



agência regional para o  
desenvolvimento da investigação  
tecnologia e inovação

# RELATÓRIO DA CAMPANHA OCEANOGRÁFICA OOM - 2017

FUNCHAL, 2018





# RELATÓRIO DA CAMPANHA OCEANOGRÁFICA OOM - 2017

FUNCHAL, 2018

Cofinanciado por:





# FICHA TÉCNICA

## TÍTULO

Relatório da Campanha Oceanográfica OOM -  
2017

## ENTIDADE COORDENADORA

Observatório Oceânico da Madeira

## COORDENAÇÃO

Rui Caldeira

## CONTRIBUTOS (por ordem alfabética)

Alicia Herrera

Ana Dinis

Ana Isabel Santos

Anabela Oliveira

Andreia Braga-Henriques

Antonieta Amorim

Áurea Narciso

Bruno Ramos

Carolina Camargo

Cátia Azevedo

Cláudia Ribeiro

Gustavo Silva

Ignacio Gestoso

Jesus Reis

João Canning-Clode

João Monteiro

Mafalda Freitas

Manfred Kaufmann

Manuel Biscoito

Maria João Lima

Pedro Neves

Rui Caldeira

Rui Vieira

Soledad Álvarez

Teresa Silva

## COMPILAÇÃO DE INFORMAÇÃO

Cátia Azevedo

Maria João Lima

## REVISÃO DO TEXTO

Jessica Sousa

Sónia Costa

## PAGINAÇÃO E DESIGN

Filipe Gomes

Paulo Ferreira

## EDIÇÃO

ARDITI

Edifício Madeira Tecnopolo, Piso 2

Caminho da Penteada

9020-105 Funchal

Portugal

© ARDITI

## DATA

Setembro de 2018

## ISBN

978-989-54106-1-3

## SUGESTÃO DE CITAÇÃO

Observatório Oceânico da Madeira. (2018).  
Relatório da Campanha Oceanográfica OOM -  
2017. Funchal: ARDITI. ISBN 978- 989-54106-1-3



## AGRADECIMENTOS

Abaixo segue uma lista das entidades e instituições que colaboraram com o Observatório Oceânico da Madeira para garantir o sucesso desta campanha. Agradece-se também a todas as pessoas, instituições e entidades que, apesar de não serem referidas, de alguma forma contribuíram para a concretização dos objetivos desta missão científica.

Alfândega do Funchal

APRAM - Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira, S. A

Atalaya Diving Club

Câmara Municipal do Funchal

Comando da Zona Marítima da Madeira

Delegado de Saúde do Concelho do Funchal

DGAM - Direção Geral da Autoridade Marítima

DGPM - Direção-Geral de Política do Mar do Ministério do Mar

Direção Regional das Pescas da Madeira

EMEPC - Estrutura de Missão para a Extensão da Plataforma Continental

Instituto Hidrográfico da Marinha Portuguesa

JFM Shipping, Lda

Madeira Divepoint

Ministério dos Negócios Estrangeiros

Serviço de Estrangeiros e Fronteiras

SOCIB - Sistema de Observación y Predicción Costero de las Illes Balears

Universidad de Cadiz



## ÍNDICE

LISTA DE ABREVIATURAS . . . . .	4
DADOS DE SATÉLITE. . . . .	14
<b>PARTE I:</b> . . . . .	19
NRP AURIGA . . . . .	19
1. INTRODUÇÃO . . . . .	21
2. NAVIO HIDROGRÁFICO NRP AURIGA . . . . .	21
MEIOS TÉCNICOS . . . . .	23
3. SÍNTESE DOS TRABALHOS . . . . .	24
3.1 CARACTERIZAÇÃO HIDROGRÁFICA . . . . .	24
3.1.1 OBJETIVOS . . . . .	24
3.1.2. ÁREAS DE ESTUDO E METODOLOGIAS . . . . .	25
3.1.3. RESULTADOS . . . . .	25
3.2. AMOSTRAGEM DE ÁGUA . . . . .	27
3.2.1 OBJETIVOS . . . . .	27
3.2.2 ÁREAS DE ESTUDO E METODOLOGIAS . . . . .	27
3.2.3 RESULTADOS . . . . .	29
3.3. AMOSTRAGEM DE SEDIMENTOS . . . . .	30
3.3.1. OBJETIVOS . . . . .	30
3.3.2. ÁREAS DE ESTUDO E METODOLOGIAS . . . . .	30
3.3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO . . . . .	33
3.4. AMOSTRAGEM DE MICROPLÁSTICOS . . . . .	35
3.4.1. OBJETIVOS . . . . .	35
3.4.2. ÁREAS DE ESTUDO E METODOLOGIAS . . . . .	35
3.4.3. RESULTADOS . . . . .	36
3.5. AMOSTRAGEM DE FITO E ZOOPLÂNCTON . . . . .	37
3.5.1. OBJETIVOS . . . . .	37
3.5.2. ÁREAS DE ESTUDO E METODOLOGIAS . . . . .	38
3.5.3. RESULTADOS . . . . .	39

3.6. ECOLOGIA E DIVERSIDADE DE HABITATS COSTEIROS . . . . .	40
3.6.1. PROFUNDIDADES DE 4 A 12 M . . . . .	41
3.6.1.1. OBJETIVOS . . . . .	41
3.6.1.2. ÁREAS DE ESTUDO E METODOLOGIAS . . . . .	41
3.6.1.3. RESULTADOS . . . . .	44
3.6.1.4. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES . . . . .	46
3.6.2. PROFUNDIDADES SUPERIORES A 18 M . . . . .	49
3.6.2.1. OBJETIVOS . . . . .	49
3.6.2.2. ÁREAS DE ESTUDO E METODOLOGIAS . . . . .	49
3.6.2.3. RESULTADOS . . . . .	50
3.6.2.4. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES . . . . .	52
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	53
<b>PARTE II:</b> . . . . .	57
B/O SOCIB . . . . .	57
1. INTRODUÇÃO . . . . .	58
2. CARACTERIZAÇÃO DO B/O SOCIB . . . . .	58
3. EQUIPA TÉCNICO-CIENTÍFICA E TRIPULAÇÃO . . . . .	60
4. OCEANOGRAFIA FÍSICA	
4.1. OBJETIVOS . . . . .	61
4.2. INSTRUMENTOS E METODOLOGIAS UTILIZADOS . . . . .	61
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO . . . . .	67
4.3.1. CARACTERIZAÇÃO DA DINÂMICA COSTEIRA . . . . .	67
4.3.2. CARACTERIZAÇÃO DA ESTEIRA DE ÁGUA QUENTE A SUDOESTE (SW) DA ILHA . . . . .	76
4.3.3. GERAÇÃO DE ONDAS INTERNAS ENTRE A PONTA DE S. LOURENÇO E AS ILHAS DESERTAS . . . . .	79
4.4. CONCLUSÕES . . . . .	83
5. FITOPLÂNCTON E ZOOPLÂNCTON . . . . .	83
5.1. OBJETIVOS . . . . .	83
5.2. METODOLOGIAS E RESULTADOS . . . . .	84

5.2.1. DADOS HIDROGRÁFICOS . . . . .	84
5.2.2. AMOSTRAGEM DE ÁGUA PARA ANÁLISE DE MACRONUTRIENTES	84
5.2.3. AMOSTRAGEM DE ÁGUA PARA ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DA COMUNIDADE DE FITOPLÂNCTON POR HPLC . . . . .	85
5.2.4. AMOSTRAGEM DE ÁGUA PARA IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE PICOPLÂNCTON (0.2-2 MM) . . . . .	85
5.2.5. AMOSTRAGEM DE ÁGUA PARA IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE NANOPLÂNCTON - COCOLITÓFOROS (2-20 MM) . . . . .	86
5.2.6. AMOSTRAGEM DE ÁGUA PARA IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE MICROPLÂNCTON - DINOFLAGELADOS E DIATOMÁCEAS (20-200 MM)	86
5.2.7. AMOSTRAGEM DE ÁGUA PARA ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DA COMUNIDADE DE ZOOPLÂNCTON . . . . .	86
6. GRANDES VERTEBRADOS MARINHOS . . . . .	88
6.1. OBJETIVOS . . . . .	88
6.2. METODOLOGIAS . . . . .	89
6.3. RESULTADOS . . . . .	89
7. ECOLOGIA BENTÓNICA - ICTIOFAUNA E CRUSTÁCEOS DEMERSAIS . . . . .	90
7.1. OBJETIVOS . . . . .	90
7.2. ÁREAS DE ESTUDO E METODOLOGIAS . . . . .	90
7.3. RESULTADOS . . . . .	92
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	93
CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .	94
APÊNDICE I . . . . .	95
APÊNDICE II . . . . .	109

## LISTA DE ABREVIATURAS

ADCP - Acoustic Doppler Current Meter  
AGRRA - Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment  
B/O SOCIB - Buque Oceanográfico SOCIB - Sistema de Observación y Predicción Costero de las Illes Balears  
CIIMAR Madeira - Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental da Madeira  
CIIMAR-Porto - Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental da Universidade do Porto  
CIM - Centro de Instrumentação Marítima  
CMF - Câmara Municipal do Funchal  
CTD - Conductivity, Temperature, Depth  
CZMM - Comando de Zona Marítimo da Madeira  
DQEM - Diretiva Quadro Estratégia Marinha  
DRP - Direção Regional das Pescas  
EBMF - Estação de Biologia Marinha do Funchal  
ECOBIOTEC - Bioremediation and Ecosystems Functioning  
EMEPC - Estrutura de Missão para a Extensão da Plataforma Continental  
EOF - Empirical Orthogonal Functions  
EOMAR - Grupo de Ecofisiología de Organismos Marinos  
EOS - Equação do Estado da Água do Mar  
GCRMN - Global Coral Reef Monitoring Network  
GEBCO - General Bathymetric Chart of the Oceans  
GM - Divisão de Geologia Marinha  
HPLC - High performance liquid chromatography  
IH - Instituto Hidrográfico  
IU-ECOAQUA - Instituto Universitario de Acuicultura Sostenible y Ecosistemas Marinos  
LISST- Laser in situ transmissometer  
MARE Madeira- Centro de Ciências do Mar e do Ambiente da Madeira  
MBeLab - Laboratório de Biologia, Ecologia e Conservação Marinha da Madeira  
MMF - Museu Municipal do Funchal  
MPhytoLab/UMa - Madeira Phytoplankton Lab da Universidade da Madeira  
MPS - Matéria Particulada em Suspensão  
NRP - Navio da República Portuguesa  
OC - Divisão de Oceanografia  
ODV - Ocean Data View  
OOM - Observatório Oceânico da Madeira  
PAR - Photosynthetically active radiation

RLS - Reef Life Survey

SMT - Colhedor Smith-McIntyre

TDR - Temperature, Depth, Recorder

UCTD - Underway Conductivity, Temperature, Depth

ULPGC - Universidad deLas Palmas de Gran Canaria

UV/VIS - Ultravioleta/Visivel

VMP - Vertical Microstructure Profiler

VUB - Vrije Universiteit Brussel

WRF - Weather Research and Forecasting



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Imagens de satélite (MODIS-Aqua) da área de estudo. a) Temperatura superficial da água em graus Celsius; b) concentração de clorofila em mg/m <sup>3</sup> . . . . .	14
Figura 2 - Gráficos representativos do modelo COAWST. a) Direção e intensidade do vento; b) direção e intensidade da corrente à superfície. . . . .	16
Figura 3 - Navio Hidrográfico NRP Auriga atracado no Porto do Funchal. . . . .	22
Figura 4 - Localização das estações de amostragem (assinaladas com pontos pretos) onde foram feitos os registos com o CTD. . . . .	26
Figura 5 - Exemplo de perfis CTD: a) Ponta de S. Lourenço (St.55) e b) Ponta do Pargo (St.60). . . . .	26
Figura 6 - a), b) e c) exemplares de espécies de fitoplâncton; d) exemplar de um indivíduo de zooplâncton. . . . .	28
Figura 7 - a) Sistema de filtração de água para análise de pigmentos por HPLC e de nanoplâncton; b) rede Apstein para colheita de fitoplâncton; c) rede Apstein para colheita de microzooplâncton; d) sistema CTD; e) colheita de sedimento com a draga SMT. . . . .	29
Figura 8 - Recolha de amostras de sedimento e organismos bentónicos associados (incluindo corais pretos - colónias não ramificadas a lembrar um chicote) após a operação de dragagem com a draga "Smith-McIntyre" do Instituto Hidrográfico. . . . .	31
Figura 9 - Triagem do material biológico para posterior catalogação em base de dados e preservação dos espécimes. . . . .	32
Figura 10 - Litoteca OOM/EBMF - Arquivo com o material biológico e sedimentos recolhidos durante a Campanha Oceanográfica OOM - 2017 depositadas na EBMF. . . . .	33
Figura 11 - Localização dos quatro transectos de amostragem de microplásticos. . . . .	36
Figura 12 - Imagens da manta trawl largada pela popa do navio. . . . .	36
Figura 13 - Estações de amostragem do NRP Auriga entre a Ponta de São Lourenço e as Desertas. . . . .	38
Figura 14 - Estações de amostragem do NRP Auriga na costa Sul da ilha da Madeira. . . . .	38
Figura 15 - Algumas etapas do procedimento com a rede Bongo usada para a recolha de zooplâncton. . . . .	39
Figura 16 - Frascos de amostragem da rede Bongo. . . . .	40
Figura 17 - Localização da área de particular interesse para caracterização de habitats e biótopos costeiros. . . . .	41
Figura 18 - Localização de pontos de amostragem (transectos) de habitats costeiros, a baixa profundidade (4-6 m e 9-11 m), realizados no âmbito da Campanha Oceanográfica OOM - 2017 e complementados no âmbito do projeto MIMAR. . . . .	42
Figura 19 - Abundâncias relativas (por transecto) de organismos bentónicos (a. e d.), peixes (b. e.) e macroinvertebrados móveis (c. e f.), na Ponta do Pargo (em cima) e na Fajã da Ovelha (em baixo). . . . .	45
Figura 20 - Non-metric MDS de índice de similaridade (Bray-Curtis) da estrutura da comunidade bentónica sésil. Ordenação de transectos de bentos, representadas por local e estrato de profundidade (FO vs PP e 4-6m vs 9-11m); estrutura da comunidade agrupada (a-d) e por diferenças significativas (p<0,05) na abundância relativa de categorias taxonómicas; correlação com ordenação e variabilidade de comunidade bentónica sésil (agrupada por grupos funcionais), representada por vetores. . . . .	46

Figura 21 - Classificação de amostras (transectos) por diferenças significativas (rotina SIMPROF). Grupos com diferenças significativas representam biocenoses (estrutura da comunidade) significativamente diferentes. . . . .	.47
Figura 22 - “Shade plot” de abundâncias relativas (0-10) de categorias taxonómicas sésseis e respetivo índice de associação (dendrograma à esquerda) por transecto, agrupados por diferenças significativas (SIMPROF a-d). . . . .	.47
Figura 23 - Non-metric MDS de índice de similaridade (Bray-Curtis), da estrutura da comunidade bentónica sésstil. Ordenação de transectos de bentos, representando grupos significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ), segundo a rotina SIMPROF (a-d); correlação com ordenação e variabilidade da comunidade bentónica sésstil (agrupada por grupos funcionais), representada por vetores e densidade ( $n/100m^2$ ) de espécies de ouriços (herbívoros raspadores), e por tamanho de secções de círculos. . . . .	.48
Figura 24 - Localização dos locais de amostragem (CRS: EPSG 5016). . . . .	.50
Figura 25 - Abundância média das dez espécies observadas em maior quantidade nos censos visuais ( $N=6$ , $A= 100 m^2$ ), em duas localidades, entre as profundidades de 18 e 22 m. As barras de erro representam o desvio padrão em relação aos valores médios.. . . .	.51
Figura 26 - Navio de investigação B/O SOCIB no Porto do Funchal. . . . .	.58
Figura 27 - Laboratórios de trabalho. a) Laboratório seco; b) laboratório húmido. . . . .	.59
Figura 28 - Equipamento para elevação e movimentação dos instrumentos oceanográficos; a) porta hidráulica; b) grua; c) guincho hidráulico; d) guincho portuário. . . . .	.59
Figura 29 - Participantes no último dia da campanha no convés de trabalho do B/O SOCIB. . . . .	.61
Figura 30 - a) CTD SBE 19 PLUS V2 Se SeaCATProfiler; b) localização dos pontos em que foram feitas amostragens com o CTD SBE 19 plus V2 SeaCATProfiler. . . . .	.62
Figura 31 - a) Conjunto de equipamentos incorporados na Rosette. b) localização dos pontos em que foram feitas as amostragens com o CTD SBE 911 Plus.. . . .	.63
Figura 32 - a) Termosalinógrafo instalado no navio. b) Localização dos pontos em que foi feita a amostragem com o termosalinógrafo.. . . .	.63
Figura 33 - VMP durante a sua utilização. A franja a branco visível na imagem da esquerda serve para estabilizar o equipamento durante a descida na água.. . . .	.64
Figura 34 - Localização dos pontos em que foi feita a amostragem com o VMP. . . . .	.65
Figura 35 - a) Operação do uCTD; b) sonda do uCTD. . . . .	.65
Figura 36 - Localização dos pontos em que foi feita a amostragem com o uCTD. . . . .	.66
Figura 37 - Representação dos resultados obtidos através do termosalinógrafo. a) Temperatura da superfície; b) salinidade da camada superficial; c) densidade da águas à superfície.. . . .	.68
Figura 38 - a) Representação do corte longitudinal efetuado com o uCTD na batimétrica dos 200 m, na costa norte e b) na costa sul. . . . .	.68
Figura 39 - a) Representação dos valores de temperatura da água ao longo do corte longitudinal obtidos através do uCTD, na costa norte e b) na costa sul. . . . .	.69
Figura 40 - a) Representação dos valores de salinidade da água ao longo do corte longitudinal obtidos através do uCTD, na costa norte e b) na costa sul. c) Zoom da coluna de água, nos primeiros 10 m, do transecto norte. . . . .	.70
Figura 41 - a) Representação da frequência de Brunt Vaisala ao longo do corte longitudinal na costa norte e b) zoom da coluna de água, nos primeiros 10 m.. . . .	.71
Figura 42 - a) Representação da frequência de Brunt Vaisala ao longo do corte longitudinal na costa sul e b) zoom da coluna de água, nos primeiros 10 m.. . . .	.71

Figura 43 - Representação do corte longitudinal na batimétrica dos 1000 m, na costa sul. . . . .	.72
Figura 44 - Representação do corte longitudinal na batimétrica dos 200 m, na costa sul.. . . .	.72
Figura 45 - Representação das componentes a) U (paralelo à costa) e b) V (perpendicular à costa) da velocidade da corrente na costa sul, batimétrica dos 200 m. . . . .	.73
Figura 46 - Representação das componentes U e V da velocidade da corrente na costa norte, batimétrica dos 200 m. a) Componente U e b) componente V. Círculo a vermelho identifica a maior velocidade do sector. . . . .	.73
Figura 47- a) Representação do primeiro modo espacial ortogonal, e do b) segundo modo espacial ortogonal para o período da campanha.. . . .	.74
Figura 48 - a) Painel representativo da velocidade da corrente, no b) corte transversal efetuado na zona sudoeste da ilha. . . . .	.74
Figura 49 - a) dissipação ( $\epsilon$ ) nas estações de 1000 m de profundidade na Calheta; b) elevação de maré na Calheta; c) dissipação ( $\epsilon$ ) nas estações de 200 m de profundidade na Calheta.	.75
Figura 50 - Mapa do corte longitudinal efetuado com o uCTD na batimétrica dos 1000 m na costa sul.. . . .	.76
Figura 51 - Representação da temperatura da água ao longo do corte longitudinal obtido através do uCDT, entre a Ponta do Pargo e o Funchal. . . . .	.77
Figura 52 - Representação da salinidade da água ao longo do corte longitudinal obtido através do uCDT, entre a Ponta do Pargo e o Funchal. . . . .	.77
Figura 53 - Perfil vertical da temperatura e salinidade na costa sudoeste - Calheta e costa norte (Faial). . . . .	.78
Figura 54 - Perfis verticais da temperatura e da salinidade, com referência temporal ao dia e à noite, para a) costa sudoeste e b) costa norte. . . . .	.79
Figura 55 - Diagramas TS, com referência temporal ao dia e à noite, para a) costa sudoeste e b) costa norte. . . . .	.79
Figura 56 - Perfil representativo de sigma-theta na área de estudo. . . . .	.80
Figura 57- a) Perfil vertical da velocidade da corrente na vazante e b) enchente medido pelo ADCP na Ponta de S. Lourenço. Os painéis superiores representam a variação da maré no mesmo local. Assinalado com um (*) está o instante correspondente ao perfil de corrente representado. . . . .	.80
Figura 58 - Intensidade das componentes este e norte das correntes oceânicas a 95 m. Dados provenientes do ADCP fundeado na Ponta de S. Lourenço. Os picos sugerem a ocorrência de ondas internas de período curto. . . . .	.81
Figura 59 - Análise espectral das correntes (componente U e V) medidas a 95 m na Ponta de S. Lourenço entre agosto e outubro de 2017. . . . .	.82
Figura 60 - a) Representação espacial da densidade à superfície, b) temperatura à superfície, c) localização dos pontos de amostragem e d) salinidade à superfície.. . . .	.82
Figura 61 - a), b) e c) Exemplares de espécies de fitoplâncton; d) exemplar de um indivíduo de zooplâncton; e) colheita de amostras de água a várias profundidades com Rosette (CTD e garrafas de Niskin acoplados). . . . .	.87
Figura 62 - a) Recolha de amostras de água com garrafas de Niskin; b) rede Apstein para colheita de fitoplâncton; c) colheita de sedimento com a draga SMT; d) sistema de filtração de água para análise de pigmentos por HPLC e de nanoplâncton. . . . .	.88
Figura 63 - Taxa identificados e respetiva quantidade de avistamentos. . . . .	.89
Figura 64 - a) Covos bentónicos (MMF); b) covos semiflutuantes. . . . .	.91

Figura 65 - Teia mista com covos bentônicos (MMF) e covos semi-flutuantes. . . . .	91
Figura F 1 - Abundância relativa de organismos sésseis (categorias taxonómicas) por grupos funcionais (REF), em cada transecto. . . . .	104
Figura F 2 - Composição e densidade de peixes por grupo trófico - invertívoros, omnívoros, herbívoros, carnívoros (predadores mistos) e piscívoros dentro de cada transecto. . . . .	105
Figura F 3 - Composição e densidade de macroinvertebrados móveis por grupo trófico - herbívoros raspadores, herbívoros, detritívoros, predadores-carnívoros e planctívoros (filtradores) em cada transecto. . . . .	106
Figura F 4 - Média e respetivos desvios padrão do número de espécies (S), indivíduos (N) e índices de diversidade Shannon- Weaver (H') e Simpson (1-Lambda') de Peixes (topo) e Macroinvertebrados (inferior). . . . .	107
Figura F 5 - Densidade de peixes por grupo trófico (n/100m <sup>2</sup> ) para cada agrupamento de organismos sésseis com diferenças significativas (a-d). Diagramas representam, de baixo para cima, o mínimo, o 1º quartil, a mediana, o 3º quartil e o máximo. . . . .	108
Figura F 6 - Densidade de macroinvertebrados por grupo trófico (n/100m <sup>2</sup> ) para cada agrupamento de organismos sésseis com diferenças significativas (a-d). Diagramas representam, de baixo para cima, o mínimo, o 1º quartil, a mediana, o 3º quartil e o máximo. . . . .	108

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Modelos e esquemas físicos usados para efetuar as parametrizações do WRF. . . . .	15
Tabela 2 - Resumo das colheitas de MPS e perfis de LISST. . . . .	34
Tabela 3 - Dados preliminares do no de microplásticos contabilizados, distância percorrida em cada arrasto, volume de água filtrada, no de microplásticos por m <sup>3</sup> e por m <sup>2</sup> , para cada transecto realizado. . . . .	37
Tabela 4 - Localização e estratos de profundidade de transectos para caracterização de habitats costeiros, comunidades sésseis, peixes e invertebrados a Oeste da Ilha da Madeira.. . . .	43
Tabela 5 - Dados dos mergulhos efetuados. . . . .	50
Tabela 6 - Equipa técnico-científica.. . . .	60
Tabela 7 - Tripulação do navio. . . . .	60
Tabela 8 - Estações de amostragem de fito e zooplâncton na costa sul da ilha da Madeira. . . . .	87
Tabela 9 - Coordenadas das estações de lançamento de covos.. . . .	90
Tabela 10 - Espécies capturadas na Campanha B/O SOCIB 2017. . . . .	92



## NOTA PRÉVIA

A necessidade de aprofundar o conhecimento sobre os fenómenos e ecossistemas costeiros da ilha da Madeira, até ao momento escasso, levou o Observatório Oceânico da Madeira (OOM) a organizar e coordenar uma campanha oceanográfica a que chamou Campanha Oceanográfica OOM - 2017. Os trabalhos foram realizados entre 25 de julho e 30 de agosto de 2017 a bordo de duas embarcações equipadas com as condições necessárias para uma missão deste tipo: o Navio da República Portuguesa Auriga (NRP Auriga) e o espanhol Balearic Islands Coastal Observing and Forecasting System (B/O SOCIB). Apesar da importância geoestratégica da Madeira, a última campanha oceanográfica coordenada por uma entidade portuguesa ao largo desta ilha datava de 1982.

A campanha teve como principal objetivo recolher dados físicos, biológicos e biogeoquímicos, usando equipamentos de elevada resolução, que contribuíssem para uma melhor caracterização dos fenómenos marinhos que ocorrem nesta região.

Neste relatório é apresentado o resumo dos trabalhos que decorreram durante a campanha e é feito um balanço da mesma. O documento está dividido em duas partes. A primeira refere-se aos trabalhos efetuados a bordo do NRP Auriga e a segunda aos trabalhos realizados no B/O SOCIB. Em ambas as partes é feita uma descrição do respetivo navio, são explicadas as metodologias utilizadas nas amostragens realizadas, são identificados os constrangimentos sentidos e são apresentados alguns resultados preliminares. A análise de todas as amostras e dados recolhidos demorará vários meses, eventualmente anos, a ser efetuada em detalhe e publicada. No entanto, já foi possível retirar algumas conclusões sobre a dinâmica da ilha que são também apresentadas neste relatório.

É de salientar que as condições meteorológicas adversas durante a campanha fizeram com que o planeamento inicial fosse reajustado de acordo com as circunstâncias do momento.

A Campanha Oceanográfica OOM - 2017 foi co-financiada pelo Projeto Observatório Oceânico da Madeira (M1420-01-0145-FEDER-000001-Observatório Oceânico da Madeira- OOM).

## PREPARAÇÃO DA CAMPANHA

Antes de se iniciarem as tarefas no mar, decorreu um período de preparação em que foram reunidos e processados múltiplos dados de satélite que serviram de apoio para o planeamento da missão oceanográfica. Foram também realizadas diversas previsões com recurso a modelos de circulação atmosférica e oceânica. Os dados de satélite possibilitaram a identificação de áreas onde ocorreram variações da temperatura e da clorofila na superfície do mar, indicadores dos processos oceanográficos a estudar.

As previsões calcularam diariamente variáveis atmosféricas (temperatura do ar, precipitação e ventos), bem como variáveis oceanográficas (temperatura da água, salinidade e correntes), para o período da campanha.

## DADOS DE SATÉLITE

A análise por deteção remota foi feita com base nos dados obtidos a partir dos satélites MODIS-Terra (EOS AM-1) e MODIS-Aqua (EOS PM-1). Estes dados, compilados em formato netcdf4, têm uma resolução espacial de 1 Km e são produtos de nível 2, gerados a partir de dados/produtos de nível 1. A geração de dados de nível-2 adota uma metodologia de processamento que engloba uma correção atmosférica, uma calibração da radiância e a aplicação de algoritmos de parâmetros geofísicos. Após a recolha dos dados, estes foram analisados e tratados no software SEADAS 7.4 da NASA. Cada ficheiro de nível 2 (level-2) em formato netcdf4 foi importado e foi realizada uma projeção espacial das imagens para o sistema de coordenadas WGS84. De seguida, foi efetuado um corte da área geográfica (crop) em estudo (arquipélago da Madeira), tendo sido aplicada uma máscara sobre a cobertura nebulosa existente e uma máscara terrestre de forma a potenciar a visualização das variáveis físicas de interesse, nomeadamente: temperatura de superfície (SST), bem como

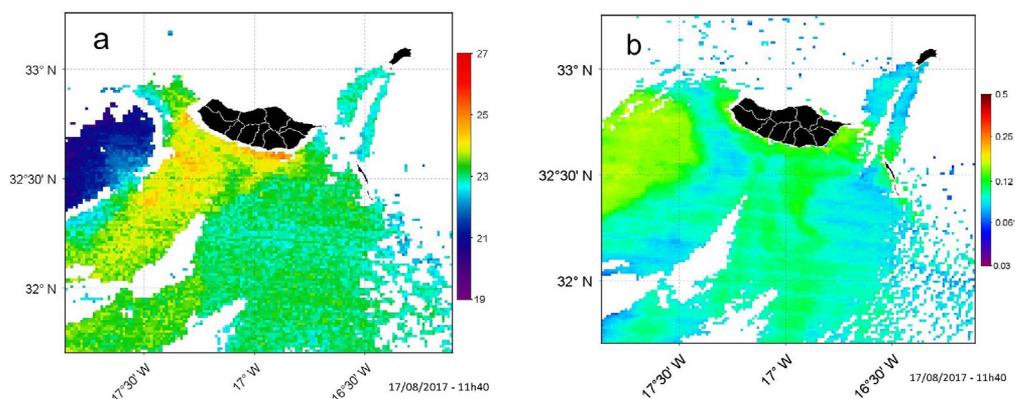


Figura 1 - Imagens de satélite (MODIS-Aqua) da área de estudo. a) Temperatura superficial da água em graus Celsius; b) concentração de clorofila em mg/m<sup>3</sup>.

concentração de clorofila à superfície do oceano (CHL). Para evidenciar as variações de SST e CHL, foram utilizadas escalas de cores considerando os valores locais. A Figura 1 representa algumas dessas imagens processadas.

## PREVISÕES METEO-OCEANOGRÁFICAS

As previsões foram efetuadas recorrendo ao sistema numérico COAWST - Coupled Ocean Atmosphere Wave Sediment Transport Modeling System (Warner, 2008). Este é um sistema de modelação acoplado que agrega quatro modelos distintos: o oceânico - ROMS, o de ondas - SWAN/WW3, e o atmosférico - WRF, bem como um módulo de transporte de sedimentos, que não foi ativado para o período da campanha. Este acoplamento permite a permuta de variáveis entre os diferentes modelos através do MCT - Modeling Coupling Toolkit. Nesta fase, apenas foi utilizado o acoplamento entre o WRF e o ROMS. O WRF forneceu previsões de ventos de superfície (a 10 m), pressão atmosférica, humidade relativa, temperatura atmosférica da superfície, precipitação, fluxos de rede de ondas-curtas e ondas-longas para ROMS. O ROMS fornece a temperatura da superfície do mar ao WRF. O modelo WRF 3.9, implementado no COAWST em modo operacional para a Madeira, é forçado nas fronteiras pelas previsões do modelo global da NCEP - National Centers for Environmental Prediction, nomeadamente o FNL - (Final) Operational Model Global Tropospheric Analyzes. Os dados disponíveis têm uma periodicidade de 6 horas e uma resolução espacial de 0.25 X 0.25o de latitude / longitude. A configuração da Madeira considera o modelo digital de terreno da SRTM - Shuttle Radar Topography Mission da NASA, com uma resolução 3 arc-sec, e a ocupação/uso do solo determinada pela cartografia do Corine Land Cover. Os esquemas físicos considerados para resolver a dinâmica atmosférica estão patentes na tabela abaixo.

Tabela 1- Modelos e esquemas físicos usados para efetuar as parametrizações do WRF.

<b>Microfísica</b>	<b>WRF Double-Moment 6-class Scheme</b>
Longwave & Short Radiation	Rapid Radiative Transfer Model
Camada limite (superfície)	Monin-Obukhov (Janjic Eta)
Modelo de superfície	Noah land-surface
Parameterização Cumulus	Kain-Fritsch

A configuração do WRF para a Madeira considera os termos não-hidrostáticos e, para resolver a turbulência, o modelo considera o termo de difusão de 2ª ordem, exceto na camada limite onde o escoamento turbulento é resolvido através do esquema de Smagorinsk. São consideradas 3 malhas centradas na Madeira, com resoluções espaciais de 27, 9 e 3 Km e os resultados são escritos a cada 24h para a malha de 27 Km, a cada 12h para a malha de 9 Km

e a cada 1h para a malha de 3 Km.

O modelo de circulação oceânica (ROMS-Rutgers) foi forçado na fronteira pelo modelo global MERCATOR (GLOBAL\_ANALYSIS\_FORECAST\_PHY\_001\_024), com uma resolução espacial de 1/12o (latitude / longitude). O modelo de circulação teve em conta o efeito das marés, considerando 10 componentes harmónicas (M2; S2; N2; K2; K1; O1; P1; Q1; Mf; Mm), calculadas pelo modelo global TPX07.

A batimetria representativa da Madeira foi extraída do GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans) com uma resolução de 30 arc-sec e com profundidades que variam entre os 20 e os 4000 m. Nas fronteiras, as variáveis 3D (temperatura, salinidade, U, V) consideraram uma condição de radiação, a superfície livre do oceano considerou uma condição de fronteira explícita de Chapman, e as variáveis 2D consideraram a condição de radiação definida por Shchepetkin. A densidade foi calculada através da EOS - Equação do Estado da Água do Mar -, considerando uma densidade de referência de 1027 kg/m<sup>3</sup>. São consideradas 2 malhas centradas na Madeira com resoluções espaciais de 3 e 1 Km respetivamente, e os resultados são escritos a cada 6 h para a malha de 3 Km e a cada 1 h para a malha de 1 Km.

