estação PEM 7, a 300 m de profundidade

Nota: O fundo mole revelou numerosos buracos de tocas. As tocas maiores são feitas pelo lagostimcomum *Metanephrops* sp. (família Nephropidae), como se pode observar na imagem superior esquerda, embora os camarões também fossem comuns. Na imagem central esquerda um coralcaneadomar vermelho, também faz parte desta comunidade de megafauna escavadora e coraiscanetasdomar. Outros organismos observados foram uma estreladomar, na imagem inferior esquerda, e uma anémonadetubo que também escava o substrato (*Ceriantharia*), na imagem inferior direita.



Zona de profundidades intermédias (300–1 000 metros): Descendo o talude continental até ao Batial

Vários canhões submarinos cortam o talude continental inferior de Cabo Delgado. Abaixo de 500 m de profundidade, a água tem baixo teor de oxigénio e pertence à massa de água do Mar Vermelho (Figura 4.0). Os canhões ou desfiladeiros submarinos são a principal rota de transporte de matéria orgânica da plataforma continental para a planície do mar profundo (Caixa 4). Nos canhões submarinos, a biodiversidade é muito mais limitada do que na zona de alta produtividade da plataforma: o sedimento mole alberga poucos organismos grandes e visíveis, e a maioria das espécies está presa aos rochedos ou vive na sua superfície.

Na parte superior do Canhão de Pemba, a 450 m de profundidade, a temperatura diminuiu para 10 °C, e na estação PEM 3 o fundo do mar estava coberto de lama arenosa. Os detritos vegetais das ervas marinhas que crescem perto da costa concentram-se geralmente nos desfiladeiros submarinos e podem constituir uma fonte útil de alimento para muitos organismos. Observámos gastrópodes aproveitando o banquete proporcionado por este recurso a uma profundidade onde a disponibilidade de comida é em geral limitada. Alguns ouriços do mar notáveis, pertencentes ao género *Phormosoma*, que possuem tentáculos em forma de balão, são comuns nesta zona, juntamente com o belo coral caneta do mar *Umbellula* (Figura 4.1).

Na estação RUN 2, o objetivo inicial era estudar uma cabeça de poço destinado à exploração de gás a 511 m de profundidade no talude continental da Ilha Rongui. Infelizmente, não conseguimos encontrar o poço. A esta profundidade, a temperatura tinha descido para 9,7 °C. No fundo do mar arenoso e coberto de lama, encontramos ocasionalmente rochedos e rochas (Figura 4.2). De um modo geral, a biodiversidade manteve-se baixa e a maioria dos organismos observados encontravam-se sobre as rochas ou perto destas. No sedimento mole, os camarões, as canetas do mar e os ouriços do mar dominaram a comunidade bentónica (Figura 4.3 e Figura 4.4). Apesar de a maioria das espécies ter sido encontrada em rochedos que também abrigavam corais e esponjas, com sua fauna associada (Figura 4.5 e Figura 4.6), peixes e camarões também foram encontrados frequentemente no sedimento mole (Figura 4.7 e Figura 4.8).

Na região de Palma, fora da Baía de Tungue, realizámos um mergulho com o ROV no talude continental, estação TUN 3, a 750 m de profundidade. Neste ponto a temperatura tinha descido para 7,4 °C. Tal como no mergulho anterior, o sedimento era composto por lama arenosa com ocasionais rochedos. Nos rochedos encontramos uma rica comunidade de profundidade com grandes camarões, canetas do mar, esponjas de vidro e várias espécies de peixes (Figura 4.9). A grande gamba nylon lisa de profundidade *Heterocarpus laevigatus* foi observada nas rochas juntamente com gorgónias e anémonas. No mar profundo podem observar-se adaptações muito interessantes à escuridão e à baixa disponibilidade de alimentos; um exemplo impressionante disso é o peixe tripé abissal *Bathypterois longifilis* (Figura 4.10). Várias espécies de corais estavam presentes a esta profundidade, incluindo gorgónias, chicotes do mar, canetas do mar e corais duros solitários. Estes muitas vezes abrigam uma rica fauna associada, dominada por crustáceos (Figura 4.11 e Figura 4.12). Esponjas de vidro são comuns no mar profundo, juntamente com algumas anémonas (Figura 4.13).

Ao largo da Ilha Rongui, no talude continental inferior, efectuámos outro mergulho na estação RUN 1 visando outra cabeça de poço. Neste caso, conseguimos aterrar o ROV na proximidade do poço (Figura 4.14) graças a um bom equipamento de localização e informações detalhadas da indústria. Aqui, a profundidade era de 751 m e a temperatura de 7,7 °C, semelhantes ao mergulho anterior. Observámos linhas onduladas no sedimento, que indicam a presença de fortes correntes de fundo (Figura 4.15). O sedimento aqui era parcialmente artificial, na medida em que era constituído por resíduos de perfuração, em adição a áreas cobertas com o que pareciam ser tapetes bacterianos. Observámos corais que abrigavam crustáceos (Figura 4.16). O ouriço do mar *Phormosoma bursarium*, que parece carregar um balão, estava presente, juntamente com ofiúros e anémonas (Figura 4.17). As canetas do mar também eram comuns a estas profundidades (Figura 4.18), assim como os camarões (Figura 4.19). Um interessante caranguejo decorador foi observado no tapete bacteriano (Figura 4.20): a sua cor branca indica que ele se alimenta das bactérias no tapete, passando-se o mesmo com os gastrópodes.

CAIXA 4 - "Canhões submarinos"

Uma depressão batimétrica na plataforma continental, abrupta e relativamente estreita. Análogamente aos desfiladeiros em terra, estes são frequentemente formados pela erosão da plataforma continental, erosão esta que por vezes ocorreu acima da superfície do mar, quando o nível das águas era mais baixo, e depois foram submersos pela subida do nível do mar. Os desfiladeiros ou canhões submarinos fazem a ligação entre a produtiva plataforma continental e a planície abissal; eles também são um habitat especial para peixes fósseis vivos, como o icónico Celacanto.

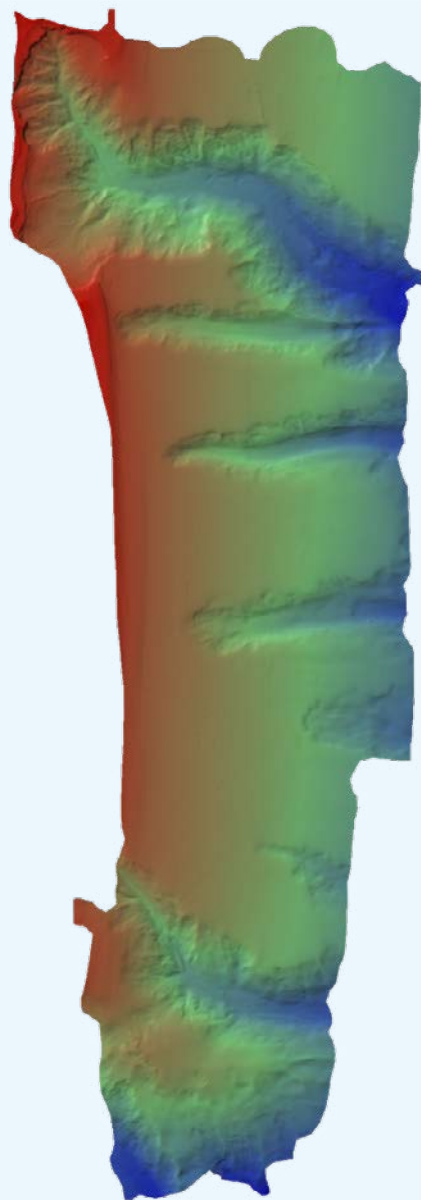


FIGURA 4.0. O talude continental de Cabo Delgado é recortado por vários canhões

Nota: Este mapa batimétrico foi produzido a partir de dados recolhidos no antigo cruzeiro R/V *Dr. Fridtjof Nansen* em Moçambique em 2007. Foi publicado pela primeira vez no relatório deste cruzeiro.



FIGURA 4.1. O coral caneta do mar *Umbellula* sp. e um ouriço do mar *Phormosoma* sp. no Canhão de Pemba

Nota: O coral caneta do mar *Umbellula* sp. (imagem superior esquerda) que, juntamente com o ouriço do mar *Phormosoma* sp. (imagem central), fazem parte desta comunidade do mar profundo. Aqui, pode-se ver um peixe demersal e gastrópodos alimentando-se de restos de plantas (imagem inferior direita).



FIGURA 4.2. Na estação RUN 2 no talude continental da Ilha Rongui a 511 m de profundidade

Nota: O sedimento é principalmente lama arenosa com poucos organismos visíveis, no entanto, as tocas visíveis indicam a presença de organismos escavadores (imagem superior).

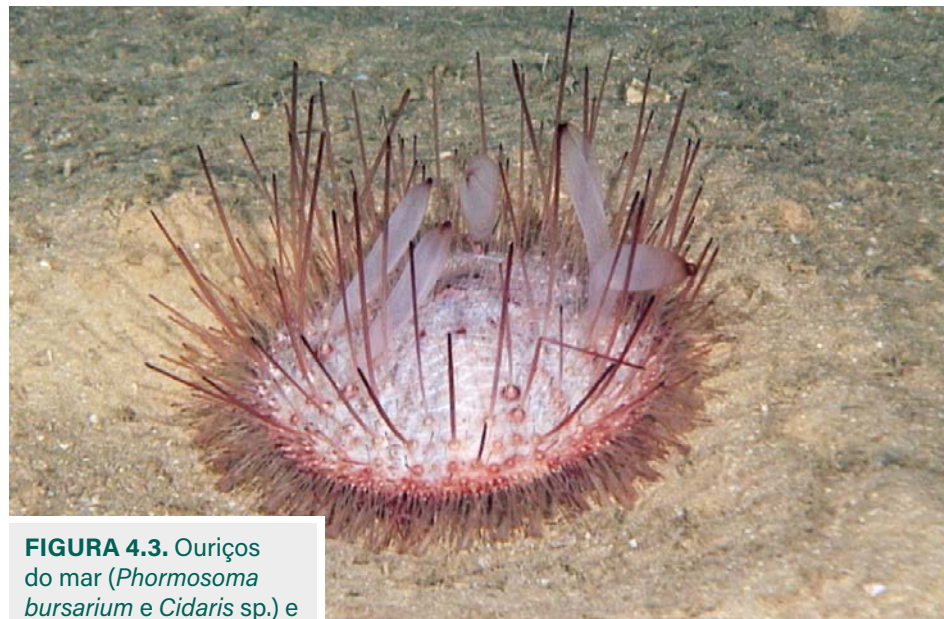


FIGURA 4.3. Ouriços do mar (*Phormosoma bursarium* e *Cidaris* sp.) e uma estrela do mar

Nota: No sedimento mole encontrámos um notável ouriço do mar *Phormosoma bursarium*, que possui tentáculos semelhantes a balões entre os seus espinhos normais, finos e com forma de agulha. O ouriço do mar *Cidaris* sp., por outro lado, tem espinhos extremamente grossos. Aqui, encontrámos também uma estrela do mar rastejando nos seus muitos pés ambulacrários. Os pés ambulacrários são pequenas projeções tubulares ativas na face oral de um equinoderme (o lado em contato com o sedimento). Seja uma estrela do mar, um ouriço do mar ou um pepino do mar, todos estes organismos usam pés ambulacrários para caminhar ou para se agarrar às superfícies.

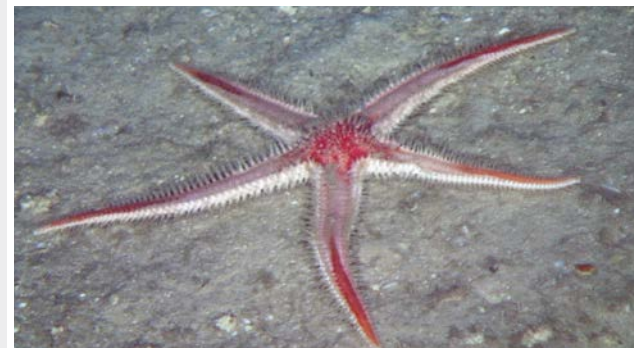




FIGURA 4.4. O coral caneta do mar *Chunella* sp. e o *Echinoptilum echinatum* em forma de língua na estação **RUN 2**, situada no mar profundo

Nota: Most corals attach to a hard substratum, but sea pens (which are octocorals) live on the soft bottom where they anchor their colony with a fleshy foot. On top left, the elegant sea pen *Chunella* sp., on the top right, the tongue-shaped *Echinoptilum echinatum*, and an anemone.



FIGURA 4.5. Os corais e as esponjas nos rochedos fornecem abrigo para muitas espécies associadas

Nota: On the left, a large bushy colony of the black coral *Antipathes* sp., which is densely populated with white-stalked barnacles and small squat lobsters. Below this colony is a solitary hard coral with red tentacles, a white sponge to the right, and a primnoid coral behind. On the right, the black coral *Bathypathes* sp. looks like a large white feather and a little squat lobster is climbing between the branches.



FIGURA 4.6. Uma colónia branca do coral primnoide *Narella* sp.

Nota: Na parte superior da colónia observa-se um lírio do mar amarelo (um equinoderme pertencente à classe Crinoidea) que se encontra numa boa posição para capturar as partículas de alimento que passam com as correntes. Debaxo da colónia está um peixe que usa a rocha como esconderijo.



FIGURA 4.7. O peixe colorido *Chlorophthalmus* sp. e, ao lado de uma rocha, uma grande abrótea (família Ophidiidae) no fundo do mar



FIGURA 4.8. Duas espetaculares gambas de profundidade no sedimento

Nota: Na imagem superior: uma gamba dourada colorida com olhos grandes e pernas muito longas e finas cf. *Plesionika* sp. Na imagem inferior: a robusta gamba rosada *Aristeus antennatus* com longas antenas.

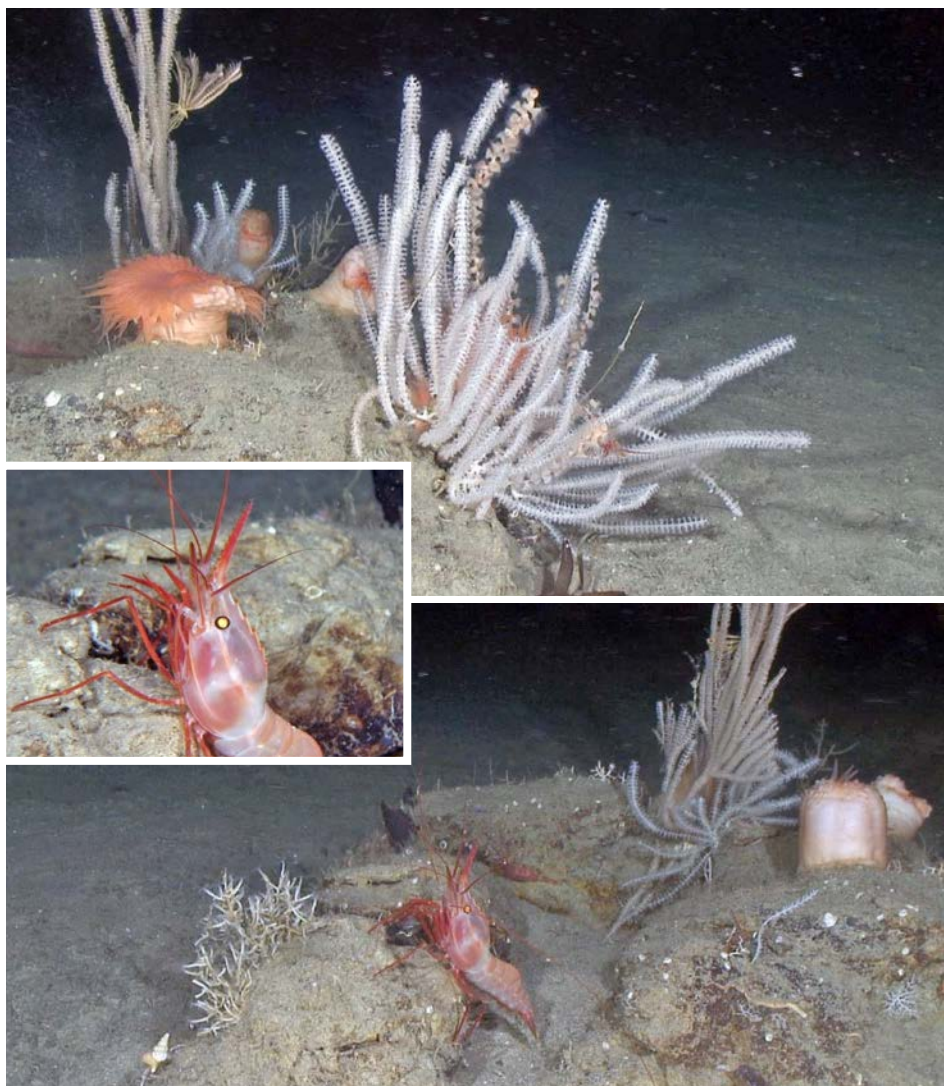


FIGURA 4.9. Vida exuberante no substrato rochoso da estação TUN 3 ao largo de Palma, a 750 m de profundidade

Nota: Na imagem superior, as grandes anêmonas cor de rosa e as colônias do octocoral *Narella* sp. têm uma posição estável na rocha de onde podem capturar alimento da corrente que passa. Numa rocha, a grande gamba nylon lisa *Heterocarpus laevigatus* está em posição de pose. Nesta rocha também se abrigam alguns vermes de cerdas brancos (Polychaeta) e um minúsculo caranguejo eremita.



FIGURA 4.10. Espécies de águas profundas observadas na estação TUN 3

Nota: Na imagem superior, o safo mole *Coloconger scholesi*, uma espécie frequente. Na imagem central: um pequeno peixe chato, *Cynoglossus* sp. que tenta mimetizar as cores do fundo. Na imagem inferior: o espetacular peixe tripé abissal *Bathypterois longifilis*, com as suas barbatanas extremamente longas em forma de chifre esticadas na parte anterior. Este peixe alimenta-se de pequenos crustáceos e lulas que provavelmente consegue identificar com as suas longas antenas.

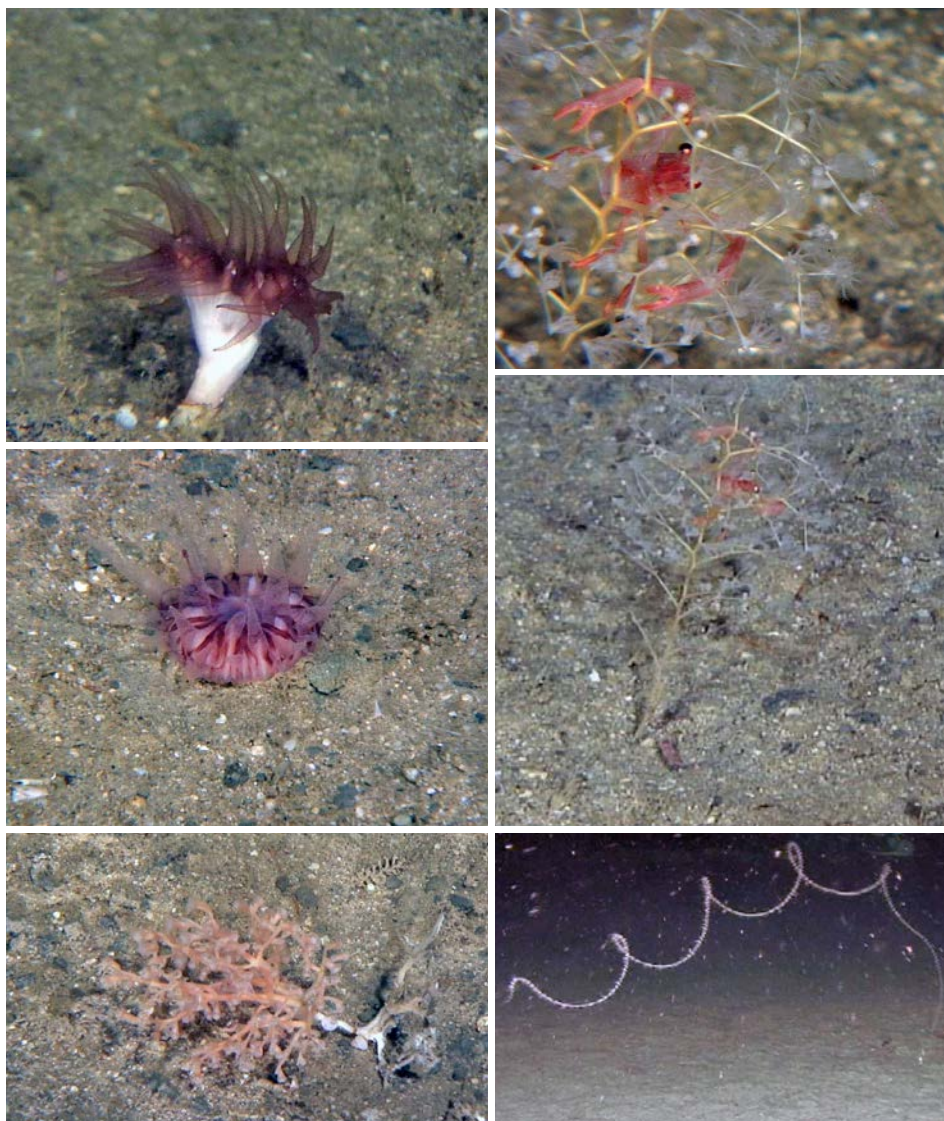


FIGURA 4.11. Diferentes espécies de corais na estação TUN 3

Nota: Nas imagens superior e central esquerdas: duas espécies diferentes de corais duros solitários. Na imagem abaixo das anteriores: uma colônia de octocoral inclinada; comparar com *Acanella* sp. Na imagem superior direita: uma pequena colônia de corais *Crysogorgia* sp., com uma lagosta trepando entre os seus ramos. Imagem inferior direita: um coral negro chicote do mar espiralado com mais de 1 m de comprimento.



FIGURA 4.12. Três corais canetas do mar encontradas frequentemente na estação do mar profundo TUN 3

Nota: Três espécies de canetas do mar foram encontradas frequentemente na estação de águas profundas TUN 3. Na imagem esquerda, a carnuda *Kophobelemnon* sp., e na imagem inferior, a delicada *Umbellula* sp. Na imagem superior direita: uma *Pennatula* sp.

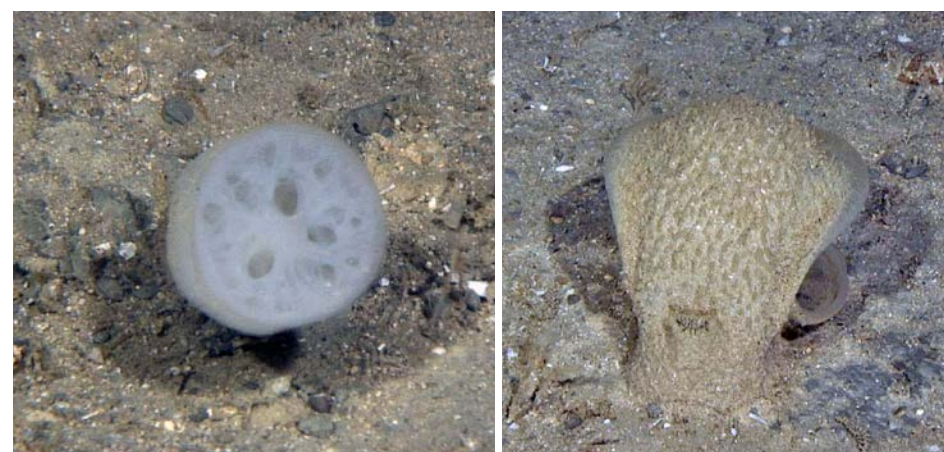


FIGURA 4.13. As esponjas de vidro *Hyalonema* sp. e uma anêmona não identificada

Nota: As esponjas de vidro são as esponjas mais comuns nas águas profundas. Na imagem superior: a esponja pedunculada *Hyalonema* sp., e na imagem inferior: uma anêmona não identificada (comparar com *Actinoscyphia aurelia*, i.e., a “armadilha da mosca”).

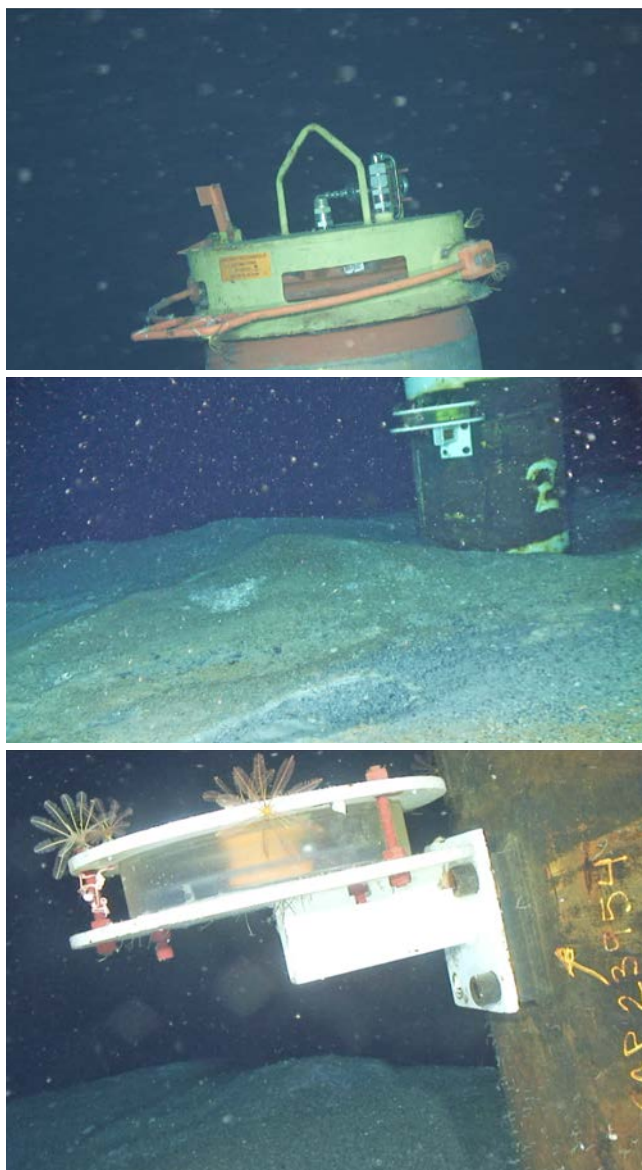


FIGURA 4.14. Uma cabeça de poço na estação RUN 1

Nota: Vários lírios do mar (crinóides) usam o poço como fixação – substratos duros não são comuns neste ambiente, pelo que atraem sempre os moradores dos fundos marinhos.

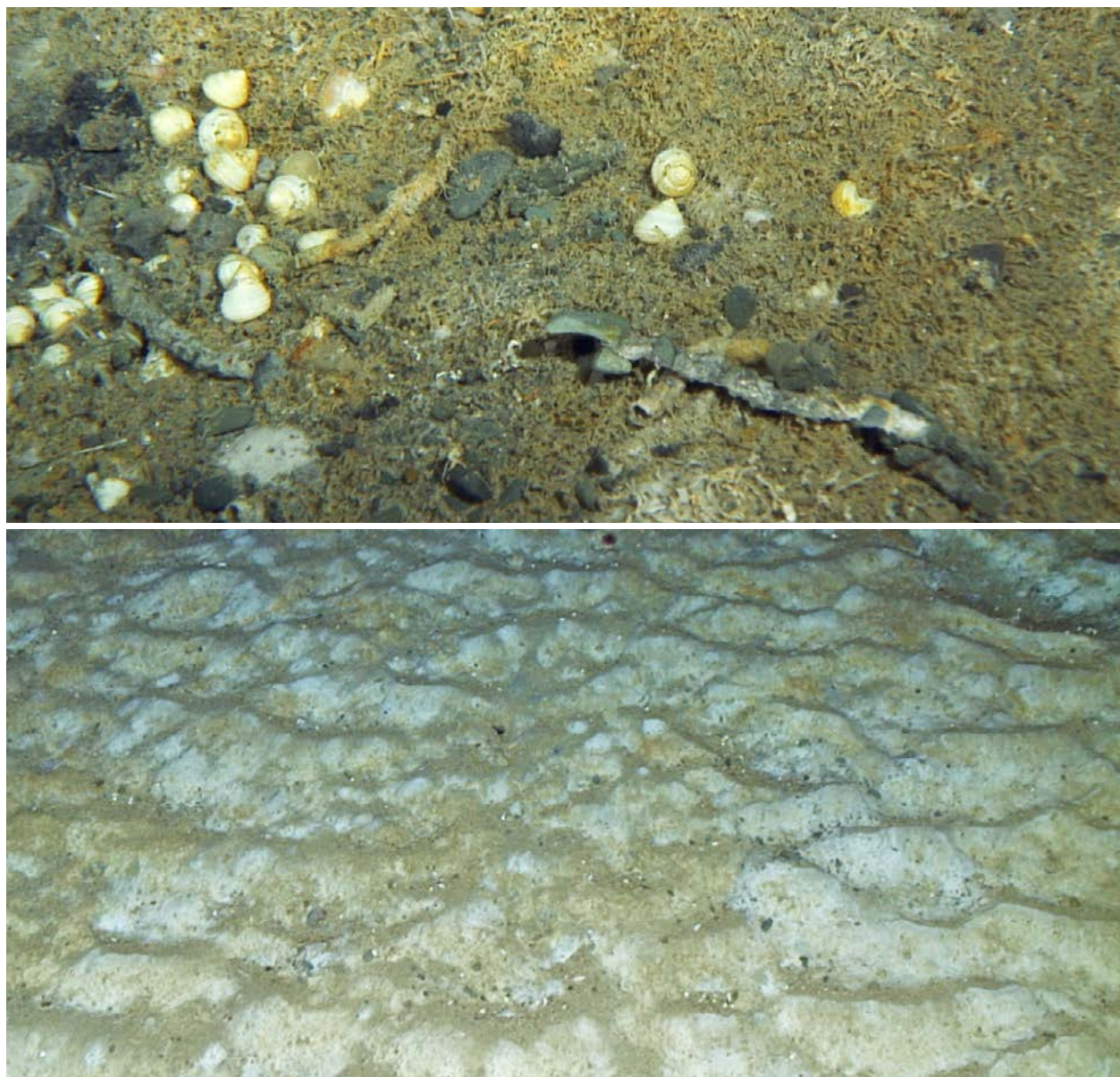


FIGURE 4.15. Fundo ondulado na estação RUN 1

Nota: As linhas onduladas na superfície do sedimento do fundo indicam a presença de correntes fortes, enquanto as áreas com resíduos de perfuração estão cobertas por tapetes bacterianos que servem de alimento para pequenos gastrópodes brancos.

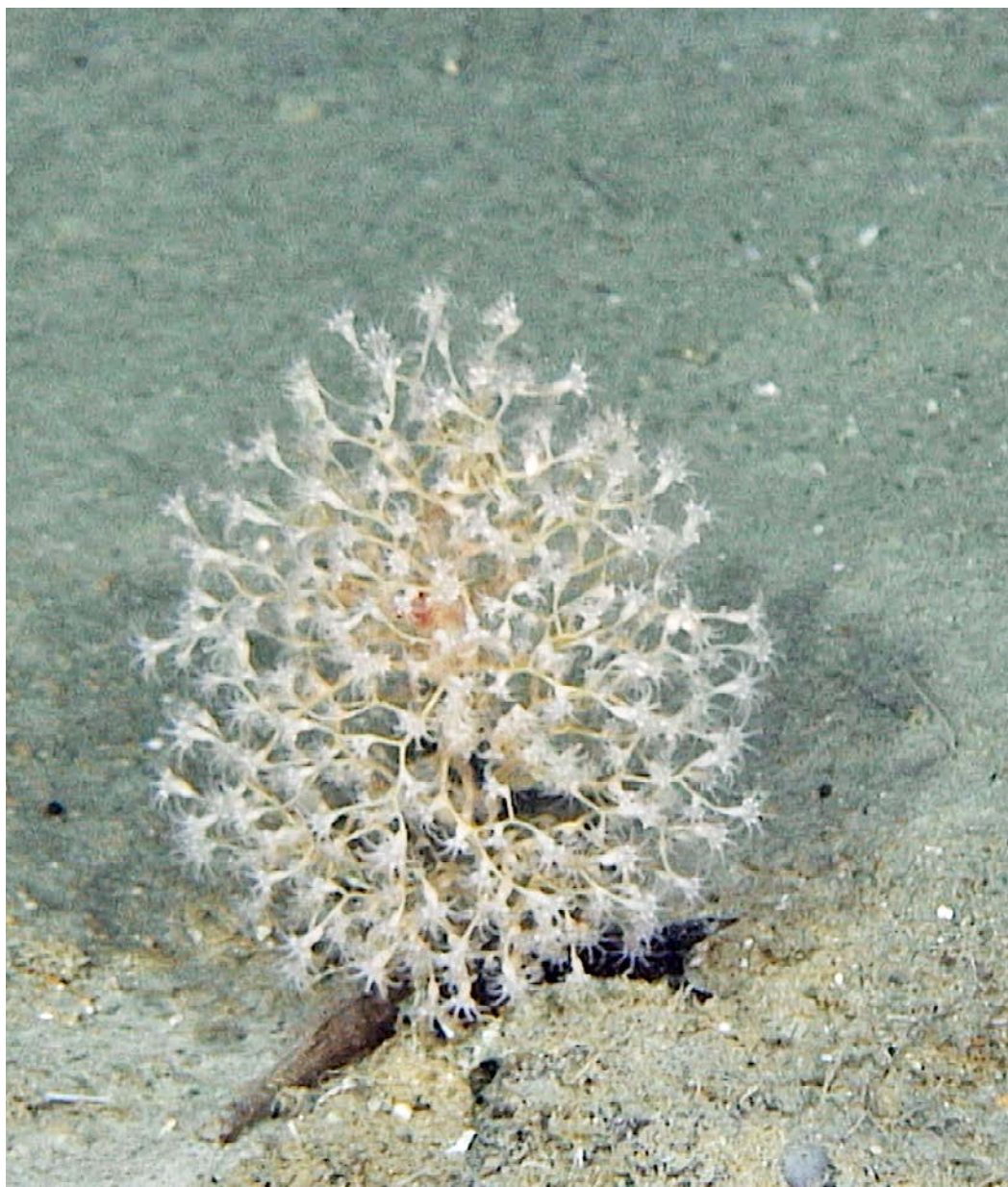


FIGURA 4.16. Uma delicada colónia de *Crysogorgia* sp., hospedando um minúsculo lagostim nos seus ramos

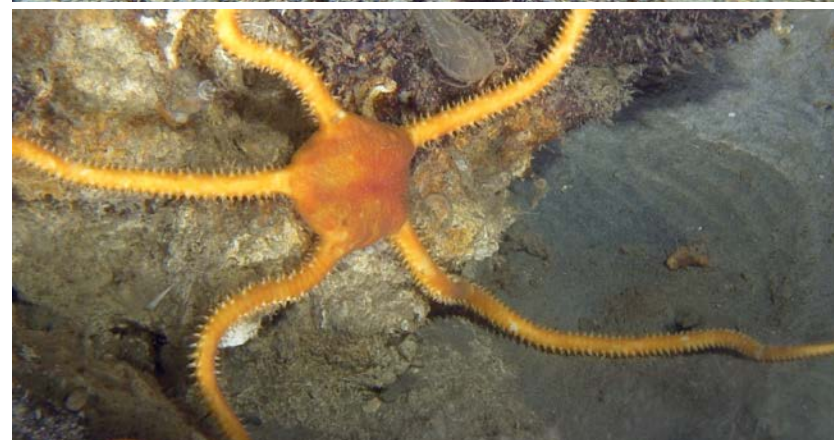


FIGURA 4.17. O ouriço do mar *Phormosoma bursarium*

Nota: O surpreendente ouriço do mar (*Phormosoma bursarium*) com os seus tentáculos em forma de balão e um enorme ofiúro cor de laranja rastejando sobre uma rocha. Na imagem inferior: uma anémone do mar (ceriantídeo) capturando comida com os seus longos tentáculos.