As variáveis entre os modelos (WRF-ROMS-WW3) são atualizadas a cada 30 min através do sistema de acoplamento MCT. Devido ao elevado custo computacional deste sistema, e de modo a podermos ter acesso às previsões em tempo útil, o modelo foi configurado para simular diariamente 4 dias (1 dia de antevisão e 3 dias de previsão). A título de exemplo, na Figura 2 estão representados alguns dos resultados dos cálculos obtidos com o COAWST. Os principais dados de satélite e as previsões encontram-se disponíveis numa página web construída para o efeito (<https://oom.arditi.pt/mission082017/>).

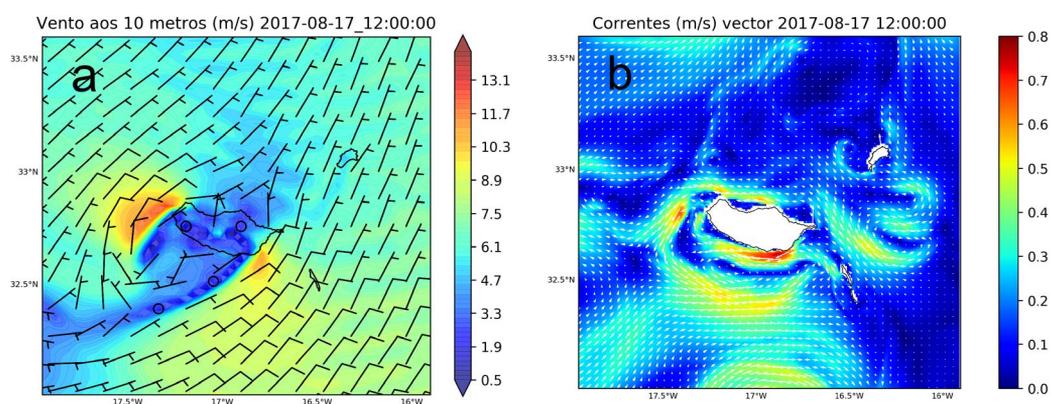


Figura 2 - Gráficos representativos do modelo COAWST. a) Direção e intensidade do vento; b) direção e intensidade da corrente à superfície.





PARTE I:  
**NRP AURIGA**





# 1. INTRODUÇÃO

Os trabalhos científicos realizados a bordo do NRP Auriga decorreram entre 25 de julho a 23 de agosto de 2017 e resultaram da colaboração entre o Instituto Hidrográfico (IH) e o OOM. O objetivo geral desta missão consistiu no estudo dos processos oceanográficos responsáveis pelo transporte de partículas orgânicas e terrígenas entre a zona costeira e o oceano profundo. De modo mais pormenorizado, com esta missão pretendeu-se:

- estudar a interação entre a dinâmica costeira e oceânica;
- caracterizar o tipo de partículas (a nível composicional e textural) e a respetiva interação com os processos oceanográficos dominantes (upwelling, eddies, frentes);
- estudar o papel da ilha da Madeira na captura e retenção de partículas orgânicas e inorgânicas;
- detetar hotspots de disponibilidade de nutrientes;
- recolher e catalogar material biológico bentónico (corais, rodólitos, macroalgas, foraminíferos) e pelágico (fito e zooplâncton), bem como caracterizar os respetivos habitats.

A principal área de estudo abrangida foi a costa sul da ilha da Madeira, em particular a plataforma continental adjacente à Ponta do Pargo (extremo oeste) e à Ponta de S. Lourenço (extremo este).

É de salientar que os resultados apresentados nesta parte do relatório são muito preliminares, pois o seu processamento é moroso, complexo e requer, para algumas áreas de estudo, o recrutamento de mais especialistas.

## 2. NAVIO HIDROGRÁFICO NRP AURIGA

O NRP Auriga (Figura 3) é uma lancha hidrográfica que foi construída no Arsenal do Alfeite em 1987 e que passou a integrar o efetivo dos Navios da Armada em março de 1988. Apresenta um comprimento de 31,4 m, uma boca de 7,7 m e um calado de 3,1 m. Atinge uma velocidade máxima de 12 nós, sendo a sua velocidade de cruzeiro operacional de 10 nós. Tem capacidade para 2 oficiais, 2 sargentos, 9 praças e 5 cientistas, que podem estar a bordo apenas no período diurno.

Esta embarcação ostenta os seguintes equipamentos:

- um radar Koden MDC-1540F;
- uma grua hidráulica telescópica HIAB 60 SEA CRANE;
- um pórtico basculante de 2000 kg na popa;
- um guincho oceanográfico com cabo mecânico e eletromecânico;
- uma cegonha hidráulica de 400 kg no través de EB;
- cabrestantes de 2500 kg e 5000 kg a ré;
- um laboratório munido de arcas congeladoras para o acondicionamento das amostras recolhidas ao longo da campanha.

Pelas suas capacidades e características, o NRP Auriga tem viabilizado um conjunto de atividades de serviço público na promoção do desenvolvimento científico, tecnológico, social, económico e ambiental do país (Portal da Marinha, 2017).



Figura 3 - Navio Hidrográfico NRP Auriga atracado no Porto do Funchal.

## MEIOS TÉCNICOS

A missão a bordo do NRP Auriga recorreu aos seguintes equipamentos:

- Duas sondas TDR (Temperature-Depth Recorder);
- Um laser de difração submersível, modelo LISST-200x (Sequoia Instruments) e respetiva estrutura de suspensão;
- Dois correntómetros acústicos ADCP 600 kHz (RDI Instruments);
- Duas amarrações;
- Duas bombas de trasfega e mangueiras;
- Duas dragas Smith-McIntyre (SMT);
- Um sistema de amostragem de água do tipo Rosette (10 garrafas de Niskin de 2,5 e 5 L) com um CTD Idronaut acoplado;
- Um CTD Seabird 19 Plus;
- Uma rede manta trawl;
- Uma rede Neuston e respetivo coletor;
- Duas redes Apstein, uma de 20  $\mu\text{m}$  e outra de 100  $\mu\text{m}$ ;
- Uma rede Bongo 60, com malha de 335  $\mu\text{m}$  e 500  $\mu\text{m}$ ;
- Material diverso de colheita e armazenamento de amostras.

Para efetuar as amostragens biológicas e físico-químicas, integraram a missão no NRP Auriga duas equipas técnicas: uma pertencente à divisão de Geologia Marinha (GM) e outra à divisão de Oceanografia (OC); e duas de apoio: uma do Centro de Instrumentação Marítima (CIM) e uma do Comando de Zona Marítima da Madeira (CZMM), fazendo todas parte do IH. Também estiveram a bordo para a realização destes trabalhos científicos vários investigadores do OOM.

A equipa técnica da divisão de GM foi constituída pela TS Anabela Oliveira e pela TS Ana Isabel Santos e a da divisão de OC pelo TSB Nuno Zacarias e pelo 1TEN Santos Melo. O CAB M Nunes Santos e o AO Carlos Barata formaram a equipa de apoio do CIM e o MAR Diogo Trancadas compôs a equipa de apoio do CZMM.

A equipa de investigadores do OOM foi constituída por:

- Rui Caldeira (OOM), chefe de campanha;
- Manfred Kaufmann, Teresa Silva e Áurea Narciso (OOM/EBMF), responsáveis pela amostragem de água;
- Manuel Biscoito, Andreia Braga-Henriques, Ana Nóbrega, Cláudia Ribeiro e Elizaveta Akoulina (OOM/EBMF), responsáveis pelas dragagens;
- João Canning-Clode, Ignacio Gestoso e Soledad Álvarez (MARE-Madeira/OOM) e Alicia Herrera (EOMAR, IU-ECOQUA, ULPGC), responsáveis pela amostragem de microplásticos;
- Manfred Kaufmann, Teresa Silva, Ana Sousa (EBMF), Maria João Lima, Gustavo Silva e Ricardo Faria (OOM) e Antonieta Amorim (DRP), responsáveis pela amostragem de fitoplâncton e zooplâncton;
- João Canning-Clode, João Monteiro, Ignacio Gestoso, Nuno Castro, Peter Prikryl (MARE-Madeira/OOM) e Susanne Schäfer (MARE/Canning-Clode Marine Lab), responsáveis pelo mergulho científico dos 4 aos 12 m de profundidade;
- Cláudia Ribeiro, Pedro Neves (OOM/MBe Lab) e Susanne Schäfer (MARE/Canning-Clode Marine Lab), responsáveis pelo mergulho científico a profundidades maiores de 18 m.

## 3. SÍNTESE DOS TRABALHOS

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO HIDROGRÁFICA

#### 3.1.1 OBJETIVOS

Fazer um registo dos principais parâmetros físico-químicos na coluna de água para caraterizar o mais detalhadamente possível as massas de água dos locais de estudo.

### 3.1.2. ÁREAS DE ESTUDO E METODOLOGIAS

A primeira tarefa a bordo do NRP Auriga consistiu no fundeamento de dois correntómetros acústicos (ADCP, do inglês Acoustic Doppler Current Meter) que permaneceram durante 30 dias, no Funchal e na Ponta do Garajau, a fazer o registo das correntes na coluna da água. Foi também utilizado um equipamento conhecido como CTD (do inglês, Conductivity, Temperature and Depth) para efetuar perfis de condutividade, temperatura e profundidade/pressão na Ponta do Pargo e na Ponta de S. Lourenço. Adicionalmente foi medida a concentração de clorofila na água com recurso a um fluorómetro acoplado no equipamento. O CTD utilizado inicialmente (Idronaut) sofreu uma avaria na terminação eletromecânica do guincho que o suportava, o que inviabilizou a sua utilização. Como alternativa, foi utilizado o CTD do OOM (Seabird 19 Plus). No entanto, este CTD não permitia a visualização em tempo real dos dados, apenas efetuava a gravação para posterior análise, o que dificultou o trabalho dos operadores. A acrescentar a estas limitações técnicas a equipa teve de suportar as condições meteorológicas adversas.

### 3.1.3. RESULTADOS

No total, foram efetuados 31 perfis (53% dos inicialmente previstos) de condutividade, temperatura e profundidade/pressão, obtidos com o CTD do OOM. Vinte e seis destes perfis foram efetuados na Ponta do Pargo (de 42 estações de amostragem previamente planeadas) e 5 na Ponta de S. Lourenço (de 16 estações previamente planeadas) (Apêndice I Figura B). Os locais em que foram realizados os perfis de CTD estão representados na figura 2 e as posições geográficas das estações estão detalhadas no Apêndice I Tabela B.

Na Figura 3, são apresentados dois perfis CTD representativos das condições hidrológicas vigentes na Ponta de S. Lourenço e na Ponta do Pargo. A análise destes perfis permite afirmar que na Ponta de S. Lourenço as temperaturas da coluna de água registadas foram inferiores às verificadas na Ponta do Pargo. Para os níveis de clorofila verifica-se o oposto, ou seja, o nível máximo de clorofila registado com o fluorómetro, a -55 m de profundidade ( $>3,0 \mu\text{g/L}$ ) foi 3x superior ao valor máximo observado na Ponta do Pargo ( $1,12 \mu\text{g/L}$  aos 70 m de profundidade).

Os dados recolhidos com o CTD serão posteriormente analisados com maior detalhe e o protocolo a usar será o GO-SHIP (McTaggart et al., 2010).

Nas mesmas estações de amostragem em que se recolheram dados com o CTD foram também realizadas 31 colheitas de água, com bomba a 5 m de profundidade, seguindo-se a sua filtração a bordo. Estas colheitas servirão para estudos sobre o nanoplâncton calcário, fitopigmentos, através de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC, do inglês High Performance Liquid Chromatography), e matéria particulada em suspensão.

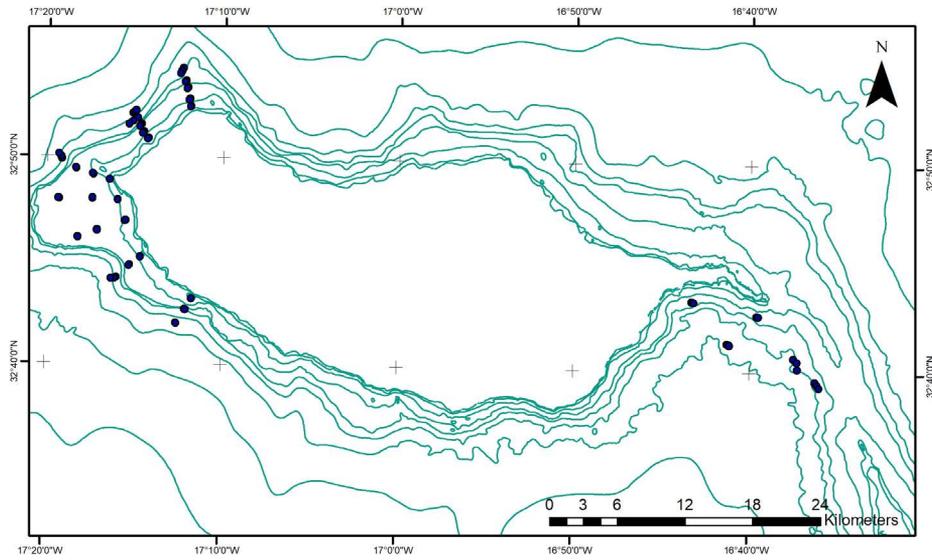


Figura 4 - Localização das estações de amostragem (assinaladas com pontos pretos) onde foram feitos os registos com o CTD.

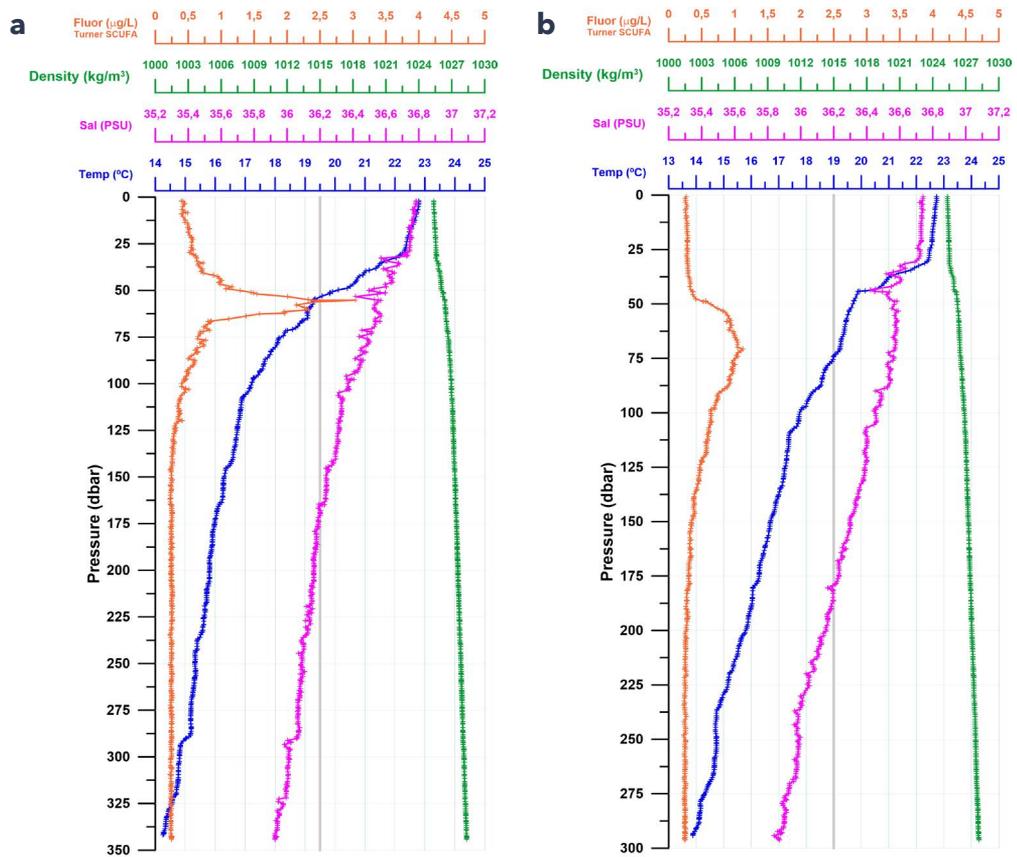


Figura 5 - Exemplo de perfis CTD: a) Ponta de S. Lourenço (St.55) e b) Ponta do Pargo (St.60).

## 3.2. AMOSTRAGEM DE ÁGUA

### 3.2.1 OBJETIVOS

Com esta componente da campanha pretendeu-se fazer a caracterização da comunidade de fitoplâncton e zooplâncton na ilha da Madeira. Este estudo enquadra-se em dois dos objetivos principais desta campanha: 1) a avaliação da influência dos processos físicos de mesoescala (upwelling, eddies, frentes) associados à ilha sobre a agregação, retenção e dispersão de partículas orgânicas e inorgânicas e 2) o estudo da interação entre a dinâmica costeira e oceânica.

O trabalho de amostragem desta componente pretendeu responder às seguintes questões:

- Existe uma influência detetável da ilha da Madeira na abundância, composição e distribuição da comunidade de fitoplâncton?
- Estará o mecanismo de upwelling a provocar um aumento no crescimento do microfitoplâncton?
- Existem diferenças na abundância e na composição da comunidade de fitoplâncton, entre as águas de zonas costeiras e as águas de oceano profundo, nomeadamente nas comunidades predominantes de pico e nanoplâncton?
- Existe uma diferença na diversidade de espécies entre os dois grupos de microplâncton (diatomáceas e dinoflagelados) em comparação com o nanoplâncton (cocolitóforos) para além da diferença na abundância total?
- São as características da produção primária em torno da ilha diferentes daquela que ocorre no oceano aberto? Será essa produção primária transferida à produção secundária, expressa por valores altos de biomassa de zooplâncton?
- Existem diferenças na composição das comunidades de zooplâncton entre massas de água do Norte e do Sul da ilha? Estará esta diferença relacionada com propriedades hidrográficas distintas?

### 3.2.2 ÁREAS DE ESTUDO E METODOLOGIAS

As colheitas de água foram realizadas tanto com recurso a uma Rosette como a uma bomba a 5 m de profundidade. A água recolhida destinou-se a posterior análise de nutrientes (nitritos, nitratos, ortofosfatos e silicatos), fitopigmentos, nanoplâncton e microplâncton (Figuras 4 e 5). Foram amostradas várias áreas de estudo: na costa sul, Calheta, Cabo Girão, Praia Formosa, Lugar de Baixo, Funchal e Garajau; na costa sudoeste, Ponta do Pargo e na costa sudeste, Ponta de S. Lourenço.

Para a análise dos macronutrientes dissolvidos foram recolhidas alíquotas de água (250 ml) em perfil de profundidade, com recurso à Rosette. Ainda a bordo, as amostras foram congeladas (-20 °C) para posterior análise através de espectrofotometria UV/VIS no laboratório. Os resultados obtidos serão comparados com resultados anteriores, obtidos na campanha efetuada no cruzeiro POS 466 (George, 2014), para averiguar se existem diferenças consistentes ou padrões comuns.

Para a análise de fitopigmentos filtraram-se 4 litros de água por amostra (perfazendo um total de cerca de 660 litros) num sistema de filtração com filtros de fibra de vidro GF/F com 47 mm de diâmetro e 0,7 µm de porosidade. As amostras foram imediatamente armazenadas em azoto líquido, a -80°C. A análise será feita por HPLC, método que permitirá a determinação da composição da comunidade total de fitoplâncton, utilizando pigmentos marcadores característicos de diferentes grupos taxonómicos (Roy et al., 2011).

Para a análise de nanoplâncton (cocolitóferos) as amostras foram filtradas (4 litros de água/amostra, perfazendo um total de cerca de 350 litros) num sistema de filtração com

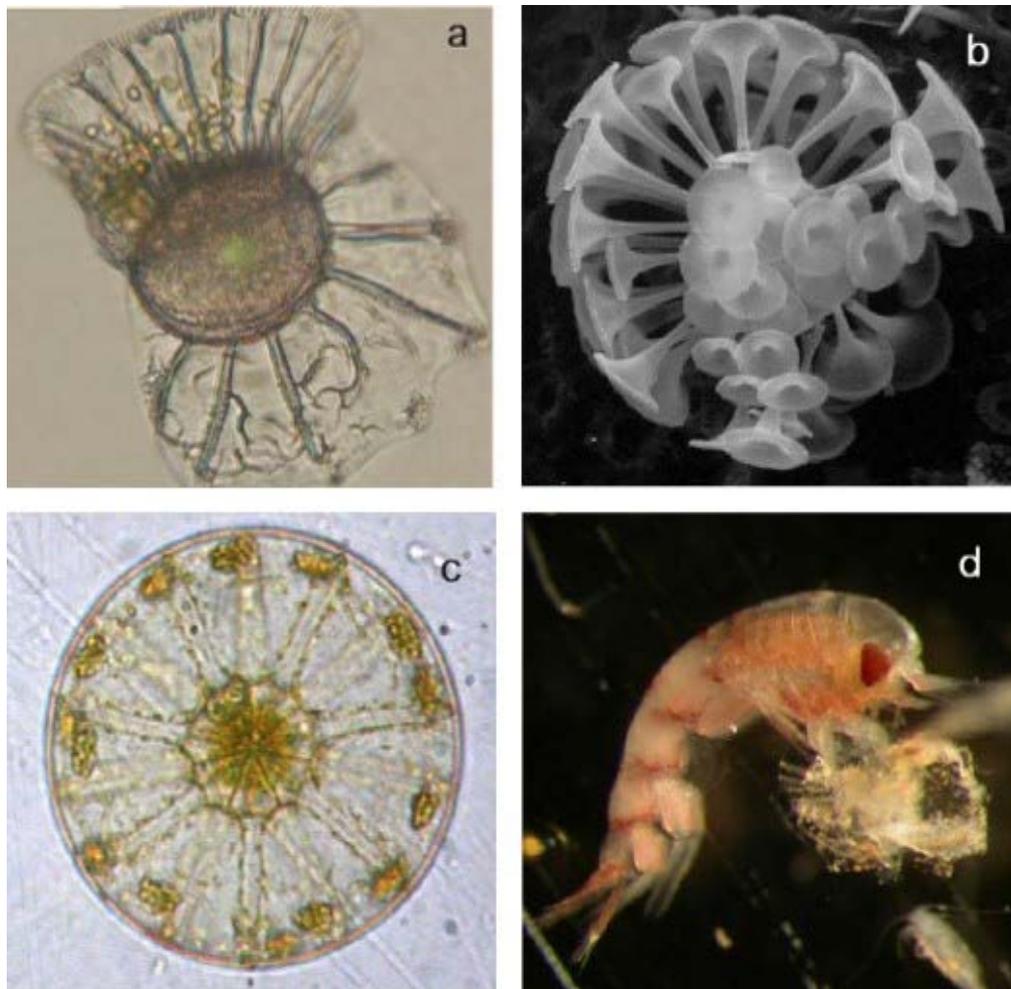


Figura 6 - a), b) e c) exemplares de espécies de fitoplâncton; d) exemplar de um indivíduo de zooplâncton..

membranas Nucleopore track-etched de 47 mm de diâmetro e 0,4 µm de porosidade. As amostras foram secas ao ar e armazenadas no escuro à temperatura ambiente, para posterior análise no laboratório. Este grupo, constituído principalmente por coccolitóforos (*Haptophyta*, *Prymnesiophyceae*), será estudado em detalhe através de microscopia de luz polarizada complementada com microscopia eletrónica de varrimento.

Adicionalmente, serão aplicados métodos adicionais para investigar a biodiversidade ao nível do género e da espécie do microplâncton (dinoflagelados e diatomáceas) e do nanoplâncton (coccolitóforos).

### 3.2.3 RESULTADOS

Para a análise de nitritos, nitratos, ortofosfatos e silicatos foram recolhidas 32 amostras que até à data ainda não foram processadas. Para a filtração de fitopigmentos foram recolhidas 28 amostras da camada superficial da coluna de água e para a análise de nanoplâncton foram recolhidas 35 amostras a profundidade variável na coluna de água.

À data de elaboração deste relatório, as amostras recolhidas ainda não foram analisadas, motivo pelo qual ainda não foi identificada a composição da comunidade.

Salienta-se que o pico e nanofitoplâncton desempenham um papel predominante na produção primária em regiões oligotróficas (Uitz et al., 2006), como é o caso da Ilha da Madeira. Por isso, os estudos a efetuar com as amostras recolhidas permitirão distinguir entre grupos funcionais de fitoplâncton, através de métodos quimiotaxonómicos, e em conjunto



Figura 7 - a) Sistema de filtração de água para análise de pigmentos por HPLC e de nanoplâncton; b) rede Apstein para colheita de fitoplâncton; c) rede Apstein para colheita de microzooplâncton; d) sistema CTD; e) colheita de sedimento com a draga SMT..

com os dados físicos, contribuirão para a compreensão dos mecanismos físico- biológicos envolvidos na dispersão do fitoplâncton em torno das ilhas.

### 3.3. AMOSTRAGEM DE SEDIMENTOS

#### 3.3.1. OBJETIVOS

A recolha de sedimentos teve como objetivo obter informação biológica e geológica fundamental para se proceder a uma caracterização mais detalhada da fauna bentónica dos fundos marinhos da Madeira e responder às seguintes questões:

- Qual a riqueza faunística das vertentes submersas superiores da ilha e qual a natureza do fundo nessas áreas? Serão as comunidades aqui existentes idênticas às que ocorrem na cadeia montanhosa submarina Desertas-Madeira? E que tipo de fauna coloniza esta estrutura topográfica complexa e sujeita a hidrodinamismo elevado?
- Que tipo de comunidades bentónicas podemos encontrar nos fundos marinhos não consolidados superficiais da região? Qual a sua abundância e distribuição (espacial e batimétrica)? Que fatores abióticos influenciam essa distribuição?

#### 3.3.2. ÁREAS DE ESTUDO E METODOLOGIAS

Para recolha de sedimentos e respetiva fauna associada até à batimétrica dos 950 m com foi utilizada uma draga Smith-McIntyre. Foram três as áreas de estudo amostradas: 1) Ponta do Pargo (encosta frente à localidade de Santa Maria Madalena, incluindo as Achadas da Cruz, até à Calheta); 2) Ponta de São Lourenço (incluindo a cadeia montanhosa submarina Desertas-Madeira); e 3) Garajau.

Em cada estação foi retirada uma subamostra (com um peso húmido aproximado de 1,5 kg) do volume total de sedimentos amostrado na draga, seguindo-se uma triagem grosseira da mega e macrofauna (Figura 6). Os espécimes encontrados foram depois catalogados, fotografados quando possível e preservados imediatamente no frio (4-6°C, - 20°C) ou em meios de fixação (formol tamponado 10%, álcool a 70%, álcool a 96% e álcool absoluto). O restante material foi imerso em formol tamponado a 10%, para posterior processamento e triagem fina no laboratório da EBMF (Figura 7). Este procedimento de triagem é um método muito moroso e consiste na lavagem dos sedimentos com água corrente num conjunto de crivos de diferentes malhagens ( $\emptyset$  1 mm,  $\emptyset$  500  $\mu$ m,  $\emptyset$  250  $\mu$ m,  $\emptyset$  125  $\mu$ m,  $\emptyset$  63  $\mu$ m). Todas as amostras foram transferidas diariamente do navio para os laboratórios da EBMF, para

posterior identificação taxonómica e integração na coleção do Museu de História Natural do Funchal (Figura 8).

Nas amostras de sedimentos provenientes de estações lodosas, ou dominadas por sedimentos finos, foi retirada uma subamostra (33 no total, 150 g/estação) que foi conservada ao abrigo da luz solar e mantida em ambiente refrigerado (4°C) até posterior análise laboratorial. A deteção, isolamento, identificação e análise semi-quantitativa dos organismos presentes será efetuada através de métodos de microscopia ótica.

As recolhas descritas ocorreram no âmbito de um trabalho em curso, liderado pelos colegas especialistas em fitoplâncton do MPhytoLab-UMa, que visa a deteção e isolamento de quistos de dinoflagelados. Os dinoflagelados, em conjunto com as diatomáceas e os coccolitóforos, representam uma parte importante da produção primária no ambiente marinho, com um registo importante nos sedimentos marinhos. Durante o seu ciclo de vida, os dinoflagelados produzem, através da reprodução sexuada, hipnozigotos (quistos de resistência), com uma fase de dormência de tempo variável. O hipnozigoto de muitas espécies de dinoflagelados

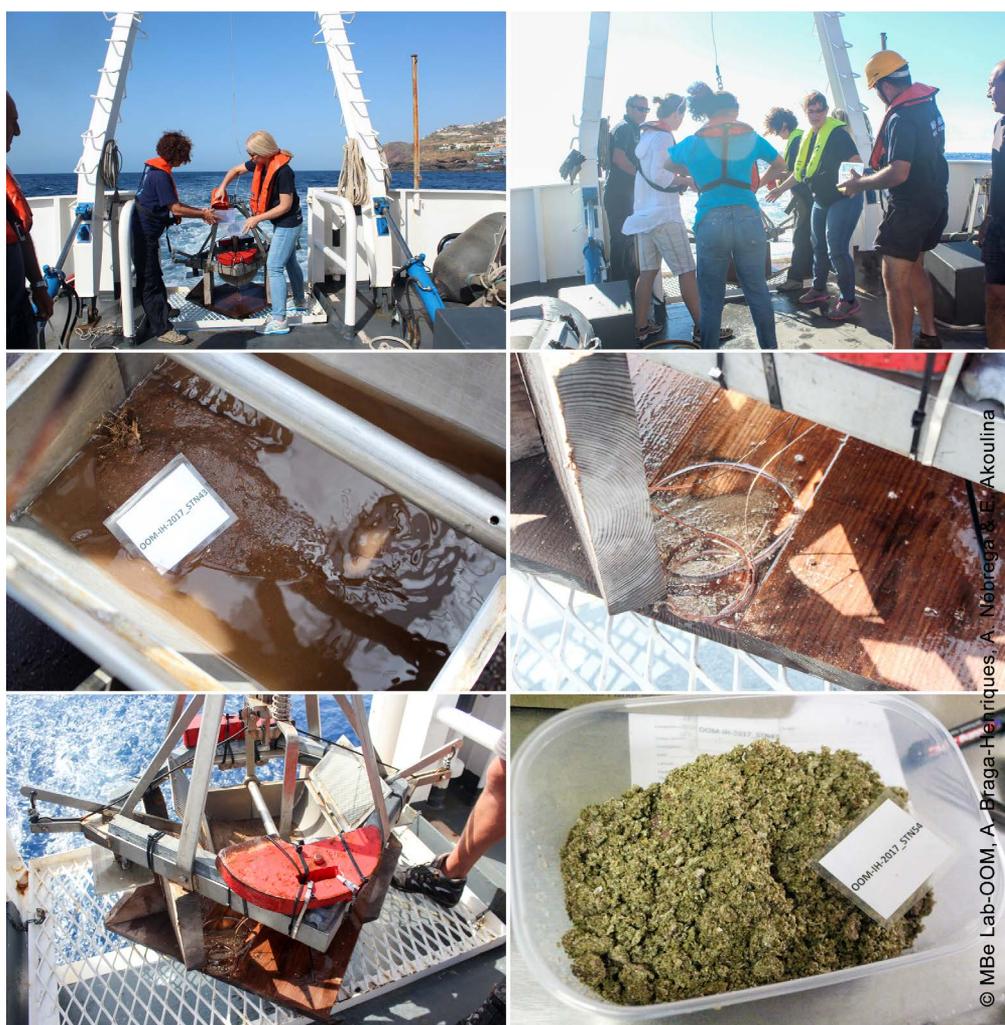


Figura 8 - Recolha de amostras de sedimento e organismos bentónicos associados (incluindo corais pretos - colónias não ramificadas a lembrar um chicote) após a operação de dragagem com a draga "Smith-McIntyre" do Instituto Hidrográfico.

possui uma parede muito resistente que permite em alguns casos a fossilização. Estes quistos presentes no sedimento podem, desta forma, representar uma imagem, embora parcial, da população original de dinoflagelados na coluna da água. As comunidades destes dinoquistos refletem a sua distribuição em relação a parâmetros hidrográficos, como a temperatura e a salinidade.

Adicionalmente, foi recolhido e processado material biológico fresco para isolamento e crescimento de bactérias marinhas com potencial biotecnológico, trabalho decorrente de uma colaboração com o grupo de investigação EcoBioTec do Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental da Universidade do Porto (CIIMAR-Porto).

Importa ainda referir que não foi possível recolher material biológico em todas as estações definidas no plano de amostragem inicial (60 estações) devido a condicionamentos, quer operacionais do equipamento de amostragem, quer meteorológicos. A destacar: 1) a impossibilidade de aceder às estações localizadas a maior profundidade ( $\geq 1150$  m), devido à reduzida extensão do cabo do guincho mecânico do navio que suportava a draga (1100 m), e 2) a capacidade reduzida deste tipo de draga operar com sucesso em fundos dominados por sedimentos consolidados, ou seja, rochas. Deste modo, a inventariação e caracterização de alguns tipos de habitats, frequentemente colonizados por fauna sésil, frágil, de longevidade elevada, ficaram por documentar e mapear. Assim, serão necessárias novas missões para complementar a informação em falta (como é o caso de agregações de esponjas de grande porte ou jardins de corais). Esta informação é fundamental para ajudar a definir áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade.



Figura 9 - Triagem do material biológico para posterior catalogação em base de dados e preservação dos espécimes.

Foi também averiguada a presença de lixo marinho, detetável a olho nu, no material recolhido em cada estação.

### 3.3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total foram amostradas 47 estações. O inventário preliminar compreende já um total de 170 taxa associados aos fundos marinhos da região, tais como esponjas, hidrários, corais (Scleractinia e Antipatharia), briozoários, moluscos gastrópodes e bivalves, braquiópodes, crustáceos decápodes braquiuros, anomuros, anelídeos poliquetas, equinoides, algas (algumas calcárias), foraminíferos, entre outros. Alguns destes organismos, pouco conhecidos para a ciência, podem ser agora examinados ao detalhe e serem alvo de estudos mais aplicados (em colaboração com outros grupos de investigação). Para além disso, é provável que se descubram novas espécies para a ciência quando a triagem fina do material biológico estiver concluída, visto que as áreas em estudo estão também pouco exploradas.



Figura 10 - Litoteca OOM/EBMF - Arquivo com o material biológico e sedimentos recolhidos durante a Campanha Oceanográfica OOM - 2017 depositadas na EBMF.

A integração dos novos registos de ocorrência nas bases de dados regionais de biodiversidade, nomeadamente a "Specify" e "BIODIVMARMADEIRA", permitirá incrementar o número de informação georreferenciada disponível para detetar variações nos padrões de distribuição de espécies descritas para esta região e/ou até identificar novos registos de espécies não-indígenas.

A presença de rodólitos, conhecidos como "Maërl", em algumas das estações amostradas, por exemplo na estação 24, permite identificar novas áreas de conservação prioritárias na região, corroborando os resultados obtidos nas campanhas de mapeamento de habitats costeiros em curso, efetuados pela equipa do OOM. Este tipo de algas calcárias cria habitats sequestradores de carbono e promotores de biodiversidade (Foster et al., 2013).

Outro resultado importante consiste na recolha de várias espécies referenciadas nos apêndices da "Convenção sobre o Comércio Internacional das Espécies de Fauna e Flora Selvagens Ameaçadas de Extinção" (CITES) e/ou na "Lista de Espécies Ameaçadas e/ou em Declínio e Habitats" da Convenção OSPAR - Convenção para a proteção do meio marinho do Atlântico Nordeste, tais como, os antipatários (corais pretos). Nesta campanha foram descobertas comunidades de corais pretos

Tabela 2 - Resumo das colheitas de MPS e perfis de LISST.

Mediação	Hora	Sonda (m)	Prof. LIST (m)	Colheitas
1	8:57	25.5	-23	-10
2	9:30	-	-10	-10
3	10:00	-	-23	-
4	10:29	-	-10	-10
5	11:00	-	-23	-
6	11:30	-	-10	-10
7	11:59	28.7	-23	-
8	12:29	28.7	-10	-10
9	13:00	29.2	-23	-
10	13:31	29.7	-10	-10
11	13:59	30.5	-23	-
12	14:29	30.2	-10	-10
13	14:58	25.1	-23	-
14	15:28	25.1	-10	-10
15	15:58	25.8	-23	-
16	16:29	29.3	-10	-10
17	16:59	27.8	-23	-
18	17:30	28.5	-10	-10

do género *Stichopathes* (altura das colónias em forma de chicote > 1m) em grande parte das estações amostradas entre os 80 e 120 metros de profundidade, o que sugere a sua abundância na região. Atendendo a que não é permitida a pesca de arrasto de fundo na Madeira, e que estão inventariadas, até à data, mais de 80 espécies de corais na região (ABH, comunicação pessoal 2017), o aumento do esforço de amostragem em futuras campanhas de mar será bastante promissor na descoberta de novos 'hotspots' de biodiversidade, por exemplo, recorrendo a veículos de operação remota, submarinos tripulados, "landers" ou "drop-down cameras".

Não foram detetados itens de lixo marinho de grande porte nas amostras de sedimentos recolhidas pela draga.

As características das colheitas realizadas com o LISST-200x na coluna de água estão resumidas na tabela 1. No Apêndice I (C) disponibiliza-se, também, um resumo das colheitas realizadas com a draga Smith-McIntyre na coluna de água em estação fixa (ADCP Oeste - Lido), no dia 7 de agosto (situação de marés vivas: BM - 8:30; PM - 14:30). Os perfis de LISST foram realizados em dois patamares: -23 m (fundo) e -10 m (meia-água), com a duração de 30 minutos cada e as colheitas sempre aos -10 m, de hora a hora.

As amostragens realizadas contribuirão com informação biológica e ecológica essencial para ampliar o conhecimento sobre a biodiversidade marinha do arquipélago da Madeira.

## 3.4. AMOSTRAGEM DE MICROPLÁSTICOS

### 3.4.1. OBJETIVOS

A amostragem de microplásticos foi levada a cabo no âmbito do Projeto PLASMAR (MAC/1.1a/030), financiado pelo programa INTERREG MAC 2014-2020. Este projeto tem como objetivo desenvolver metodologias standard para o Planeamento Espacial Marítimo, promovendo a implementação da Diretiva Quadro para a Estratégia Marinha (DQEM). Em particular, esta amostragem enquadrou-se no Descritor 10 (lixo marinho) do Anexo I da DQEM, e teve como objetivo testar e otimizar uma metodologia para a recolha de microplásticos à superfície da água.

### 3.4.2. ÁREAS DE ESTUDO E METODOLOGIAS

Foram realizadas amostragens em quatro transectos da costa sul da ilha da Madeira (três réplicas por transecto), todas situadas a sudeste da ilha, entre o Funchal e a Ponta de São Lourenço (Figura 9 e Figura D).

Para a recolha de microplásticos recorreu-se a uma rede Neuston com uma malha de 200

µm e adaptada a uma estrutura manta trawl para garantir flutuabilidade. As recolhas foram realizadas fazendo um arrasto superficial ao longo de transectos de uma milha de extensão, efetuando sempre 3 réplicas. As posições geográficas dos locais de recolha das amostras estão no Apêndice I (D).

Durante o arrasto, a rede foi amarrada à popa da embarcação, através de um cabo com 50 metros de extensão para evitar realizar a amostragem nas águas movimentadas pela hélice do navio, resultando num ângulo de 45º em relação ao plano diametral ou longitudinal do navio. A velocidade de arrasto foi de 8 nós (Figura 10). Após cada transecto, a rede foi recolhida e o conteúdo do coletor filtrado. Posteriormente, as amostras foram guardadas em

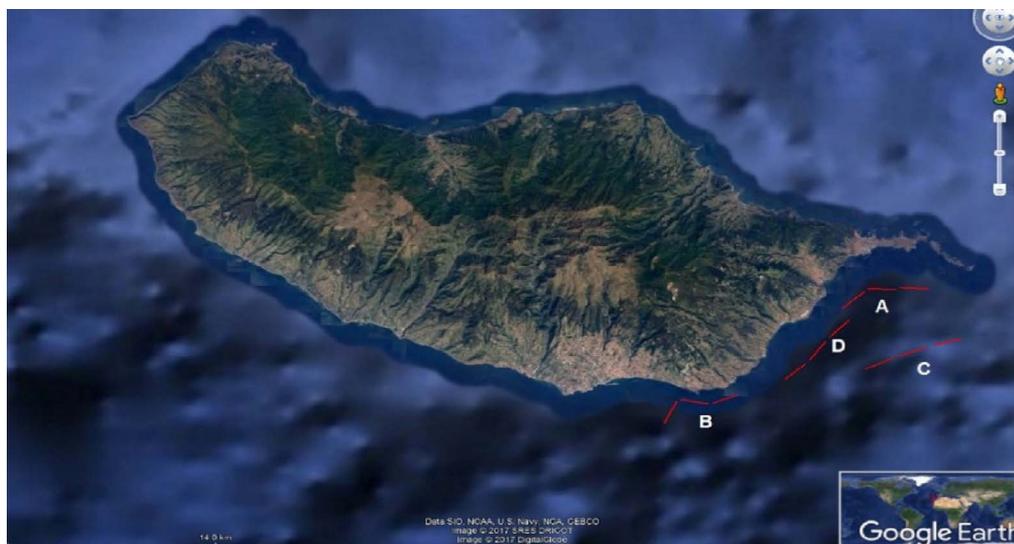


Figura 11 - Localização dos quatro transectos de amostragem de microplásticos.

frascos devidamente identificados para analisar no laboratório.

### 3.4.3. RESULTADOS

Recolheram-se no total 12 amostras durante os dias 10 e 11 de agosto de 2017. O resumo da análise preliminar dos resultados obtidos pode ser visto na tabela 3.



Figura 12 - Imagens da manta trawl largada pela popa do navio.

Tabela 3 - Dados preliminares do no de microplásticos contabilizados, distância percorrida em cada arrasto, volume de água filtrada, no de microplásticos por m<sup>3</sup> e por m<sup>2</sup>, para cada transecto realizado.

Zona	Transecto	No total de microplásticos (MP)	Área de fluxo (m <sup>2</sup> )	Distância percorrida (milhas náuticas)	Distância percorrida (m)	m <sup>3</sup> filtrados	MP/m <sup>3</sup>	MP/m <sup>2</sup>
A	1	124	0,075	1	1852	138,9	0,89	0,040
	2	84	0,075	1	1852	138,9	0,60	0,027
	3	128	0,075	1,1	2037,2	152,79	0,84	0,038
B	4	58	0,075	0,95	1759,4	131,955	0,44	0,020
	5	74	0,075	1	1852	138,9	0,53	0,024
	6	93	0,075	1	1852	138,9	0,67	0,030
C	7	125	0,075	0,99	1833,48	137,511	0,91	0,041
	8	84	0,075	1,11	2055,72	154,179	0,54	0,025
	9	69	0,075	1,1	2037,2	152,79	0,45	0,020
D	10	138	0,075	1	1852	138,9	0,99	0,045
	11	98	0,075	0,95	1759,4	131,955	0,74	0,033
	12	54	0,075	0,97	1796,44	134,733	0,40	0,018
	Total MP	1129						

### 3.5. AMOSTRAGEM DE FITO E ZOOPLÂNCTON

#### 3.5.1. OBJETIVOS

O objetivo da campanha no que respeita à ecologia pelágica consistiu em caracterizar as comunidades de fito e zooplâncton, a diferentes profundidades. Este estudo está relacionado com os objetivos anteriormente mencionados na secção Amostragem de água. Através destas amostragens será possível identificar e quantificar as comunidades de micropâncton (dinoflagelados e diatomáceas entre 20 a 200 µm), zooplâncton e ictioplâncton.

### 3.5.2. ÁREAS DE ESTUDO E METODOLOGIAS

As colheitas foram efetuadas em duas áreas de estudo (comuns às redes de fito e

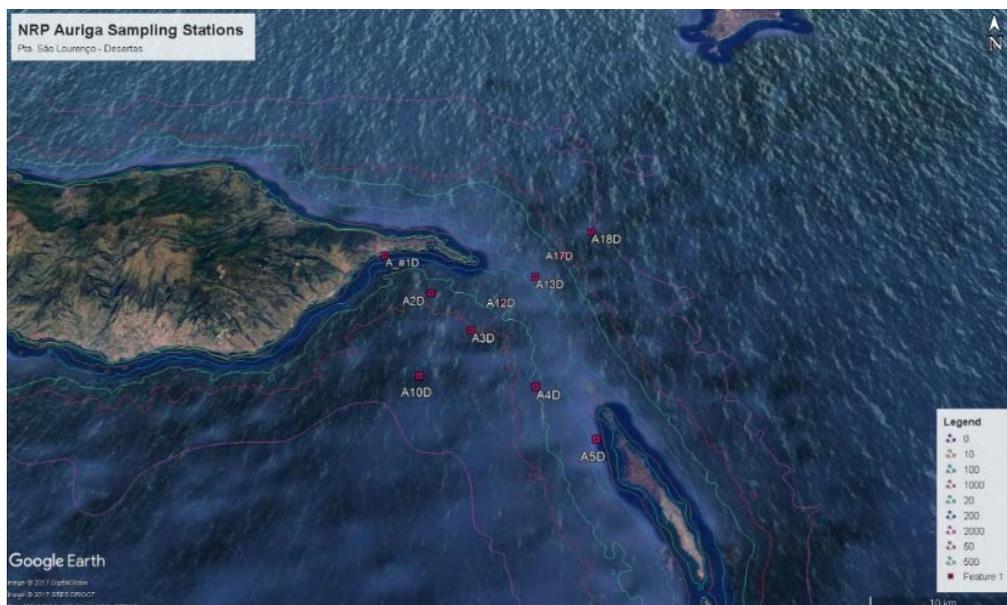


Figura 13 - Estações de amostragem do NRP Auriga entre a Ponta de São Lourenço e as Desertas.

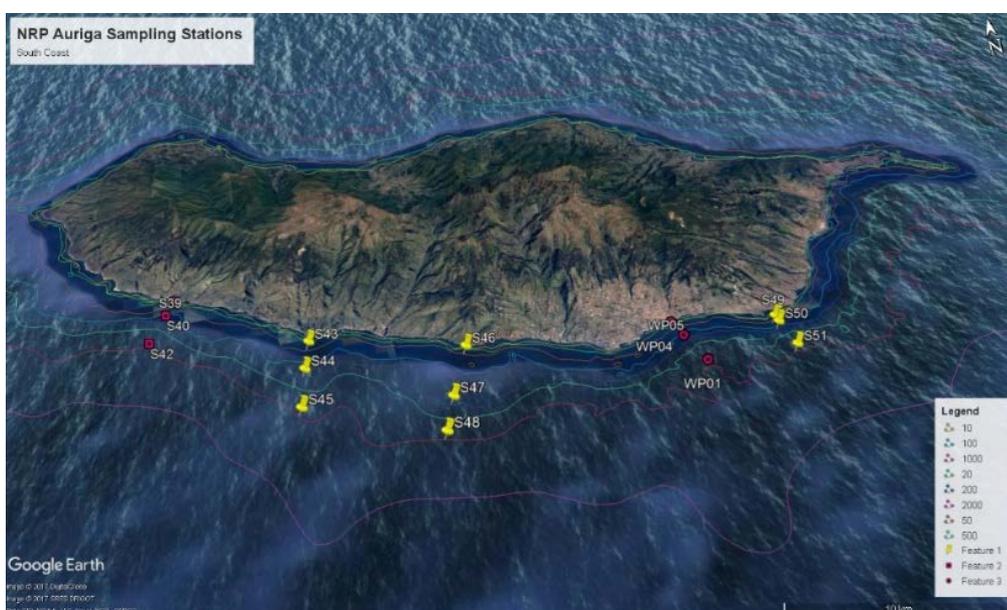


Figura 14 - Estações de amostragem do NRP Auriga na costa Sul da ilha da Madeira.

zooplâncton) até à batimétrica dos 1000 m, entre a Ponta de S. Lourenço e as ilhas Desertas, e na costa sul da ilha da Madeira. Das 22 estações amostradas, 6 localizaram-se no trajeto entre a Ponta de S. Lourenço e as Desertas (Figura 11) e 16 na costa sul (Figura 12). O registo das coordenadas e profundidades de cada um dos locais de amostragem encontra-se especificado no Apêndice I (E).

Para a recolha de fitoplâncton utilizou-se uma rede Apstein (Figura 7) com malha de 20 µm. Foram feitos arrastos verticais ( $\pm 170$  m de profundidade máxima da rede) e oblíquos,

com o objetivo de realizar a futura identificação taxonómica e análise semi-quantitativa do fitoplâncton recolhido. A identificação do micropoplâncton será efetuada através de métodos de microscopia ótica de campo claro, contraste de fase e fluorescência e, se necessário, através de microscopia eletrónica ou análise genética.

Para a identificação e avaliação quantitativa das comunidades de zooplâncton e ictioplâncton foram utilizados sistemas simples de redes cónicas, equipados com um medidor de fluxo (fluxómetro) para o cálculo do volume filtrado. No caso do microzooplâncton e mesozooplâncton efetuaram-se arrastos verticais e/ou oblíquos com redes Apstein (1 m de comprimento e 0,4 m de diâmetro de abertura), com tamanhos de malhas de 100 e 335  $\mu\text{m}$ , respetivamente. Para a amostragem de ictioplâncton foi utilizada uma rede Bongo (2,5 m de comprimento e 60 cm de diâmetro de abertura), com malhas de 335  $\mu\text{m}$  (esquerda) e 500  $\mu\text{m}$  (direita), igualmente em arrastos verticais (profundidade < 100 m) e oblíquos (profundidade > 100 m), desde a camada superficial até às camadas mais profundas (perto do sedimento de fundo) (Figura 13). Após a colheita, as amostras (250 ml) foram conservadas em formol a 37% para identificação dos organismos e em álcool absoluto para análise genética.

A identificação e a quantificação do zooplâncton e do ictioplâncton serão realizadas posteriormente através de microscopia ótica e/ou análise genética. Os resultados permitirão identificar os principais grupos de consumidores primários que existem a diferentes profundidades.

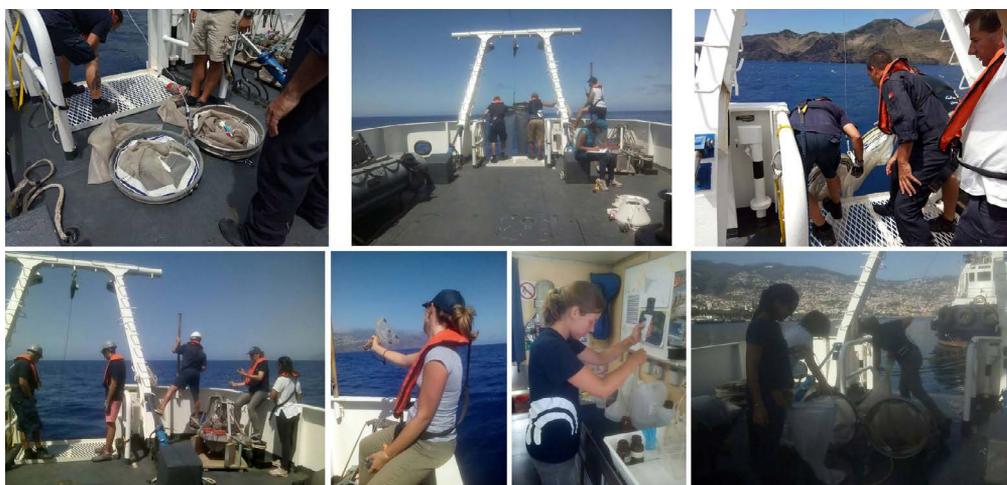


Figura 15 - Algumas etapas do procedimento com a rede Bongo usada para a recolha de zooplâncton.

### 3.5.3. RESULTADOS

Esta campanha permitiu recolher um total de 88 amostras (Figura 14), 23 de fitoplâncton (rede Apstein de 20  $\mu\text{m}$ ); 21 de ictioplâncton (rede Bongo 60 de 500  $\mu\text{m}$ ); 22 de mesozooplâncton (rede Bongo 60 de 335  $\mu\text{m}$ ) e 22 de microzooplâncton (rede Apstein de 100  $\mu\text{m}$ ). Das 22 de mesozooplâncton, 11 destinaram-se à análise genética.

No caso das amostragens de zooplâncton é de salientar que em quase todas as estações a

colmatagem foi fraca, isto é, a quantidade de zooplâncton recolhido foi reduzida, à exceção das duas últimas estações no Garajau (a 200 m e a 1000 m).

De referir ainda que 2 amostras conservadas em álcool, das estações A10D e A13D, e 1 em formol, da estação A10D, recolhidas com a rede Bongo, não estão incluídas no total de amostras devido a problemas técnicos durante as amostragens. No caso da estação A10D, a



Figura 16 - Frascos de amostragem da rede Bongo.

rede inverteu-se durante a subida, pelo que houve perda quase completa das amostras, e no caso da A13D, no momento de trazer as amostras para o laboratório em terra, a amostra que tinha sido previamente acondicionada na arca congeladora a bordo do navio estava em falta. Para além disso, devido às condições meteorológicas adversas que se agravaram durante as amostragens, na estação S41 apenas foi utilizada a rede Bongo.

### 3.6. ECOLOGIA E DIVERSIDADE DE HABITATS COSTEIROS

Tendo em conta 1) as lacunas de conhecimento dos ecossistemas marinhos em diversas zonas costeiras da ilha da Madeira, 2) a dificuldade de acesso e a adequação dessas zonas ao método de amostragem escolhido e 3) as condições meteorológicas pouco favoráveis à execução de trabalhos subaquáticos, duas equipas de Ecologia Costeira identificaram como área de estudo prioritária nesta campanha a Ponta do Pargo, no extremo Oeste da Ilha da Madeira (Figura 15). Foram efetuados mergulhos em dois locais desta zona (Ponta do Pargo e Fajã da Ovelha) a diferentes profundidades.



O número reduzido de dias e de transectos amostrados (Figura 16, Tabela 3) levou à necessidade de integração de dados adicionais e complementares que permitissem realizar análises discriminatórias (Clarke and N, 2015; Monteiro, 2014; Friedlander et al., 2017; Clarke, 1993; Rawson et al., 2010). Esses dados complementares foram recolhidos em meados de setembro, com o mesmo protocolo, no âmbito do projeto MIMAR (MAC/4.6d/066). A conjugação dos dados recolhidos durante a Campanha Oceanográfica OOM - 2017 com os dados do projeto MIMAR permitiu: 1) uma distribuição mais homogênea de mergulhos e amostras e 2) a existência de três réplicas (transectos) em dois locais (Noroeste da Ponta do Pargo e Fajã da Ovelha), a cada estrato de profundidade. A informação e os dados recolhidos no âmbito desta campanha (ainda em processamento e análise) também irão integrar os trabalhos das equipas e investigadores envolvidos, consolidando assim esforços e linhas de investigação associadas ao mar e enquadradas nos objetivos do projeto OOM.

Os censos visuais subaquáticos nas classes de profundidade 4-6 m e 9-11 m foram realizados por uma equipa de três mergulhadores científicos (recorrendo a mergulho com escafandro autónomo de circuito aberto), sendo compatíveis com os protocolos Reef Life Survey (RLS)<sup>1</sup>, Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN)<sup>2</sup> e Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA)<sup>3</sup>. Foram recolhidos dados, imagens e informação relativa ao tipo de substrato, abundância relativa de organismos sésseis e densidades de macroinvertebrados móveis e de peixes.



Figura 18 - Localização de pontos de amostragem (transectos) de habitats costeiros, a baixa profundidade (4-6 m e 9-11 m), realizados no âmbito da Campanha Oceanográfica OOM - 2017 e complementados no âmbito do projeto MIMAR.

Tabela 4 - Localização e estratos de profundidade de transectos para caracterização de habitats costeiros, comunidades sésseis, peixes e invertebrados a Oeste da Ilha da Madeira.

Transectos	Local	Réplica	Profundidade	Latitude	Longitude	Campanha
FO_T1_D1_R1	Fajã da Ovelha	1	4-6m	32.77262	-17.24641	OOM
FO_T1_D1_R2	Fajã da Ovelha	2	4-6m	32.77200	-17.24607	OOM
FO_T1_D2_R1	Fajã da Ovelha	1	9-11m	32.77260	-17.24803	OOM
FO_T1_D2_R2	Fajã da Ovelha	2	9-11m	32.77175	-17.24722	OOM
FO_T1_D1_R3	Fajã da Ovelha	3	4-6m	32.77087	-17.24417	MIMAR
FO_T1_D2_R3	Fajã da Ovelha	3	9-11m	32.77056	-17.24528	MIMAR
PP_T1_D1_R1	Ponta do Pargo	1	4-6m	32.81680	-17.26643	OOM
PP_T1_D1_Rna	Ponta do Pargo	na	4-6m	32.80676	-17.26018	OOM
PP_T1_D2_R1	Ponta do Pargo	1	9-11m	32.81763	-17.26976	OOM
PP_T1_D2_Rna	Ponta do Pargo	na	9-11m	32.81763	-17.26126	OOM
PP_T1_D1_R3	Ponta do Pargo	3	4-6m	32.81538	-17.26778	MIMAR
PP_T1_D2_R3	Ponta do Pargo	3	9-11m	32.81738	-17.26893	MIMAR
PP_T1_D1_R2	Ponta do Pargo	2	4-6m	32.81774	-17.26388	MIMAR
PP_T1_D2_R2	Ponta do Pargo	2	9-11m	32.81823	-17.26460	MIMAR

- **Ictiofauna (peixes)**

Censos visuais ao longo de um transecto de 50 m de comprimento (adaptado de Edgar et al., 2004; Edgar and Stuart-Smith, 2009; Friedlander et al., 2017). Nesta metodologia, o mergulhador 1 (M1) conta e regista todos os peixes visíveis (por espécie) numa área estimada de 2 m para cada lado, perpendicular ao rumo do transecto. O mergulhador 2 (M2) segue a uma distância mínima de 5 m do mergulhador M1 e inspeciona, na mesma área (50x4 m), todas as cavidades, buracos e esconderijos conspícuos, registando por taxa todos os peixes críticos, bem como macroinvertebrados móveis, exceto ouriços e macroinvertebrados sésseis de particular interesse (p.ex. a anémone, *Telmatactis cricoides*). As abundâncias (n - número de indivíduos) por transecto (200 m<sup>2</sup>) foram usadas para calcular densidades (n/100 m<sup>2</sup>).

- **Macroinvertebrados Móveis**

Censos visuais ao longo de um transecto de 50 m de comprimento (adaptado de (Friedlander et al., 2017; Edgar, Barrett, and Morton, 2004; Edgar and Stuart-Smith, 2009). Após terminarem o transecto de ictiofauna (acima descrito), os mergulhadores M1 e M2 regressam ao ponto de partida. O mergulhador M1 conta e regista macroinvertebrados móveis (p. ex. estrelas-do-mar), visíveis de um plano paralelo ao fundo, exceto a espécie dominante de ouriço-do-mar (p.ex. *Diadema africanum*). Devido ao elevado número de ouriços-do-mar em alguns locais, o mergulhador M2 conta os indivíduos da espécie dominante (*D. africanum* ou *Arbacia lixula*), enquanto recolhe o cabo de 50 m usado no transecto. As abundâncias (n - número de indivíduos) por transecto (200 m<sup>2</sup>) foram, novamente, usadas para calcular densidades (n/100 m<sup>2</sup>).

- **Comunidade Sésil**

Censos visuais em pontos de intersecção ao longo de um transecto de 10 m de comprimento, com pontos de referência a cada 10 cm (adaptado de AGRRA<sup>3</sup>; (Jokiel et al., 2015). O mergulhador 3 (M3) avalia e regista o tipo de substrato (p.ex. bloco de rocha, plataforma rochosa, areia) e a categoria taxonómica em cada intersecção (pontos de referência). Ocorrências de organismos e do tipo de substrato em pontos de intersecção serão usados para calcular a abundância relativa (%). Foram ainda recolhidos 8 fotoquadrados na área circundante ao transecto de bentos. As fotografias foram tiradas mantendo o plano de imagem paralelo a um quadrado (50x50 cm), colocado sobre fundo rochoso (de modo haphazard). As imagens recolhidas serão catalogadas e processadas para análise complementar e registo de comunidades sésseis.

### 3.6.1.3. RESULTADOS

A estrutura da comunidade de organismos sésseis por transecto (Figura 17 e Apêndice I Figura F1) sugere algumas diferenças entre a Ponta do Pargo e a Fajã da Ovelha, em termos da abundância relativa de organismos sésseis por grupos funcionais (estabelecidos em Friedlander et al., 2017).

As abundâncias relativas de peixes e macroinvertebrados, agrupados por grupo trófico (Figura 17), não demonstram um padrão de diferenças óbvio, no entanto, as densidades dos seus taxa apresentam variações que sugerem diferenças entre os dois locais. Na generalidade, a Ponta do Pargo apresenta maior abundância de peixes (Apêndice I Figura F 2) e de macroinvertebrados predadores e menor abundância de ouriços (Apêndice I Figura F 3). Estas diferenças sugerem uma possível correlação entre o tipo de comunidade sésil (p. ex. comunidade ou biótopo com maior abundância de algas eretas) e as abundâncias de herbívoros-raspadores (ouriços) e dos seus potenciais predadores (p.ex. peixes que se alimentam de ouriços, de ouriços juvenis ou das suas larvas).

- **Identificação e caracterização preliminar de biótopos**

Para verificar a existência de diferentes biótopos avaliou-se a presença de grupos de organismos sésseis que apresentassem diferenças significativas entre si, através da rotina SIMPROF em índices de similaridade Bray-Curtis (Monteiro, 2014; Monteiro et al., 2013; Clarke et al., 2001; Rawson et al., 2010; McCook, Jompa, and Diaz-Pulido, 2001; Alves et al., 2007; Morrison, 1988; Friedlander et al., 2017). Para tal, e considerando a localização e a falta de replicados nesse local, foram excluídos os dados recolhidos na costa Sul da Ponta do Pargo por ficarem espacialmente isolados (Figura 16 e Figura 17). A ordenação por similaridade e resultados (Figura 18 e Figura 20) sugerem a existência de quatro biótopos diferentes

1 <http://reeflifesurvey.com/reef-life-survey/about-rls/methods/>

2 <http://www.car-spaw-rac.org/?The-GCRMN-Caribbean-guidelines,639>

3 <http://www.agrra.org/coral-reef-monitoring/>

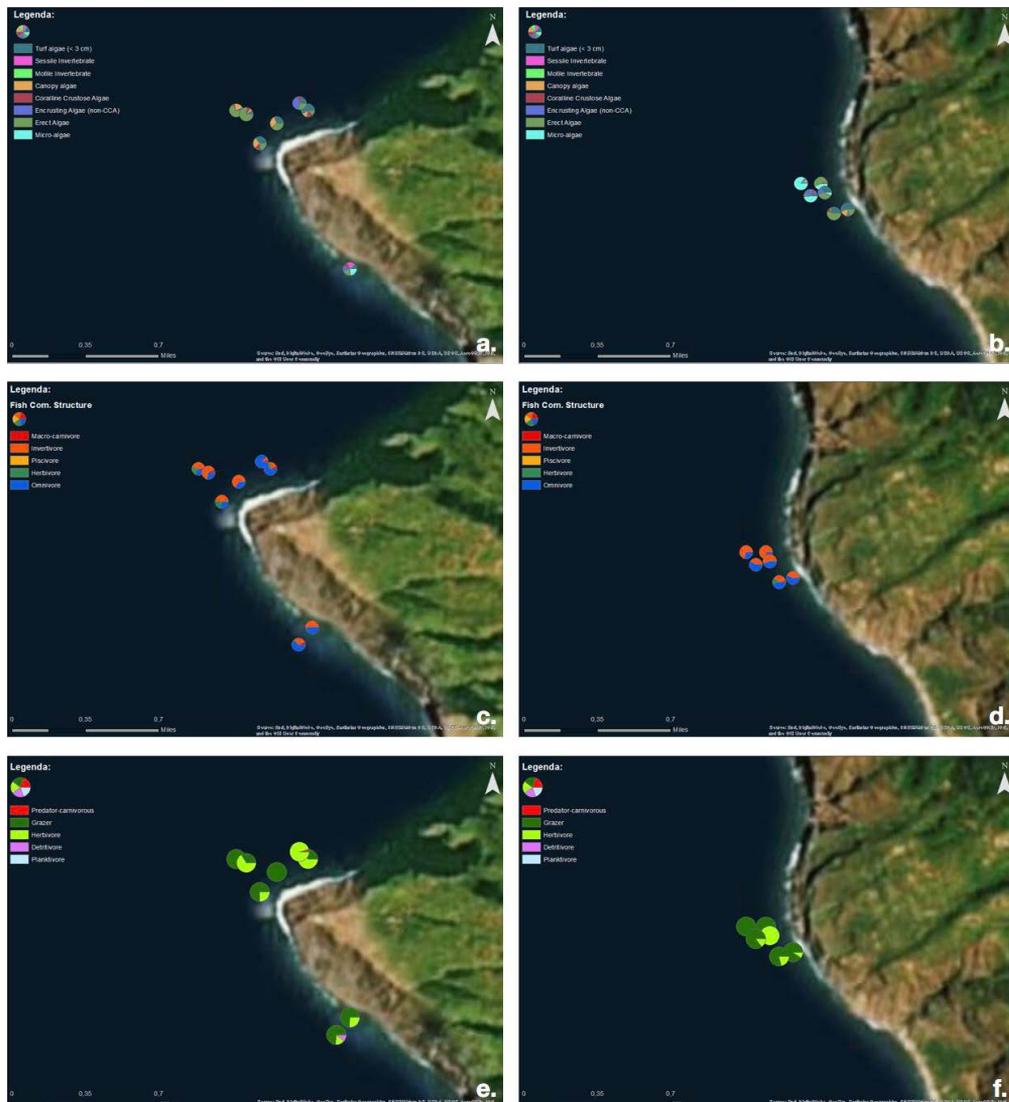


Figura 19 - Abundâncias relativas (por transecto) de organismos bentônicos (a. e d.), peixes (b. e.) e macroinvertebrados móveis (c. e f.), na Ponta do Pargo (em cima) e na Fajã da Ovelha (em baixo).

(a-d), em que os biótopos a. (dominados por uma turfa < 5 mm com sedimento fino) e b. (dominado por turfa coralina e *Halopteris* sp.) só ocorrem na Fajã da Ovelha (Figura 19). Os biótopos c. e d. (dominados por turfa coralina e *Asparagopsis taxiformis*; e por *Lobophora variegata* e algas incrustantes calcárias, respetivamente) aparentam estratificação por classe de profundidade (Figuras 18-20).