FIGURA 4.18. As espécies de corais canetas do-mar *Pennatula* sp., *Virgularia* sp. e *Chunella* sp.

Nota: Neste ponto da expedição, apenas algumas espécies de canetas do mar tinham sido catalogadas, mas nesta região do mar profundo encontrámos mais algumas espécies. Na imagem superior: uma *Pennatula* sp. vermelha. Na imagem central: a mais delicada *Virgularia* sp. – observe a capacidade deste organismo de se afundar no sedimento, característica comum a muitas canetas do mar. Na imagem inferior: o que parece ser o muito elegante coral caneta do mar *Chunella* sp.

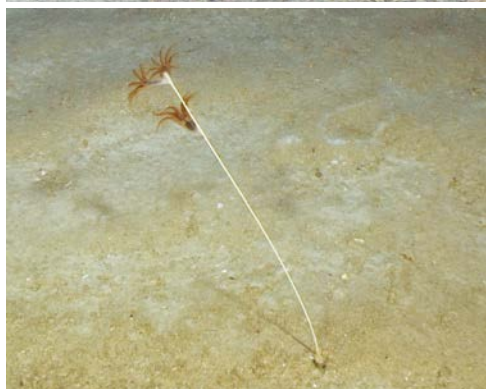


FIGURA 4.19. A gamba vermelha e a gamba nylon lisa *Heterocarpus laevis*

Nota: No mar profundo, em geral, são avistadas sempre as mesmas poucas espécies de gambas. Na imagem superior: a gamba vermelha. Na imagem inferior: a gamba nylon lisa *Heterocarpus laevis* em posição de pose sobre uma rocha com seu longo rostro vermelho protuberante na sua carapaça.



FIGURA 4.20. Um caranguejo branco no tapete bacteriano

Nota: Nos tapetes bacterianos, um caranguejo decorador (caranguejo aranha) branco transporta um grande pedaço de restos de plantas para disfarce e protecção. Na imagem inferior: uma colónia ramificada de briozoários ou hidróides com um caranguejo eremita e um misídeo trepando nos seus ramos.



FIGURA 4.21. A quimera *Chimaera* sp. e a abrótea *Ophidion* sp.

Nota: No mar profundo, os peixes costumam ter olhos grandes, o que lhes permite usar a pouca luz disponível. Na imagem superior: a *Chimaera* sp. com barbatanas em forma de asa; os seus nomes comuns são quimeras, peixes rato, ratazanas ou mais raramente peixes coelho. Na zona inferior pode se observar uma enguia não identificada. Na imagem inferior: Uma espécie de peixe que encontrámos em diversas ocasiões, a abrótea *Ophidion* sp.





Mar profundo (1 000–2 000 metros): O canal de Moçambique profundo, frio e escuro

O mar profundo é um habitat que existe em todo o mundo com condições muito estáveis, caracterizado por temperaturas baixas, produção baixa, escassez de alimentos, ausência de luz e altas pressões resultantes das vastas massas de água por cima. Nas profundidades entre 1 000 e 2 000 m, estamos na zona de transição entre o “Batial” e a “Planície Abissal” que se encontra no andar inferior (**Caixa 5**). O talude continental desce até mais de 2 000 m de profundidade, enquanto a temperatura desce para valores inferiores a 3 °C a profundidades de cerca de 1 900 m. Aqui, a água é particularmente fria devido à influência das massas de água do Antártico, que são transportadas para norte com a Subcorrente de Moçambique (ver **Capítulo 1, Figura 1.4**).

No mar profundo, a principal fonte de alimento tem origem na precipitação da matéria orgânica morta que resulta da produção na coluna de água nos estratos superiores do oceano. A luz é praticamente inexistente no oceano profundo e, sem a luz solar, o processo através do qual as plantas produzem alimentos (fotossíntese), torna-se impossível. Acresce ainda que, a maior parte da matéria orgânica produzida nas águas superficiais se decompõe antes de chegar ao fundo do mar nas grandes profundidades. Isto contribui ainda mais para uma escassez geral de alimento e, conseqüentemente, para uma menor densidade global de organismos. As comunidades quimiossintéticas – organismos que utilizam como fonte de energia a oxidação de compostos inorgânicos, tais como hidrogénio gasoso e sulfureto de hidrogénio, ou iões ferrosos, que ocorrem nas proximidades de fontes hidrotermais e emanações frias – são uma exceção, pois não dependem da fotossíntese como fonte primária de alimento.

Muitas das espécies de águas profundas estão presentes em todo o mundo, em virtude da ampla distribuição geográfica desse ambiente estável e uniforme. As adaptações típicas são: olhos grandes devido às condições de pouca luz; pernas ou barbatanas longas semelhantes a andas, para evitar afundarem-se no sedimento mole e saturado de água; e corpos com dimensões relativamente grandes e de crescimento lento, como resultado de viver num ambiente estável e frio, com pouca comida. Estas espécies são também capazes de suportar pressões extremas. A pressão da água aumenta 1 atm (atmosfera, equivalente a 10 332 kg/m²) a cada 10 m. A 100 m de profundidade, a pressão é de 10 atm (~ 100 000 kg/m²), enquanto a 1 000 m a pressão aumenta para 1 milhão kg/m². Nestas condições ambientais, a maioria dos organismos com espaços corporais preenchidos com gás seriam esmagados pela pressão.

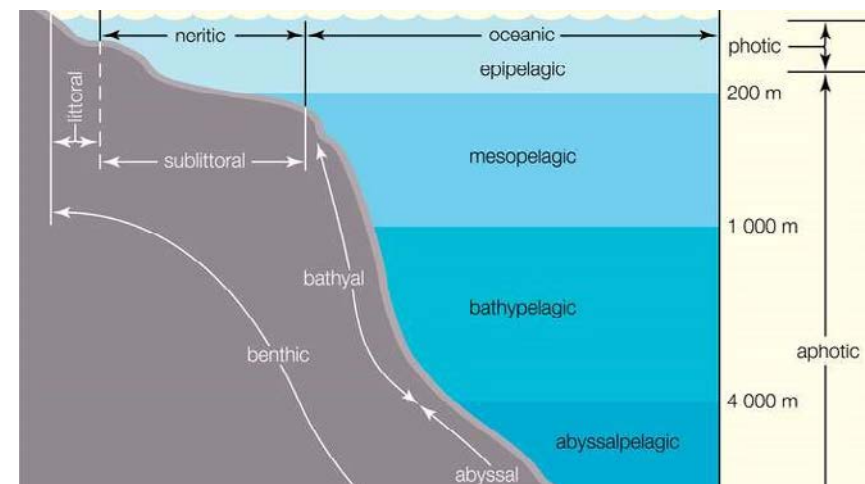
CAIXA 5 – Zonas de profundidade do mar profundo

Zona batial: estende-se desde o limite inferior da plataforma continental até à profundidade em que a temperatura da água é de 4 °C (39 °F). Ambos os limites são variáveis, mas a **zona batial** é geralmente descrita como situada entre 200 e 2 000 m (660 e 6 600 pés) abaixo da superfície.

Zona abissal: a porção do oceano mais profunda do que cerca de 2 000 m (6 600 pés) e menos profunda do que cerca de 6 000 m (20 000 pés). A zona é definida principalmente pelas suas condições ambientais extremamente uniformes, que se reflectem nas diversas formas de vida que a habitam. O limite entre a zona batial e a zona abissal é convenientemente definido como a profundidade na qual a temperatura da água é de 4 °C (39 °F). Essa profundidade varia entre 1 000 m e 3 000 m.

Águas mais profundas do que 6 000 m são tratadas separadamente, pelos ecologistas, como o **reino hadal**.

FIGURA 5.0 – Zonas de profundidade do mar profundo



No mar profundo, o número de taxa observados é menos do que 75% do observado na riquíssima fauna dos recifes de corais tropicais situados nos 50 m superiores. Restos de algas marinhas podem ocasionalmente ser transportados pelas correntes para maiores profundidades. Quando os canhões submarinos cortam o talude continental, estes constituem importantes rotas de transporte da matéria orgânica, incluindo detritos vegetais, que são transportados do ambiente produtivo da plataforma continental para o mar profundo. No Norte de Moçambique, o sistema de canhões submarinos constitui uma importante fonte de matéria orgânica sedimentar, com nutrientes da costa e da plataforma continental que são possivelmente de origem terrígena.

Os canhões submarinos do mar profundo são vales de encostas íngremes cortados no fundo do mar do talude continental (ver **Capítulo 4, Caixa 4**). Estes canhões submarinos variam em tamanhos, formas e complexidade morfológica. Eles representam um elo importante entre a plataforma e o mar profundo. Assim como os canhões acima do nível do mar servem como canais para o fluxo de água através da terra, os canhões submarinos servem como canais para o fluxo de águas densas e repletas de sedimentos. Essas “correntes de turbidez” descem o talude a grande velocidade e, finalmente, depositam sedimentos na planície abissal.

Habitats do mar profundo e os seus habitantes

Na estação **PEM 6** o mergulho foi realizado no Canhão de Pemba a 1 085 m de profundidade. Revelou um sedimento mole e uma temperatura de 4,9 °C. Os organismos mais comuns aqui foram os ouriços do mar (Echinoidea) e os caranguejos eremitas (Paguridae) – organismos preponderantemente necrófagos, que vivem de matéria orgânica morta. Também encontramos algum lixo (**Figura 5.1**).

Na estação **TUN 4** a profundidade era de 1 004 m e a temperatura ambiente era de 6,5 °C. No sedimento mole, os poucos organismos maiores eram canetas do mar, anémonas, holotúrias, ouriços do mar, caranguejos-eremitas e esponjas de vidro, juntamente com peixes e crustáceos. Nas amplas áreas de sedimento mole, as poucas rochas existentes ofereciam um lar para organismos que precisavam de uma base sólida, tanto para fixação como se elevar acima do sedimento para evitarem ser soterrados (**Figura 5.2**). Estas rochas são *hotspots* de elevada diversidade no mar profundo e muitas vezes parecem oásis coloridos, cercados por um tapete interminável de sedimentos moles. Os lírios do mar e os corais

moles foram os principais organismos de maiores dimensões encontrados nessas rochas. As esponjas de vidro também são comuns no mar profundo (**Figura 5.3**), enquanto ouriços do mar e estrelas do mar rastejam no fundo do mar. Também encontramos uma grande estrela do mar atacando um coral (**Figura 5.4 e Figura 5.5**), bem como alguns notáveis peixes de profundidade (**Figura 5.6**).

A 1 275 m de profundidade, na estação **TUN 5**, a temperatura era ainda mais baixa (3,1 °C). Os poucos organismos de maiores dimensões que foram avistados eram anémonas e holoturóides (**Figura 5.7**), que se encontram entre os poucos grupos de organismos comuns nas águas do mar profundo, a nível global. Os Holothuroidea (pepinos do mar) têm um corpo alongado com uma boca numa das suas extremidades, muitas vezes cercada por muitos tentáculos. Eles são animais detritívoros – semelhantes, em muitos aspectos, às minhocas terrestres – que se movem no fundo do mar, alimentando-se de material que se depositou das águas superficiais.

No talude continental profundo, realizamos um mergulho na estação **LAZ 9**, até à profundidade de 1 750 m; a temperatura era de 3,1 °C. O fundo mole do mar era plano, com muito poucas espécies visíveis e grandes distâncias entre os organismos de maiores dimensões; dominavam espécies de pequenos crustáceos, enquanto os poucos organismos de maiores dimensões observados foram anémonas e gambas (**Figura 5.8 – Figura 5.10**).

A gamba nylon lisa *Heterocarpus laevigatus* pode ocorrer em profundidades de 350 m a 750 m, mas é mais comum entre 750 m e 1000 m. Embora não seja um alvo comercial em Moçambique, em meados da década de 1980, a espécie foi alvo de pesca experimental na região do Oceano Índico Ocidental (Seychelles, Ilhas Maurícias e Reunião).

Na estação **MET 4**, a uma profundidade de 880 m, apenas alguns organismos foram observados no sedimento mole. Aqui, a temperatura era de 3,1 °C e os organismos avistados de maior dimensão foram ouriços do mar, pepinos do mar, canetas do mar e peixes demersais.

Um local com uma cabeça de perfuração foi alvo de investigação na estação **MET 3**, a uma profundidade de 1 934 m (consulte também o **Capítulo 7**). Ao aterrar, perto da cabeça de perfuração, encontramos tapetes bacterianos brancos no topo do sedimento de lama macia. Este é um habitat onde a comunidade Siboglinidae (Polychaeta) ocorre frequentemente, a temperatura ambiente aqui era tão baixa quanto 2,6 °C (**Figura 5.11**). Neste local, uma fauna rica e única

associada às bactérias, prospera entre os finos tubos brancos dos poliquetas. Camarões vermelhos caminhavam entre os tubos e gastrópodes brancos subiam por eles. Outros habitantes incluíam vermes de escamas e caranguejos *Anomura* (Figura 5.12).

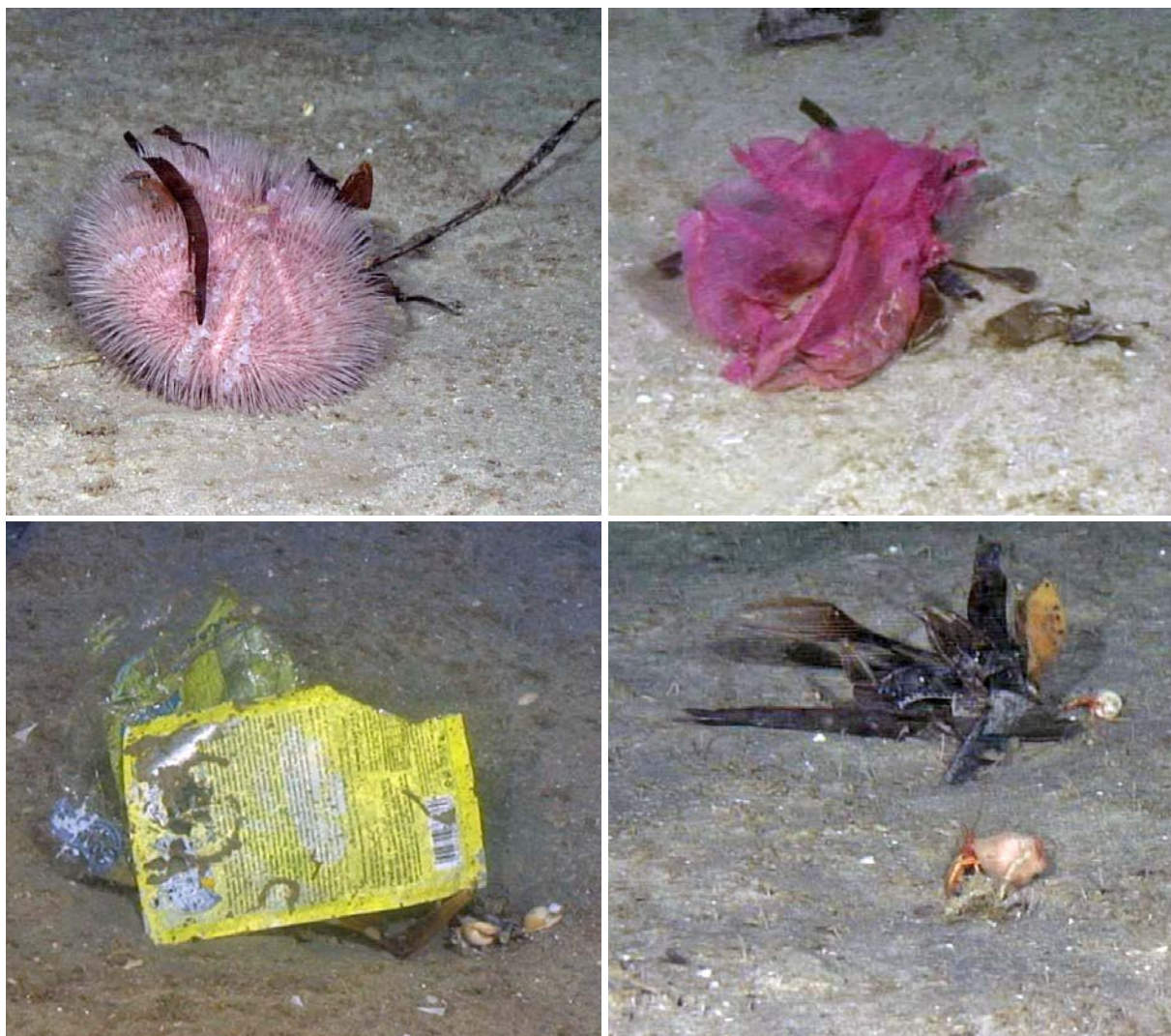


FIGURA 5.1. Canhões submarinos ao largo da costa de Moçambique

Nota: Ao largo da costa de Moçambique existem vários canhões: na estação PEM 6, o mergulho foi realizado no Canhão de Pemba a 1 085 m de profundidade. Os poucos organismos visíveis pertenciam aos grupos Echinoidea e Paguridae; foi também observado algum lixo.



FIGURA 5.2. Rochas coloridas na estação TUN 4

Nota: Na estação TUN 4 a 1 004 m de profundidade encontramos rochas que pareciam oásis coloridos, rodeadas por um tapete interminável de sedimentos moles. Aqui, três lírios do mar amarelos *Gliptometra* sp. (família Thalassometridae) apoiavam-se-se na superfície de uma rocha. Atrás, uma colónia do coral branco *Narella* sp. com alguns dos seus ramos cobertos por uma anémone colonial.



FIGURA 5.3. A esponja de vidro pedunculada *Hyalonema* sp.

Nota: A esponja de vidro pedunculada *Hyalonema* sp. é uma espécie comum no mar profundo; o seu pedúnculo fornece à esponja uma superfície firme e estável em comparação com os sedimentos moles circundantes, colonizados por uma anémone colonial (Epizoantidae).