Estes biótopos não apresentam diferenças significativas nos índices de diversidade de peixes e macroinvertebrados (Apêndice I Figura F 4). No entanto, apresentam diferenças nas abundâncias por grupo trófico (Apêndice I Figura F 5 e Figura F 6). O biótopo a., ocorrente em ambos os estratos de profundidade, apresenta maior abundância de peixes invertívoros (Apêndice I Figura F 5) e uma densidade alta em macroinvertebrados herbívoros raspadores (Apêndice I Figura F 6), o que resulta de elevados números de ouriços *D. africanum* (Figura 21). Os biótopos b. e c., apresentam as abundâncias mais baixas de peixes, mas sem apresentarem diferenças significativas entre elas (Apêndice I Figura F 5), contudo, o biótopo

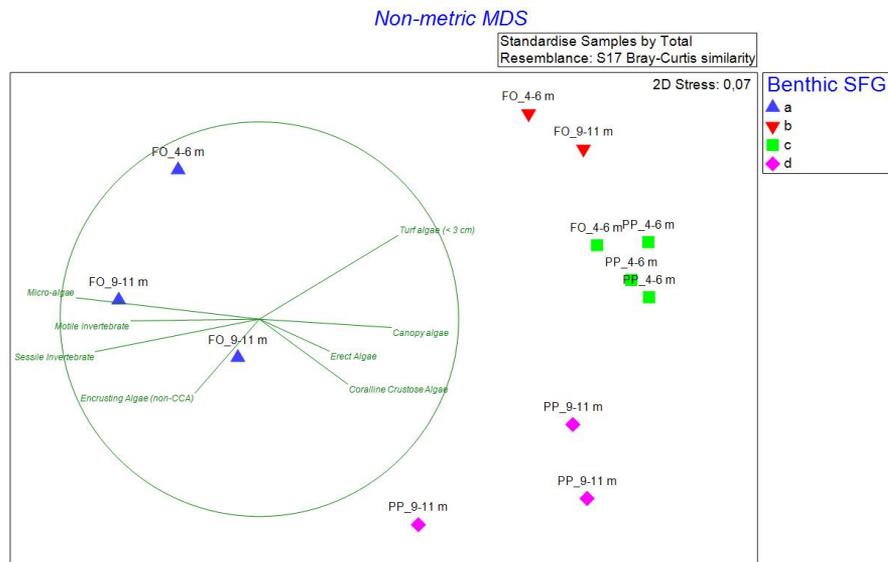


Figura 20 - Non-metric MDS de índice de similaridade (Bray-Curtis) da estrutura da comunidade bentónica sésil. Ordenação de transectos de bentos, representadas por local e estrato de profundidade (FO vs PP e 4-6m vs 9-11m); estrutura da comunidade agrupada (a-d) e por diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) na abundância relativa de categorias taxonómicas; correlação com ordenação e variabilidade de comunidade bentónica sésil (agrupada por grupos funcionais), representada por vetores.

c. - com menores abundâncias de algas *Halopteris* que o biótopo b. - apresenta densidades elevadas, com diferenças significativas ( $p < 0,05$ ), de ouriços *Paracentrotus lividus* (Figura 20 e Figura 21). O biótopo d. - com maior abundância relativa de algas eretas e que formam frondes (Figura 20 e Figura 21) - apresenta a maior densidade de peixes de todos os grupos tróficos, exceto invertívoros (Apêndice I Figura F 5), bem como de macroinvertebrados móveis, à exceção dos ouriços (Apêndice I Figura F 6).

### 3.6.1.4. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os dados recolhidos e os resultados desta análise preliminar identificaram, pelo menos, 4 tipos de biótopos diferentes, a existência de diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as comunidades sésseis da Ponta do Pargo e da Fajã da Ovelha e uma segregação por estrato de profundidade de alguns destes biótopos (c. e d.). Adicionalmente, estes resultados reforçam a existência de interações complexas entre organismos de diferentes níveis tróficos (Morrison, 1988; McCook, Jompa, and Diaz-Pulido, 2001; A. Bruckner and Bruckner, 1998). Em particular, a correlação entre números elevados de *D. africanum* e locais com menor cobertura de algas, reforça que esta espécie de herbívoro-raspador condiciona ou determina a comunidade sésil e a distribuição de biótopos (McCook, Jompa, and Diaz-Pulido, 2001; Alves et al., 2007; Morrison, 1988; Friedlander et al., 2017). No entanto, não é ainda claro que mecanismos determinam a distribuição e a proliferação destes ouriços. Em ambos os locais, não há intervenção ou urbanização na orla costeira, pelo que este tipo de pressão antropogénica pode ser ignorada. As diferenças poderão dever-se à prevalência de

condições ambientais diferentes - regimes de temperatura, índice de exposição à ondulação ou predomínio de correntes fortes - correlações a explorar no decorrer da análise integrada a desenvolver. Por outro lado, será igualmente importante explorar os diversos mecanismos ecológicos e biológicos que poderão promover ou influenciar a distribuição destes ouriços. Em geral, o biótopo d., onde os *D. africanum* são menos abundantes (Figura 21), suporta

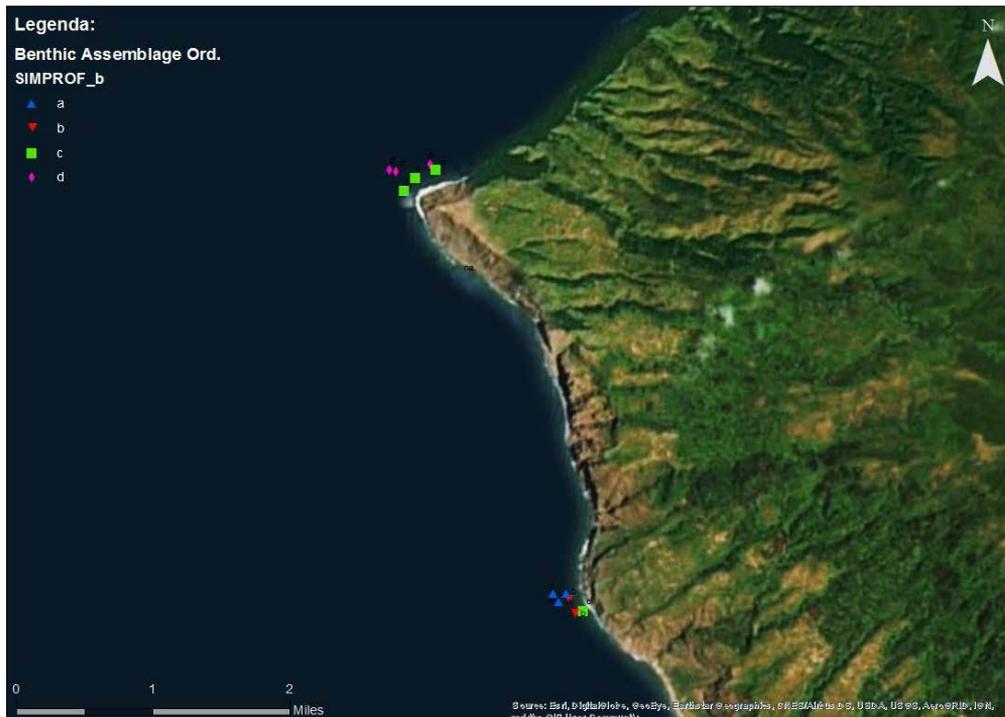


Figura 21 - Classificação de amostras (transectos) por diferenças significativas (rotina SIMPROF). Grupos com diferenças significativas representam biocenoses (estrutura da comunidade) significativamente diferentes.

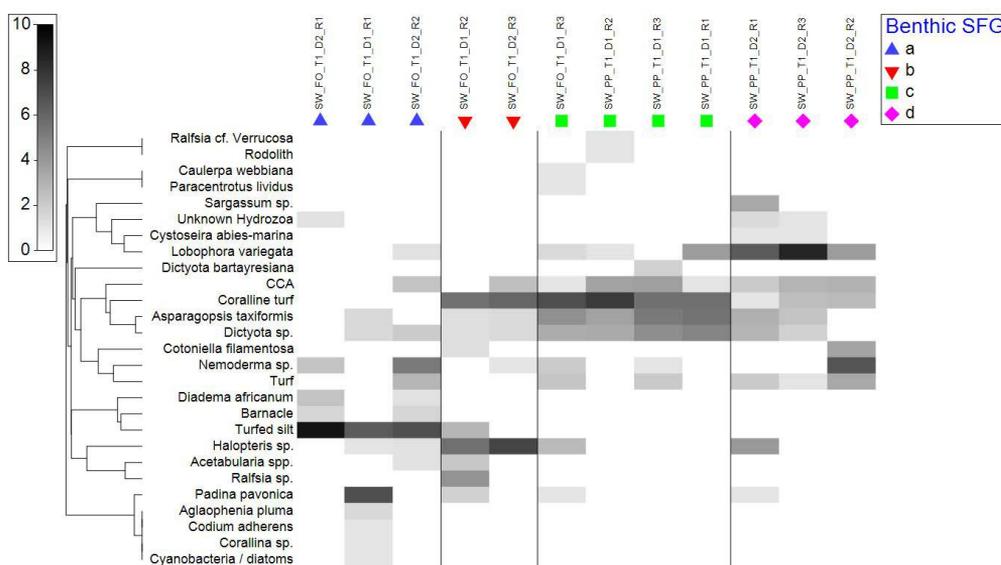


Figura 22 - "Shade plot" de abundâncias relativas (0-10) de categorias taxonómicas sésseis e respetivo índice de associação (dendrograma à esquerda) por transecto, agrupados por diferenças significativas (SIMPROF a-d).

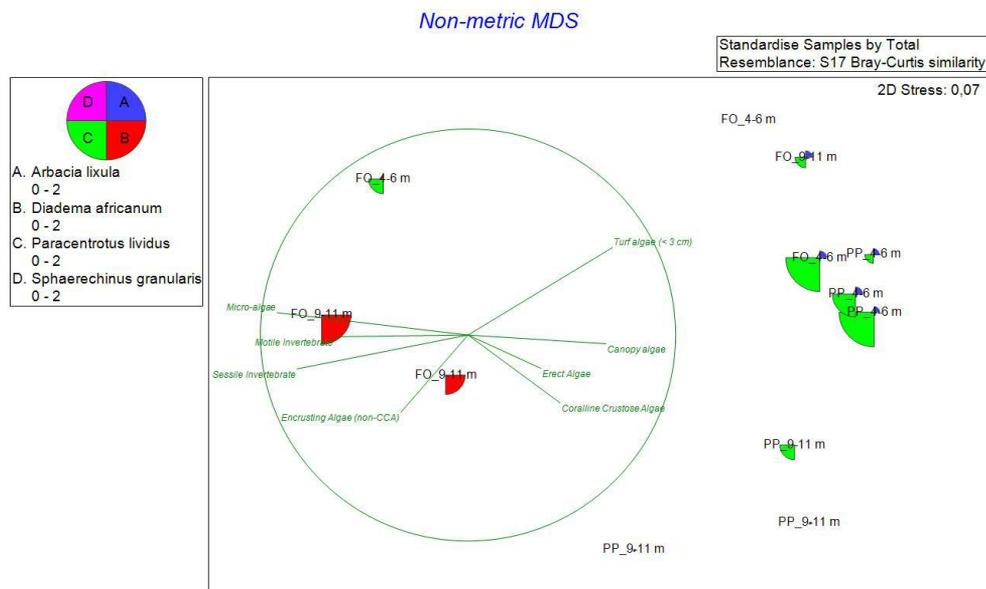


Figura 23 - Non-metric MDS de índice de similaridade (Bray-Curtis), da estrutura da comunidade bentónica sésil. Ordenação de transectos de bentos, representando grupos significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ), segundo a rotina SIMPROF (a-d); correlação com ordenação e variabilidade da comunidade bentónica sésil (agrupada por grupos funcionais), representada por vetores e densidade ( $n/100m^2$ ) de espécies de ouriços (herbívoros raspadores), e por tamanho de secções de círculos.

maiores densidades de peixes que outros biótopos (Apêndice I Figura F 5), pelo que o mecanismo regulador poderá ser através da predação de larvas, de juvenis ou ouriços adultos - resultando numa menor pressão sobre a comunidade de algas. Neste sentido, as abundâncias mais baixas de predadores (Apêndice I Figura F 5 e Figura F 6), poderão contribuir para a proliferação destes ouriços, promovendo menor cobertura de algas eretas. Outro mecanismo ecológico a considerar está relacionado com a disponibilidade de alimento. Locais com poucas frondes de algas e baixas densidades de algas eretas apresentam densidades elevadas de *D. africanum*, que se alimentam de algas calcárias incrustantes e de algas de pequenas dimensões de outras espécies. Não permitindo que algas de maior porte cresçam ou se estabeleçam, estes ouriços contribuem para a falta de alimento disponível de espécies que se sustentam à base de algas deste tipo e respetivos epibiontes.

A integração dos dados recolhidos no âmbito desta campanha (incluindo os fotoquadrados ainda em fase de processamento) com outros dados relevantes (p. ex. índices de pressão antropogénica, dados ecológicos, físicos ou ambientais de outros locais ou habitats), obtidos no âmbito de outros projetos serão essenciais para aprofundar o conhecimento dos habitats costeiros da Madeira e para potenciar os outputs destas linhas de investigação.

## 3.6.2. PROFUNDIDADES SUPERIORES A 18 M

### 3.6.2.1. OBJETIVOS

Esta missão focou-se na avaliação da diversidade e abundância dos taxa de ictiofauna, organismos sésseis e macroinvertebrados conspícuos, no estrato de profundidade dos 18 aos 22 m, em substrato rochoso. Detalhadamente, os objetivos foram:

- Identificar habitats subtidais e caracterizar a sua composição em termos das comunidades que os constituem;
- Caracterizar os biótopos mais importantes, fornecendo informação de base no que respeita à distribuição, composição e estrutura das comunidades biológicas estruturantes;
- Avaliar a variação ao longo de gradientes ambientais (p. ex. profundidade) ou de fatores de pressão antropogénica;
- Validar informação obtida com recurso a métodos de deteção remota que serão posteriormente usados para mapeamento de habitats e modelação.

### 3.6.2.2. ÁREAS DE ESTUDO E METODOLOGIAS

Em cada local de amostragem (Ponta do Pargo e Fajã da Ovelha; Figura 22) foram efetuados 2 mergulhos entre os 18 e os 22 m (Tabela 4), de forma a maximizar a obtenção de dados independentes. Estes mergulhos envolveram 3 mergulhadores, perfazn12 “man- dives”. No total, realizaram-se 12 transectos, correspondentes a 1200 m<sup>2</sup> de substrato, e foram registadas 346 fotografias (fotoquadrados), correspondentes a cerca de 70 m<sup>2</sup> de substrato. Dentro da equipa de mergulho o trabalho foi dividido, tendo cada mergulhador ficado responsável por um conjunto de tarefas, nomeadamente, no que respeita à obtenção de dados quantitativos de composição da comunidade bentónica sésil, de diversidade da ictiofauna e de diversidade da comunidade de macroinvertebrados móveis.

A avaliação da diversidade e abundância dos vários grupos em estudo foi efetuada com recurso a censos visuais, tal como nos estratos menos profundos. Realizaram-se transectos com 25 m de comprimento, ao longo dos quais o mergulhador identificou e contabilizou as espécies de peixes que observou nos 2 m para cada lado do transecto (100 m<sup>2</sup>). Para as estimativas de abundância dos macroinvertebrados móveis e espécies crípticas, a área do censo foi reduzida para uma faixa de 1 m para cada lado do transecto (50 m<sup>2</sup>). Adicionalmente, foram efetuadas, aleatoriamente, 20 a 25 fotografias (fotoquadrados) ao longo de cada um dos transectos, com recurso a câmaras digitais montadas numa caixa estanque e com

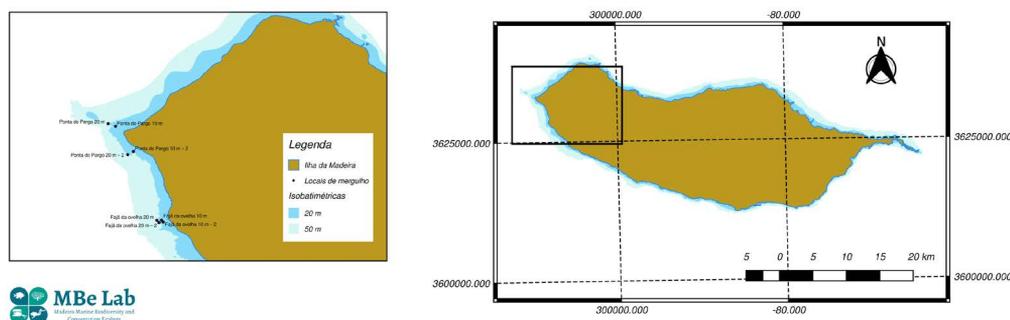


Figura 24 - Localização dos locais de amostragem (CRS: EPSG 5016).

Tabela 5 - Dados dos mergulhos efetuados.

Data	Hora	Duração	Prof. Max (m)	Local
2017-08-22	09:32:35	00:45:00	27,0	Fajã da Ovelha
2017-08-22	11:25:30	00:58:00	26,0	Fajã da Ovelha 2
2017-08-24	09:50:50	00:55:00	21,0	Ponta do Pargo
2017-08-24	12:27:26	00:53:00	24,2	Ponta do Pargo 2

iluminação externa. Foram fotografadas áreas de 0,25 m<sup>2</sup>, definidas por um quadrado de 50x50 cm, o que servirá como referência para a avaliação da percentagem de cobertura e abundância relativa dos diferentes grupos de organismos bentónicos feita em laboratório.

### 3.6.2.3. RESULTADOS

Neste relatório são apresentados os resultados preliminares de abundância e diversidade da ictiofauna. Os dados referentes aos organismos sésseis (macroinvertebrados) necessitam ainda de processamento laboratorial.

Um total de 24 espécies de peixes, pertencentes a 17 famílias, foram contabilizadas durante os mergulhos, sendo o número de espécies muito semelhante nos dois locais amostrados. Com efeito, foram respetivamente 17 e 18 as espécies identificadas e contabilizadas no total dos transectos realizados na Fajã-da-Ovelha e Ponta-do-Pargo.

A análise dos dados quantitativos relativos à abundância de peixes revela que apenas três espécies totalizam cerca de 70% da abundância total, sendo a castanheta-baia (*Chromis limbata*), espécie bentopelágica, a mais abundante em ambos os locais. A esta seguem-se outras duas espécies típicas dos recifes rochosos costeiros da Madeira, a castanheta-preta (*Similiparma lurida*) e o peixe-verde (*Thalassoma pavo*). Estas 3 espécies são, também, de entre as observadas, as únicas que apresentaram uma frequência de ocorrência de 100%, isto é, foram detetadas e contabilizadas em todos os transectos amostrados em ambas as localidades.

Outras espécies com interesse comercial e com maior peso em termos de biomassa foram também observadas com uma abundância considerável, nomeadamente freiras (*Kyphosus sectatrix*), sargos (*Diplodus sargus*) e bodiões (*Sparisoma cretense*) (Figura 23). De salientar que a abundância da maioria das espécies de peixes foi consideravelmente superior na localidade Ponta do Pargo, e que inclusive as freiras, o badejo (*Mycteroperca fusca*) e o peixe-cão (*Bodianus scrofa*) foram unicamente observados nessa localidade.

É importante ainda realçar que as duas últimas espécies acima mencionadas (badejo e peixe-cão) são espécies com um estatuto de conservação “em perigo” e “vulnerável”.

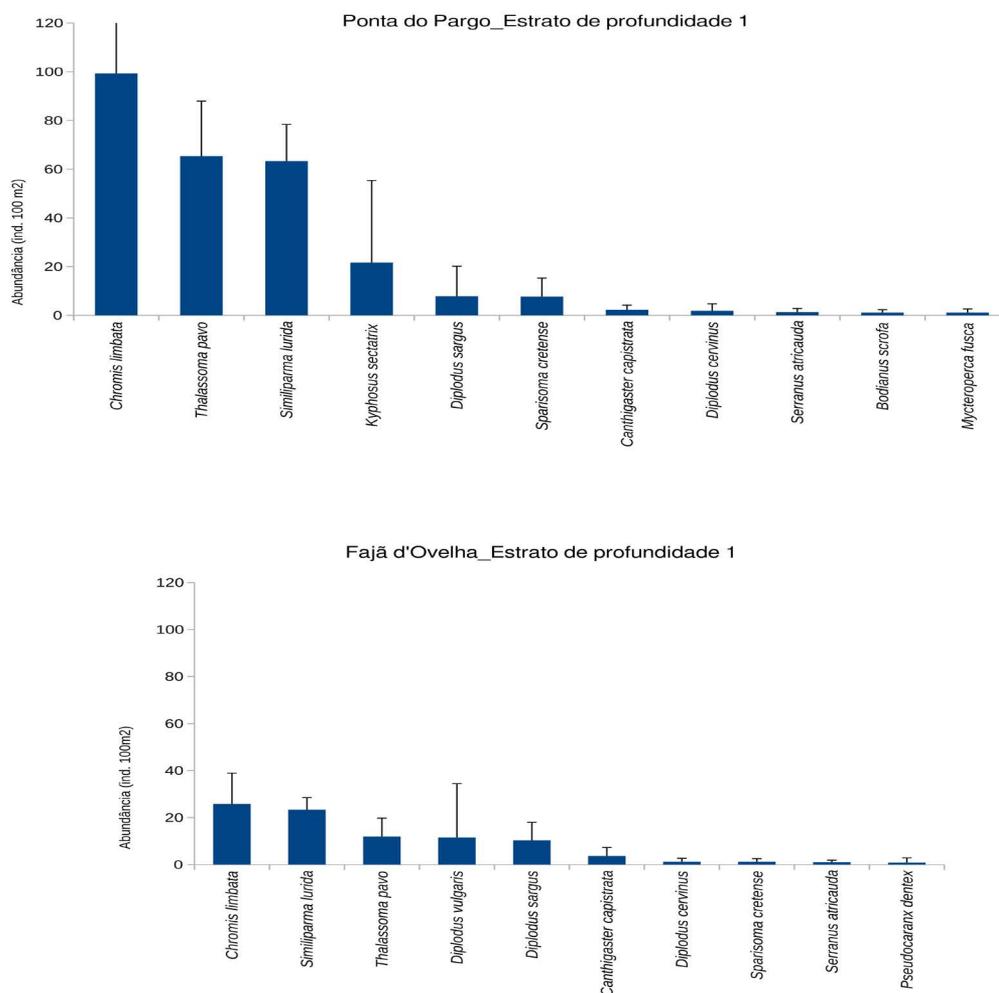


Figura 25 - Abundância média das dez espécies observadas em maior quantidade nos censos visuais (N=6, A= 100 m<sup>2</sup>), em duas localidades, entre as profundidades de 18 e 22 m. As barras de erro representam o desvio padrão em relação aos valores médios.

#### 3.6.2.4. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Esta amostragem permitiu verificar que as duas espécies de pomacentrídeos (*Chromis limbata* e *Similiparma ludrida*) e o labrídeo (*Thalassoma pavo*) apresentaram valores de abundância elevados nas duas localidades estudadas (Ponta do Pargo e Fajã da Ovelha). Estas três espécies são características dos habitats subtidais de substrato rochoso do arquipélago da Madeira, ocorrendo também nas ilhas oceânicas vizinhas dos Açores (Harmelin-Vivien et al., 2001) e das Canárias (García-Mederos et al., 2015). Os resultados obtidos nesta campanha, para as três espécies mais abundantes, comparados com os valores de abundância registados por Ribeiro et al (2005) e Ribeiro (2008), também em substrato rochoso subtidal, são significativamente superiores.

Os pomacentrídeos são excelentes bioindicadores por serem espécies de pequeno tamanho, abundantes, não-migradoras, facilmente distinguidas in situ, e que normalmente não são alvo de pescaria (Linton and Warner, 2003). Por conseguinte, os valores registados nesta campanha podem indicar um bom estado biológico destas comunidades.

Frequentemente, espécies pequenas, como é o caso dos pomacentrídeos, não se consideram com relevância comercial (Golani et al., 2002). Todavia, quer no caso da Madeira, quer no caso das ilhas Canárias, estas espécies são alvo de pesca, sendo apreciadas e comercializadas nalguns mercados locais (García-Mederos et al., 2015). No caso concreto da castanheta-baia, é uma espécie frequentemente comercializada na praça de peixe do Mercado dos Lavradores (Funchal - Ilha da Madeira) e noutros espaços comerciais da ilha da Madeira (C. Ribeiro obs. Pess.).

Infelizmente, as capturas provenientes, quer da pesca de subsistência, quer da pesca recreativa, não são registadas nem reportadas no arquipélago da Madeira (Shon et al., 2015). Esta atividade pode, contudo, representar uma fonte não controlada de pesca, contribuindo para depauperar certos recursos pesqueiros. Essa situação é especialmente preocupante em ilhas oceânicas, como é o caso da Madeira, com reduzida plataforma continental, onde os habitats costeiros são reduzidos e albergam recursos finitos que facilmente são ameaçados por níveis de pesca não sustentáveis (Rhodes et al., 2011; SPC, 2013; Menezes et al., 2013). O facto de se ter observado numa das localidades amostradas (Ponta do Pargo), um número considerável de indivíduos de duas espécies com estatuto de conservação "em perigo" e vulnerável, nomeadamente o badejo e o peixe-cão, poderá também ser um indicador do "bom" estado biológico da comunidade ictiológica. Resultados obtidos por Ribeiro et al (2005) e Ribeiro (2008), com metodologia semelhante e em habitats subtidais rochosos, revelaram níveis de abundância e frequência de ocorrência inferiores aos obtidos nesta campanha.

A dificuldade de acesso e as condições meteorológicas que se fazem sentir nesta zona da ilha da Madeira poderão ser um fator que contribui para a proteção e conservação destas comunidades. Não obstante, e sendo estes resultados muito limitados pelo reduzido esforço de amostragem, é necessária uma caracterização mais pormenorizada no espaço e no tempo.

## 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves F, Chícharo L, Serrão E, Abreu AD (2007) Grazing by *Diadema antillarum* (Philippi) upon algal communities on rocky substrates. *Scientia Marina* 67: 307-311.
- Bruckner A, Bruckner R (1998) Rapid-Wasting Disease: Pathogen or Predator? *Science* 279:2019-2025.
- Clarke K (1993) Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18 (1): 117-143.
- Clarke K, N GR (2015) PRIMER v7. PRIMER-e Ltd, Plymouth.
- Clarke KR, N GR, Warwick RM, Somerfield P (2001) *Change in Marine Communities. Primer-e Ltd, Plymouth.*
- Edgar GJ, Barrett NS, Morton AJ (2004) Biases associated with the use of underwater visual census techniques to quantify the density and size-structure of fish populations. *J Exp Mar Biol Ecol* 308: 269-290.
- Edgar GJ, Stuart-Smith RD (2009) Ecological effects of marine protected areas on rocky reef communities—a continental-scale analysis. *Marine Ecology Progress Series* 388:51-62.
- Foster MS, Gilberto Filho MA, Kamenos NA, Riosmena-Rodríguez R, Steller DL (2013) Rhodoliths and rhodolith beds. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences*, 39: 143-153.
- Friedlander AM, Ballesteros E, Clemente S, Gonçalves EJ, Estep A, Rose P, Sala E (2017) Contrasts in the marine ecosystem of two Macaronesian islands: A comparison between the remote Selvagens Reserve and Madeira Island. *PLoS ONE* 12:e0187935-24.
- García-Mederos AM, Tuya F, Tuset VM (2015) The structure of a nearshore fish assemblage at an oceanic island: insight from small scale fisheries through bottom traps at Gran Canary Island (Canary Islands, eastern Atlantic). *Aquat. Living Resour*: 28, 1-10.
- George KH (2014) Research Cruise P466 [POS466] of German Research Vessel POSEIDON Cruise Report. Deutsches Zentrum für Marine Biodiversitätsforschung, Senckenberg am Meer, Wilhelmshaven, Germany, 19 pp. DOI 10.3289/CR\_POS466.
- Golani D, Orsi-Relini L, Massuti E, Quignard JP (2002) *CIESM. Atlas of exotic species in the Mediterranean.* CIESM Publishers, Monaco.
- Harmelin-Vivien ML, Harmelin JG, Almeida AJ (2001) Structure of fish assemblages on coastal rocky shores of the Azores. *Boletim do Museu Municipal do Funchal Sup* 6, 127-138.
- Linton DM, Warner GF (2003). Biological indicators in the Caribbean coastal zone and their role in integrated coastal management. *Ocean & Coastal Management* 46, 261-276. [https://doi.org/10.1016/S0964-5691\(03\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0964-5691(03)00007-3).
- McCook L, Jompa J, Diaz-Pulido G (2001) Competition between corals and algae on coral reefs: a review of evidence and mechanisms. *Coral Reefs* 19 (4): 400-417.
- Mctaggart, KE, Johnson GC, Johnson MC, Delahoyde FM, Swift, JH (2010). Notes on CTD/O2 data

acquisition and processing using Sea-Bird hardware and software (as available). In: The GO-SHIP Repeat Hydrography Manual: A Collection of Expert Reports and Guidelines (Hood, E.M., Sabine, C.L., & Sloyan, B.M., editors) IOCCP Report Number 14, ICPO Publication Series Number 134.

Menezes GM, Diogo H, Giacomello E (2013). Reconstruction of demersal fisheries history on the Condor seamount, Azores archipelago (Northeast Atlantic). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 98, 190-203. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.02.031>

Monteiro J (2014) Ecological assessment and diversity of corals and their endosymbiotic dinoflagellates *Symbiodinium* spp. in Cabo Verde. Universidade dos Açores, p 1-293.

Monteiro JG, Costa CF, Gorch-Lira K, Fitt WK, Stefanni SS, Sassi R, Santos RS, LaJeunesse TC (2013) Ecological and biogeographic implications of *Siderastrea* symbiotic relationship with *Symbiodinium* sp. C46 in Sal Island (Cape Verde, East Atlantic Ocean). *Marine Biodiversity* 43:261-272.

Morrison D (1988) Comparing Fish and Urchin Grazing in Shallow and Deeper Coral Reef Algal Communities. *Ecology* 69:1367-1382.

Portal da Marinha (2017) NRP Auriga. Available at: <http://www.marinha.pt/pt-pt/meios-operacoes/armada/navios/hidrograficos/Paginas/NRP-Auriga.aspx> [Accessed 4 Dec. 2017].

Rawson C, Lim R, Tremblay L, Warne M (2010) Benthic macroinvertebrate assemblages in remediated wetlands around Sydney, Australia. *Ecotoxicology*.

Rhodes K, Taylor B, McIlwain J (2011) Detailed demographic analysis of an *Epinephelus* polyphekadion spawning aggregation and fishery. *Marine Ecology Progress Series* 421, 183-198. <https://doi.org/10.3354/meps08904>

Ribeiro C, Almeida AJ, Araújo R, Biscoito M, Freitas M (2005). Fish assemblages of Cais do Carvão Bay (Madeira Island) determined by the visual census technique. *J. Fish Biol.* 67, 1568-1584. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2005.00861.x>

Ribeiro CC (2008) Comparison of rocky reef fish communities among protected, unprotected and artificial habitats in Madeira island coastal waters using underwater visual techniques (PhD Thesis). Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa.

Roy S, Llewellyn, CA, Egeland, ES, Johnson G. (eds.) (2011). *Phytoplankton Pigments. Characterization, Chemotaxonomy and Applications in Oceanography*. Cambridge University Press, Cambridge.

Shon S, Delgado JM, Morato T, Pham CK, Zyllich K, Zeller D, Pauly D (2015) Reconstruction of marine fisheries catches for Madeira Island, Portugal from 1950-2010. Working Paper Series, Fisheries Centre, University of British Columbia 2015-52, 1-13.

SPC (2013) Priority adaptations to climate change for fisheries and aquaculture in Vanuatu. Noumea, New Caledonia, Secretariat of the Pacific Community.

Uitz, J, Claustre, H, Morel A, Hooker SB (2006) Vertical distribution of phytoplankton communities in open ocean: An assessment based on surface chlorophyll. *Journal of Geophysical Research* 111: C08005, doi:08010.01029/02005JC003207.





PARTE II:  
**B/O SOCIB**



# 1. INTRODUÇÃO

Os trabalhos da Campanha Oceanográfica OOM - 2017 a bordo do B/O SOCIB decorreram entre os dias 13 e 30 de agosto de 2017. O principal objetivo consistiu na caracterização física e biológica das águas adjacentes à ilha da Madeira, com o intuito de avaliar o chamado Efeito da Ilha ou IME (do inglês, Island Mass Effect). Este conceito, documentado pela primeira vez por Doty e Oguri (1956), descreve o efeito das ilhas oceânicas na produtividade biológica das águas circundantes. Vários autores têm estudado este fenómeno nas regiões insulares (ex. Hamner e Hauri (1981), Caldeira et al. (2005), entre outros), verificando aumentos de produtividade nestas áreas comparativamente ao mar aberto.

Nas secções seguintes são relatadas as principais atividades e apresentados alguns resultados preliminares desta componente da campanha.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DO B/O SOCIB

O B/O SOCIB (Figura 26) é um catamarã de investigação multidisciplinar espanhol do Balearic Islands Coastal Observing and Forecasting System. Tem 27 m de comprimento e capacidade de acomodação para 7 cientistas e 9 tripulantes (<http://www.socib.eu/?seccion=vesselPage>).



Figura 26 - Navio de investigação B/O SOCIB no Porto do Funchal.

B/O SOCIB é constituído por um laboratório de trabalho de 27 m<sup>2</sup>, um convés inferior de 60 m<sup>2</sup> e um superior de 30 m<sup>2</sup>. Nesta campanha, o laboratório foi organizado em 2 áreas: o laboratório seco, a partir do qual foram controlados todos os equipamentos oceanográficos disponíveis a bordo e que, através dos 14 ecrãs instalados, permitiu analisar dados em

tempo real, bem como monitorizar a navegação, as operações no convés e a segurança dos intervenientes (Figura 27a); e o laboratório húmido, que ficou destinado à filtração e conservação das águas amostradas (Figura 27b).

No convés inferior, a maior parte dos equipamentos oceanográficos foi operada com a ajuda de uma grua que, localizada na zona estibordo, tinha capacidade para transportar cerca de 5000 Kg através de um braço extensível com 2 m (Figura 28b), e de um pórtico hidráulico (Figura 28a). Foram usados dois tipos de guincho: um comportava um cabo coaxial com 3000 m de comprimento e 8 mm de diâmetro (Figura 28c), e tinha capacidade de reboque de 1900 Kg (quando conectado, este cabo permitia a comunicação com os computadores a bordo), e o outro estava equipado com um cabo de aço de 6 mm e 3000 m de comprimento e permitia rebocar até 800 Kg (Figura 28d).



Figura 27 - Laboratórios de trabalho. a) Laboratório seco; b) laboratório húmido.



Figura 28 - Equipamento para elevação e movimentação dos instrumentos oceanográficos; a) porta hidráulica; b) grua; c) guincho hidráulico; d) guincho portuário.

### 3. EQUIPA TÉCNICO-CIENTÍFICA E TRIPULAÇÃO

Estiveram embarcadas permanentemente 16 pessoas, 7 eram cientistas e 9 eram membros da tripulação do navio (Figura 29). A sua identificação encontra-se nas tabelas 1 e 2, respetivamente.

Tabela 6 - Equipa técnico-científica.

	Área de investigação	Nome	E-mail	Instituição
1	Oceanografia Física	Rui Caldeira	rui.caldeira@oom.arditi.pt	OOM
2	Oceanografia Física	Carolina Camargo	carmacha@vub.ac.be	VUB
3	Oceanografia Física	Cátia Azevedo	catia.azevedo@oom.arditi.pt	OOM
4	Oceanografia Física	Jesus Reis	Jesus.reis@oom.arditi.pt	OOM
5	Oceanografia Biológica	Manfred Kaufmann	mkaufmann@ciimarmadeira.org	OOM/Ciimar-Madeira
6	Biologia	Teresa Silva	teresa.silva@oom.arditi.pt	OOM
7	Biologia	Leonardo Berninsone	leoberninsone@gmail.com	OOM
8	Engenharia Eletrónica	Bruno Ramos	bramos@emepc-portugal.org	EMEPC
9	Biologia Marinha	Mafalda Freitas	mafalda.freitas@cm-funchal.pt	OOM/CMF

Tabela 7 - Tripulação do navio.

	Posto	Nome
1	Capitão	Miquel Nebot
2	Chefe Máquinas	María Picas
3	1º Oficial de Ponte	Albert Gallardo
4	Cozinheiro	Juaquin Marino
5	Contramestre	Fernando Fontan
6	2º Oficial de Ponte	Valentin Hermelo
7	Oficial de Máquinas	Victor Rodríguez
8	Marinheiro	Alberto Queiruga
9	Marinheiro	Luis Fortes



Figura 29 - Participantes no último dia da campanha no convés de trabalho do B/O SOCIB.

## 4. OCEANOGRAFIA FÍSICA

### 4.1. OBJETIVOS

Os principais objetivos no âmbito da oceanografia física foram:

- Estudar a dinâmica costeira, nomeadamente as diferenças entre o norte e o sul da ilha, bem como as diferenças entre águas costeiras e o mar aberto (adjacente à ilha), tendo em conta a influência das marés;
- Estudar a variabilidade espaço-temporal da esteira de água quente, que normalmente se forma a SW (sotavento) da ilha devido à exposição solar e ao consequente sobreaquecimento da superfície do oceano;
- Medir e caracterizar pela primeira vez a geração de ondas internas na franja submarina compreendida entre a Ponta de S. Lourenço e as ilhas Desertas.

### 4.2. INSTRUMENTOS E METODOLOGIAS UTILIZADOS

#### **CTD SBE 19 plus V2 SeaCATProfiler**

Este equipamento (Figura 30a) mede a condutividade, temperatura e profundidade/pressão (CTD), com elevada resolução e precisão, ao longo da coluna de água, com um período de

amostragem de 4 Hz, ou seja, quatro medidas por segundo. Além do CTD, o 19-plus V2 comporta ainda sensores de turbidez e fluorescência (Figura 30b). O fluxo de passagem da água pelos sensores de condutividade é controlado através de uma bomba, o que permite minimizar picos de salinidade causados por movimentações do navio e efetuar descidas a uma velocidade de 1 m/s.

Ao SBE 19 plus V2 SeaCATProfiler foram acopladas em todas as descidas duas garrafas Niskin para recolha de águas a profundidades pré-estabelecidas.

Os dados foram gravados na memória interna do equipamento, sendo depois descarregados para o computador através do software Seaterm da Sea-Bird. O processamento foi efetuado através de um conjunto de rotinas do software SBE Data Processing, também da Sea-Bird. Estas rotinas permitiram a conversão dos dados binários para variáveis físicas.

O processamento dos dados foi feito através da definição dos limites mínimo e máximo (para a pressão, temperatura e condutividade), da retificação dos sensores de temperatura e condutividade relativamente à pressão (para que o tempo fosse correspondente para a mesma parcela de água) e da correção do efeito da massa térmica da célula. A partir dos dados previamente processados, procedeu-se a cálculos posteriores para a obtenção de outras variáveis físicas (ex. densidade derivada da salinidade). A primeira visualização dos dados foi feita através do Ocean Data View (ODV) e, posteriormente, através de rotinas programadas em Python.

Durante a campanha, foram efetuados 88 perfis em 16 estações ao longo das costas norte e sul da ilha (Figura 30b), nas batimétricas dos 200 e 1000 m de profundidade.

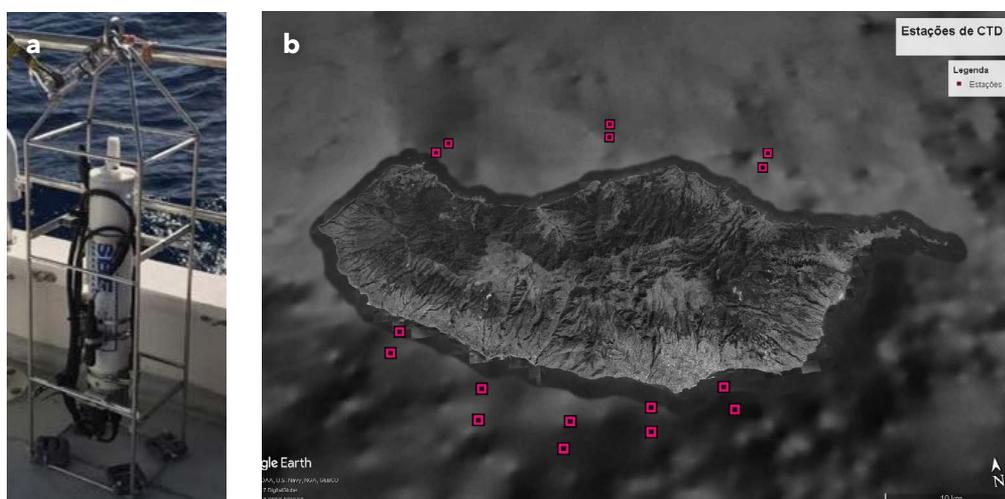


Figura 30 - a) CTD SBE 19 PLUS V2 Se SeaCATProfiler; b) localização dos pontos em que foram feitas amostragens com o CTD SBE 19 plus V2 SeaCATProfiler.

### CTD SBE 911 plus incorporado na Rosette

Este sistema tem acoplados o SBE 9 plus CTD e o SBE 11 plus V2 (deck unit), fornecendo amostragens de dados em tempo real com uma cadência de aquisição de 24 Hz. Comportou

sensores de turbidez, fluorescência, radiação fotossintética ativa (PAR), oxigênio dissolvido, altímetro e 12 garrafas Niskin (Figura 31b). O software utilizado na aquisição e processamento dos dados foi o mesmo usado no SBE 19plus, assim como o software de visualização. Com este equipamento, foram efetuados 15 perfis ao longo da costa sul da ilha, aos 2000, 1000, 200, 100 e 50 m de profundidade (Figura 31a).

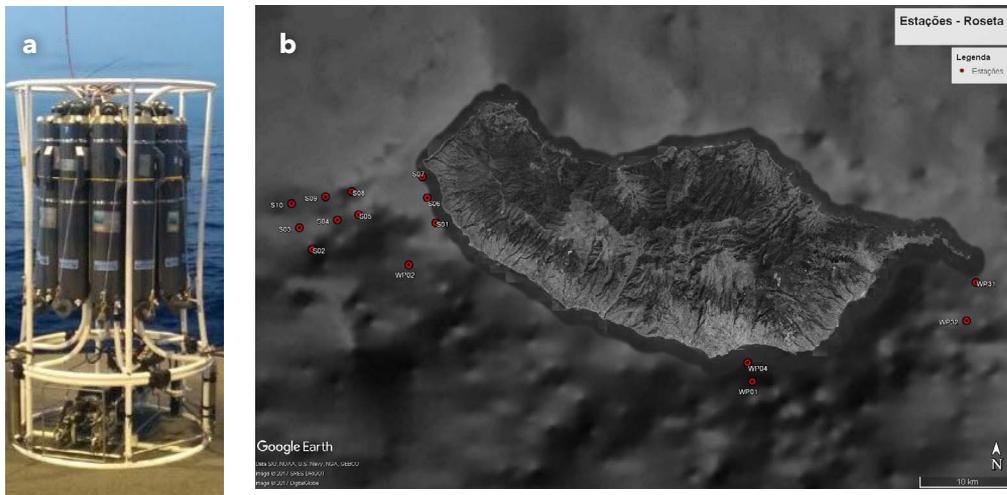


Figura 31 - a) Conjunto de equipamentos incorporados na Rosette. b) localização dos pontos em que foram feitas as amostragens com o CTD SBE 911 Plus.

### Termosalinógrafo SBE 21

Este instrumento, instalado perto da entrada de água do mar no casco do navio, permitiu efetuar medições em tempo real da temperatura e condutividade, e fez registros contínuos a uma frequência de 4 Hz. Para além de o termosalinógrafo registar os dados em tempo real, contém também memória interna que permite guardar cerca de 10.6 milhões de registros.

O controlo das válvulas de circulação de água do mar no termosalinógrafo e a descarga de água doce foram feitos no navio a cada saída do porto (Figura 32). A visualização dos dados do termosalinógrafo, apresentada neste relatório, foi feita através do software ODV.

No total, foram percorridas 909 milhas e recolhidas 2458 amostras de água.

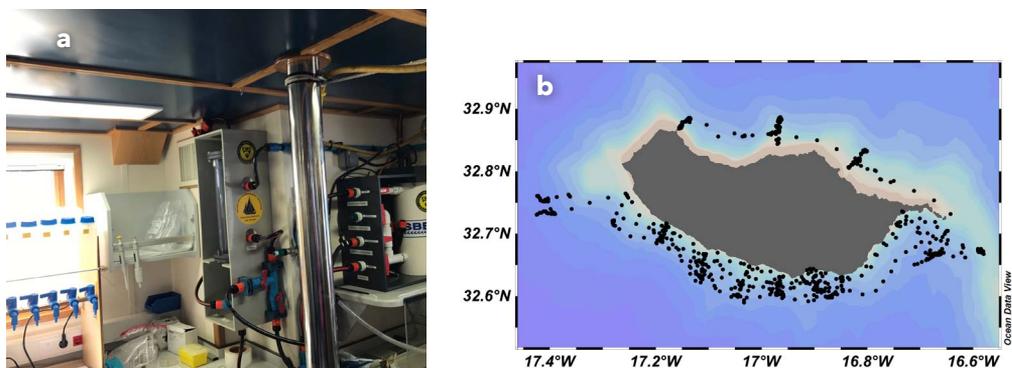


Figura 32 - a) Termosalinógrafo instalado no navio. b) Localização dos pontos em que foi feita a amostragem com o termosalinógrafo.

### Perfilador vertical de microestrutura VPM 250

O VPM é um perfilador vertical que mede a turbulência de microescala através de sensores presentes na base do instrumento. As medições podem ser feitas até a uma profundidade máxima de 1000 m. A estabilidade da descida é obtida através da franja instalada no topo (Figura 33). O microperfilador permite gerar perfis de temperatura e de salinidade, devido ao CTD que tem incorporado, e perfis de cisalhamento (shear). Os dados são gravados internamente através de um cartão de memória. Com este equipamento, foi possível efetuar um total de 172 perfis, entre a costa norte e sul da Madeira, nas 38 estações apresentadas na Figura 34. Os dados resultantes dos levantamentos com VPM foram processados em rotinas programadas em MATLAB.



Figura 33 - VPM durante a sua utilização. A franja a branco visível na imagem da esquerda serve para estabilizar o equipamento durante a descida na água.

### Underway CTD 10-400 (uCTD)

O uCTD 10-400 é um equipamento que, acoplado a um navio em movimento, permite a realização de perfis verticais de CTD na coluna de água. O instrumento é constituído por uma sonda (Figura 35a), um guincho de alta velocidade e um rebobinador de linha (Figura 35b), e carrega uma sonda CTD de alta precisão da Sea-Brid. Este CTD permite fazer amostragens com uma frequência de 16 Hz. A profundidade máxima das medidas é diretamente proporcional à velocidade do navio.

As medições foram efetuadas até 400 m de profundidade para velocidades que chegaram às 15 milhas náuticas (ou NM, do inglês nautical miles).

Durante a campanha, o Underway CTD 10-400 foi operado em modo de TOW-YO. Este método é muito útil para a realização de perfis até 300 m de profundidade, desde que a embarcação não exceda uma velocidade de 10 NM. Neste modo, os perfis são realizados

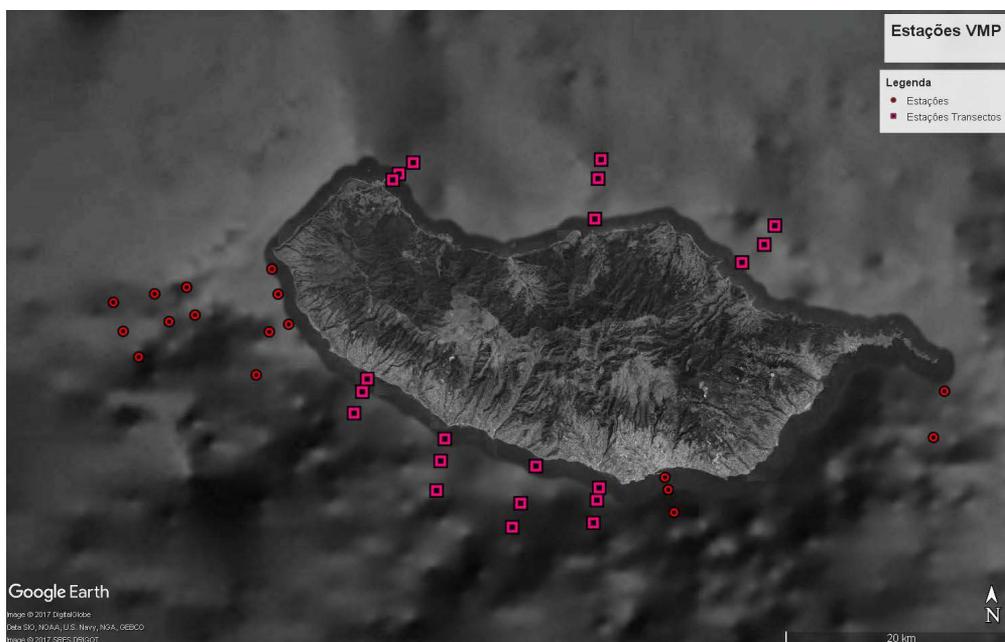


Figura 34 - Localização dos pontos em que foi feita a amostragem com o VMP.

deixando o guincho desengatado durante um tempo pré-determinado para a sonda atingir a profundidade desejada. A sonda é recuperada até à superfície através do guincho elétrico. Esta sequência é repetida enquanto o navio percorre o transecto, permitindo uma amostragem vertical a cada 1.6 -1.8 Km.

Foram efetuados levantamentos com o uCTD nas batimétricas de 1000 e 200 m, entre a Ponta de S. Lourenço e a Ponta do Pargo, na batimétrica dos 50 m, entre o Funchal e a Ponta de S. Lourenço (costa sul), e na batimétrica dos 200 m, entre a Ponta de S. Lourenço e o Porto Moniz (costa norte), como ilustrado na Figura 36. No oitavo dia, quando estava a ser amostrada a batimétrica dos 1000 m entre o Porto Moniz e a Ponta de S. Lourenço, perdeu-se a sonda, pelo que não foram recolhidos mais dados a partir deste evento.

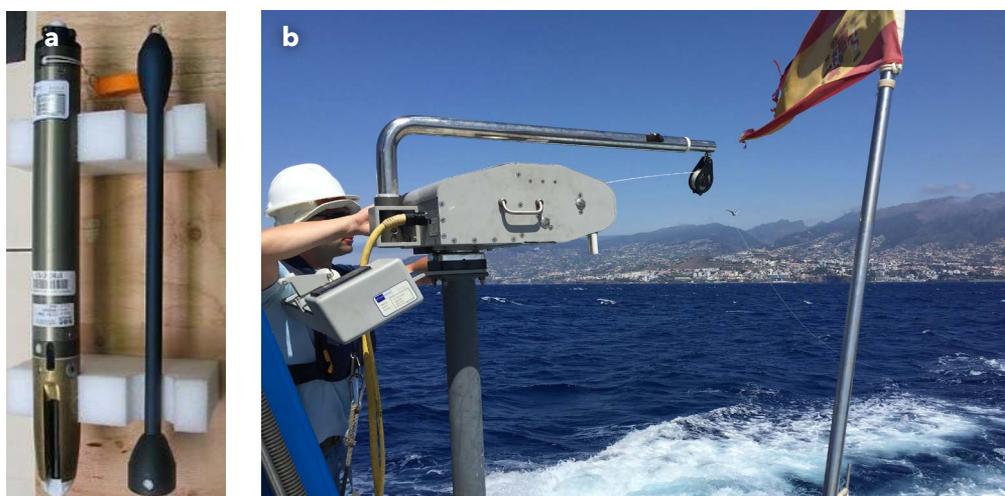


Figura 35 - a) Operação do uCTD; b) sonda do uCTD.

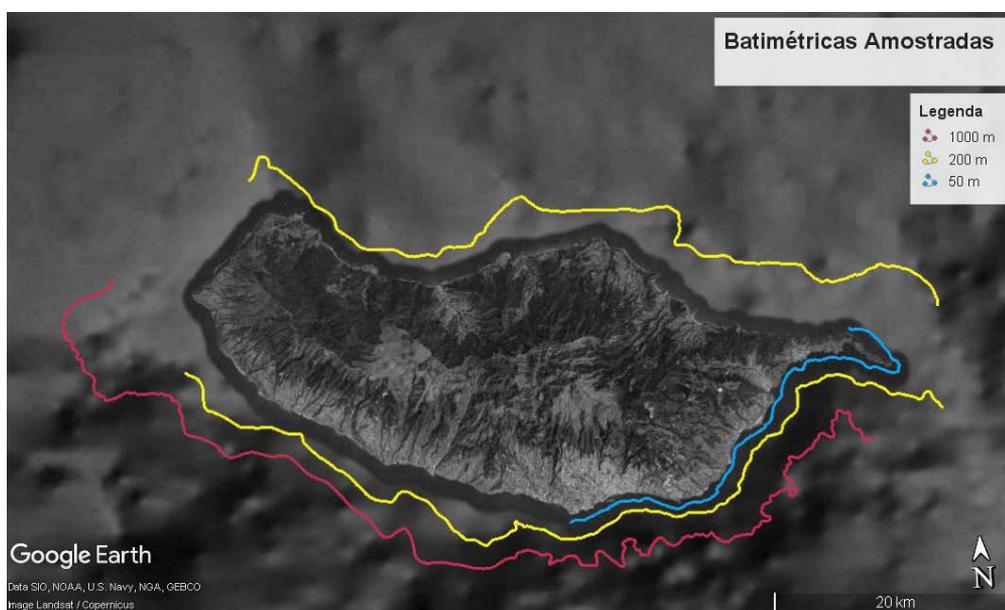


Figura 36 - Localização dos pontos em que foi feita a amostragem com o uCTD.

O uCTD foi operado num total de 25 h distribuídas por 8 dias, percorreram-se 188 milhas náuticas e foi possível obter 460 perfis, dos quais:

- 166 foram a uma profundidade aproximada de 20 m;
- 266 foram a uma profundidade aproximada de 100 m;
- 28 foram a uma profundidade aproximada de 300 m.

A metodologia utilizada no tratamento dos dados recolhidos pelo uCTD constituiu-se em 2 etapas. Na primeira, foi aplicado o mesmo processamento de dados utilizado nos CTD's acima referidos, e documentados pela SBE Data Processing. Na segunda, foi feita a representação com recurso ao software ODV.

#### **ADCP de Casco Workhorse 150**

Este equipamento utiliza um sinal acústico para a obtenção dos dados de correntes e funciona partindo do princípio que existem partículas em suspensão na coluna de água, como sedimentos ou organismos microscópicos, que se deslocam em sintonia com as correntes. As reflexões do sinal acústico provocadas por essas partículas permitem calcular a intensidade e direção das correntes ao longo da coluna de água.

O ADCP 'Workhorse 150' da RDI, acoplado ao casco do navio, permitiu medir as correntes pelos locais onde o navio navegava. Por ter um tradutor com 150 KHz, foi possível obter perfis de correntes até a um máximo de 400 m de profundidade. A configuração utilizada nesta campanha permitiu obter registos de 50 profundidades (Bins). Os registos foram iniciados aos 17 m de profundidade e tiveram um espaçamento de 8 m (Bin-size). Os dados obtidos correspondem a médias de 2 min.

### **ADCP Aquadopp**

Este ADCP, da Nortek, foi fundeado durante 12 h de cada vez, em estações diferentes em torno da ilha, sempre a uma profundidade máxima de 100 m. Este instrumento tem uma elevada frequência (500 KHz), o que permite medir 60 profundidades com células de 1 m, sendo utilizadas médias de 2 min.

### **ADCP FlowQuest-600**

O FlowQuest-600, da 'LinkQuest', foi fundeado na Ponta de S. Lourenço no início da campanha, a uma profundidade de 138 m, e recolhido depois de a campanha terminar, no dia 23 de outubro de 2017. Este ADCP utiliza uma frequência de 600 KHz, o que permitiu obter dados de 98 profundidades com células de 0.5 m. Foram registadas medidas a cada 1 min.

### **Radares de Alta Frequência (do inglês High-frequency - HF)**

Os radares HF foram instalados na costa sul da ilha da Madeira no mês de junho de 2017. Utilizam a reflexão do sinal de rádio nas ondas do mar para calcular a corrente à superfície, numa área que depende da frequência da onda emitida pelo radar. Os radares que estão instalados na Madeira têm duas antenas e emitem com uma frequência de 13.5 MHz. A área de abrangência é considerável, permitindo calcular as correntes de superfície até 100 Km da costa.

## **4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.3.1. CARACTERIZAÇÃO DA DINÂMICA COSTEIRA**

Considerou-se a zona da plataforma insular como costeira, compreendida entre os 0 m e a batimétrica dos 200 m em ambas as costas. De forma a diferenciar as características físicas da costa, foram analisados dados provenientes do termosalinógrafo e do uCTD - a temperatura e salinidade da coluna de água, respetivamente. Foram também analisados dados de correntes resultantes de ADCPs.

Em seguida, são apresentados os principais resultados provenientes das medidas efetuadas pelos diversos equipamentos oceanográficos utilizados (Figura 37).

Analisando os dados de superfície obtidos com o termosalinógrafo, verifica-se que, na generalidade, a costa sul apresenta valores de temperatura da água mais elevados relativamente à costa norte (Figura 37a). O mesmo é observado no que diz respeito aos valores de salinidade (Figura 37b). Os valores de densidade - sigma theta (Figura 37c) - mostram um mínimo no Porto Moniz e dois valores máximos a sudeste da Ponta de S. Lourenço. Na zona perto do Porto Moniz, são visíveis valores de temperatura da água mais elevados do que na

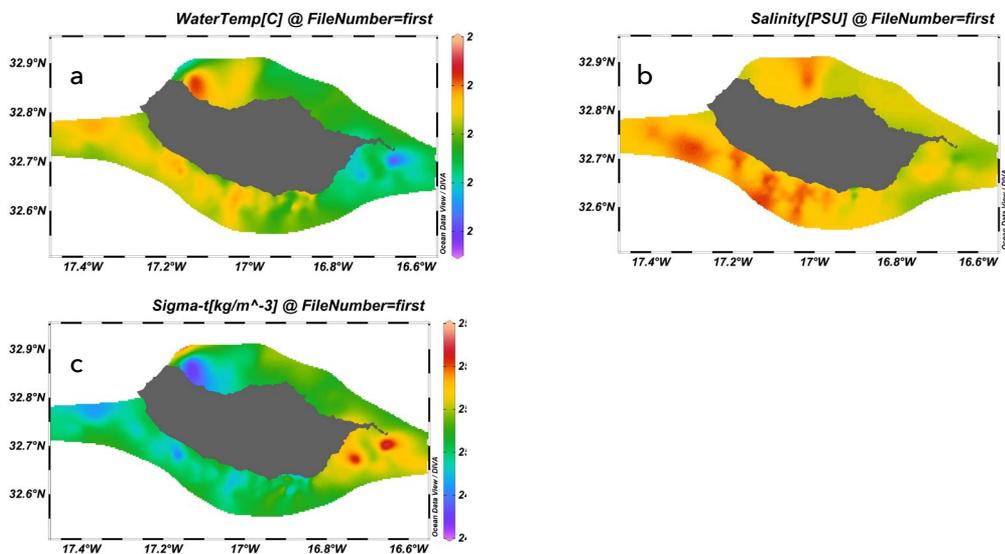


Figura 37 - Representação dos resultados obtidos através do termosalinógrafo. a) Temperatura da superfície; b) salinidade da camada superficial; c) densidade da águas à superfície.

restante costa norte. Apesar disso, o valor máximo de salinidade encontra-se na zona entre S. Vicente e Ponta Delgada. À medida que nos deslocamos para este, em direção à Ponta de S. Lourenço, os valores de temperatura e salinidade decrescem. A zona da Ponta de S. Lourenço, a sudeste, mostra temperaturas da água mais baixas do que na restante zona de estudo, com valores inferiores a 23 °C no extremo sudeste. Também nesta zona encontram-se as águas com maior densidade - sigma theta igual a 25.4 kg/m<sup>3</sup> - de todo o transecto.

Na costa sul, desde a Ponta do Pargo até Câmara de Lobos, os valores de temperatura da água variam entre os 24,5 e os 25 °C e os de salinidade entre os 36,9 e os 37,1 psu. No Funchal, estes valores baixam para os 24 °C e 36,8 psu, respetivamente.

Na Figura 38, estão representados os transectos efetuados com o uCTD na batimétrica dos 200 m, a sul e a norte da ilha, sendo aqui analisadas as diferenças entre as duas costas e restringido o estudo à plataforma insular.

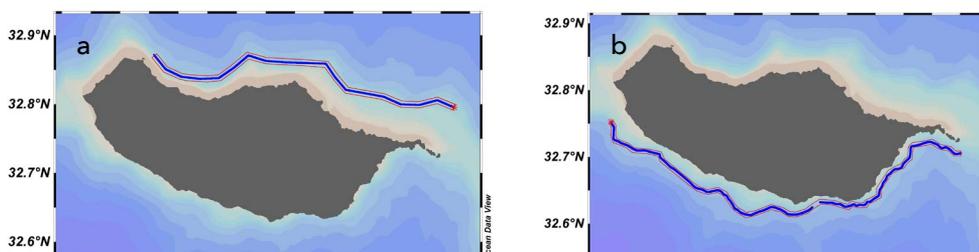


Figura 38 - a) Representação do corte longitudinal efetuado com o uCTD na batimétrica dos 200 m, na costa norte e b) na costa sul.

Na Figura 39, estão representados os valores de temperatura ao longo da coluna de água, até 80 m de profundidade, para os transectos norte e sul apresentados na Figura 38. Os valores de temperatura da água oscilam entre os 18 e os 25 °C, com valores superiores à superfície, que diminuem com a profundidade em ambas as costas. O sector sul apresenta um desvio padrão mais elevado do que a costa norte, o que nos indica que a variação da temperatura é superior no transecto da costa sul. A massa de água superficial mais quente, visível a oeste em ambos os transectos, apresenta valores superiores a sul (24.2 °C) relativamente a norte (23.8 °C). Esta massa de água é encontrada até profundidades mais elevadas no lado sul (cerca de 11 m) do que no lado norte (3 m). Isto deve-se ao sobreaquecimento da superfície do oceano resultante da formação da esteira de água quente, fenómeno discutido no subcapítulo seguinte (4.2.).

A massa de água mais fria encontra-se a este no sector sul (inferior a 19 °C), no entanto águas com valores de temperatura inferiores a 20 °C são mais predominantes no sector norte a partir dos 60 m. O afloramento desta massa de água fria a sudeste da ilha está relacionado com a geração de ondas internas neste local. Este processo é referido no subcapítulo 4.3.

No que diz respeito à salinidade (Figura 40), a noroeste é visível uma intrusão de água mais salina (36.8 psu), desde a superfície até perto dos 80m. À medida que nos deslocamos para nordeste, parcelas de água com a mesma salinidade (36.8 psu) são encontradas entre os 20 e os 30 m com o resto da coluna de água a ser preenchido por água menos salina. Ainda a norte da ilha, denotou-se uma massa de água superficial de salinidade inferior, de 36.7 psu, que percorre todo o sector (Figura 40, baixo). Isto pode estar relacionado com a descarga

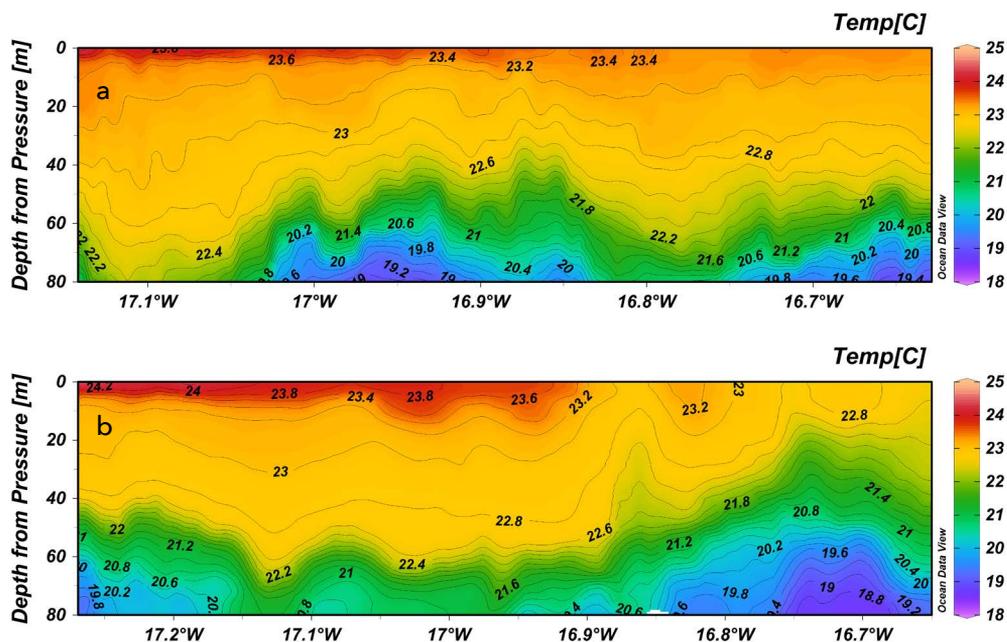


Figura 39 - a) Representação dos valores de temperatura da água ao longo do corte longitudinal obtidos através do uCTD, na costa norte e b) na costa sul.

de água doce proveniente das ribeiras e das nascentes, que são mais abundantes a norte. No transecto a sul, a coluna de água apresenta maior homogeneidade do que a norte, sendo apenas de ressaltar a intrusão em profundidade de uma massa de água menos salina no lado este, observada também nos valores da temperatura. À superfície, é também visível uma camada de água menos salina a sul, mas menos profunda do que a norte e com valores de salinidade superiores.

De forma a ser quantificada a estabilidade da coluna de água, foi calculada a frequência de Brunt Vaisala,  $N^2 = g/\rho \cdot dp/dz$ . Quanto maiores forem os valores de  $N^2$ , mais estáveis são as massas de água. Nos gráficos das Figuras 41 e 42, estão representados os valores obtidos da costa norte e da costa sul, respetivamente. O primeiro gráfico (cima) representa toda a coluna de água, dos 0 aos 80 m de profundidade, e o segundo (baixo) representa em pormenor a mesma área amostrada, dos 0 aos 10 m.

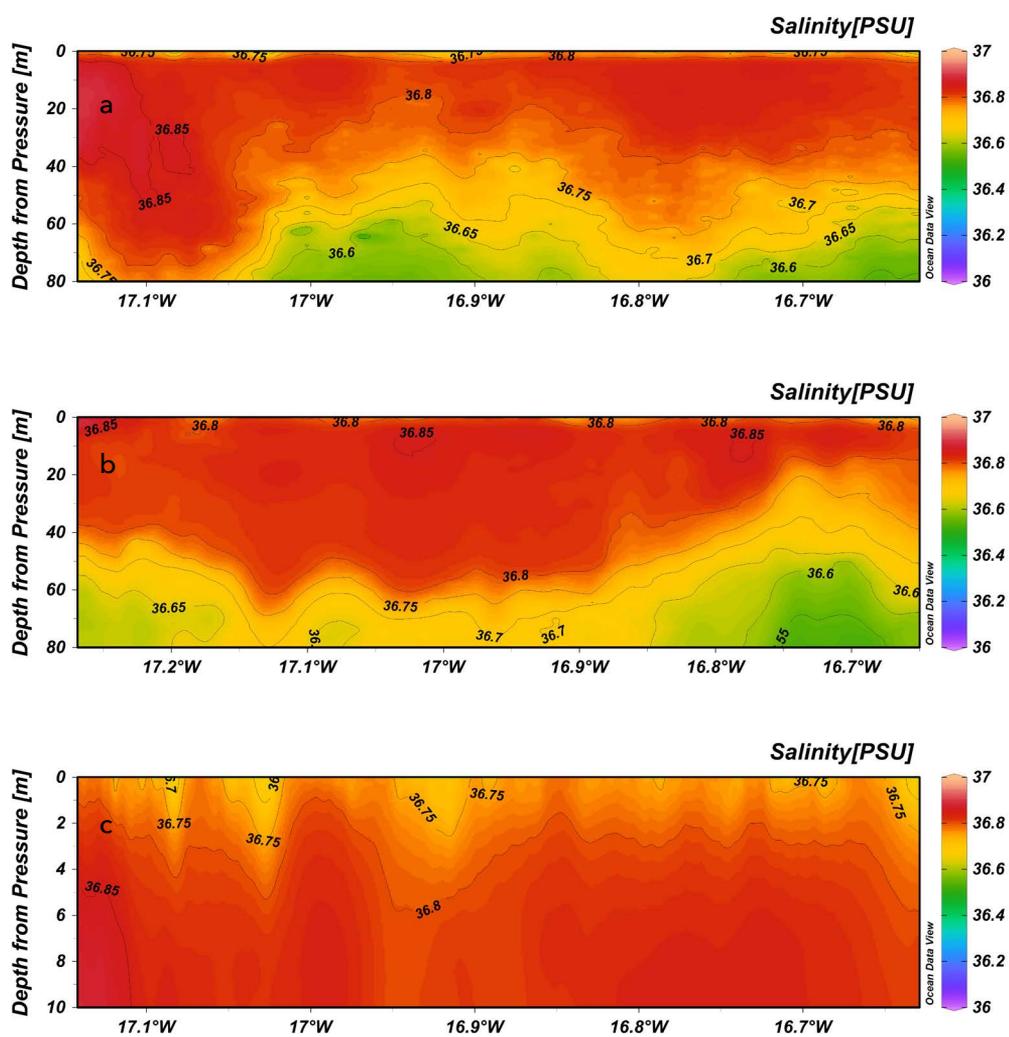


Figura 40 - a) Representação dos valores de salinidade da água ao longo do corte longitudinal obtidos através do uCTD, na costa norte e b) na costa sul. c) Zoom da coluna de água, nos primeiros 10 m, do transecto norte.