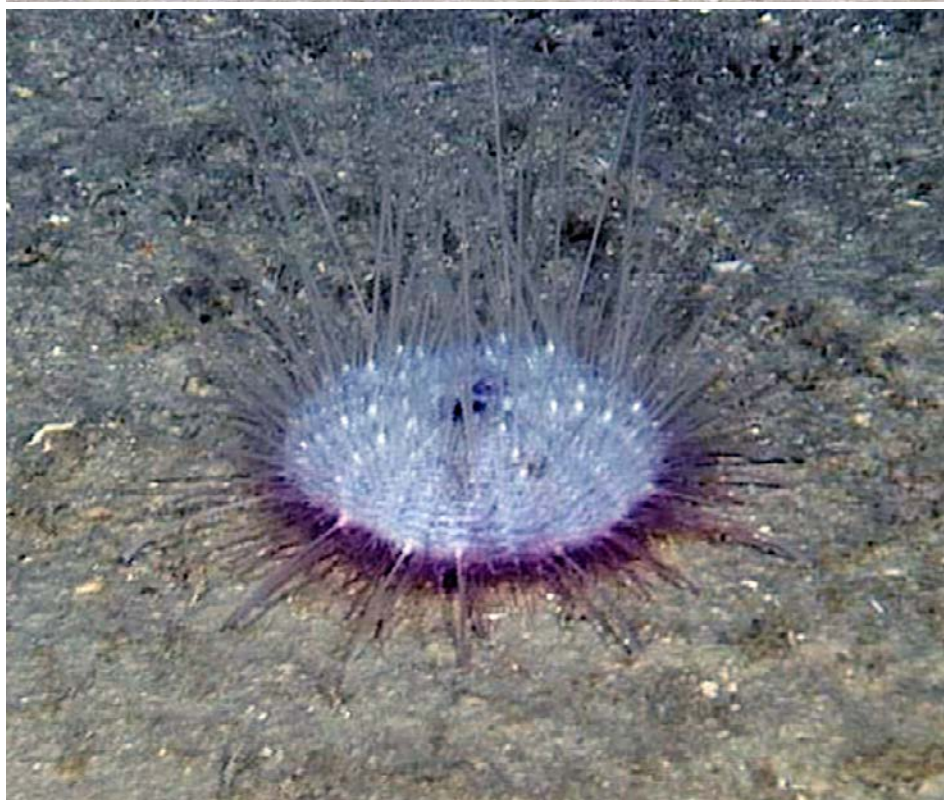


FIGURA 5.4. Um ouriço do mar do género *Phormosoma*

Nota: Os ouriços do mar são comuns nas águas profundas; novamente, encontramos um ouriço do mar pertencente ao género *Phormosoma*, que tem tentáculos semelhantes a balões.

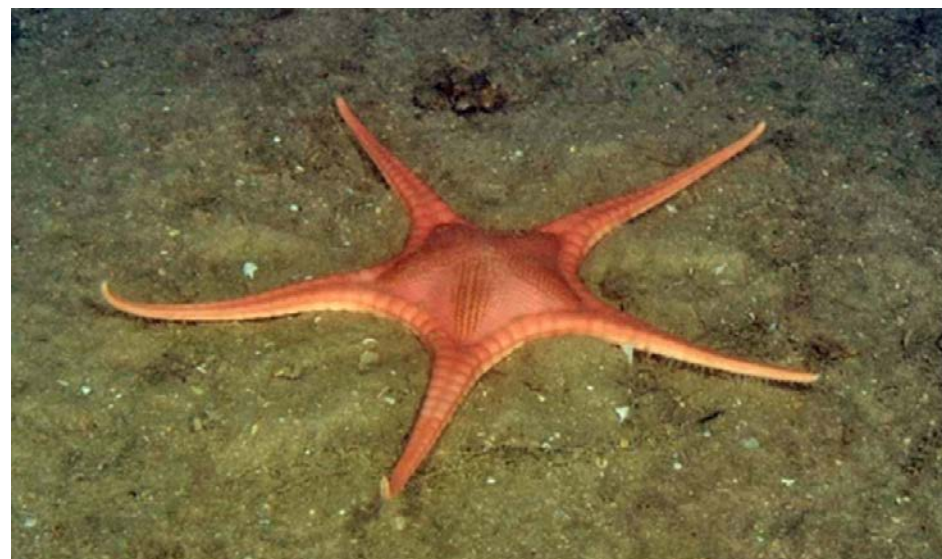


FIGURA 5.5. Uma estrela do mar atacando o coral-bambu *Acanella* sp. na estação TUN 4

Nota: Na imagem superior: uma linda estrela do mar vermelha nas águas profundas; Na imagem inferior: uma grande estrela do mar atacando um minúsculo coral bambu (*Acanella* sp.) a 1 004 m de profundidade. A colónia de coral abriga um pequeno lagostim (pode-se ver a sua pinça cor de rosa) que tenta defender o hospedeiro do predador.



FIGURA 5.6. Notáveis peixes de profundidade observados na estação TUN 4

Nota: Na imagem superior esquerda: um peixe lagarto em forma de enguia pertencente à família Halosauridae; Na imagem inferior: um peixe lagartixa do mar, também chamado rato do mar (Família Macrouridae). Na imagem direita: um peixe pertencente à família Bathyclupeidae que adota o peculiar hábito de se deslocar com a sua cabeça voltada para baixo.



FIGURA 5.7. Anêmonas e pepinos do mar na estação TUN 5, a 1 275 m de profundidade

Nota: As anêmonas (imagens superiores) e as holotúrias (imagens inferiores) encontravam-se entre os organismos de maior dimensão observados. Em geral, os pepinos do mar (Holothuroidea) são comuns em todo o mundo no mar profundo. Na imagem inferior esquerda: a holotúria *Bathyplores* sp. com as suas fezes (excrementos). Na imagem inferior direita: uma holotúria de águas profundas (*Kolga* sp.) carregando um poliqueta Polynoidae, que pode ter uma associação especial com este hospedeiro.



FIGURA 5.8. Caranguejos eremitas escondendo se dos predadores na concha de gastrópodes mortos

Nota: Os caranguejos eremitas são frequentemente vistos correndo às voltas na lama. Muitas vezes têm uma anêmona agarrada à sua concha. A anêmona pode ajudar a defender o caranguejo com seus tentáculos urticantes e beneficia dos restos da alimentação do caranguejo.



FIGURA 5.9. A grande gamba nylon lisa de profundidade *Heterocarpus laevigatus* na estação LAZ 9, a 1750 m de profundidade



FIGURA 5.10. Tocas e túneis no mar profundo

Nota: No mar profundo, as grandes tocas e túneis são muitas vezes o único sinal de vida marinha. As paredes das tocas feitas pelos organismos maiores costumam estar cheias de pequenos orifícios, que são as entradas para minúsculos túneis feitos por pequenos crustáceos.



FIGURA 5.11. Tapetes bacterianos brancos numa comunidade de Siboglinidae (Polychaeta) na estação MET 3, a 1 935 m de profundidade

Nota: Entre os tubos brancos dos poliquetas caminhavam camarões vermelhos e grandes gastrópodes brancos, trepavam nos seus tubos.



FIGURA 5.12. Bactérias na comunidade de poliquetas

Nota: Como parte da comunidade formada por poliquetas e bactérias, observámos um verme de escamas (imagem superior esquerda), um caranguejo *Anomura* branco (imagem inferior) e uma anêmona agarrada a um tubo de poliqueta (imagem superior direita).



Banco de S. Lázaro:

Do mar profundo aos corais tropicais pouco profundos no oceano aberto

O Banco de S. Lázaro é um monte submarino colossal situado na parte norte do Canal de Moçambique, a cerca de 70 milhas náuticas a leste da costa (Figura 6.1A). Este monte submarino tem quase 60 km² de topografia pouco profunda e possui características físicas e biológicas excepcionais, o que o torna num *hotspot* de biodiversidade e um paraíso para a pesca desportiva (Figura 6.1B). A forte corrente que flui para o sul cria vórtices na superfície, e traz os nutrientes das profundezas para a superfície. Isto faz com que o Banco de S. Lázaro abrigue uma grande variedade de espécies pelágicas, incluindo as grandes cavala-gigante, os atúns bonito dente de cão e albacora, bem

CAIXA 6 - Montes submarinos

Um monte submarino é definido como um grande relevo geológico que se eleva do fundo do oceano. Este pode atingir uma altura de 1 000–4 000 m (3 300–13 100 pés) acima do fundo submarino circundante, mas não atinge a superfície da água. Os picos são encontrados frequentemente desde umas centenas até alguns milhares de metros abaixo da superfície do mar e são portanto considerados como pertencentes ao mar profundo. Formados por vulcões extintos, os montes submarinos são encontrados principalmente na crosta oceânica e, em menor escala, na crosta continental estendida. Eles formam-se perto das dorsais meso-oceânicas em crescimento, nas placas interiores das plumas de ressurgência (*hotspots*) e nas configurações convergentes dos arcos insulares.

Os montes submarinos são considerados pela comunidade de conservação como ilhas de biodiversidade. Vários paradigmas ecológicos relativos aos montes submarinos já estão firmemente enraizados na literatura científica, onde há uma visão consensual dos montes submarinos como ambientes únicos e *hotspots* de biodiversidade e endemidade. Além disso, a descoberta de fauna com espécies relíquia em montes submarinos sugere que alguns montes submarinos fornecem um "hábitat de refúgio" para muitas taxa, incluindo crinóides, esponjas e braquiópodes. Isso também se aplica para grandes peixes oceânicos e tubarões, que usam os montes submarinos como áreas de alimentação, reprodução e crescimento de juvenis.

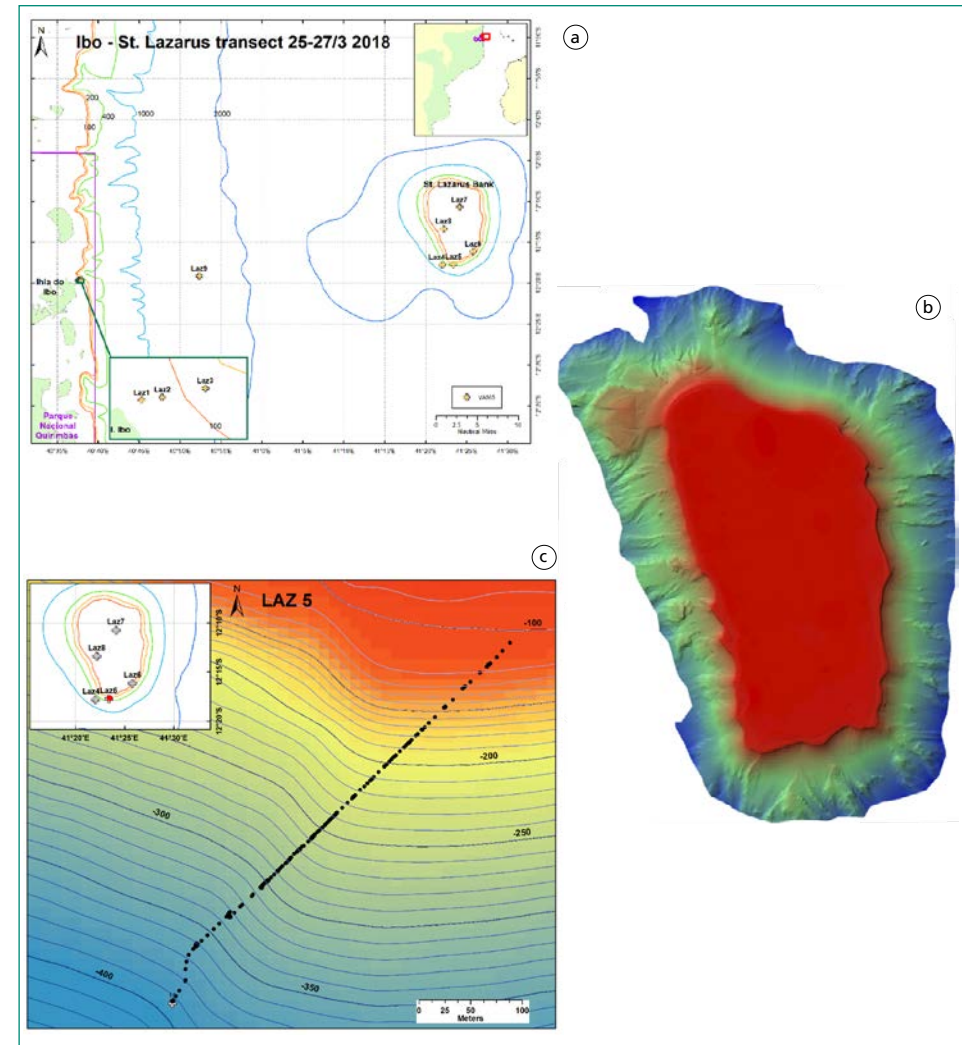


FIGURA 6.1. Localização do monte submarino Banco de S. Lázaro e das estações do ROV na área

Nota: (A) Localização do monte submarino Banco de S. Lázaro e das estações do ROV na área; (B) Mapa 3-D da batimetria do monte submarino; (C) curvas de profundidade e posição do longo transecto do ROV realizado na estação LAZ 5.

como a mais procurada das espécie alvo, *Caranx ignobilis* – o xaréu gigante. As montanhas submarinas elevam-se de uma profundidade de mais de 2 000 m até 6 m da superfície. Este monte submarino (**Caixa 6**) é particularmente famoso por ser um *hotspot* espetacular, remoto e de difícil acesso, com grande visibilidade subaquática (até 30 m) nas suas camadas superficiais. O Banco de S. Lázaro é um monte submarino monumental, descendo para as planícies profundas da plataforma continental – o ambiente frio e escuro descrito ao longo do Capítulo 5

Documentando a riqueza do Banco de S. Lázaro

O monte submarino do Banco de S. Lázaro, com cerca de 2 000 metros de altura, eleva-se de um fundo do mar envolvente, escuro e frio, com o seu cume abrindo caminho até às águas pouco profundas, claras e expostas ao sol. Embora nunca ultrapasse a superfície – não chegando, assim, a formar uma ilha – esta montanha submersa reúne, no entanto, uma infinidade de vida marinha ao longo das suas encostas e em torno do seu cume, sendo um verdadeiro oásis no azul.

Aqui, a nossa investigação começou com um longo mergulho do ROV na estação **LAZ 5**. Subimos 300 m pela encosta do monte submarino, começando a uma profundidade de 404 m e terminando a 104 m (**Figura 6.1C**). Durante a subida, a temperatura aumentou de 10 °C para 27 °C, tendo sido observado um amplo conjunto de ambientes que incluíam areia de conchas, rochas e cristas. Também testemunhámos uma clara mudança nas comunidades do fundo e aumentos na biodiversidade, com a mudança mais intensa entre os 10 °C e os 20 °C de temperatura. Quando ligámos as luzes do ROV a 404 m de profundidade, no início do mergulho, o ambiente na sua vizinhança era composto por escarpas íngremes e paredes verticais, semelhantes às que um alpinista poderia ver (**Figura 6.2**). Para evitar destruir o ROV ou a sua jaula (garagem) contra as paredes rochosas, este ficou suspenso acima do fundo enquanto inspecionámos o ambiente envolvente. As paredes rochosas eram cobertas por esponjas de vidro em forma de parábola, parecendo esferas de cristal brilhando no escuro.

O substrato rochoso permite a fixação de colónias de corais e as grandes gorgónias filtravam as águas de profundidade para se alimentar (**Figura 6.3** e **Figura 6.4**). À medida que subíamos, a temperatura aumentava gradualmente e muitas mais criaturas podiam ser vistas: nas profundezas, chicotes do mar, corais

moles, estranhos gastrópodes e crustáceos viviam as suas rotinas quotidianas sem serem perturbados. A uma profundidade de 150–200 m, aproximámo-nos da zona mesofótica, na qual penetram apenas ténues raios de luz solar. Neste intervalo, predominou uma abundância de várias espécies de ouriços do mar e esponjas de todos os tipos, começando a ser observadas algumas algas. Embora esta área não seja conhecida por ter florestas de algas castanhas (*kelp*), curiosamente encontrámos folhas destas emaranhadas em várias colónias de corais (**Figura 6.5** e **Figura 6.6**). No final do mergulho e à profundidade de 100 m, a temperatura tinha atingido quase os 20 °C, um casal de peixes recifais recordou-nos que nos encontrávamos na proximidade de um recife tropical.

Esta impressão foi confirmada quando subimos dos 86 m para os 74 m, na estação **LAZ 8**. Aí, a temperatura subiu para 27,1 °C e o fundo do mar estava coberto por manchas de areia, corais e detritos de algas. A diversidade observada de peixes recifais, esponjas, corais (tanto duros como moles) e equinodermes não deixou dúvidas de que estávamos a chegar ao recife de coral. Tornaram-se abundantes as enormes esponjas barril, e foi avistada uma variedade crescente de peixes de maior porte (**Figura 6.7**), além de uma rica comunidade de esponjas com corais duros. No fundo do mar, coberto por manchas irregulares, encontrámos uma rica comunidade de tunicados coloridos, estrelas do mar, corais duros com forma de flor e esponjas com forma de trombeta assentes no substrato duro. Em contraste, o enorme pepino do mar (~1m) *Holothuria* sp. prefere rastejar no substrato arenoso, que ingere na sua procura de alimento (**Figura 6.8** e **Figura 6.9**). Um tapete firme, composto por organismos incrustantes, forma como que ilhas no substrato duro, tendo como pano de fundo a areia de conchas. Na fronteira destas “ilhas” deparámo-nos com grutas que servem de abrigo a muitos organismos. Numa gruta encontrámos uma moreia que vive com um grupo de pequenos peixes (**Figura 6.10**).