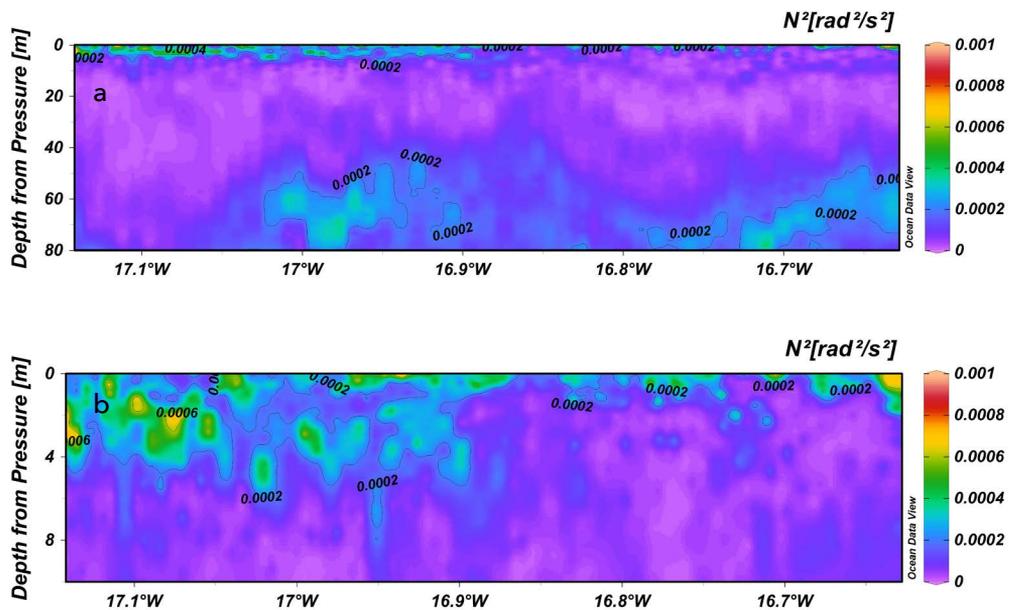


Figura 41 - a) Representação da frequência de Brunt Vaisala ao longo do corte longitudinal na costa norte e b) zoom da coluna de água, nos primeiros 10 m.

Na Figura 41, observam-se três “camadas” distintas de estabilidade. Uma camada mais superficial estável, até aos 4 m, com valores de  $N^2$  a atingirem  $5 \times 10^{-4} \text{rad}^2/\text{s}^2$ ; uma camada intermédia pouco estável, entre os 5 e os 40 m, e que se estende até aos 80 m na zona oeste, com valores muito próximos de 0, e uma camada novamente mais estável, com valores que atingem os  $3 \times 10^{-4} \text{rad}^2/\text{s}^2$  na zona mais profunda. Relacionando estes dados com os da temperatura (Figura 39) e da salinidade (Figura 40), constata-se que as zonas onde as isotérmicas estão mais próximas são mais estáveis, isto é, para haver mistura é necessária uma perturbação/energia maior. No sector sul (Figura 42), o comportamento ao longo da

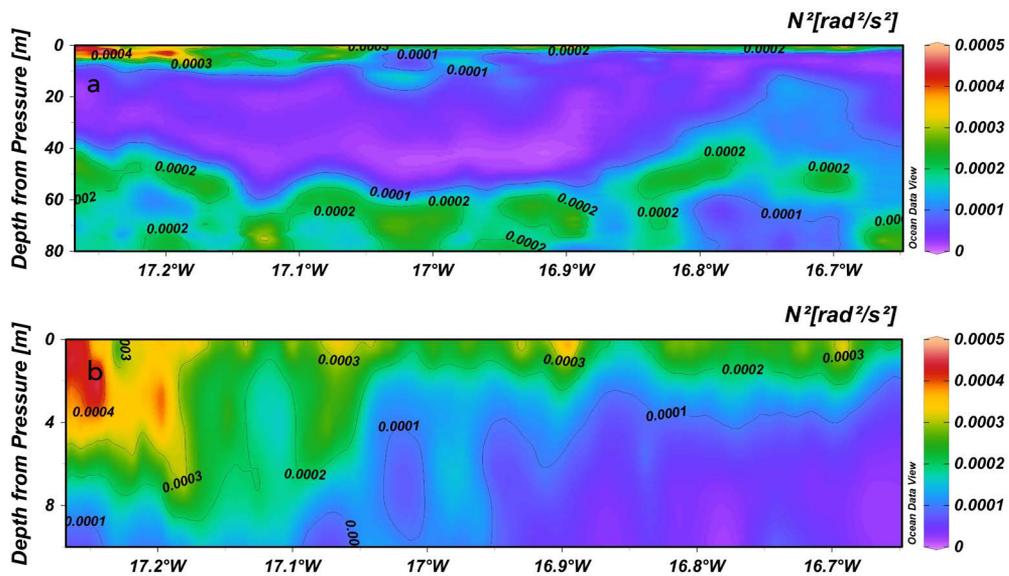


Figura 42 - a) Representação da frequência de Brunt Vaisala ao longo do corte longitudinal na costa sul e b) zoom da coluna de água, nos primeiros 10 m.

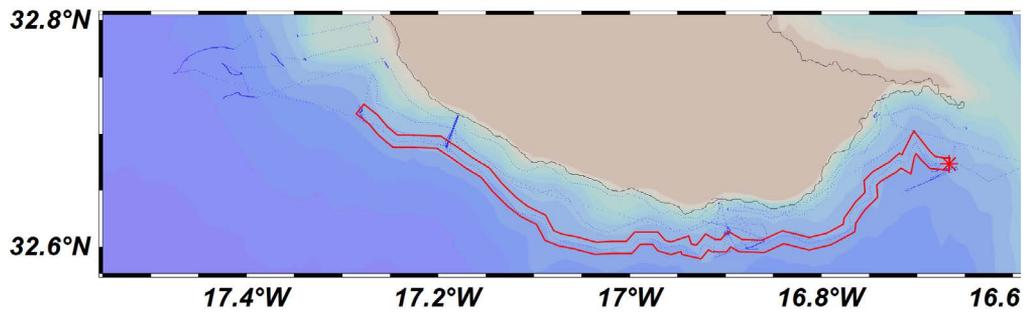


Figura 43 - Representação do corte longitudinal na batimetria dos 1000 m, na costa sul.

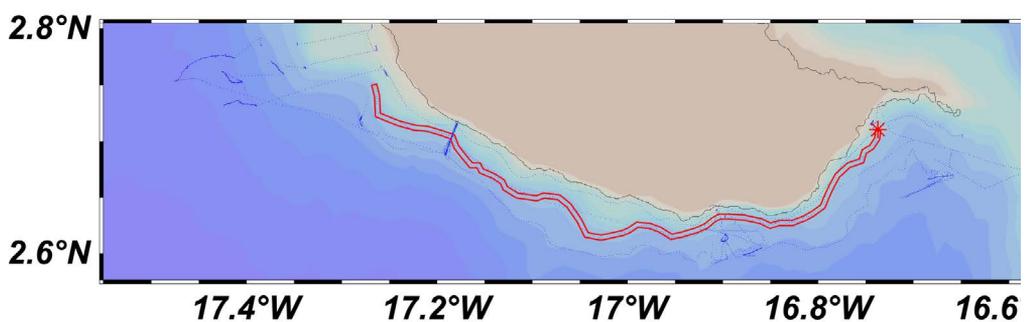


Figura 44 - Representação do corte longitudinal na batimetria dos 200 m, na costa sul.

coluna de água é idêntico. No entanto, a estabilidade mostra-se mais uniforme à superfície e até cerca dos 8 m de profundidade. Na zona este deste sector, a camada menos estável,  $\sim 0 \text{ rad}^2/\text{s}^2$ , é mais estreita. Relacionando com as variáveis temperatura e salinidade para a mesma costa, o comportamento é o mesmo do que o referido para a costa norte.

Ao observar as representações gráficas das componentes U e V das correntes (Figura 45), destaca-se que a componente U - componente ao longo da costa (alongshore) - não é contínua. É visível uma corrente este-oeste, entre os 17.3 e 17.1 W, com uma velocidade de 0.25 m/s, uma corrente oeste-este, entre os 17.1 e 16.85°W, com a mesma intensidade, mas que se estende até aos 60 m de profundidade, e uma corrente que volta a inverter o sentido para este-oeste até ao final do transecto. Também na componente perpendicular à costa (crossshore) - componente V -, é observada a mesma descontinuidade na corrente, com máximo no sentido norte-sul, e com uma velocidade de 0.25 m/s.

Ao observar os padrões de correntes medidos na batimetria dos 200 m, é visível a descontinuidade da corrente costeira acima referida. Contudo, nesta batimetria, a corrente paralela à costa (alongshore), entre os 16.9 e 16.8°W, atinge maiores velocidades do que na batimetria dos 1000 m, 0.75 m/s (Figura 46).

A existência de uma corrente paralela à costa, bem como a sua descontinuidade, foi também identificada nos radares HF. Através do método da função ortogonal empírica - EOF, do

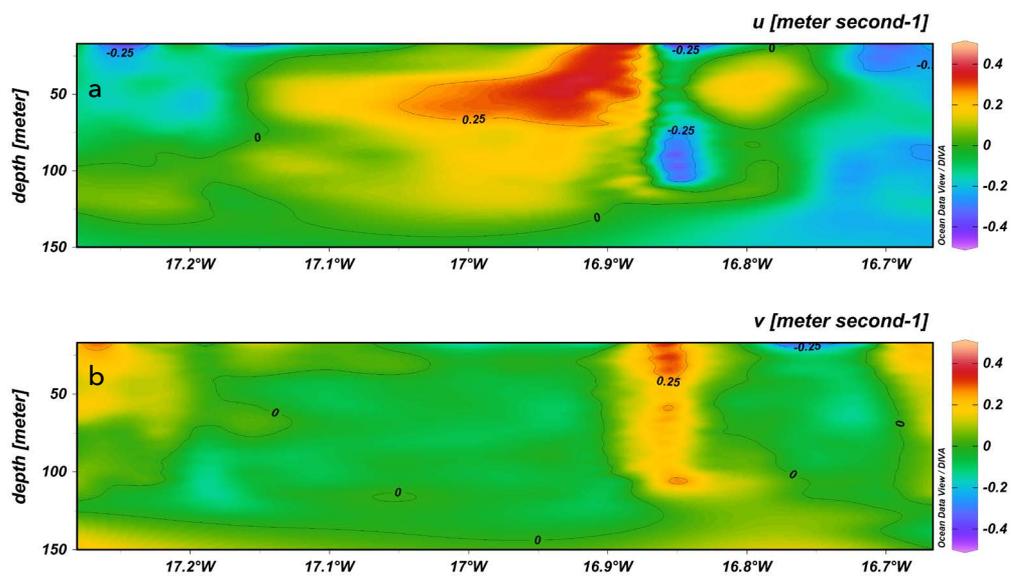


Figura 45 - Representação das componentes a) U (paralelo à costa) e b) V (perpendicular à costa) da velocidade da corrente na costa sul, batimétrica dos 200 m.

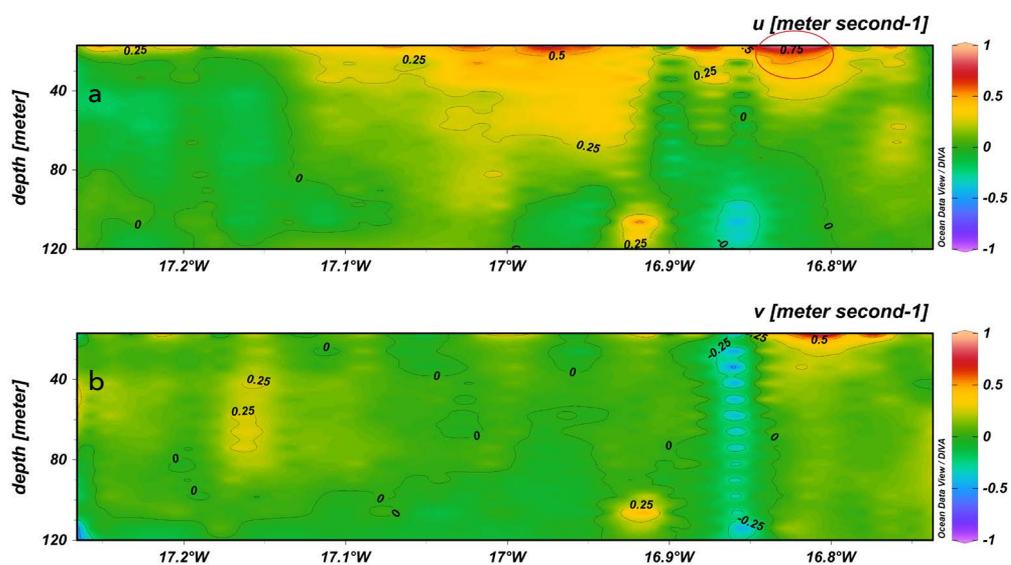


Figura 46 - Representação das componentes U e V da velocidade da corrente na costa norte, batimétrica dos 200 m. a) Componente U e b) componente V. Círculo a vermelho identifica a maior velocidade do sector.

inglês Empirical Orthogonal Functions -, tentámos perceber a sua variabilidade espácio-temporal. As EOF's permitem-nos estudar a variabilidade espacial e temporal de séries de dados. Este método consiste na divisão temporal em padrões espaciais ortogonais chamados autovetores empíricos. Cada modo espacial ortogonal representa diferentes combinações, tal que, cada autovetor explica a variância máxima dos dados. Os modos são ortogonais, o que significa que dois modos não têm correlação no espaço e no tempo.

Com a análise EOF, conseguimos representar os padrões de correntes mais comuns durante a campanha. Na Figura 47, estão representados os dois primeiros modos de variabilidade, ou seja, os padrões de circulação costeira mais comuns. Estes representam 58% da variância

durante o estudo (o primeiro modo explica 46% da variância e o segundo modo explica 12%). Observando a primeira EOF, destacamos uma maior variabilidade das correntes ao largo, bem como a presença de uma corrente costeira. Ao analisar o segundo modo, denotam-se grandes variações nas correntes ao largo, contudo, este modo só representa

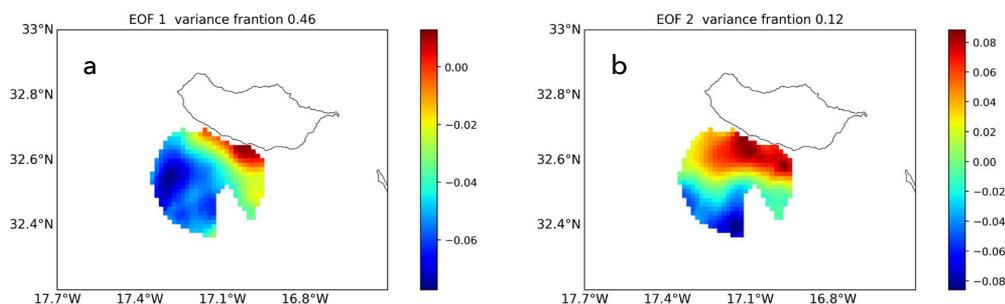


Figura 47- a) Representação do primeiro modo espacial ortogonal, e do b) segundo modo espacial ortogonal para o período da campanha.

12% da variância presente nas medidas.

No painel da Figura 48, está representada a velocidade da corrente (Figura 48a), em que o eixo das abcissas representa a distância à costa em Km, para o corte perpendicular à costa na zona da calheta -  $\sim 17.2^\circ\text{W}$  (transecto representado na Figura 48b). Através do gráfico da velocidade da corrente, é possível observar o núcleo da corrente costeira, que se encontra a cerca de 20 m de profundidade, e com velocidades na ordem dos 0.4 m/s. Isto também nos indica a existência de uma maior mistura nesta zona. Entre os 2 e os 4 Km da costa, área correspondente à zona da plataforma insular entre as batimétricas dos 100 aos 200 m, a

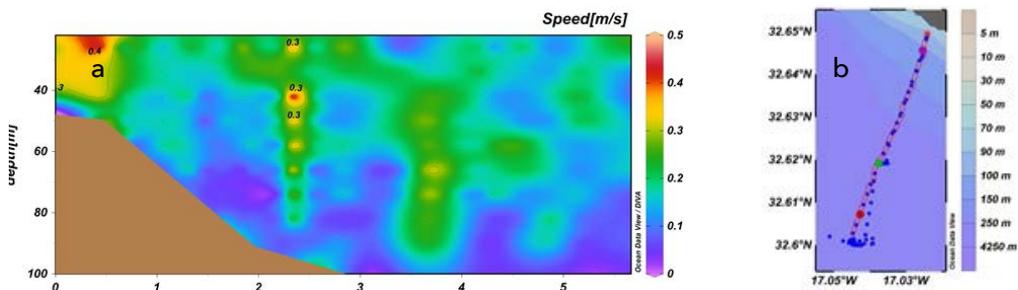


Figura 48 - a) Painel representativo da velocidade da corrente, no b) corte transversal efetuado na zona sudoeste da ilha.

velocidade das correntes diminui com a distância da costa.

Podemos concluir que existe efetivamente uma corrente costeira paralela à costa, mas que é interrompida por correntes perpendiculares. Com a EOF1, encontramos um mínimo de variância da corrente perto da costa (Figura 47). O perfil vertical das correntes desde a costa até ao mar aberto (Figura 48) indica-nos a existência de um núcleo da corrente costeira entre as batimétricas dos 50 aos 100 m.

A diferença entre a dinâmica costeira e a zona de mar aberto circundante à ilha é igualmente

enfaturada pelos dados de micro-turbulência do oceano, particularmente quando consideramos o efeito da maré. A Figura 49 mostra a variação temporal das taxas de dissipação de energia cinética turbulenta ( $\epsilon$ ) na estação de 1000 m (Figura 49a) e de 200 m (Figura 49c) de profundidade (painel superior e inferior, respetivamente). O painel central mostra a variação da maré ao longo do período das amostragens, permitindo relacionar o movimento da maré com as taxas de dissipação turbulenta. A numeração do eixo horizontal dos painéis superior e inferior é relativa ao número de perfis do local, ou seja, o perfil 1 da estação de 1000 m corresponde ao primeiro círculo vermelho na curva de maré, e o perfil 1 da estação de 200 m corresponde ao primeiro círculo verde da curva de maré, e assim consecutivamente até ao último perfil.

Quanto maior a taxa de dissipação ( $\epsilon$ ), maior a turbulência. Assim, nota-se que a estação de 200 m é mais turbulenta do que a de 1000 m, possivelmente resultante da interação da maré com a plataforma insular, considerando que a vertente da plataforma está localizada aos 200 m de profundidade. Não há um padrão claro entre a taxa de turbulência e a subida ou descida da maré. No entanto, é visível que, no estófo da vazante, as taxas de dissipação são muito mais baixas do que no resto do ciclo. Picos de turbulência ocorrem por volta dos 50 e 80 m de profundidade, em ambas as estações. Ao analisar a evolução temporal da estação de 200 m, parece ser gerada turbulência tanto na subida (entre perfil 2-3) quanto na descida (entre perfil 4-5) da maré, mas esta turbulência não é mantida nos estófos.

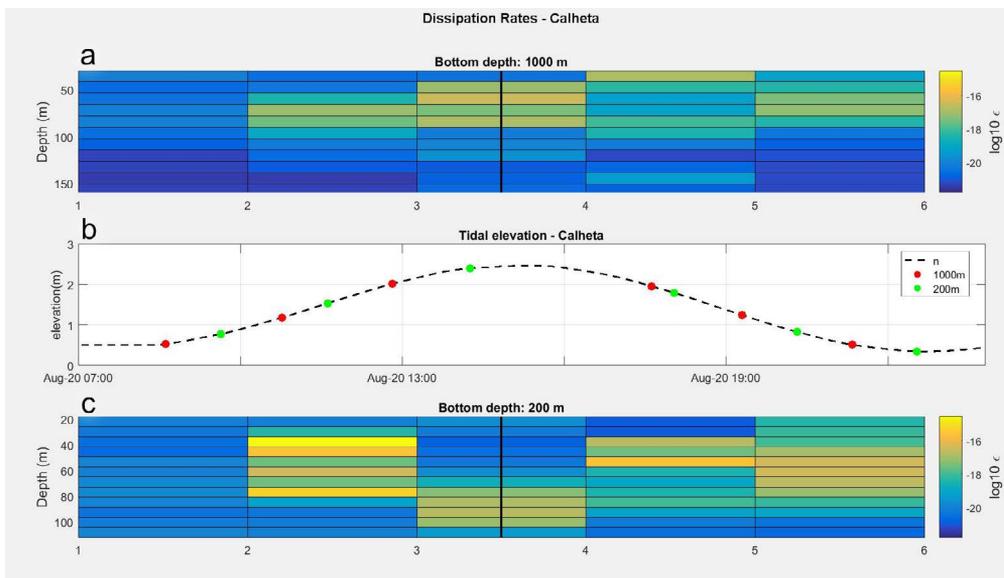


Figura 49 - a) dissipação ( $\epsilon$ ) nas estações de 1000 m de profundidade na Calheta; b) elevação de maré na Calheta; c) dissipação ( $\epsilon$ ) nas estações de 200 m de profundidade na Calheta.

#### 4.3.2. CARACTERIZAÇÃO DA ESTEIRA DE ÁGUA QUENTE A SUDOESTE (SW) DA ILHA

A interação dos ventos com ilhas montanhosas induz a geração de vórtices atmosféricos, que, por sua vez, contribuem para a remoção de nuvens a sotavento (sul) da Madeira e, conseqüentemente, para um aumento da exposição da superfície do oceano à radiação solar. Este aumento da radiação solar incidente, juntamente com a quase inexistência de ventos a sul (uma vez que estes são obrigados a contornar a montanha, considerando uma atmosfera estratificada), resulta no aumento da temperatura da camada superficial do oceano, formando uma esteira de água quente, visível nas imagens de satélite da temperatura do oceano (Figura 1).

O aumento da temperatura da superfície do oceano contribui também para um aumento das taxas de evaporação, resultando no aumento da densidade da massa de água superficial, que, após algum tempo, afunda, incitando a convecção.

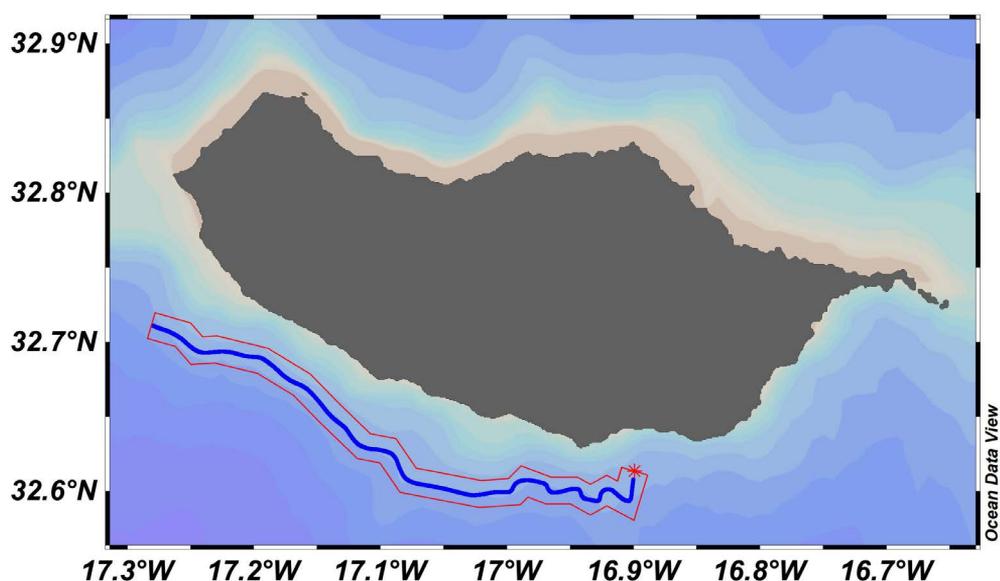


Figura 50 - Mapa do corte longitudinal efetuado com o uCTD na batimétrica dos 1000 m na costa sul.

A costa SW da ilha foi a área de estudo com um esforço de amostragem maior, dadas as condições meteorológicas mais favoráveis nesta área durante a campanha. Foram recolhidos dados de uCTD sobre a batimétrica dos 1000 m. As variáveis analisadas foram a temperatura e a salinidade. Na Figura 50, está representado o corte longitudinal entre a Ponta do Pargo e o Funchal, na batimétrica dos 1000 m.

Os valores de temperatura na batimétrica dos 1000 m estão representados na Figura 51. De uma forma geral, a coluna de água mostra-se estratificada, com valores de temperatura mais elevados nas camadas mais superficiais, diminuindo com a profundidade, em todo o transecto. Os valores variam entre 24 °C à superfície, e 15,5 °C a 200 m de profundidade. Na

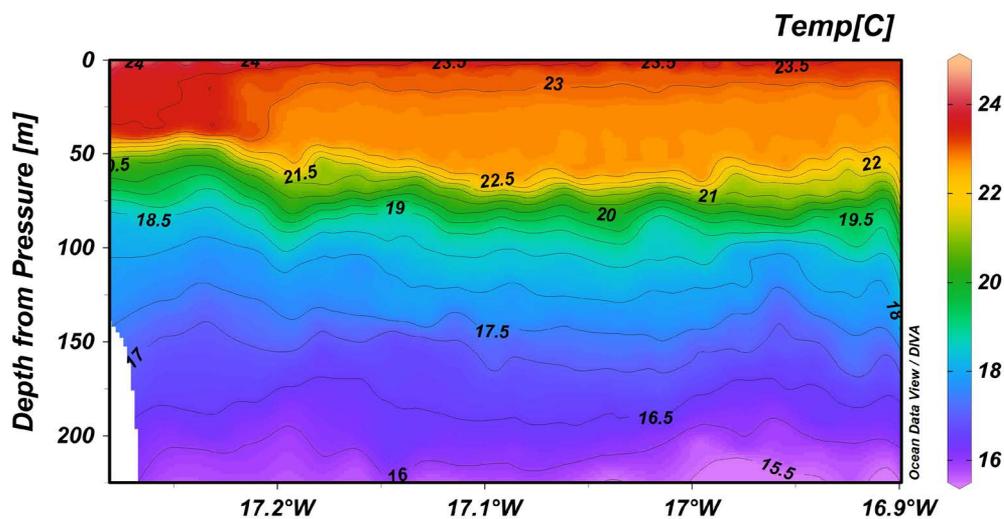


Figura 51 - Representação da temperatura da água ao longo do corte longitudinal obtido através do uCDT, entre a Ponta do Pargo e o Funchal.

zona mais sudoeste do transecto, é visível uma massa de água mais quente desde a superfície até aos 50m, havendo, nessa zona, uma maior proximidade das isotérmicas.

Na Figura 52, estão representados os valores de salinidade para o transecto dos 1000 m. É visível a presença de uma massa de água mais salina à superfície, coincidente com a zona com temperatura mais elevada. O que também está evidenciado na Figura 52 é o fenómeno de transporte vertical de água salgada devido ao afundamento da água mais densa da

Analisando as Figuras 51 e 52, e tendo em conta o posicionamento da esteira de água quente através dos dados de satélite de SST (Figura 1), e também considerando a intensidade e direção dos ventos (Figura 2), analisámos os perfis de temperatura e salinidade na esteira - zona abrigada -, e fora dela - zona exposta. Para tal, comparámos perfis de temperatura e salinidade entre a Calheta (zona abrigada) e o Faial (zona exposta). Os resultados estão

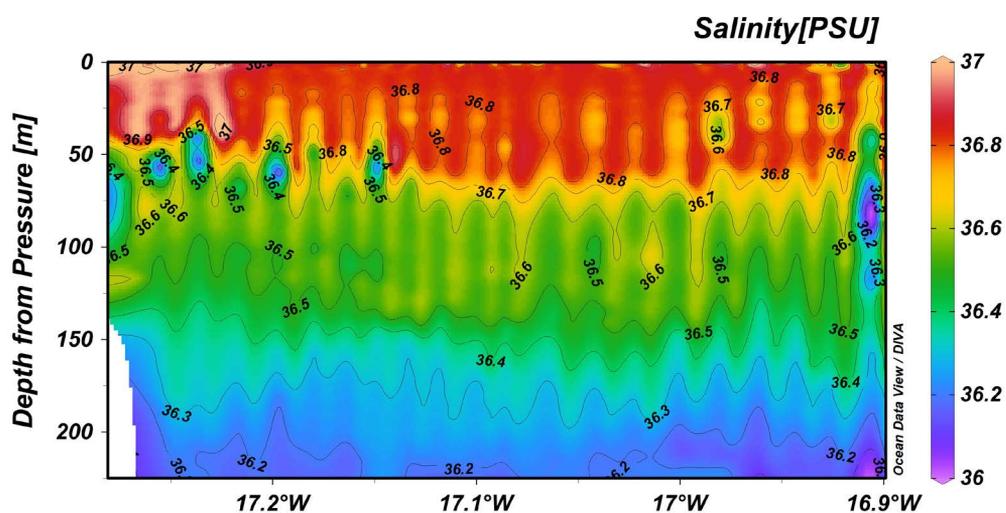


Figura 52 - Representação da salinidade da água ao longo do corte longitudinal obtido através do uCDT, entre a Ponta do Pargo e o Funchal.

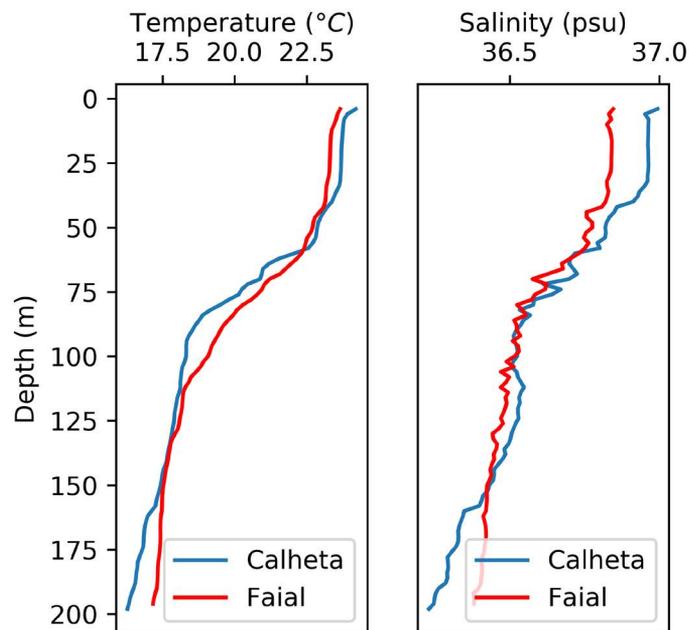


Figura 53 - Perfil vertical da temperatura e salinidade na costa sudoeste - Calheta e costa norte (Faial).

apresentados nas Figuras 53, 54 e 55. superfície, um processo conhecido como salt-fingering. Na Figura 53, estão representados os perfis de temperatura e salinidade para a Calheta (azul) e para o Faial (vermelho). São visíveis valores mais elevados de temperatura e salinidade nos primeiros 50 m de profundidade, na estação da Calheta (zona abrigada). A temperatura varia 0.08 °C. Contudo, a maior discrepância é encontrada na salidade, com a zona abrigada a ter 0.18 psu mais elevados do que, à mesma profundidade, a zona exposta (Faial).

No painel da Figura 54, estão representados os perfis diurno e noturno de temperatura e salinidade, para a zona abrigada e exposta. São visíveis as diferenças entre dia e noite na zona abrigada (Calheta), havendo, durante a noite, um afundamento da termoclina para os 75 m de profundidade, devido à perda de calor do oceano para a atmosfera e ao consequente aumento da densidade da água na superfície. Deste modo, a coluna de água superficial, que, durante o dia, se estendia até aos 50 m, durante a noite chega aos 75 m. Na zona exposta, os perfis diurno e noturno são muito semelhantes, uma vez que não foram sujeitos ao aquecimento induzido pela exposição à radiação solar, sendo o vento a principal fonte de energia para manter a coluna de água superficial misturada.

Na Figura 55, é possível observar a existência de uma massa de água com características diferentes de temperatura e salinidade (i.e., densidade) durante a noite na zona abrigada. Na zona exposta (Faial), os perfis diurno e noturno são muito semelhantes. Mais uma vez podemos notar o efeito do sobreaquecimento diurno ocorrente na zona da esteira de água quente e que, através dos processos de evaporação e subsequente convecção vertical, alteram as características das massas de água à superfície, podendo estas serem renovadas durante o período noturno.

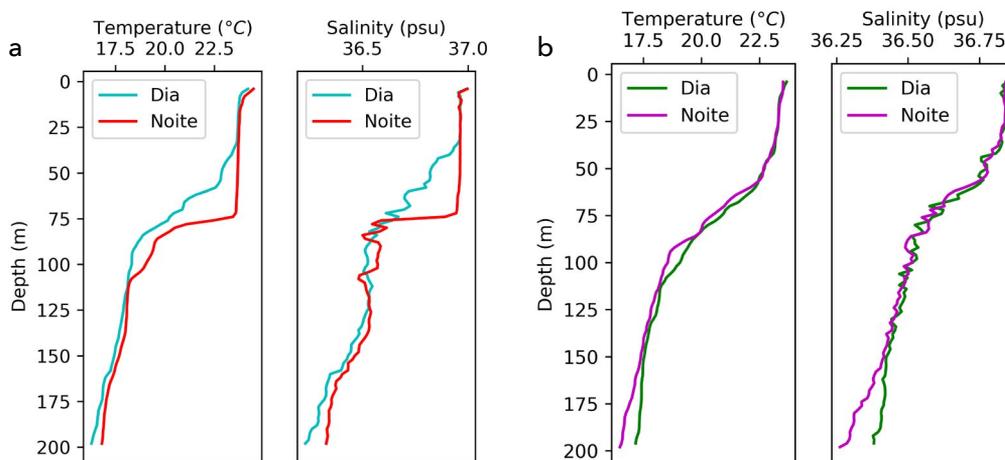


Figura 54 - Perfis verticais da temperatura e da salinidade, com referência temporal ao dia e à noite, para a) costa sudoeste e b) costa norte.

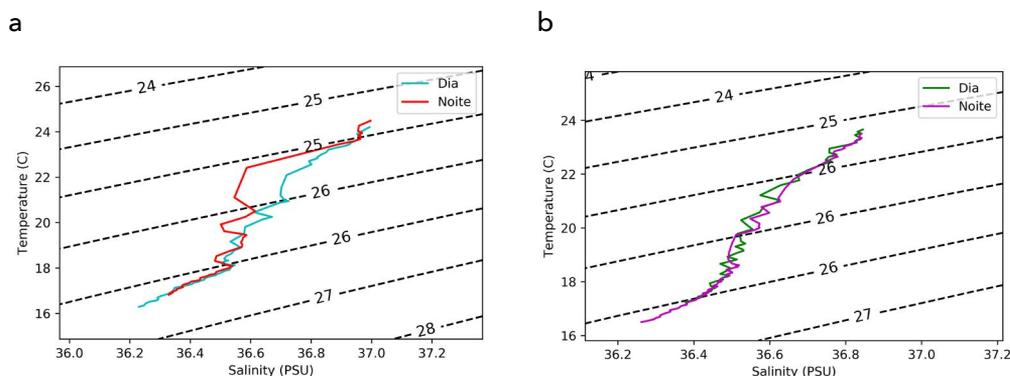


Figura 55 - Diagramas TS, com referência temporal ao dia e à noite, para a) costa sudoeste e b) costa norte.

### 4.3.3. GERAÇÃO DE ONDAS INTERNAS ENTRE A PONTA DE S. LOURENÇO E AS ILHAS DESERTAS

O fundeamento do ADCP na franja submarina existente entre a Madeira e as ilhas Desertas permitiu constatar que, nesta zona, existem duas camadas de água com velocidade e direção diferentes. De facto, no dia do fundeamento do ADCP (FlowQuest600), foi efetuado um perfil de CTD para caracterizar o local (Figura 56). A análise deste perfil revelou a sobreposição de águas com diferentes densidades. Verificou-se a presença de uma camada nos primeiros 80 m, com uma densidade abaixo dos  $25.9 \text{ kg/m}^3$ , sobreposta a uma camada de água mais densa ( $26.4 \text{ kg/m}^3$ ).

Na Figura 57, é possível observar que os máximos de velocidade se encontram na camada mais profunda. Registaram-se velocidades mais elevadas durante a vazante de maré. Estes dados permitem confirmar a existência de uma diferença de velocidade ao longo da coluna de água, bem como entre os períodos de vazante e enchente, na Ponta de S. Lourenço.

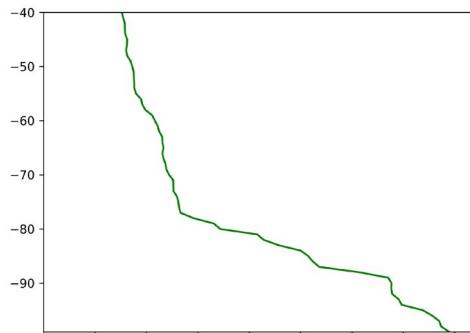


Figura 56 - Perfil representativo de sigma-theta na área de estudo.

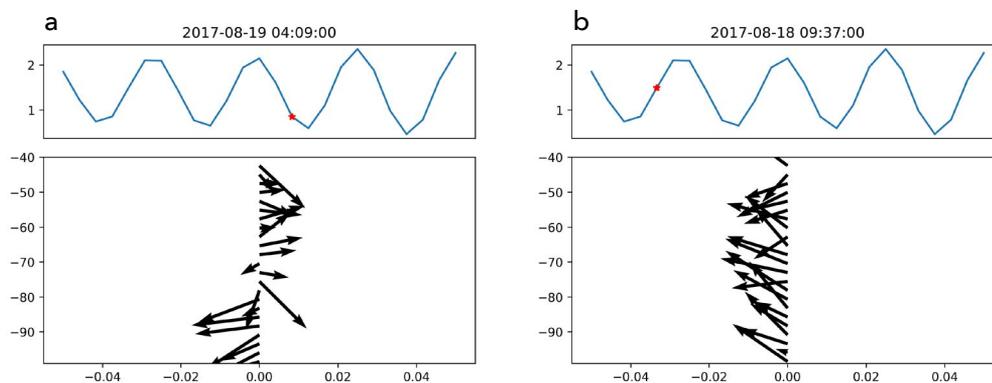
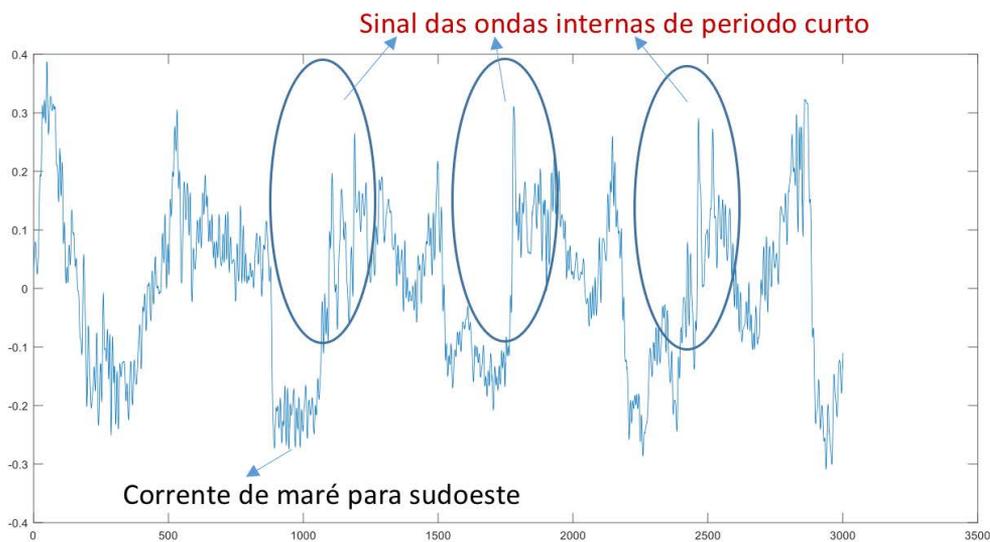


Figura 57- a) Perfil vertical da velocidade da corrente na vazante e b) enchente medido pelo ADCP na Ponta de S. Lourenço. Os painéis superiores representam a variação da maré no mesmo local. Assinalado com um (\*) está o instante correspondente ao perfil de corrente representado.

A análise de uma série temporal das componentes este e norte das correntes oceânicas, durante o período de marés vivas, permitiu identificar a ocorrência de picos (variações máximas) sugestivos da ocorrência de ondas internas de período curto (Figura 58). Os picos são mais intensos nas camadas mais profundas, i.e., 95 m do que junto da superfície. No entanto, é importante notar que os dados do ADCP fundeado permitiram a medição do perfil de correntes entre os 94 e os 40 m de profundidade. Dadas as características da configuração programada no ADCP, a coluna de água entre a superfície (0 m) e os 40 m não foi adequadamente amostrada.

Uma análise espectral de todas as medidas de correntes oceânicas (componentes U e V), recolhidas pelo ADCP fundeado na Ponta de S. Lourenço, mostra a influência da maré, com os picos semidiurnos a dominar a maior amplitude das correntes (Figura 59). É igualmente possível identificar a ocorrência de fenómenos com periodicidade diurna, bem como os que variam com as oscilações inerciais. Considerando a latitude da Madeira (33°N), o período inercial (T) pode ser calculado por  $T = 2\pi/f$ , sendo f o parâmetro de Coriolis [ $f = 2 \Omega \sin(\lambda)$ ]; onde a velocidade angular de rotação da Terra pode ser determinada por  $\Omega = 2\pi / (24 \text{ h})$ . Logo, o período inercial para a Madeira seria de aproximadamente 22 h. No entanto, o sinal das ondas internas de período curto está patente nas oscilações que variam entre 6 a 8 h, ou

(a) Componente Este da corrente @ 95m



(b) Componente Norte da corrente @ 95m

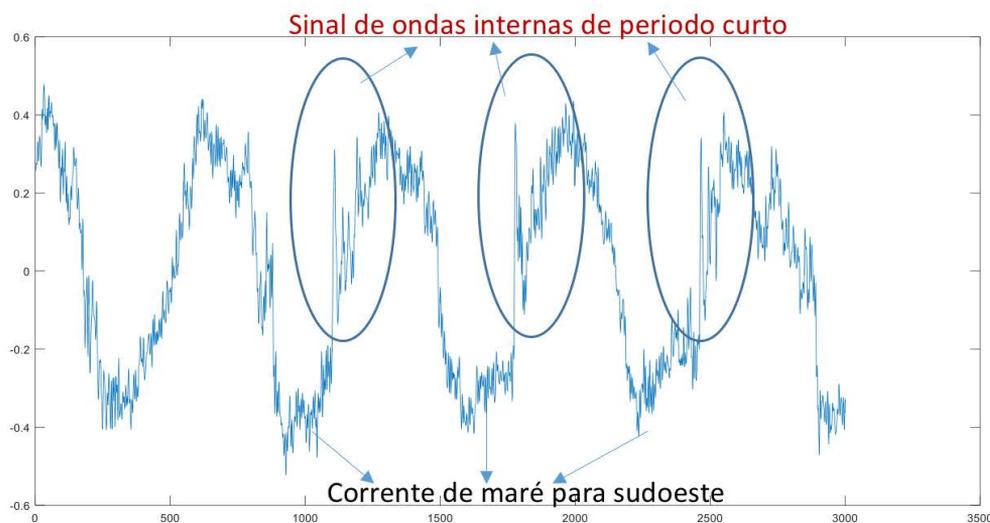


Figura 58 - Intensidade das componentes este e norte das correntes oceânicas a 95 m. Dados provenientes do ADCP fundeado na Ponta de S. Lourenço. Os picos sugerem a ocorrência de ondas internas de período curto.

seja, que variam entre  $\frac{1}{4}$  e  $\frac{1}{3}$  dia, claramente destacadas na análise espectral da Figura 59.

Estes resultados permitiram identificar, pela primeira vez, a existência de ondas internas na região. Este tipo de ondas é gerado devido à interação entre a montanha submarina e as correntes incidentes numa camada de água estratificada. Associada à interação destas ondas com a franja montanhosa submersa que une a Ponta de S. Lourenço às Desertas está a ocorrência de um afloramento de águas profundas (Figura 60). Este fenómeno provoca um afloramento de águas mais densas provenientes de profundidades mais elevadas, caracterizadas por salinidade e temperaturas mais baixas relativamente às águas circundantes.

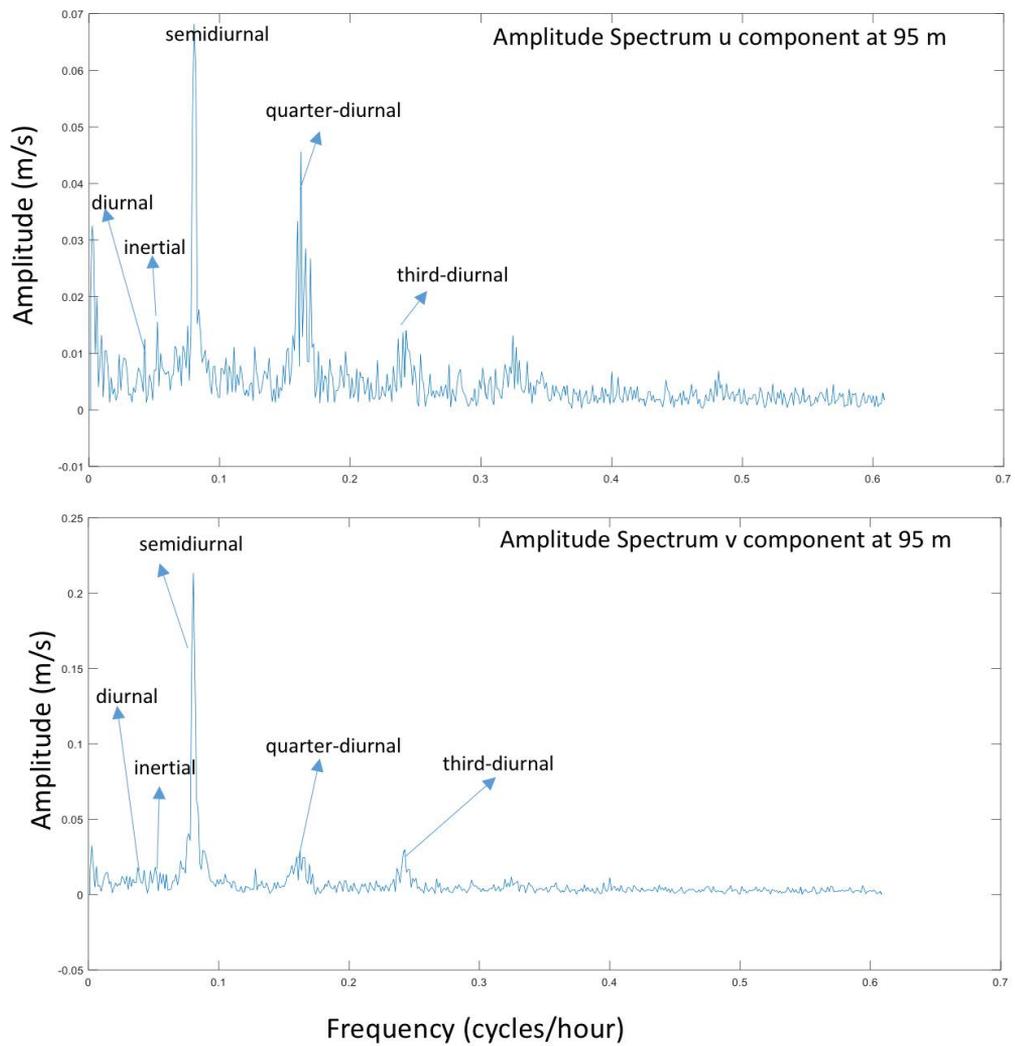


Figura 59 - Análise espectral das correntes (componente U e V) medidas a 95 m na Ponta de S. Lourenço entre agosto e outubro de 2017.

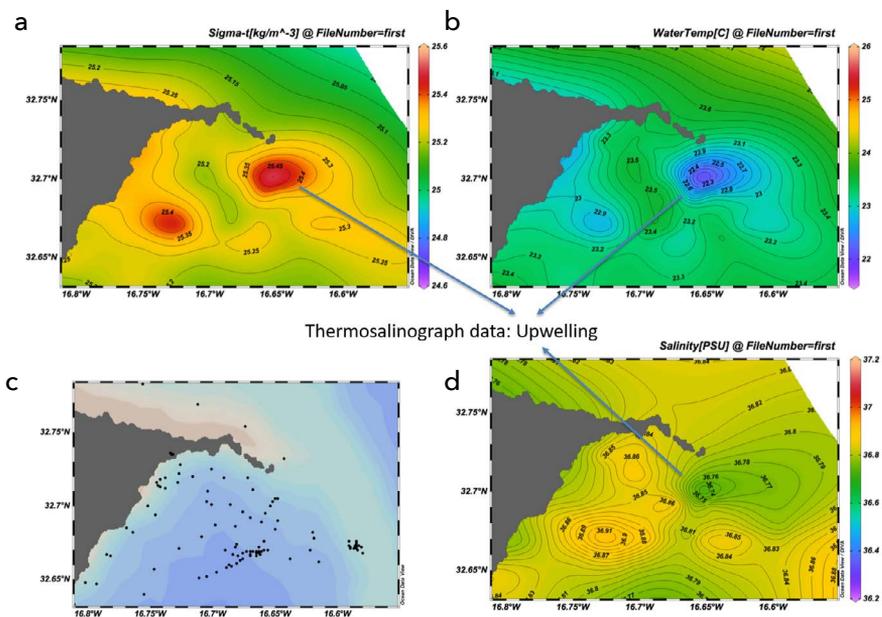


Figura 60 - a) Representação espacial da densidade à superfície, b) temperatura à superfície, c) localização dos pontos de amostragem e d) salinidade à superfície.

## 4.4. CONCLUSÕES

De uma forma geral, a análise preliminar dos dados indica diferenças oceanográficas entre a costa norte e a costa sul. Na costa norte a coluna de água é mais estratificada, sendo na costa sul mais homogénea, principalmente no que diz respeito às águas mais superficiais. À medida que nos deslocamos para oeste são evidentes valores de correntes menores, em ambas as costas.

Os dados de temperatura, salinidade e correntes registados foram coerentes. Massas de água mais homogéneas são reportadas nas correntes com variações pouco significativas da sua velocidade.

No que diz respeito à comparação inshore/offshore, constatou-se que a influência da maré é maior na batimétrica dos 200 m, apesar de a diferença ser ligeira. O período de vazante é o que mais se impõe nas duas profundidades, com os valores das variáveis analisadas a serem superiores aos de enchente.

## 5. FITOPLÂNCTON E ZOOPLÂNCTON

### 5.1. OBJETIVOS

Uma das componentes da Campanha Oceanográfico OOM - 2017 consistiu na caracterização da comunidade de fitoplâncton e zooplâncton em torno da ilha da Madeira. Este estudo enquadrou-se em dois dos objetivos principais da campanha, nomeadamente: (1) a avaliação da influência dos processos físicos de mesoescala (*upwelling*, *eddies*, frentes) sobre a agregação, retenção e dispersão de partículas orgânicas e inorgânicas e (2) o estudo da interação entre a dinâmica costeira e oceânica. Neste sentido, desenvolveu-se trabalho de amostragem de forma a responder às seguintes questões:

- Existe uma influência detetável da ilha da Madeira na abundância, composição e distribuição da comunidade de fitoplâncton?
- Estará o mecanismo de *upwelling* a provocar um aumento no crescimento do microfitoplâncton?
- Existem diferenças na abundância e na composição da comunidade de fitoplâncton entre as águas de zonas costeiras e as águas do oceano profundo, nomeadamente nas comunidades predominantes de pico e nanoplâncton?
- Existe uma diferença na diversidade de espécies entre os dois grupos de

microplâncton (diatomáceas e dinoflagelados) em comparação com o nanoplâncton (coccolitóforos) para além da diferença na abundância total?

- São as características da produção primária em torno da ilha diferentes daquela que ocorre no oceano aberto, e será essa produção primária transferida à produção secundária, expressa por valores altos de biomassa de zooplâncton?
- Existem diferenças na composição das comunidades de zooplâncton entre massas de água do Norte e do Sul da ilha? Estará esta diferença relacionada com propriedades hidrográficas distintas?

## 5.2. METODOLOGIAS E RESULTADOS

A equipa do MPhytoLab desenvolveu as atividades enumeradas no Apêndice II (A), de acordo com o plano de amostragem estabelecido. Os trabalhos envolveram a realização de perfis CTD, colheitas de água para análise de nutrientes, análise de fitopigmentos, estudo de nano e picoplâncton e quantificação de microplâncton. Foram cobertas várias áreas de estudo, nomeadamente a costa sul (Calheta, Cabo Girão, Praia Formosa, Lugar de Baixo, Funchal, Garajau), costa sudoeste (Ponta do Pargo) costa sudeste (Ponta de S. Lourenço), costa noroeste (Porto Moniz) e costa norte (Ponta Delgada, Faial).

Devido a limitações técnicas (perda da Rosette), não foi possível amostrar a coluna de água em perfil de profundidade na maior parte das estações, como tinha sido inicialmente estabelecido no plano de trabalhos. Por isso, as colheitas de água foram realizadas a uma única profundidade com duas garrafas de Niskin (2 x 2.5L).

### 5.2.1. DADOS HIDROGRÁFICOS

Foram realizados um total de 129 lançamentos de CTD (SeaBird 19 Plus) para obtenção de perfis de temperatura, salinidade, fluorescência e turbidez, ao redor da ilha da Madeira (norte, sul, noroeste, sudoeste e sudeste). Os dados recolhidos serão analisados e tratados seguindo o protocolo GO-SHIP (McTaggart et al., 2010).

### 5.2.2. AMOSTRAGEM DE ÁGUA PARA ANÁLISE DE MACRONUTRIENTES

Para a análise de nitritos, nitratos, ortofosfatos e silicatos dissolvidos na água foram recolhidas 29 amostras com garrafa de Niskin a profundidades variáveis (Figuras 61 e 62). Enquanto foi possível, as alíquotas de água (250 mL) foram recolhidas em perfil de profundidade com utilização da Rosette. Ainda a bordo, as amostras foram congeladas (-20 C) para posterior análise através de espectrofotometria UV / VIS no laboratório. Os resultados

obtidos serão comparados com resultados anteriores obtidos no cruzeiro POS 466 (George, 2014) para averiguar se existem diferenças consistentes ou padrões comuns.

### **5.2.3. AMOSTRAGEM DE ÁGUA PARA ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DA COMUNIDADE DE FITOPLÂNCTON POR HPLC**

Foram recolhidas 134 amostras da camada superficial da coluna de água para a filtração de fitopigmentos (Figuras 61 e 62). Filtraram-se 4 L de água/amostra (perfazendo um total de cerca de 660 L) num sistema de filtração com filtros de fibra de vidro GF/F (25 mm de diâmetro e 0.7  $\mu\text{m}$  de porosidade). As amostras foram imediatamente armazenadas em azoto líquido a 80 °C para posterior análise que será feita por HPLC, método que permitirá a determinação da composição da comunidade total de fitoplâncton, utilizando pigmentos marcadores característicos de diferentes grupos taxonómicos (Roy et al., 2011). O pico e nanofitoplâncton desempenham um papel predominante na produção primária em regiões oligotróficas (Uitz et al., 2006). Estes resultados permitirão distinguir entre grupos funcionais de fitoplâncton através de métodos quimiotaxonómicos e, em conjunto com os dados físicos, contribuirão para a compreensão dos mecanismos físico-biológicos envolvidos na dispersão do fitoplâncton em torno das ilhas.

Para além da composição geral da comunidade, serão aplicados métodos adicionais para investigar a biodiversidade (ao nível do género e da espécie) do microplâncton (dinoflagelados e as diatomáceas) e do nanoplâncton (coccolitóforos).

### **5.2.4. AMOSTRAGEM DE ÁGUA PARA IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE PICOPLÂNCTON (0.2-2 MM)**

Foram recolhidas 134 amostras de água (3.2 mL cada) para a análise de picoplâncton. As amostras foram fixadas com 200  $\mu\text{L}$  de paraformaldeído (PFA) a 20% e preservadas em azoto líquido a -80°C, até análise posterior. A composição e a abundância do picoplâncton serão avaliadas por citometria de fluxo, método que permite a quantificação e a análise ótica das partículas (tamanho, forma e emissão de fluorescência).

### 5.2.5. AMOSTRAGEM DE ÁGUA PARA IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE NANOPLÂNCTON - COCOLITÓFOROS (2-20 MM)

Foram recolhidas 49 amostras com garrafas de Niskin a diferentes profundidades da coluna de água. Enquanto foi possível, as alíquotas de água (250 mL) foram recolhidas em perfil de profundidade com utilização de uma Rosette. As amostras foram filtradas (4L de água/ amostra, perfazendo um total de cerca de 350 L) num sistema de filtração com membranas Nucleopore track-etched (47 mm de diâmetro e 0.4  $\mu\text{m}$  de porosidade), secas ao ar e armazenadas no escuro à temperatura ambiente, para posterior análise no laboratório.

O nanoplâncton, constituído principalmente por cocolitóforos (*Haptophyta*, *Prymnesiophyceae*), será estudado em detalhe através de microscopia de luz polarizada, complementada com microscopia eletrónica de varrimento. Este grupo reveste-se de particular interesse, pois ocorre em grande diversidade, particularmente nas regiões de águas oligotróficas, como é o caso da ilha da Madeira.

### 5.2.6. AMOSTRAGEM DE ÁGUA PARA IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE MICROPLÂNCTON - DINOFLAGELADOS E DIATOMÁCEAS (20-200 MM)

Foram recolhidas 5 amostras de fitoplâncton com uma rede Apstein, malha de 20  $\mu\text{m}$ , em arrasto vertical ( $\pm$  170 m de profundidade máxima da rede) e oblíquo para identificação taxonómica e análise semi-quantitativa (Apêndice II (A) e Figura 62). A identificação do microplâncton será efetuada através de métodos de microscopia ótica de campo claro, contraste de fase e fluorescência (Figura 61) e, se necessário, através de microscopia eletrónica ou análise genética.

Para a quantificação de indivíduos, foram recolhidas 3 amostras de água (150 mL) com garrafa de Niskin (profundidade variável). As alíquotas foram fixadas com solução de Lugol neutro e armazenadas no escuro à temperatura ambiente. As contagens serão realizadas pelo método de Utermöhl (Utermöhl, 1958).

### 5.2.7. AMOSTRAGEM DE ÁGUA PARA ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DA COMUNIDADE DE ZOOPLÂNCTON

Para a identificação e a avaliação quantitativa das comunidades de zooplâncton foram utilizados sistemas simples de redes cónicas equipadas com um medidor de fluxo (fluxómetro) para o cálculo do volume filtrado. Na amostragem de mesozooplâncton e microzooplâncton efetuaram-se arrastos verticais e/ou oblíquos com redes Apstein (1 metro de comprimento, 0.4m de diâmetro de abertura) com tamanhos de malhas de 335  $\mu\text{m}$ .

Tabela 8 - Estações de amostragem de fito e zooplâncton na costa sul da ilha da Madeira.

Estação	Data	Longitude (°W)	Latitude (°N)
S60	28-08-2017	17° 8' 13.98"	32° 53' 2.52"
S59	28-08-2017	17° 9' 1.08"	32° 52' 30.60"
S62a	28-08-2017	16° 58' 1.86"	32° 52' 18.36"
S63a	29-08-2017	16° 57' 51.96"	32° 53' 11.64"
S65	29-08-2017	16° 48' 52.32"	32° 49' 13.50"

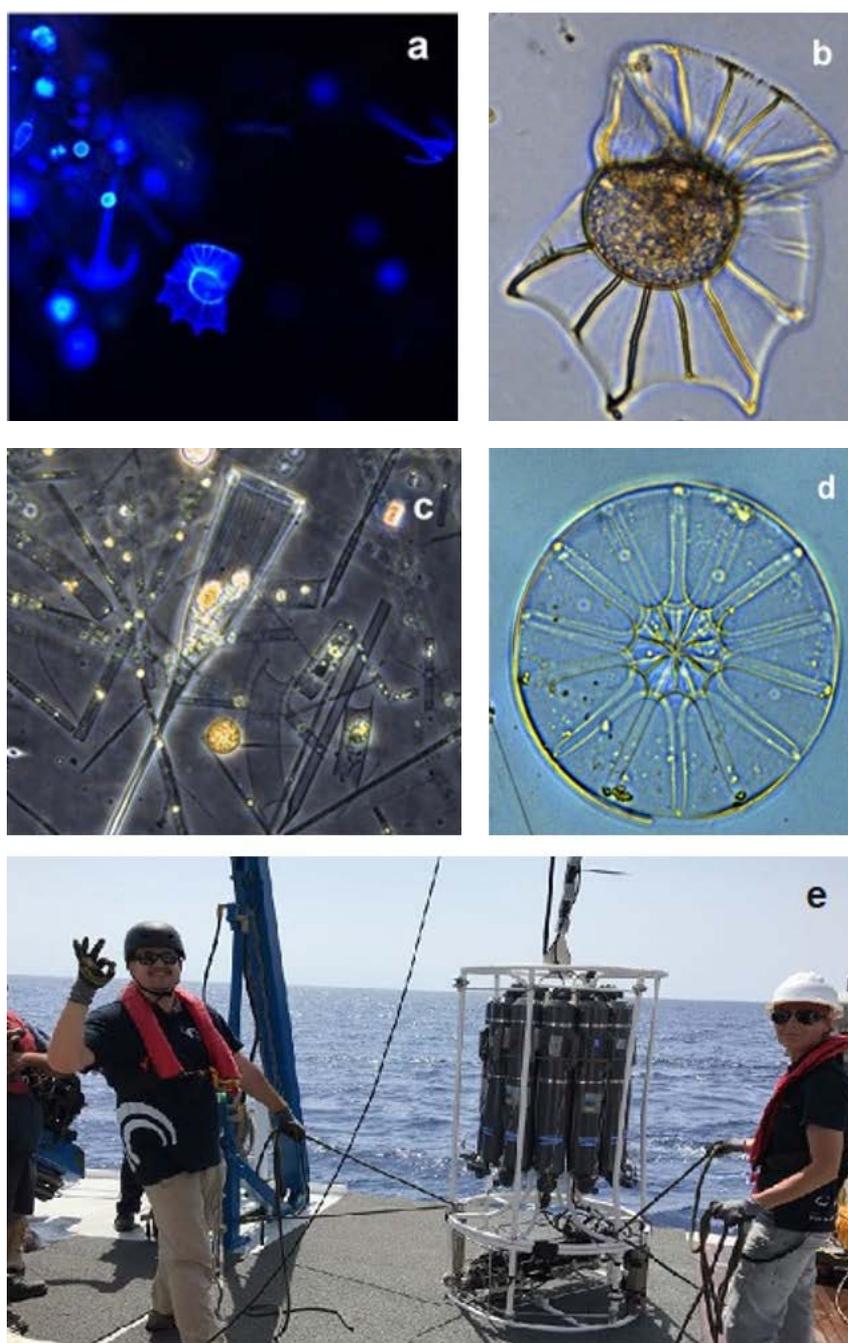


Figura 61 - a), b) e c) Exemplares de espécies de fitoplâncton; d) exemplar de um indivíduo de zooplâncton; e) colheita de amostras de água a várias profundidades com Rosette (CTD e garrafas de Niskin acoplados).

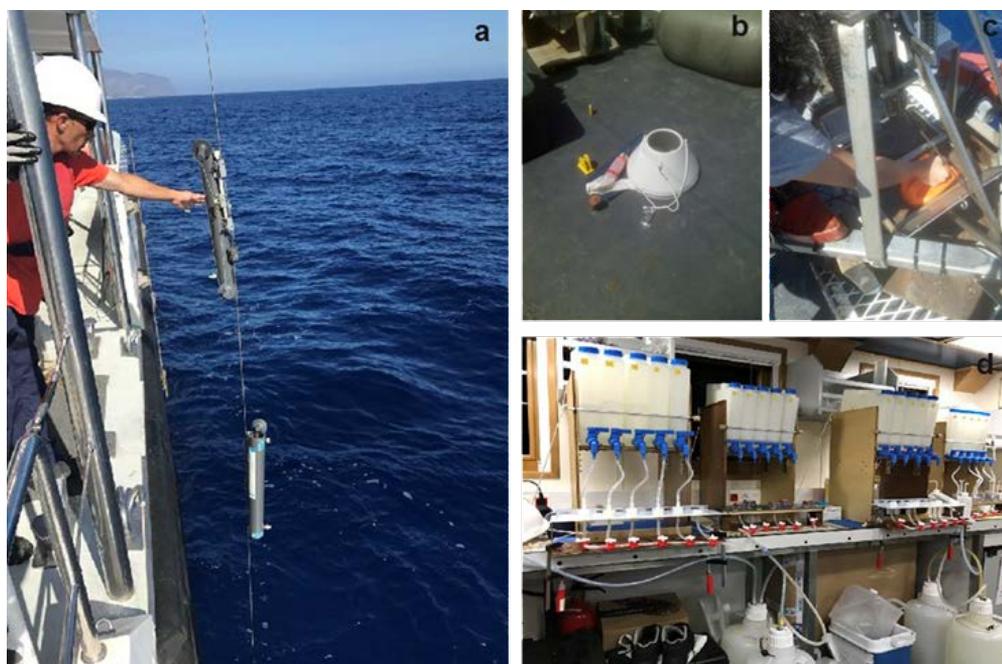


Figura 62 - a) Recolha de amostras de água com garrafas de Niskin; b) rede Apstein para colheita de fitoplâncton; c) colheita de sedimento com a draga SMT; d) sistema de filtração de água para análise de pigmentos por HPLC e de nanoplâncton.

## 6. GRANDES VERTEBRADOS MARINHOS

A necessidade de incluir a recolha de dados de grandes vertebrados marinhos no plano da campanha surgiu devido ao facto de estes serem predadores do topo da cadeia alimentar, pelo que é essencial que sejam incluídos em missões de investigação ecossistémicas, como a presente. Esta campanha foi uma excelente oportunidade para conduzir um estudo-piloto com recolha simultânea de dados de presença destes grandes predadores, assim como múltiplos parâmetros físicos e ambientais.

As espécies-alvo desta área de investigação incluíram os cetáceos, tartarugas e aves. Infelizmente, a limitação de espaço a bordo condicionou a recolha de dados de aves marinhas e não foi possível embarcar um observador para obtenção desses dados. A uma menor escala, também foi possível recolher dados de avistamentos de atuns, tubarões e marlins.

### 6.1. OBJETIVOS

O principal objetivo deste estudo foi correlacionar a presença dos vertebrados marinhos com parâmetros ambientais e físicos recolhidos.

## 6.2. METODOLOGIAS

A recolha de dados sobre os grandes vertebrados marinhos foi feita por um observador que esteve exclusivamente dedicado ao registo visual destes animais, com auxílio de binóculos. Sempre que o navio estava em trânsito durante o dia, o observador posicionava-se na ponte do navio, e fazia observação 180o.