A nossa subida continuou. A 35 m de profundidade, na estação **LAZ 6**, estávamos rodeados por águas quentes tropicais com 29 °C de temperatura. Aqui, o fundo do mar estava coberto com algas vermelhas incrustantes (**Figura 6.11**). Encontrámos enormes manchas de cascalho de coral cobertas por uma enorme variedade de esponjas, enquanto que os corais duros apareciam ocasionalmente em outros locais. Neste nível, são comuns os corais moles, juntamente com os tunicados, corais duros, e os chicotes do mar (**Figura 6.12**, **Figura 6.13** e **Figura 6.14**). Os corais moles com pólipos grandes dançavam nas correntes fortes. Existiam

também várias esponjas neste nível, a maior das quais fornecia abrigo para peixes (Figura 6.15). Por debaixo de uma esponja barril gigante (Figura 6.16), encontrámos uma moreia faveira (Figura 6.17).

A 26 m de profundidade, no topo do Banco na estação LAZ 7, a temperatura da água era de 29 °C. Neste nível, a luz do sol era abundante e as algas verdes e as algas castanhas cobriam o fundo do mar juntamente com uma mistura de algas vermelhas incrustantes e areia (cerca de 25%). Havia arbustos ramificados de corais *Acropora*, corais enormes do género *Porites* e corais tabulares por todo o lado, exibindo as suas maravilhosas formas e cores. O recife fervilhava de vida, repleto de peixes e uma tremenda diversidade de espécies associadas (Figura 6.17 e Figura 6.18). Por cima do tapete de algas castanhas, balançando com a ondulação das ondas, podiam ser vistas esponjas de muitas formas e cores (Figura 6.19 a Figura 6.21).

Esta concentração de vida no cume do monte submarino alimenta cadeias alimentares complexas que resultam numa grande biomassa de peixes, que por sua vez seduz predadores maiores a viver no local ou visitar frequentemente a área em busca de uma boa refeição. Estes incluem não só tubarões de recife tais como tubarão cinzento dos recifes, marracho de pontas, marracho tinteiro de coral e marracho de covas, mas também os tubarões oceânicos tais como tubarao tigre, marracho oceânico e muitos mais.



FIGURA 6.2. O início do longo mergulho do ROV (estação LAZ 5) na encosta do monte submarino Banco de S Lázaro

Nota: A 404 m de profundidade, as paredes rochosas submersas estão cobertas por esponjas de vidro, brilhando como esferas de cristal no escuro.

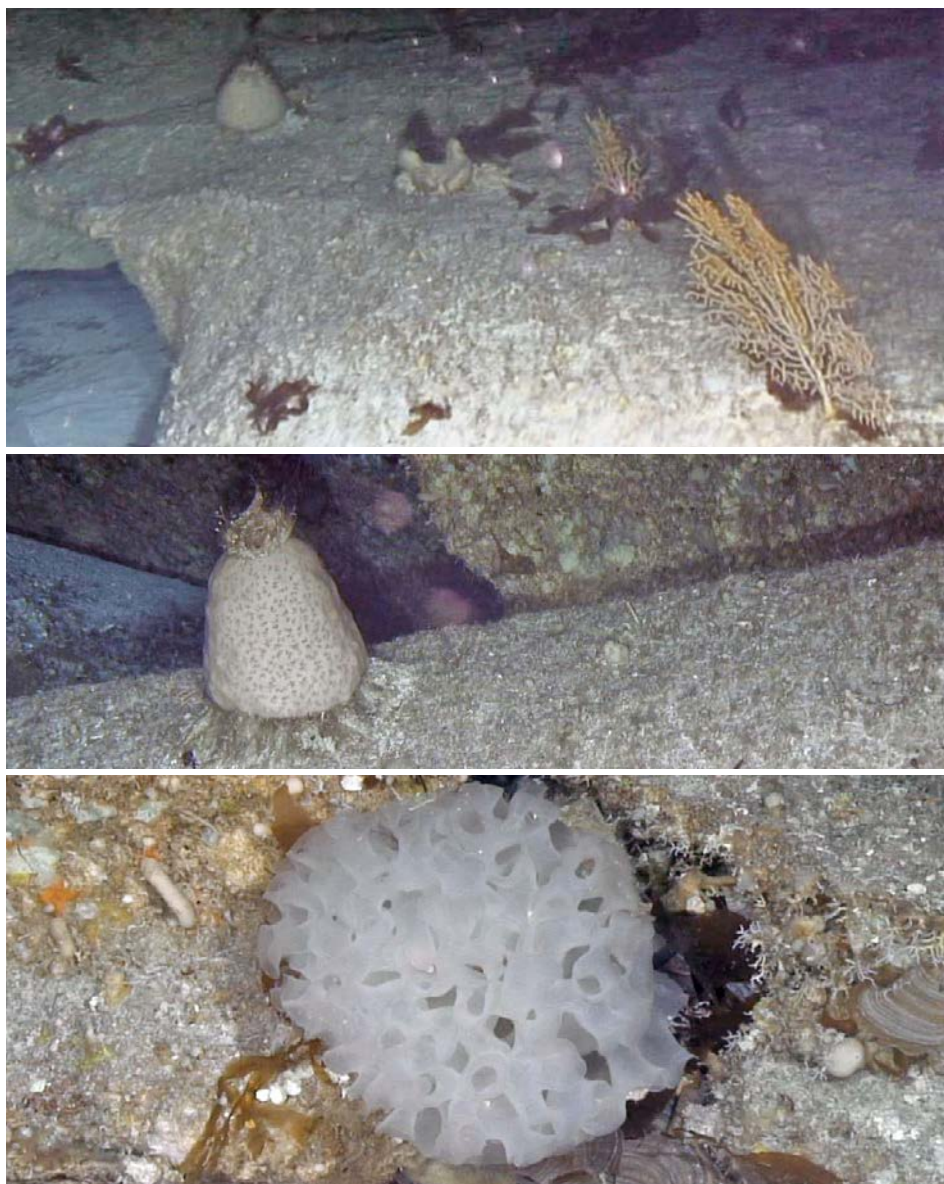


FIGURA 6.3. Gorgônias e esponjas na estação LAZ 5

Nota: As gorgônias e as esponjas ocorrem geralmente no cume de elevações ou em paredes íngremes. Duas outras esponjas de vidro observadas na paisagem do substrato rochoso na estação LAZ 5 são da espécie *Pheronema*, em forma de vaso, e a retorcida *Farrea* sp.



FIGURA 6.4. Octocorais na paisagem rochosa da estação LAZ 5

Nota: O coral mole vermelho *Anthomastus* sp. com o seu grande pólipos em forma de flor, necessita de uma rocha para fixar a sua colônia. Um grupo de octocorais azuis fixou-se a uma estrutura rochosa. A grande e majestosa gorgónia *Isidella* sp., e outra gorgónia habitada por um ofiúrideo. Preste atenção à alga castanha emaranhada (*kelp*).



FIGURA 6.5. Crustáceos no fundo misto na estação LAZ 5

Nota: No fundo misto, durante o transecto LAZ 5, encontramos vários crustáceos entre rochas e detritos de conchas. Uma lagosta espinhosa (*Palinurus* sp.) espreita do seu esconderijo debaixo da rocha solta. Na imagem inferior: um lagostim com olhos azuis brilhantes esconde a sua cauda numa toca. Na imagem direita: uma colónia de corais com um caranguejo aranha, delicado e de pernas longas, pertencente à família Latreilliidae.

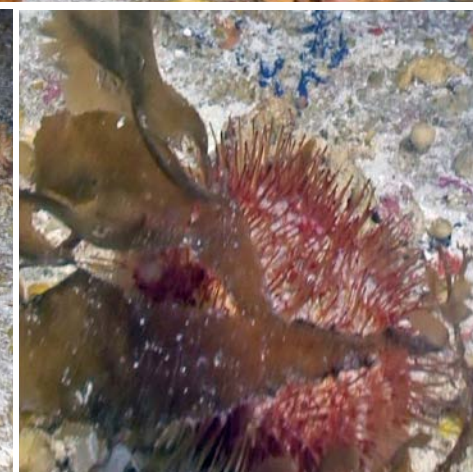
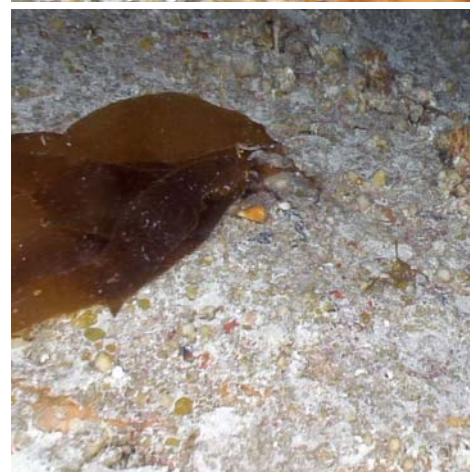


FIGURE 6.6. Colónias de corais moles na estação LAZ 5

Nota: Muitas colónias de corais moles estão fixas a rochas soltas que se encontram cobertas por uma fina camada de areia de conchas. Surpreendentemente, no longo mergulho na estação LAZ 5, a uma profundidade de ~150 m encontrámos algas castanhas (*kelp*) e ouriços do mar. A água em redor do Banco de S. Lázaro é incrivelmente cristalina e isso explica a ocorrência de plantas a esta profundidade.

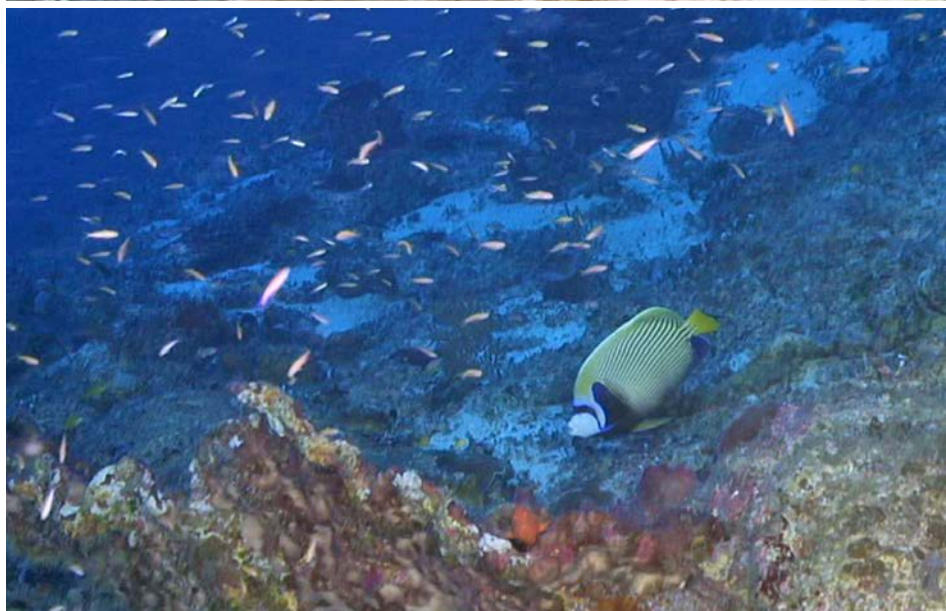


FIGURA 6.7. As encostas do Banco de S. Lázaro (LAZ 8) a profundidades de 86 a 74 m (27,1 °C)

Nota: A esponja barril gigante *Xestospongia* sp. e as gorgónias tornam-se mais comuns, juntamente com peixes maiores. Em primeiro plano: o peixe lebre -imperador *Pomacanthus imperator*.



FIGURA 6.8. O fundo do mar na estação LAZ 8.

Nota: Numa mancha colorida de coral, esponjas incrustantes e algas, encontra-se o delicado tunicado *Didemnum* sp.



FIGURA 6.9. A estrela do mar *Fromia* sp. e o pepino do mar *Holothuria* sp. na estação LAZ 8

Nota: A estrela do mar *Fromia* sp. rastejando sobre um pedaço de cascalho de coral, com esponjas incrustantes e algas vermelhas, na estação LAZ 8. Um grande pepino do mar (*Holothuria* sp.) rasteja lentamente na areia enquanto a ingere; após a matéria orgânica útil misturada na areia ter sido digerida, o que resta é excretado através da extremidade traseira.

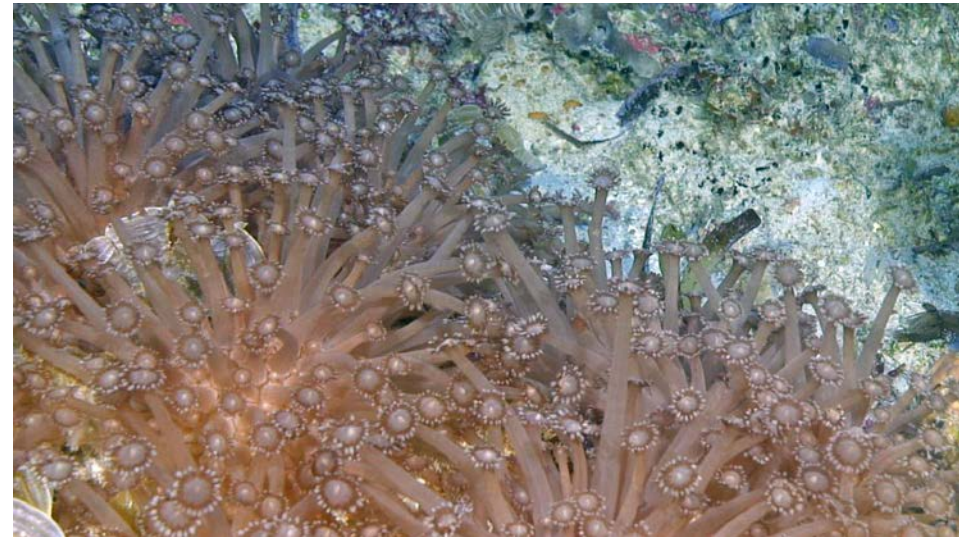


FIGURA 6.10. A rica comunidade na estação LAZ 8

Nota: Alguns corais, como o coral duro *Goniophora* sp., parecem ramos de flores – mas cada ‘flor’ é a boca de um pólipó que é usada para capturar os alimentos. A esponja cor de laranja em forma de trombeta (provavelmente uma *Clathria* sp.) tem muitos orifícios e filtra a água para ingerir os alimentos.



FIGURA 6.11. Na transição entre a areia e o tapete firme composto por organismos incrustantes na estação LAZ 8

Nota: As cavernas fornecem abrigo para numerosas criaturas. Uma moreia observa da caverna que compartilha com uma variedade de pequenos peixes. Os peixes podem beneficiar da proteção da sua grande amiga – depois de a moreia ter comido, o que sobrar será um festim.



FIGURA 6.12. A vertente superior do recife do Banco de S. Lázaro (35 m, 29 °C; LAZ 6)

Nota: A maior parte do fundo do mar é coberto por algas vermelhas incrustantes (alga coralina crustosa); a alga castanha *Padina boryana* e a alga verde *Halimeda cuneata* também são comuns.

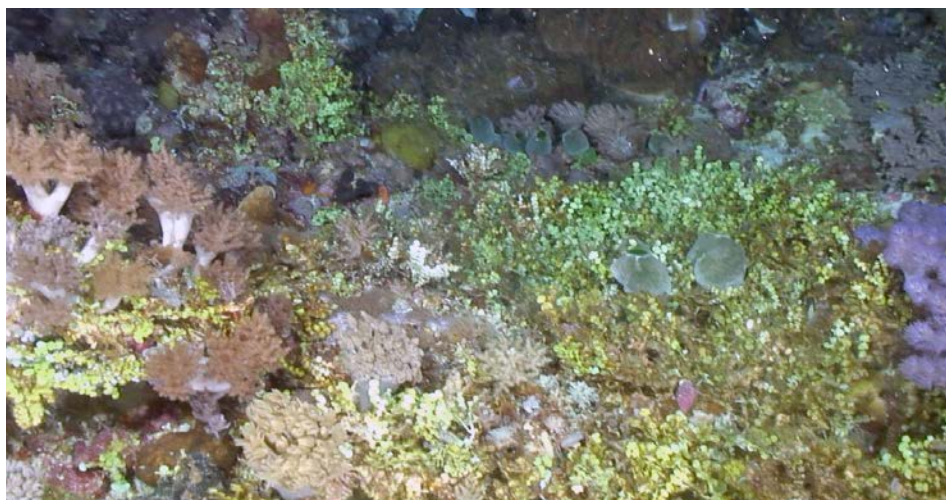


FIGURA 6.13. Algas e corais moles no Banco a 36 m de profundidade (LAZ 6)

Nota: O tunicado verde *Didemnum* sp. é comum e aqui é visto com um coral mole pertencente à família Xenidiidae (provavelmente *Anthelia* sp.); os seus grandes pólipos balançam nas correntes fortes do Banco.



FIGURA 6.14. A abundante riqueza de corais no Banco na estação LAZ 6

Nota: Imagem superior esquerda: uma espécie de coral mole não identificada com ramos longos e pólipos muito pequenos. Imagem inferior esquerda: o coral *Capnella* sp. com os pólipos densamente implantados, juntamente com um coral mole azul. Imagem superior direita: o coral duro *Fungia* sp. Imagem inferior direita: o coral mole *Lobophytum crassum* com muitas cristas cobertas por pequenos pólipos.

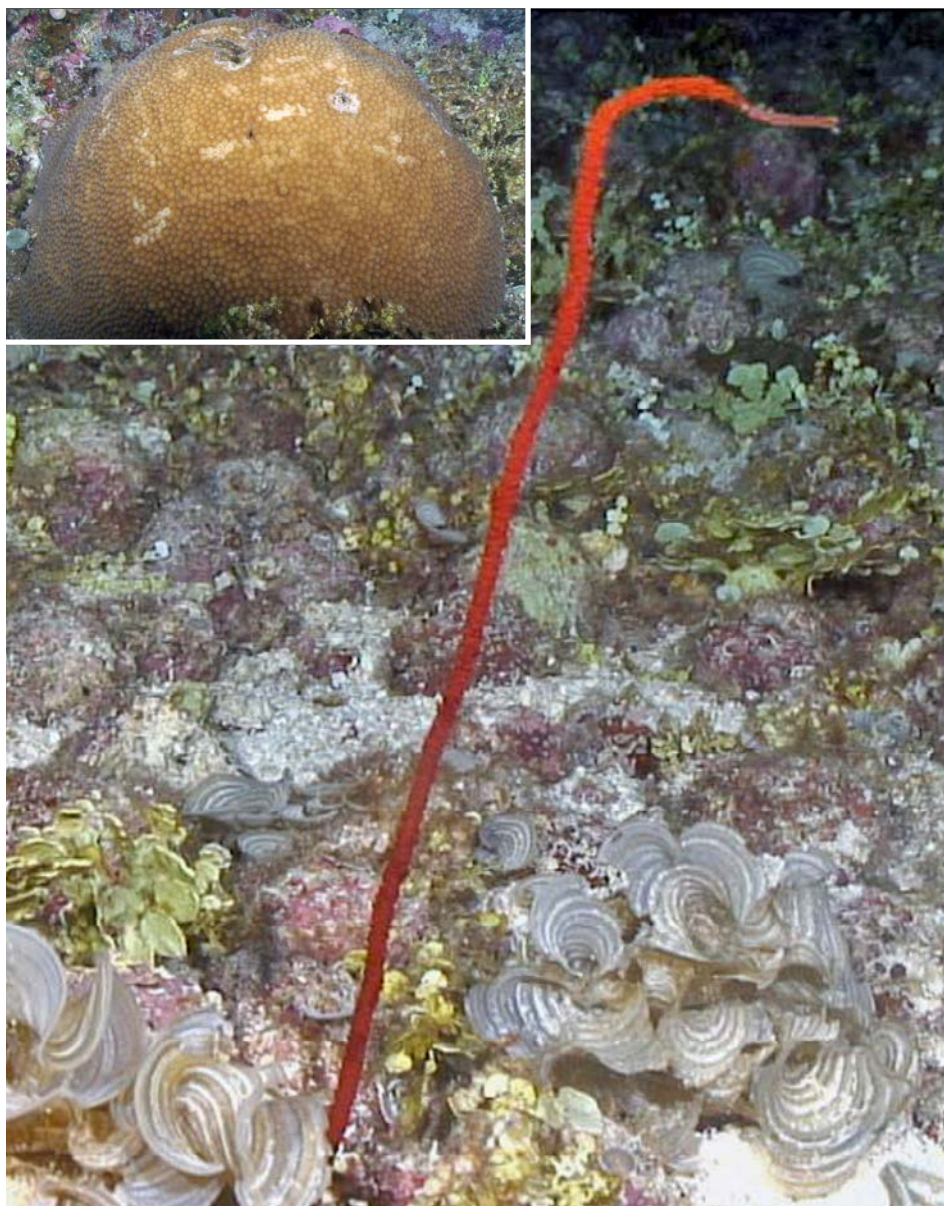


FIGURA 6.15. Os belos corais do Banco na estação LAZ 6, incluindo o coral duro em forma de bola *Astreopora* sp., e o coral chicote do mar vermelho brilhante *Junceela* sp.



FIGURA 6.16. A esponja-barril-gigante *Xestospongia* sp. na estação LAZ 6

Nota: Existem poucas esponjas tão grandes quanto as esponjas barril gigante (*Xestospongia* sp.) que oferecem um bom esconderijo para peixes pequenos. No LAZ 6, o fundo do mar está coberto por inúmeras pequenas esponjas; também encontramos uma colônia de esponjas branco-acinzentadas com forma de chaminé.



FIGURA 6.17. Uma moreia faveira, *Gymnotthorax favagineus*, guardando a toca debaixo de uma esponja barril gigante na estação LAZ 6



FIGURA 6.18. No topo do Banco de S. Lázaro

Nota: Na estação LAZ 7 do Banco de S. Lázaro, a uma profundidade de 26 m nas águas cristalinas de 29 °C, os corais duros prosperam ao lado de uma rica comunidade de peixes.

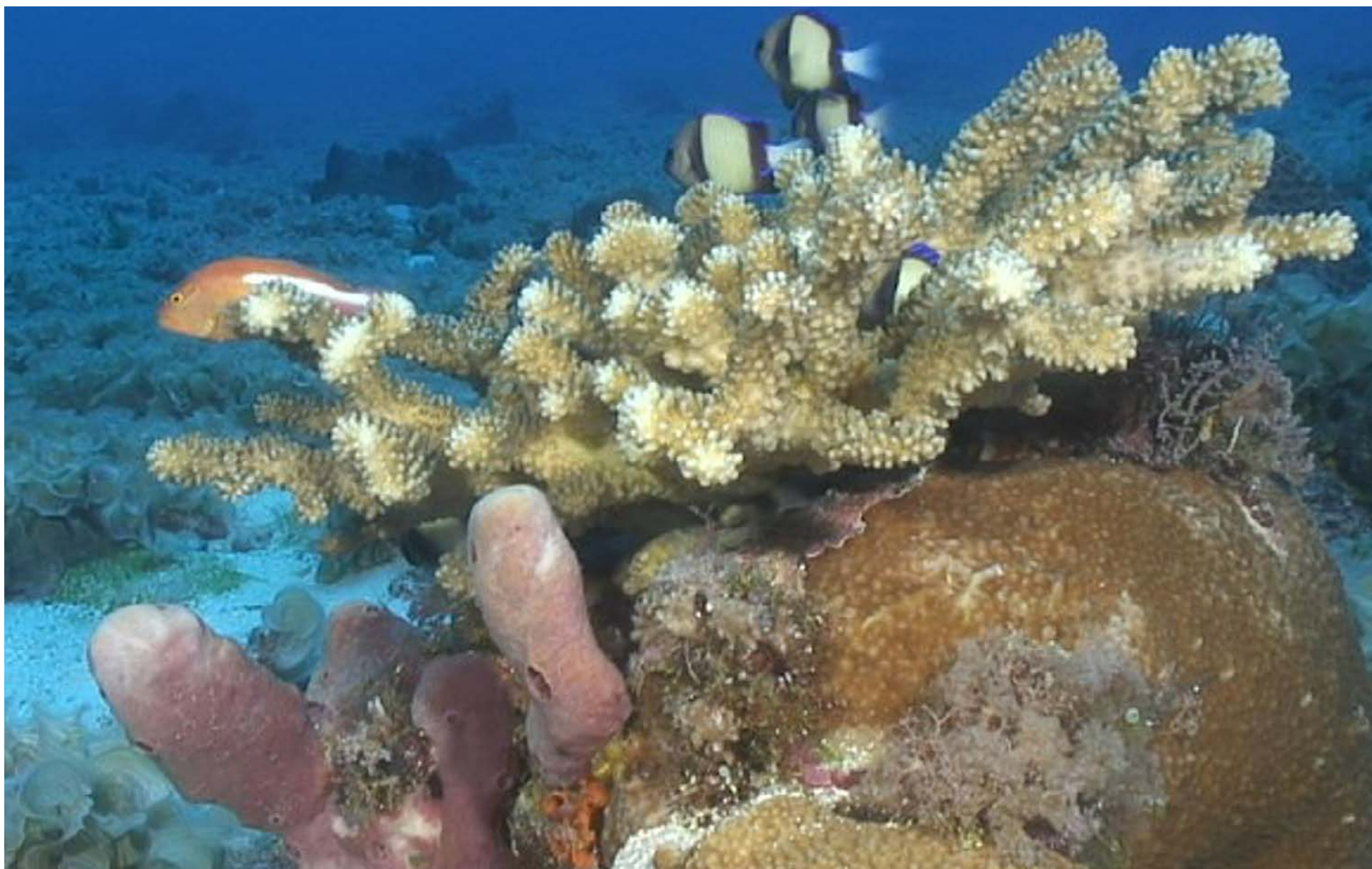


FIGURA 6.19. O coral couve flor *Pocillopora* sp. e o coral *Astreopora* sp.

Nota: Aqui, na estação LAZ 7, o coral couve flor, *Pocillopora* sp. abriga um peixe falcão e um grupo de peixes donzela. À esquerda está uma esponja cor de rosa e em primeiro plano o coral *Astreopora* sp.



FIGURA 6.20. O fundo do mar no topo do Banco na estação LAZ 7 coberto pela alga castanha *Padina boryana*

Nota: No topo do Banco na estação LAZ 7, cerca de 50% do fundo do mar é coberto pela alga castanha *Padina boryana*; o resto é uma mistura de areia e de algas incrustantes. As folhas listradas das algas castanhas movem-se para a frente e para trás devido à ondulação. Em cima deste tapete móvel de algas, as esponjas parecem como que esculturas de arte moderna. A esponja de cortiça castanho avermelhada *Stylissa* sp. ocorre aqui juntamente com corais moles e duros.



FIGURA 6.21. O peixe falcão manchado *Cirrhitichthys oxycephalus* entre as esponjas e o coral couve flor *Pocillopora damicornis* no plano de fundo



FIGURA 6.22. Uma esponja castanha café ornamentada, relativamente comum no topo do Banco na estação LAZ 7



Impacto humano: Pressões sobre o ambiente marinho

A poluição marinha e costeira de várias fontes é um problema emergente em todo o mundo. No entanto, algumas áreas ainda não foram expostas à atividade industrial de larga escala e os problemas que isto pode representar (Figura 7.1).

Nas zona costeira do Norte de Moçambique, onde a nossa expedição foi realizada (Figura 7.2), a população é dispersa e a maioria das pessoas vive de forma tradicional, significando que o seu consumo de bens industriais é baixo, pelo que, até recentemente o impacto humano no meio ambiente tem sido baixo.

Um dos focos, durante a planificação e implementação desta expedição, foi identificar as possíveis fontes de poluição e avaliar os seus níveis actuais. Neste contexto, o nosso objectivo principal foi estabelecer uma linha de base para uma monitorização ambiental futura.

Indústria petrolífera no alto mar

A indústria petrolífera no alto mar no Norte de Moçambique tem merecido uma atenção particular. Nos últimos 10 anos, a intensa atividade de pesquisa de hidrocarbonetos, envolvendo levantamentos sísmicos e a perfuração de poços de pesquisa e produção, confirmou enormes quantidades de gás natural recuperável. A área de estudo foi dividida em três sub-áreas (Figura 7.2):

- 1) Pemba
- 2) Ilha do Ibo até Banco de S. Lázaro
- 3) Palma, área do Rovuma

Foram descobertos grandes reservatório de gás na bacia do Rovuma, ao largo do distrito costeira de Palma, na província de Cabo Delgado, em profundidades que variam entre os 500 m e os 2 500 m abaixo do nível do mar. Os campos contêm gás e alguns condensados e estão entre os maiores do mundo. Existem vários planos para o desenvolvimento da indústria de extração e processamento deste gás; a maior parte será exportada para o mercado mundial, onde a procura de gás natural liquefeito (LNG, Liquefied Natural Gas) é atualmente alta.

Em Palma, está a ser construída uma grande instalação de processamento de LNG e os gasodutos dos poços de produção irão atravessar zonas de profundidade e áreas sensíveis no caminho para a costa.

Existem também planos para instalação de plataformas flutuantes de produção no alto mar na Bacia do Rovuma para exportação direta. A instalação flutuante de LNG "Coral Sul", na *Área offshore 4*, começou a exportar o primeiro gás a 13 de Novembro de 2022. Este acontecimento histórico foi seguido pela visita e inauguração da instalação flutuante de LNG "Coral Sul" pelo Presidente da República de Moçambique, Filipe Jacinto Nyusi, a 23 de Novembro de 2022.

As instalações de LNG, tanto em terra como no alto mar, contribuirão para o aumento da atividade de transporte marítimo, bem como para o aumento da atividade industrial nas instalações de processamento em terra e na indústria de serviços que lhes está associada. A água produzida é separada, são usados produtos químicos, e a sua descarga acaba no oceano.

Seguir-se-á também um aumento da população e da urbanização nas zonas costeiras. Todos estes factores representam riscos de poluição ambiental. O Parque Nacional das Quirimbas, que possui uma fauna rica e especial, está situado perto desta área.

A consciencialização sobre a descarga de produtos químicos no mar melhorou nos últimos anos, e os produtos químicos tóxicos têm vindo a ser substituídos por produtos mais amigos do ambiente. Na área de Cabo Delgado há pouca experiência sobre poluição e são desconhecidos os limites de tolerância da maioria das espécies aos produtos químicos descarregados pela nova indústria.

O impacto humano na área é baixo e há pouca atividade pesqueira industrial. Existe algum turismo e o potencial para o seu desenvolvimento é enorme.

Lixo do fundo do mar

Curiosamente, as observações de lixo e plásticos resultantes do mapeamento de vídeo mostram que a área está em bom estado. O lixo que observámos encontrava-

se principalmente na cabeceira de um canhão submarino perto da capital provincial de Pemba, uma área associada com urbanização e desenvolvimento (**Figura 7.3**), bem como nas proximidades de poços de gás, relacionados com a atividade de perfuração (**Figura 7.4 – Figura 7.6**).

Outros tipos de lixo incluíam betão e pilhas de resíduos de perfuração perto das cabeças dos poços com tapetes bacterianos relacionados (**Figura 7.4 e Figura 7.5**).

No entanto, o primeiro vídeo realizado na estação de teste no cais do porto de Pemba revelou uma quantidade considerável de lixo proveniente das atividades de transporte marítimo.

Contaminantes no sedimento

Amostras de sedimentos foram usadas para documentar a contaminação pelos metais pesados e hidrocarbonetos ligados às atividades humanas e à indústria petrolífera (Boitsov *et al.* 2021). As concentrações de poluentes são baixas e equivalem a valores de base (não poluídos), excepto na zona do porto de Pemba. Nos locais de perfuração que visitámos, encontramos níveis altos de hidrocarbonetos (PAH 16, **Figura 7.7**) e Bário (Ba, **Figura 7.8**). O bário é o principal componente de fluídos de perfuração que é usado para lubrificar as brocas e coluna de perfuração e para selar e fortalecer as paredes do poço para evitar perda de circulação. Bário é usado por ser pesado e dar menos desgaste ao equipamento de perfuração comparado com outras alternativas de agente de peso da lama perfuração. Os sedimentos contêm uma concentração baixa de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH 16), um poluente orgânico persistente. Os valores mais elevados de PAH 16 foram encontrados no porto de Pemba e nos locais de amostragem mais profundos onde foram observados sedimentos muito finos (de grão pequeno).

Microplásticos na água

Foi utilizada uma bomba de plâncton para recolher amostras de plâncton, ovos e larvas de peixe, e recolher também partículas de microplástico a profundidades de 2 a 3 m. As maiores concentrações foram observadas longe da costa, nas camadas de água superficial do Banco de S. Lázaro (**Figura 7.9**). Esta concentração de partículas pode ser o resultado de um giro no topo do monte submarino. Em contraste, não foram encontrados microplásticos perto da costa.

Atividades de pesca

A atividade pesqueira observada durante a expedição decorria principalmente em pequenas embarcações locais que operam nas zonas costeiras (**Figura 7.10**). Foi observada alguma pesca recreativa no Banco de S. Lázaro. Apenas alguns barcos de pesca maiores foram observados longe da costa.

Perspectivas para o futuro

Embora a situação actual revele ecossistemas marinhos limpos e ricos ao largo do Norte de Moçambique, a indústria petrolífera de mar alto emergente é uma fonte de preocupação, tanto a nível local como a nível global. Exemplos de outros locais do mundo sugerem que este tipo de instalações necessita de uma boa gestão em todas as atividades, mas especialmente em termos de segurança, planos de contingência, uso controlado e descargas para o mar e para o ar. As deficiências em qualquer aspecto da gestão podem resultar em efeitos negativos graves na vida marinha, ecossistemas, saúde humana e outros interesses industriais e económicos, como o turismo ou a pesca. Os possíveis impactos negativos podem resultar de:

- descargas operacionais no mar e no ar provenientes da produção e transporte de petróleo
- descargas acidentais provenientes de operações de poços, produção e transporte, bem como de quaisquer produtos químicos utilizados no tratamento desses derramames
- descarga de resíduos não tratados de petroleiros e outras embarcações
- som e luz das atividades, e
- aumento do tráfego em terra e no mar.

Todos estes factores podem resultar na perda da biodiversidade e dos recursos marinhos.

Além disso, a indústria pode competir com outras atividades na região. Levantando, portanto, preocupações no que respeita a um acesso limitado às zonas de pesca.

Devido à necessidade de criação de zonas de segurança, as atividades petrolíferas também podem afectar o desenvolvimento e o povoamento das comunidades,

bem como o uso recreativo do litoral. Esta situação pode, por conseguinte, impor limitações ao sector do turismo.

É necessário um plano nacional de monitorização ambiental para acompanhar os efeitos nos ecossistemas, tanto em terra como no mar. Receia-se também que surjam problemas de saúde relacionados com a poluição.

Este estudo contribui para o estabelecimento de uma linha de base ambiental para a costa Norte de Moçambique. Espera-se que outros estudos semelhantes possam ser efectuados num futuro próximo, nas restantes zonas costeiras e marinhas do sul de Moçambique.



FIGURA 7.1. A linha do litoral e as ilhas de Cabo Delgado

Nota: A maior parte da linha costeira e das ilhas de Cabo Delgado são inexploradas e ainda não foram expostas a uma atividade industrial em grande escala e aos problemas que esta possa apresentar.

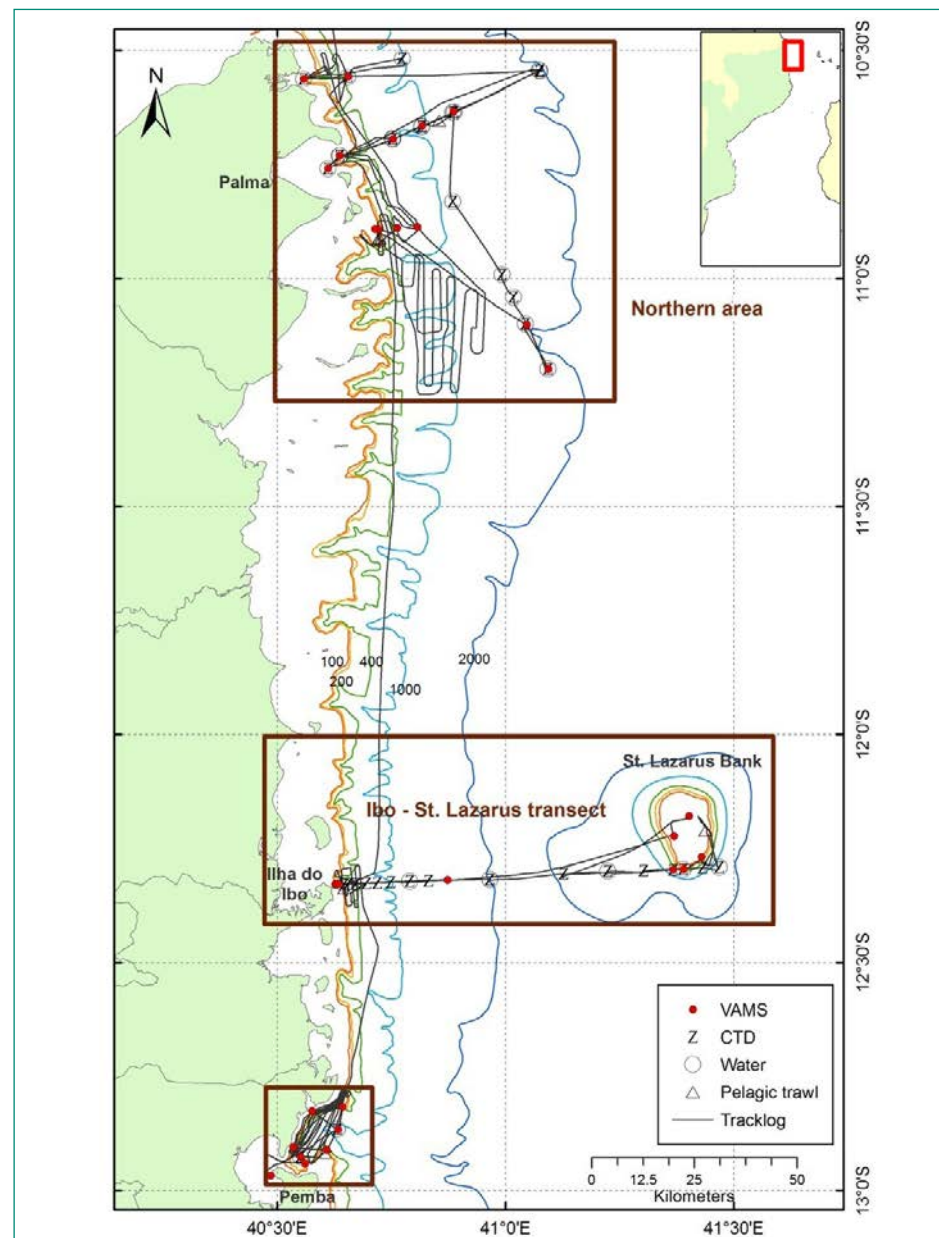


FIGURA 7.2. O trajeto do navio de investigação e as estações de amostragem em Pemba, no Banco de S. Lázaro e em Palma

Fonte: Elaborado pelos autores, conforme mapa mundial das Nações Unidas. Geoespacial das Nações Unidas. 2020. Mapa do Mundo. Citado em 28 de novembro de 2023. www.un.org/geospatial/file/3420/download?token=TUP4yDmF



FIGURA 7.3. Embalagens plásticas de lixo doméstico

Nota: Lixo observado fora da cidade de Pemba na cabeceira de um canhão submarino, a uma profundidade de 1 080 m.

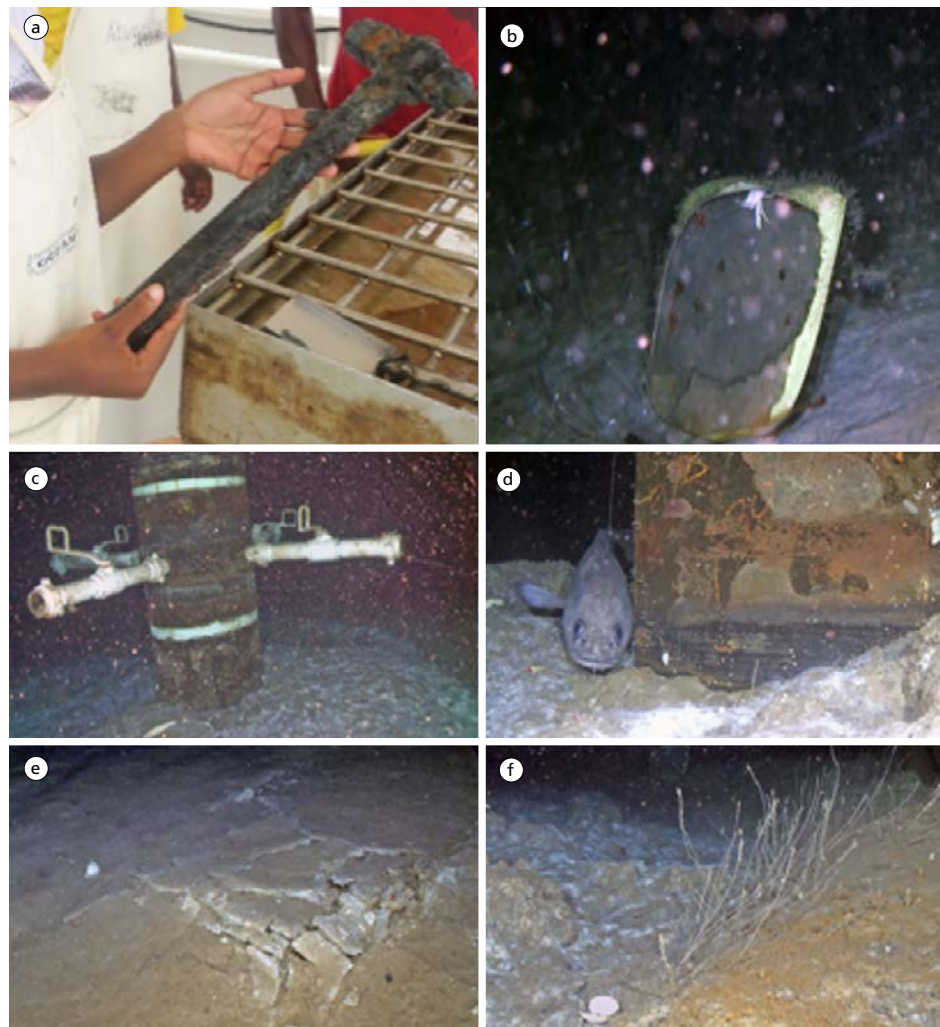


FIGURA 7.4. Um local de perfuração a uma profundidade de 1 934 m

Nota: No local da perfuração foi observado lixo relacionado com a atividade industrial: (A e B) um martelo e uma cadeira perdidos por navios de perfuração ou de serviços. (C e D) Cabeça do poço com tapetes bacterianos associados a lamas e detritos da perfuração. (E) Betão usado para estabilizar e vedar o revestimento do poço. (F) Tapetes bacterianos e poliquetas são frequentemente encontrados nas lamas e detritos das perfurações que podem ser ricos em carbono orgânico.

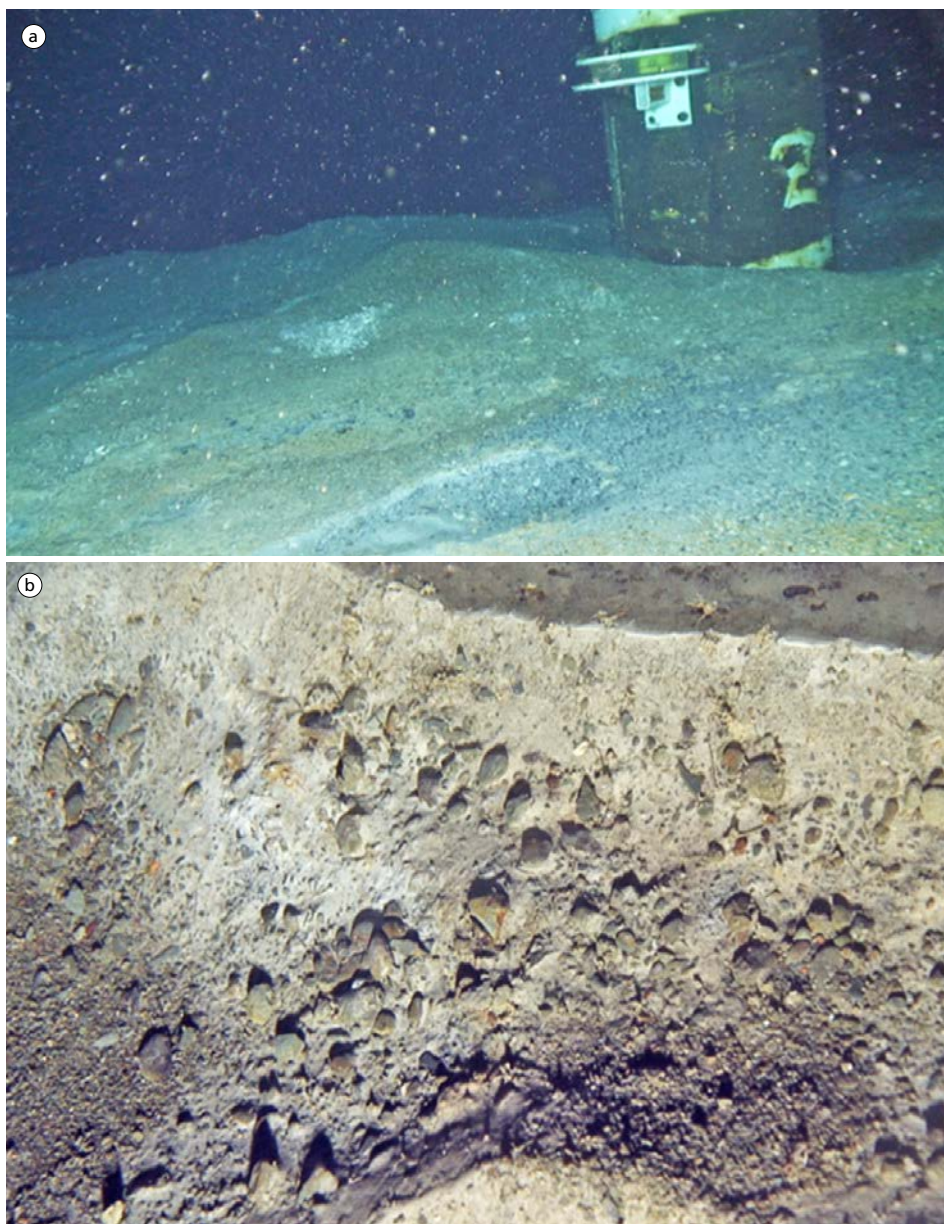


FIGURA 7.5. Um local de perfuração a uma profundidade de 750 m

Nota: Uma cabeça de poço (A) com tapetes bacterianos circundantes e excesso de betão, e visão pormenorizada do betão (B).

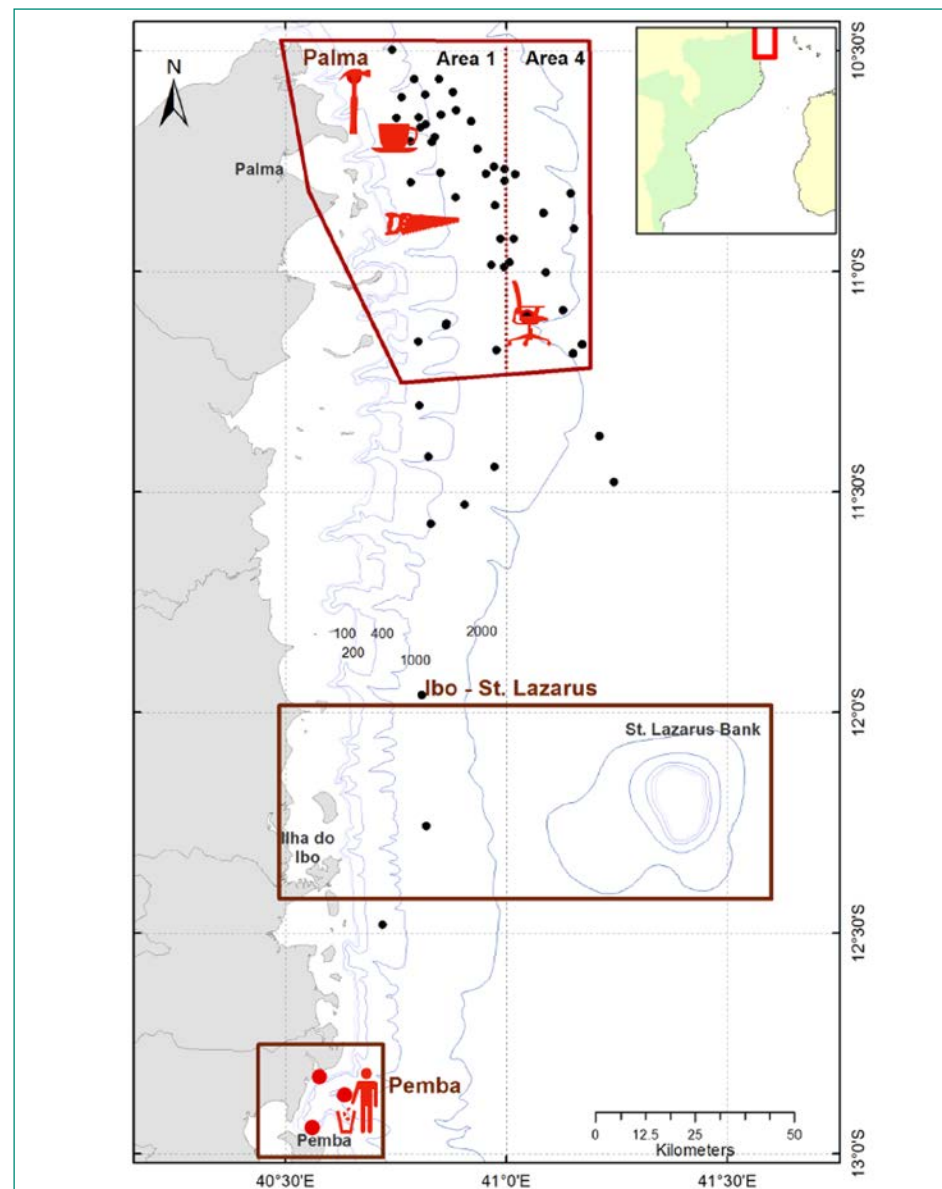


FIGURA 7.6. Lixo encontrado nas proximidades dos locais dos poços e ao largo de Pemba

Nota: Os pontos e símbolos vermelhos indicam os locais onde foi encontrado lixo, enquanto pontos pretos mostram locais de perfuração que não conseguimos visitar neste levantamento.

Fonte: Elaborado pelos autores, conforme mapa mundial das Nações Unidas. Geoespacial das Nações Unidas. 2020. Mapa do Mundo. Citado em 28 de novembro de 2023. www.un.org/geospatial/file/3420/download?token=IUP4yDmf

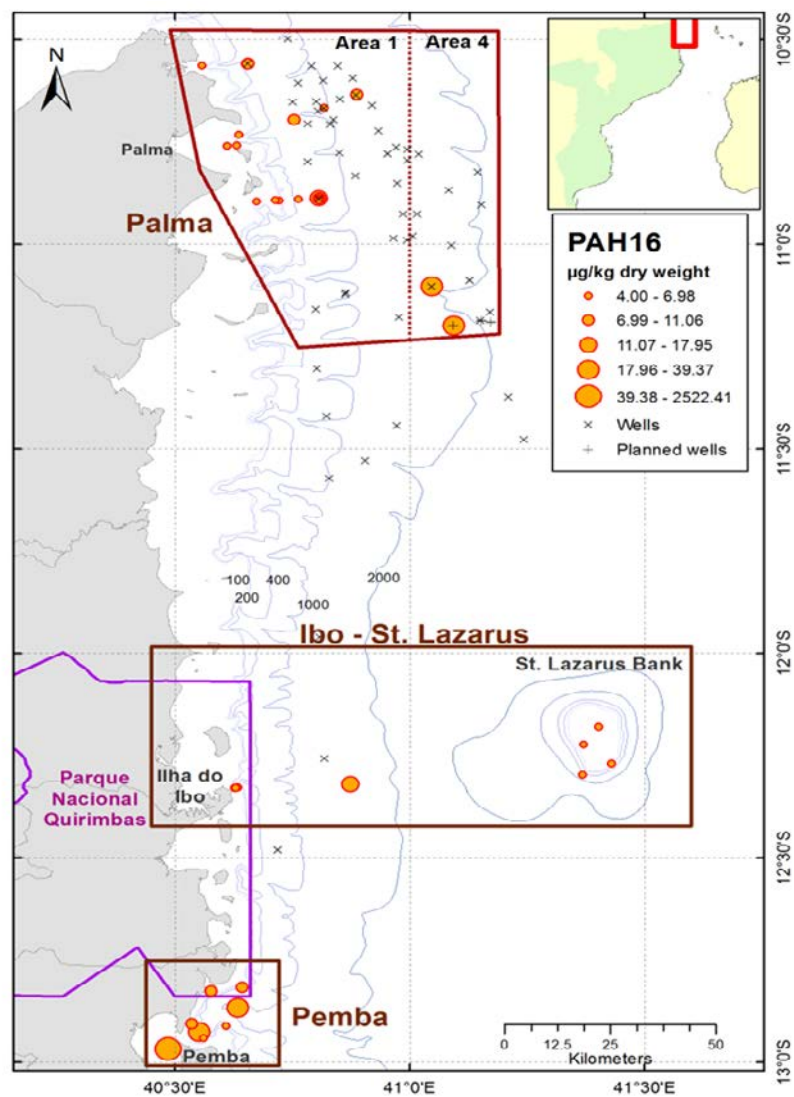


FIGURA 7.7. Concentração de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH 16) no sedimento nas estações de amostragem, representada através de círculos proporcionais

Nota: Os níveis são baixos e os valores mais elevados foram encontrados no porto de Pemba e nos locais de amostragem mais profundos.

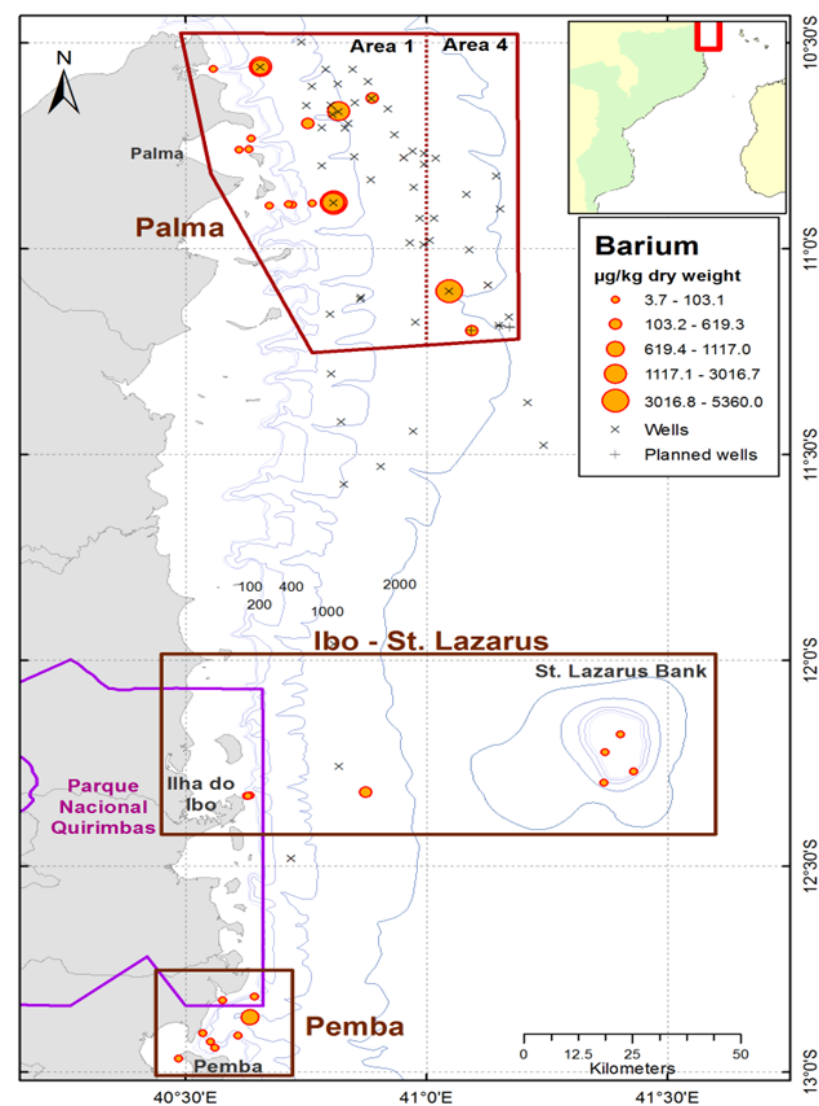


FIGURA 7.8. Níveis de Bário (Ba) das estações de amostragem, representados por círculos proporcionais

Nota: Altas concentrações são encontradas em locais onde são perfurados poços. Há também um aumento nas concentrações de Ba nas estações mais profundas com sedimentos de grão fino.

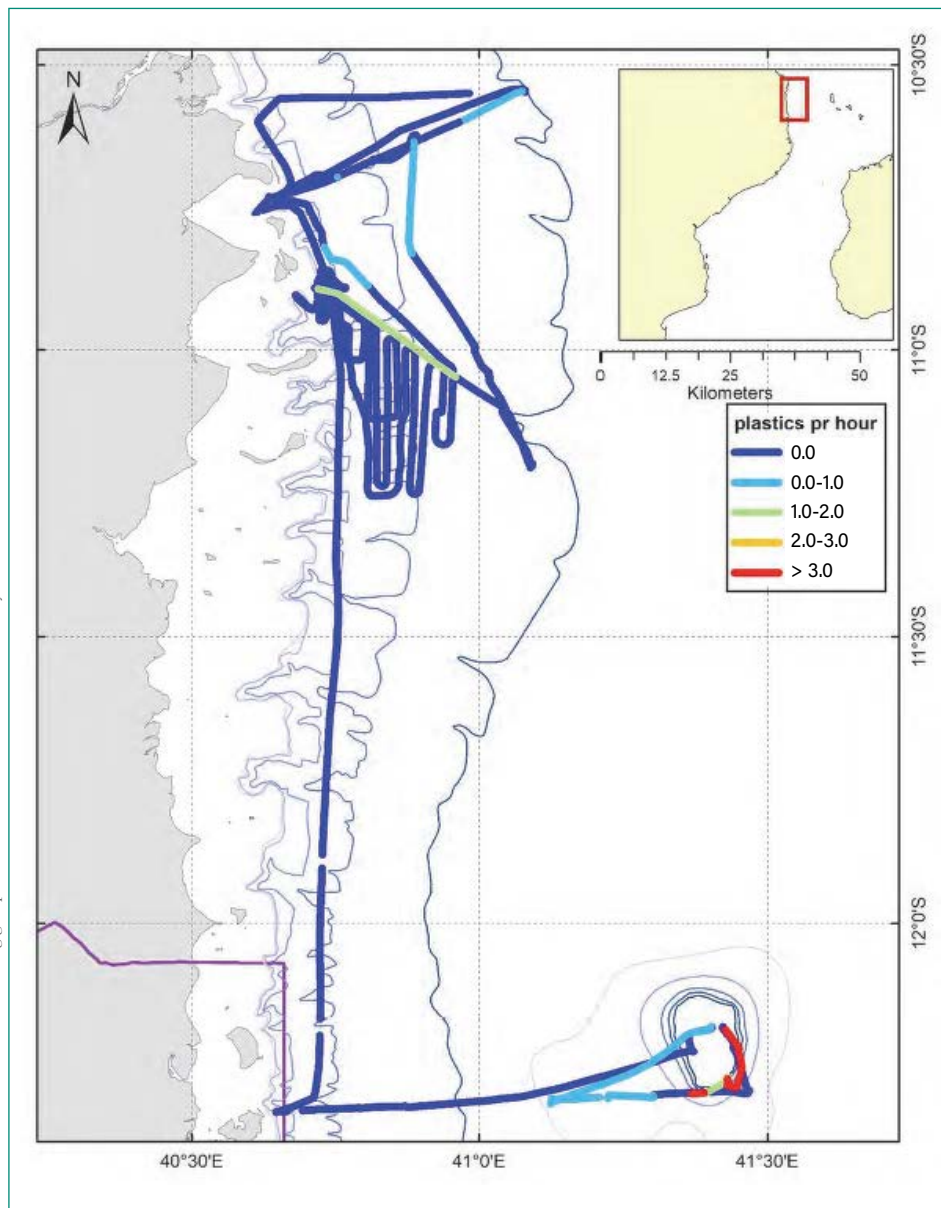


FIGURA 7.9. Partículas de microplástico nas águas superficiais

Nota: A linha mostra o percurso da expedição, enquanto que as cores indicam o número de partículas de microplástico filtradas por hora.

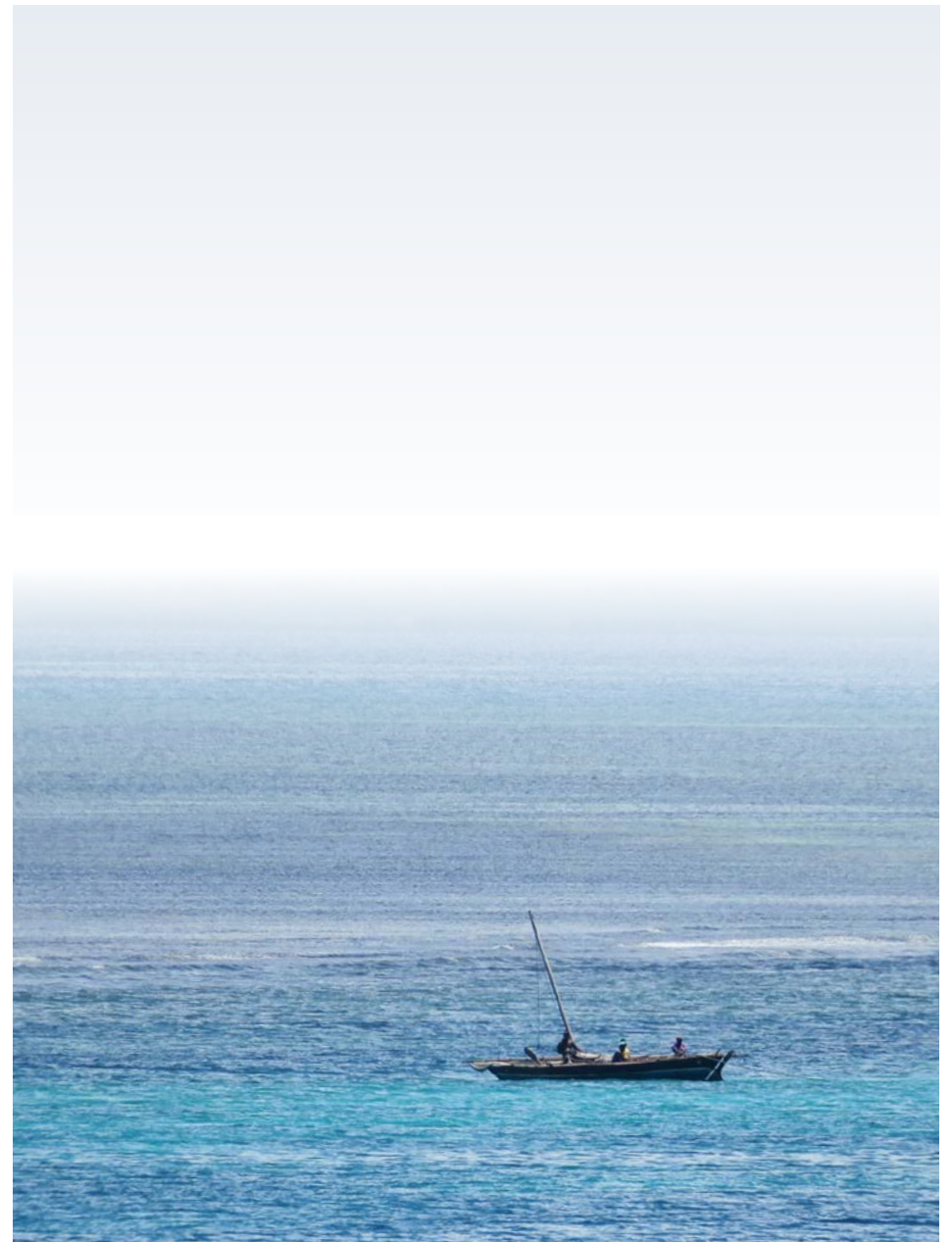


FIGURA 7.10. Uma embarcação de pesca local de uma aldeia de Cabo Delgado



Resumo:

Perspectivas futuras nesta área pouco estudada e rica

O fundo do mar ao largo da costa de Cabo Delgado é uma das zonas de corais tropicais mais interessantes do mundo. Encontrámos grandes corais coloridos na costa e também mais longe, no belo monte submarino do Banco de S. Lázaro, onde a água é limpa e cristalina. No entanto, mesmo neste ambiente de aparência intacta, encontramos pequenas partículas de plástico na camada superior da coluna de água. Os corais e a vida marinha desta região ainda não foram estudados em pormenor, principalmente em zonas afastadas da costa e a maiores profundidades.

Durante esta expedição, a bordo do navio de investigação *Dr. Fridtjof Nansen*, recolhemos amostras de sedimentos e efetuámos gravações de vídeo a profundidades de 20 m a 2 000 m. As análises da fauna bentónica revelam uma rica biodiversidade e apenas alguns sinais de impacto humano. As únicas excepções foram no porto de Pemba e em torno das cabeças dos poços de hidrocarbonetos onde está a ser feita a exploração de petróleo, ao largo da costa de Palma.

Esta área única é vasta e, nesta primeira tentativa de a descrever, apenas começámos a arranhar a superfície. No entanto, este estudo aumentou o conhecimento – e a atenção – sobre um dos habitats marinhos mais belos

e ricos do mundo, ao mesmo tempo que considerou os possíveis impactos ambientais das crescentes atividades relacionadas com a exploração de petróleo e de gás nas águas do Norte de Moçambique. Combinando dados de hidrografia, profundidade e caracterização de sedimentos com o número de *taxa* observados, bem como a fauna dominante nos diferentes estratos de profundidade, o estudo estabeleceu uma linha de base para uma futura monitorização ambiental.

Ficamos satisfeitos por ver que Moçambique tem mantido grande parte desta área única e inexplorada limpa e não afetada pela atividade humana. No entanto, há muito mais para investigar e são necessários mais estudos, pelo que esperamos regressar para realizar expedições complementares.

Acreditamos que a área ao largo da costa de Cabo Delgado é uma das grandes maravilhas da natureza e que são necessários planos de gestão nacionais sólidos para garantir a sua proteção contra atividades destrutivas, agora e no futuro.

Referências

- Boitsov, S., Newman, B.K., Muiambo, H.F., Chaúque, E.F.C., Serigstad, B., Malauene, B.S. 2021. Distribution and possible sources of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and metals in marine surface sediments off northern Mozambique. *Marine Pollution Bulletin*, 163: 111952. doi: 10.1016/j.marpolbul.2020.111952
- Frontier-Mozambique. 1997. Central Islands Group – Ibo, Quirimba, Sencar and Quilaluia Islands. In: Whittington M.W., C.M. A., Corrie A., Gell F., eds. Marine Biological and Resource Use Surveys of the Quirimba Archipelago. *Frontier Mozambique Environmental Research Report 3*. Society for Environmental Exploration, London and Ministry for the Co-ordination of Environmental Affairs, Maputo, Mozambique.
- Frontier-Mozambique. 1998a. Northern Islands Group - Macaloe, Mogundula, Rolas and Matemo Islands. Marine Biological and Resource Use Surveys of the Quirimba Archipelago. In: Stanwell-Smith D., António C.M., Heasman M., Myers M., Whittington M.W., eds. Marine Biological and Resource Use Surveys of the Quirimba Archipelago. *Frontier Mozambique Environmental Research Report 2*. Society for Environmental Exploration, London and Ministry for the Co-ordination of Environmental Affairs, Maputo, Mozambique.
- Frontier-Mozambique. 1998b. Southern Islands Group – Mefunvo , Quisiva and Quipaco Islands. In: Heasman M., António C.M., Myers M., Stanwell-Smith D., Whittington M.W., eds. Marine Biological and Resource Use Surveys of the Quirimba Archipelago. *Frontier Mozambique Environmental Research Report 4*. London and Ministry for the Co-ordination of Environmental Affairs, Maputo, Mozambique.
- Obura, D. 2012. The Diversity and Biogeography of Western Indian Ocean Reef-Building Corals. *PLoS ONE* 7(9): e45013. doi:10.1371/journal.pone.0045013
- Pereira M.A.M. 2000. *Preliminary checklist of reef associated fishes of Mozambique*. Maputo, MICOA. 21 pp.
- Spalding, M.D., Fox, H.E., Allen, G.R., Davidson, N., Ferdaña, Z.A., Finlayson, M. *et al.* 2007. Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience*, 57(7): 573–583.
- Swierts, T., Peijnenburg, K.T.C.A., de Leeuw, C., Cleary, D.F.R., Hörnlein, C., Setiawan, E. *et al.* 2013. Lock, Stock and Two Different Barrels: Comparing the Genetic Composition of Morphotypes of the Indo-Pacific Sponge *Xestospongia testudinaria*. *PLoS ONE* 8(9): e74396. doi.org/10.1371/journal.pone.0074396
- Ullgren, J.E., André, E., Gammelsrød, T. & Hoguane, A.M. 2016. Observations of strong ocean current events offshore Pemba, northern Mozambique. *Journal of Operational Oceanography*, 9: 55–66.

The waters off northern Mozambique host some of the jewels of the Indian Ocean. With more than 2 800 km of coastline, Mozambique is home to a vast and diverse range of marine life which thrives in a variety of coastal and marine habitats. Yet the area is largely understudied, and its unique ecosystems are at risk from natural and anthropogenic factors.

In 2018, the state-of-the-art research vessel *Dr. Fridtjof Nansen* of the EAF-Nansen Programme conducted a survey of the waters off the coast of northern Mozambique, using its advanced technology and equipment to collect data and information on the resources in the area. The expedition provided a great opportunity to bring this ocean area to the attention of scientists and ocean enthusiasts, both to increase knowledge of its beauty and raise awareness of the challenges it faces.

Using the findings from the research survey, this book will take you on a journey through the marine landscape. You will learn about the diversity of its unique and beautiful fauna, as well as the impacts of human impacts on the habitats and species of the Cabo Delgado province.

As águas do Norte de Moçambique albergam algumas das jóias do Oceano Índico. Com mais de 2 800 km de linha de costa, Moçambique é o lar de uma vasta e diversificada gama de vida marinha que prospera numa variedade de habitats costeiros e marinhos. No entanto, a área é muito pouco estudada e os seus ecossistemas únicos encontram-se em risco devido a fatores naturais e antropogênicos.

Em 2018, o navio de investigação de última geração *Dr. Fridtjof Nansen* do Programa EAF-Nansen realizou um levantamento científico das águas ao largo da costa Norte de Moçambique, usando a sua tecnologia e equipamentos avançados para recolher dados e informações sobre os recursos na área. A expedição proporcionou uma grande oportunidade para chamar a atenção de cientistas e entusiastas do oceano para esta região oceânica, tanto para aumentar o conhecimento sobre a sua beleza quanto para sensibilizar para os desafios que esta enfrenta.

Usando os resultados obtidos durante o cruzeiro de investigação, este livro irá levá-lo numa viagem pela paisagem marinha. Irá aprender sobre a diversidade da sua fauna única e bela, assim como sobre os sinais dos impactos humanos nos habitats e espécies da província de Cabo Delgado.



ISBN 978-92-5-138477-0



9 789251 384770

CC0135B/1/12.23