Em todos os avistamentos foram recolhidos dados sobre a posição GPS, o número de animais, a classe de idade (adulto, juvenil ou cria), o comportamento natural, a presença de crias e as condições meteorológicas.

## 6.3. RESULTADOS

No total, foram percorridas 540 milhas náuticas, correspondentes a 142 h em esforço de observação, num total de 15 dias de embarque, que resultaram em 26 avistamentos, totalizando 6 espécies (Figura 63):

- Cachalote (*Physeter macrocephalus*) - 3
- Golfinho-roaz (*Tursiops truncatus*) - 7
- Golfinho-pintado (*Stenella frontalis*) - 4
- Golfinho-comum (*Delphinus delphis*) - 1
- Baleia-de-Bryde (*Balaenoptera edeni*) - 1
- Tartaruga-comum (*Caretta caretta*) - 10

Adicionalmente, foram efetuados dois avistamentos em que não foi possível identificar o animal ao nível da espécie: um avistamento de Delphinidae e um avistamento de um animal pertencente ao grupo dos tubarões.

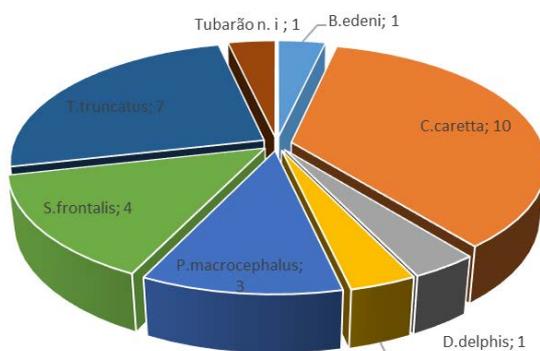


Figura 63 - Taxa identificadas e respetiva quantidade de avistamentos.

## 7. ECOLOGIA BENTÓNICA - ICTIOFAUNA E CRUSTÁCEOS DEMERSAIS

### 7.1. OBJETIVOS

Os objetivos da componente de ecologia bentónica foram: 1) avaliar a riqueza e abundância da biodiversidade bentónica em dois locais geomorfologicamente distintos (vertente insular sudoeste da Madeira e crista insular oceânica) e 2) identificar, descrever e classificar distintos habitats de interesse para a conservação.

Para atingir estes objetivos, os dados biológicos terão de ser posteriormente complementados com dados oceanográficos, incluindo características da água, profundidade e correntes.

### 7.2. ÁREAS DE ESTUDO E METODOLOGIAS

Foram selecionadas inicialmente duas áreas de estudo: 1) Ponta de S. Lourenço, incluindo a crista Madeira-Desertas e 2) Ponta do Pargo, vertente insular oeste da Madeira. Dadas as condições meteorológicas muito adversas durante o período da campanha, que impediu a realização de colheitas nas áreas previamente escolhidas, optou-se por dirigir o esforço de colheita para a vertente sul da Madeira, ao largo da Baía do Funchal, entre os 100 m e os 1000 m de profundidade.

Na Tabela 9, apresentam-se as estações com as respetivas coordenadas geográficas.

Esta componente da campanha teve a duração de 4 dias e decorreu na costa sul da ilha da

Tabela 9 - Coordenadas das estações de lançamento de covos.

Estação	Data	Arte	Local	LATITUDE (N)	LONGITUDE(W)
1	23.08.2017	Covos	Baía do Funchal	32°36'547N	16°51.930W
2	23.08.2017	Covos	Baía do Funchal	32°37'982N	16°52.051W
3	24.08.2017	Covos	Baía do Funchal	32°35'968N	16°52'848W
4	24.08.2017	Covos	Baía do Funchal	32°38'115N	16°53'082W
5	25.08.2017	Covos	Baía do Funchal	32°36'444N	16°55'674W
6	25.08.2017	Covos	Baía do Funchal	32°36'805N	16°54'753W

Madeira, na Baía do Funchal. Realizaram-se capturas com covos bentónicos entre os 100 e os 1000 m de profundidade. A identificação dos responsáveis por estas tarefas encontra-se descrita no Apêndice II (B).



### 7.3. RESULTADOS

No decurso da campanha foram capturadas duas espécies de crustáceos decápodes, uma de moluscos e 10 espécies de peixes ósseos (Tabela 10). Por identificar ficaram alguns exemplares de gastrópodes e crustáceos.

Tabela 10 - Espécies capturadas na Campanha B/O SOCIB 2017.

Grupo/ Família	Espécies Capturadas
DECAPODA	
Portunidae	<i>Plesionika narval</i>
	<i>Heterocarpus ensifer</i>
MOLLUSCA	
Octopodidæ	<i>Octopus vulgaris</i>
OSTEICHTHYES	
Congridae	<i>Conger conger</i>
Phycidae	<i>Phycis phycis</i>
Scorpaenidae	<i>Scorpaena notata</i>
Serranidae	<i>Serranus atricauda</i>
Sparidae	<i>Dentex gibbosus</i>
	<i>Pagrus pagrus</i>
Synphobranchidae	<i>Simenchelys parasitica</i>
	<i>Synphobranchus affinis</i>
	<i>Synphobranchus sp.</i>
Tetraodontiformes	<i>Sphaeroides marmoratus</i>

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Caldeira RMA, Marchesiello, P, Nezlin, NP, DiGiacomo, PM, McWilliams, JC (2005) Island wakes in the Southern California Bight, *J. Geophys. Res.*: 110, C11012, DOI: 10.1029/2004JC002675.

Doty SM, Oguri M (1956). The Island Mass Effect. *Ices Journal of Marine Science*, Volume 22, Issue 1: 33-37.

George KH (2014) Research Cruise P466 [POS466] of German Research Vessel POSEIDON Cruise Report. Deutsches Zentrum für Marine Biodiversitätsforschung, Senckenberg am Meer, Wilhelmshaven, Germany, 19 pp. DOI 10.3289/CR\_POS466.

Hamner WM, Hauri IR (1981) Effects of island mass: Water flow and plankton pattern around a reef in the Great Barrier Reef lagoon, Australia. *Limnology and Oceanography*. 26. 10.4319/lo.1981.26.6.1084.

McTaggart KE, Johnson GC, Johnson MC, Delahoyde FM, Swift JH (2010) Notes on CTD/O<sub>2</sub> data acquisition and processing using Sea-Bird hardware and software (as available). In: *The GO-SHIP Repeat Hydrography Manual: A Collection of Expert Reports and Guidelines* (Hood EM, Sabine CL, Sloyan BM, editors) IOCCP Report Number 14, ICPO Publication Series Number 134.

Roy S, Llewellyn CA, Egeland ES, Johnson G (eds.) (2011) *Phytoplankton Pigments. Characterization, Chemotaxonomy and Applications in Oceanography*. Cambridge University Press, Cambridge.

Uitz J, Claustre H, Morel A, Hooker SB (2006) Vertical distribution of phytoplankton communities in open ocean: An assessment based on surface chlorophyll. *Journal of Geophysical Research* 111: C08005, doi:08010.01029/02005JC003207.

Utermöhl H (1958) Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 9: 1-39. Warner

JC, Sherwood CR, Signell RP, Harris C, Arango HG (2008b) Development of a three-dimensional, regional, coupled wave, current, and sediment-transport model. *Comput. Geosci.* 34, 1284-1306. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2008.02.012>.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de alguns constrangimentos verificados durante a Campanha Oceanográfica OOM - 2017 (quer meteorológicos quer técnicos), o balanço desta missão é positivo, tendo sido cumprido o objetivo principal.

Foi recolhido um volume considerável de dados físicos, biológicos e biogeoquímicos que contribuirão para um melhor conhecimento dos ecossistemas marinhos da Madeira. No entanto, a análise detalhada de todas as amostras recolhidas irá requerer estudos posteriores que serão morosos.

Este tipo de campanhas é fundamental para compreender os processos oceanográficos e de dinâmica sedimentar das áreas em estudo (Ponta do Pargo e Ponta de S. Lourenço), assim como, as mudanças inerentes aos habitats e respetiva biodiversidade, entre as zonas de águas costeiras (inshore) e de águas mais profundas (offshore), pelo que é necessário continuar a investir em mais missões desta natureza.

Para o sucesso desta campanha contribuíram o profissionalismo, trabalho de equipa e competência das equipas técnicas de apoio e das guarnições do NRP Auriga e do B/O SOCIB.

# APÊNDICE I

## A) CRONOLOGIA

Data	Tipo Amostragem	Equipa
25-07-17	Fundeamento dos ADCPs	Nuno Zacarias, Nunes Santos, Carlos Barata
26 a 31-07-17	Preparação das equipas dos equipa,emtos	
01 e 02-08-17	Início da amostragem de sedimentos de fundo	Teresa Silva, Andreia Braga Henriques, Anabela Oliveira, Ana Santos, Nuno Zacarias, Santos Melo, Nunes Santos, Carlos Barata, Ana Nóbrega, Cláudia Ribeiro
03 e 04-08-17	Início da cobertura CTD	Teresa Silva, Áurea Narciso, Anabela Oliveira, Ana Santos, Nuno Zacarias, Santos Melo, Nunes Santos, Carlos Barata
05 a 06-08-17	Paragem para repouso das equipas	
07 e 08-08-17	Calibração ADCP fundeado no Lido (perfis LISST e filtração de água)	Anabela Oliveira, Ana Santos
09 e 10-08-17	Interrupção da missão - Condições meteorológicas adversas na Ponte de S. Lourenço	
11 e 12-08-17	Amostragem de microplásticos Continuação da amostragem de sedimentos de fundo	Soledad Álvarez, Alicia Herrera Anabela, Oliveira Ana, Santos Andreia, Braga Henriques, Ana Nóbrega, Elizaveta Akoulina, Nunes Santos, Carlos Barata
13 a 16-08-17	Arrastos com redes Apstein e Bongo 60	Teresa Silva, Ana Sousa, Maria João Lima, Antonieta Amorim, Gustavo Silva, Ricardo Faria
22 e 24-08-17	Mergulho Científico	João Monteiro, Ignacio Gestoso, Nuno Castro, Pedro Neves, Cláudia Ribeiro, Susanne Schäfer
23-08-17	Recolha dos ADCPs	Realizada pelo NRP Auriga e mergulhadores do Funchal

**B ) ESTAÇÕES CTD (EM CADA ESTAÇÃO É APRESENTADA A RESPETIVA POSIÇÃO NO INÍCIO, NO FUNDO E NO FIM DO PERFIL)**

Fora	Data	Hora	Estação	Prof. (m)	WGS84 (decimal)	
					Longitude	Latitude
1	03-08-2017	09:07	42	311	-17,2064699990	32,905648330
2	03-08-2017	09:11	42	328	-17,2077416749	32,903373328
3	03-08-2017	09:18	42	310	-17,2089583396	32,901236659
4	03-08-2017	09:31	41	107	-17,2031416734	32,895643325
5	03-08-2017	09:33	41	106	-17,2035850031	32,895058327
6	03-08-2017	09:34	41	104	-17,2041266752	32,894501657
7	03-08-2017	09:42	40	85	-17,2016183333	32,890134993
8	03-08-2017	09:43	40	83	-17,2019833365	32,889654991
9	03-08-2017	09:45	40	82	-17,2024866714	32,889029989
10	03-08-2017	09:53	39	60	-17,1996866719	32,880818327
11	03-08-2017	09:54	39	60	-17,1999266689	32,880486662
12	03-08-2017	09:55	39	59	-17,2001650058	32,880129991
13	03-08-2017	10:02	38	31	-17,1982449996	32,875196660
14	03-08-2017	10:03	38	29	-17,1983833372	32,875003323
15	03-08-2017	10:03	38	28	-17,1985466717	32,874696663
16	03-08-2017	10:25	2	38	-17,2381466728	32,848821661
17	03-08-2017	10:25	2	38	-17,2384899999	32,848501658
18	03-08-2017	10:26	2	38	-17,2389566721	32,848069993
19	03-08-2017	10:37	3	57,9	-17,2428266671	32,854048328
20	03-08-2017	10:38	3	58	-17,2432233410	32,853434988
21	03-08-2017	10:39	3	58	-17,2438933383	32,852774995
22	03-08-2017	10:51	4	90	-17,2449933355	32,859983327
23	03-08-2017	10:52	4	88	-17,2456983333	32,859129991
24	03-08-2017	10:54	4	86	-17,2464750054	32,858186654
25	03-08-2017	11:10	5	372,6	-17,2488300082	32,864829994
26	03-08-2017	11:16	5	341,9	-17,2527616687	32,862331654

27	03-08-2017	11:22	5	361,8	-17,2564450036	32,859804989
28	03-08-2017	11:36	6	649,5	-17,2531100076	32,868586655
29	03-08-2017	11:46	6	655	-17,2518816747	32,869731655
30	03-08-2017	11:55	6	666	-17,2502583374	32,870814991
31	03-08-2017	12:37	60	424	-17,3198316755	32,831008328
32	03-08-2017	12:37	60	424,5	-17,3198800024	32,831213329
33	03-08-2017	12:42	60	317	-17,3206916687	32,833061653
34	03-08-2017	12:48	60	419	-17,3227233357	32,835066658
35	03-08-2017	13:03	12	76,5	-17,3059933355	32,823431662
36	03-08-2017	13:05	12	77	-17,3061233416	32,823666654
37	03-08-2017	13:06	12	77	-17,3063933356	32,823993326
38	03-08-2017	13:17	10	60	-17,2895133373	32,818961655
39	03-08-2017	13:18	10	60	-17,2898450014	32,819206655
40	03-08-2017	13:19	10	60	-17,2901583331	32,819503327
41	03-08-2017	13:28	8	28	-17,2744000056	32,815026659
42	03-08-2017	13:28	8	28	-17,2743933411	32,814939987
43	03-08-2017	13:29	8	28	-17,2743916753	32,814724991
44	03-08-2017	13:41	14	47	-17,2663983369	32,798761654
45	03-08-2017	13:43	14	46,6	-17,2662883405	32,798648320
46	03-08-2017	13:43	14	46,5	-17,2662000084	32,798543328
47	03-08-2017	13:55	16	69,5	-17,2899983403	32,799348326
48	03-08-2017	13:56	16	69,5	-17,2900916745	32,799681657
49	03-08-2017	13:57	16	69,3	-17,2901516689	32,799906655
53	03-08-2017	14:18	18	74,5	-17,3215716709	32,799144987
54	03-08-2017	14:19	18	76,2	-17,3220850052	32,799286658
55	03-08-2017	14:20	18	76,2	-17,3226333412	32,799454995
56	03-08-2017	14:39	24	81,4	-17,3037550090	32,768216658
57	03-08-2017	14:40	24	81,6	-17,3036166674	32,768091654
58	03-08-2017	14:41	24	82,4	-17,3034766755	32,767973325
59	03-08-2017	14:54	22	71,9	-17,2855516744	32,774304987

60	03-08-2017	14:55	22	72,5	-17,2855049992	32,774049989
61	03-08-2017	14:56	22	72,2	-17,2854833396	32,773813326
62	03-08-2017	15:11	20	43,4	-17,2592883379	32,781936654
63	03-08-2017	15:11	20	42,9	-17,2592883379	32,782033323
64	03-08-2017	15:12	20	42,2	-17,2589466735	32,782134992
65	03-08-2017	15:28	26	46	-17,2585966695	32,753228325
66	03-08-2017	15:29	26	46	-17,2440666728	32,752999994
67	03-08-2017	15:30	26	46	-17,2440366682	32,752741654
68	03-08-2017	15:38	28	71	-17,2440583342	32,746514995
69	03-08-2017	15:39	28	72	-17,2541366686	32,746214988
70	03-08-2017	15:40	28	74	-17,2544583376	32,745953324
71	03-08-2017	15:51	30	326	-17,2547749987	32,736253321
72	03-08-2017	15:57	30	404	-17,2666816679	32,735356657
73	03-08-2017	16:04	30	522	-17,2686083416	32,735314992
74	03-08-2017	16:32	36	84	-17,2097350071	32,700189993
75	03-08-2017	16:33	36	86	-17,2093683370	32,699943325
76	03-08-2017	16:35	36	108	-17,2091100040	32,699879994
77	03-08-2017	16:46	34	120	-17,2016850038	32,711391654
78	03-08-2017	16:48	34	124	-17,2010316661	32,711211662
79	03-08-2017	16:50	34	119	-17,2006716739	32,711221660
80	03-08-2017	16:59	32	27	-17,1953166687	32,720166662
81	03-08-2017	17:00	32	27	-17,1952133394	32,720143326
82	03-08-2017	17:00	32	27	-17,1951233367	32,720131661
85	04-08-2017	09:38	43	144,4	-16,7217033322	32,723751658
86	04-08-2017	09:40	43	148,4	-16,7209383361	32,723588327
87	04-08-2017	09:43	43	154,7	-16,7200466646	32,723271662
88	04-08-2017	10:07	53	143	-16,6600950045	32,712789998
89	04-08-2017	10:09	53	136	-16,6593366685	32,712579993
90	04-08-2017	10:11	53	132	-16,6586150078	32,712364997
91	04-08-2017	10:37	51	591	-16,6249116748	32,678934998

92	04-08-2017	10:47	51	553	-16,6214166648	32,676159998
93	04-08-2017	10:56	51	531	-16,6208400014	32,670534996
95	04-08-2017	11:09	55	485	-16,6041066739	32,660173330
96	04-08-2017	11:16	55	398,4	-16,6022450042	32,658173330
97	04-08-2017	11:23	55	403	-16,6002550072	32,655874999
98	04-08-2017	12:04	44	908	-16,6877350035	32,690446661
99	04-08-2017	12:10	44	888	-16,6859116712	32,689698326
100	04-08-2017	12:11	44	868,2	-16,6854583365	32,689339997

### C) RESUMO DAS COLHEITAS DE SEDIMENTOS DE FUNDO COM A DRAGA "SMITH-MCINTYRE".

Estação	GDH (UTC)	Latitude (decimal)	Longitude (decimal)	Sonda (m)	Comp. Cabo (m)	Prof. TDR/ SMT (m)	Descrição de campo
31	01-08-2017 08:52	-17,195655	32,724383	21,9	30	-	areia fina castanha escura com conchas
32	01-08-2017 09:19	-17,195857	32,720210	28	30	-	areia fina castanha escura com conchas partidas
33	01-08-2017 09:43	-17,200373	32,715903	45,1	52	-	areia média rica em conchas carbonatadas (dentalium e espiculas)
34	01-08-2017 10:30	-17,204597	32,711403	127,6	130	-	areia fina lodosa com conchas (briozoários e corais)
35	01-08-2017 11:03	-17,208550	32,704295	563,1	560	-	lodo arenoso castanho
36	01-08-2017 11:51	-17,213188	32,697863	850,5	846	-	colhedor vazio
36	01-08-2017 12:41	-17,210082	32,699840	748	752	-	lodo arenoso castanho
25	01-08-2017 17:36	-17,237793	32,761295	13,8	13	-	areia fina a média castanha com conchas
26	01-08-2017 17:51	-17,241602	32,756052	26,3	32	-	calhaus rolados +rodólitos
27	01-08-2017 18:04	-17,249493	32,749420	58	58	-	colhedor não fechou
27	01-08-2017 18:07	-17,249402	32,749232	65	65	-	areia castanha
28	01-08-2017 18:22	-17,254518	32,746643	72	79	-	areia castanha
29	01-08-2017 18:38	-17,260865	32,742118	144	165	-	areia grosseira com lodo e conchas (coral)
30	01-08-2017 19:05	-17,266862	32,735308	-	358	-	areia grosseira castanha com conchas
37	02-08-2017 09:25	-17,196970	32,873298	12	12	-	rocha
38	02-08-2017 09:37	-17,198720	32,875362	35	-	-	rocha

39	02-08-2017 09:52	-17,198898	32,879952	57	-	-	rocha
40	02-08-2017 10:07	-17,201628	32,889547	85	90	-	areia grosseira conquifera
41	02-08-2017 10:23	-17,203285	32,895382	109	114	-	areia com corais e esponjas (cobertura de rocha)
42	02-08-2017 10:48	-17,207403	32,903638	330	354	-	areia média a fina carbonatada, cor castanha clara
6	02-08-2017 11:31	-17,252195	32,864800	490,3	560	-	lodo castanho
5	02-08-2017 11:58	-17,248497	32,862175	239	310	-	colhedor vazio (areia no fundo)
5	02-08-2017 12:19	-17,249783	32,861685	224	314	-	cobertura de rocha (corais e briozoários)
4	02-08-2017 12:40	-17,245120	32,859682	91	105	-	areia grosseira com conchas
3	02-08-2017 12:53	-17,242868	32,853462	56	67	-	areia grosseira com conchas
2	02-08-2017 13:17	-17,238547	32,848627	37,7	45	-	areia grosseira castanha
1	02-08-2017 13:37	-17,235932	32,842173	12	16	-	rocha
7	02-08-2017 13:47	-17,238240	32,840818	-	-	-	rocha
8	02-08-2017 14:00	-17,273957	32,815515	30	33	-	rocha
9	02-08-2017 14:12	-17,282700	32,816987	54	60	-	areia carbonatada (cobertura de rocha)
10	02-08-2017 14:26	-17,290122	32,819507	58	65	-	cobertura de rocha
11	02-08-2017 14:36	-17,299665	32,822483	70	77	-	calhaus rolados
12	02-08-2017 14:45	-17,305783	32,821387	78	83	-	areia carbonatada (cor creme)
18	02-08-2017 15:08	-17,319277	32,795318	77	90	-	areia muito grosseira carbonatada (com calhau)
17	02-08-2017 15:26	-17,298215	32,796718	74	80	-	areia carbonatada
16	02-08-2017 15:38	-17,288005	32,797630	68	80	-	areia fina
15	02-08-2017 15:50	-17,277622	32,798268	61	66	-	areia fina castanha escura
14	02-08-2017 16:01	-17,265760	32,797633	47	51	-	areia fina castanha escura
13	02-08-2017 16:21	-17,253628	32,797417	25,8	26	-	areia média cor castanha
19	02-08-2017 16:30	-17,249433	32,782933	20	24	-	areia média escura
20	02-08-2017 16:39	-17,260510	32,782332	44	44	-	areia grosseira escura
21	02-08-2017 16:50	-17,273088	32,779293	64	66	-	areia grosseira conquifera
22	02-08-2017 17:06	-17,285427	32,774350	72	76	-	areia grosseira conquifera
23	02-08-2017 17:16	-17,293928	32,769365	78	84	-	calhaus/cobertura de rocha
24	02-08-2017 17:30	-17,304195	32,766588	81	88	-	areia grosseira conquifera com nível de conchas e algas no fundo
ADCP/ Leste	11-08-2017 10:21	-16,826453	32,640333	29,5	29	-	areia fina com conchas cor castanha escura

43	11-08-2017 11:19	-16,722112	32,723633	144	147	-	areia média a fina cor castanha avermelhada
44	11-08-2017 11:59	-16,687202	32,687888	879	940	-	silte arenoso cor castanha
53	11-08-2017 12:38	-16,660717	32,712708	147	154	-	areia biogénica com corais
51	11-08-2017 13:17	-16,623565	32,677318	598	640	-	areia média lodosa
52	11-08-2017 13:47	-16,604927	32,699077	116	-	-	areia grosseira com conchas e algas calcárias
56	11-08-2017 14:05	-16,588588	32,710537	125	130	-	areia grosseira biogénica (algas vermelhas e rodólitos) cor creme
47	12-08-2017 11:19	-16,558155	32,567033	92	92	-	areia média com conchas castanha
46	12-08-2017 11:54	-16,601467	32,610977	630	660	-	rocha
54	12-08-2017 12:53	-16,565113	32,630830	95	110	-	areia grosseira conquífera (algas calcárias)
55	12-08-2017 13:29	-16,602870	32,660113	440	530	-	areia grosseira biogénica (conchas, espiculas) cor creme
45	12-08-2017 14:21	-16,654528	32,659842	1040	1100	-	colhedor aberto (não chegou ao fundo) limite do cabo 1100m

#### D) PERFIS REDE MANTA (COLHEITAS DE MICROPLÁSTICOS).

Perfis (1 milha)	Data/ Hora	WGS84 (decimal)	
		Longitude	Latitude
P1 -start	11-08-2017 14:49	-16,687668	32,714120
P1-end	11-08-2017 15:09	-16,708420	32,714295
P2-start	11-08-2017 15:17	-16,711128	32,713108
P2- end	11-08-2017 15:37	-16,731677	32,713187
P3-start	11-08-2017 15:44	-16,733682	32,711085
P3- end	11-08-2017 16:03	-16,749627	32,698432
P4-start	11-08-2017 16:39	-16,821935	32,637097
P4-end	11-08-2017 16:57	-16,839277	32,630525
P5-start	11-08-2017 17:04	-16,841987	32,630040
P5- end	11-08-2017 17:25	-16,862430	32,632862
P6-start	11-08-2017 17:31	-16,865173	32,631503
P6-end	11-08-2017 17:53	-16,873618	32,615632
P7-start	12-08-2017 15:01	-16,66305	32,679783
P7-end	12-08-2017 15:16	-16,6819	32,67513
P8-start	12-08-2017 15:26	-16,68727	32,67335
P8- end	12-08-2017 15:43	-16,707635	32,666608
P9-start	12-08-2017 15:49	-16,711495	32,665042
P9- end	12-08-2017 16:08	-16,731047	32,657250
P10- start	12-08-2017 16:32	-16,743993	32,690670
P10-end	12-08-2017 16:52	-16,757713	32,678027
P11-start	12-08-2017 16:58	-16,760152	32,675313
P11- end	12-08-2017 17:16	-16,770953	32,662278
P12-start	12-08-2017 17:25	-16,774317	32,659288
P12-end	12-08-2017 17:43	-16,788415	32,648223

E) TABELA COM O REGISTO DAS COORDENADAS E PROFUNDIDADES DE CADA ESTAÇÃO ONDE SE REALIZARAM AMOSTRAGENS DE FITO E ZOOPLÂNCTON, ASSIM COMO ALGUNS PERFIS DE CTD.

Data	Estação	Prof (m)	WGS84 (decimal)	
			Longitude	Latitude
18-08-2017	A1D	75	-16.732438	32.728679
17-08-2017	A3D	1000	-16.652888	32.655455
18-08-2017	A5D	75	-16.555624	32.565718
17-08-2017	A12D	500	-16.625618	32.681529
17-08-2017	A13D	150	-16.59839	32.706157
17-08-2017	A17D	500	-16.573571	32.728326
19-08-2017	S39	50	-17.178983	32.715647
19-08-2017	S40	200	-17.183422	32.705689
19-08-2017	S42	1000	-17.190967	32.689017
19-08-2017	S43	50	-17.107692	32.669075
19-08-2017	S44	200	-17.111403	32.651944
19-08-2017	S45	1000	-17.115136	32.628886
21-08-2017	S46	50	-17.024125	32.64805
21-08-2017	S47	200	-17.038019	32.619111
19-08-2017	S48	1000	-17.045761	32.600489
21-08-2017	WP05	50	-16.905967	32.639172
21-08-2017	WP04	200	-16.902936	32.629544
21-08-2017	WP01	1000	-16.897594	32.611917
21-08-2017	S49	50	-16.848864	32.630761
21-08-2017	S50	200	-16.848656	32.626661
21-08-2017	S51	1000	-16.847058	32.610714

F) RESULTADOS PRELIMINARES DOS MERGULHOS REALIZADOS NOS ESTRATOS DE PROFUNDIDADE 4-6 M E 9-11 M.

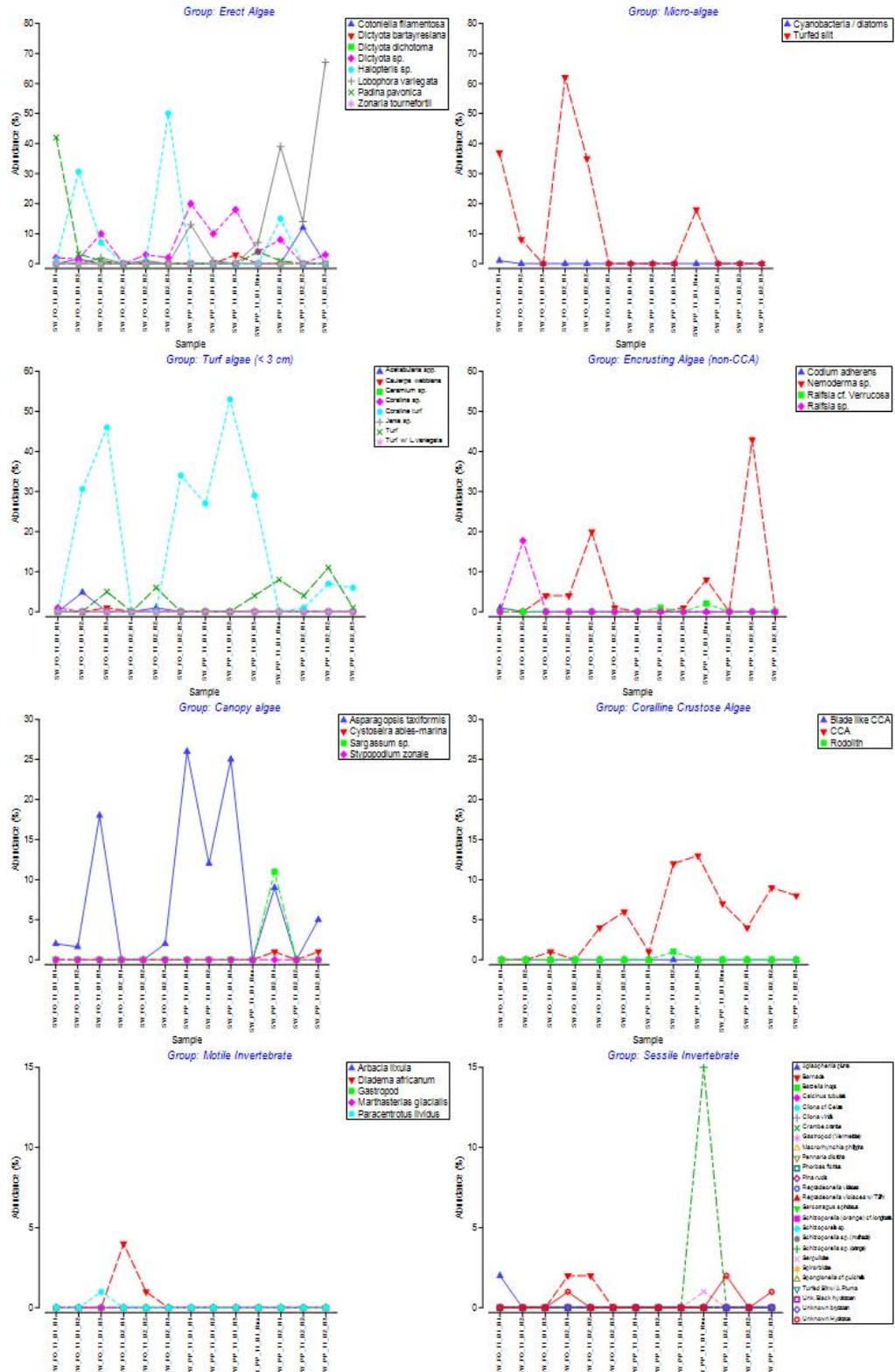


Figura F 1 - Abundância relativa de organismos sésseis (categorias taxonômicas) por grupos funcionais (REF), em cada transecto.

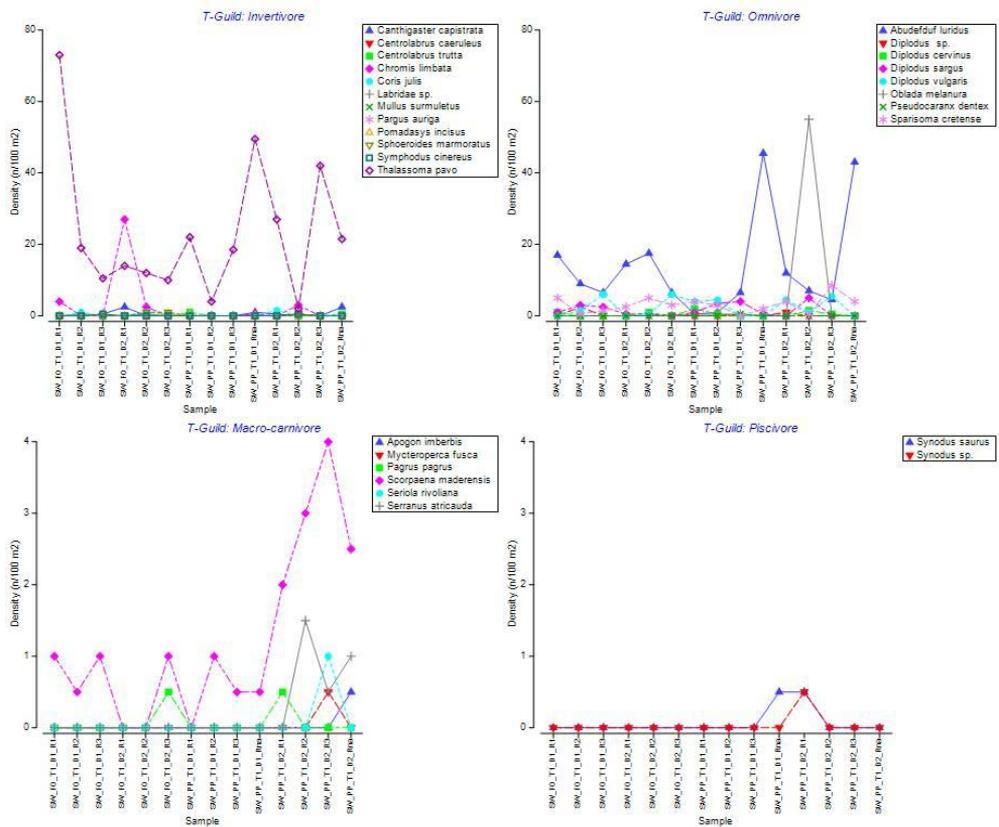


Figura F 2 - Composição e densidade de peixes por grupo trófico - invertívoros, omnívoros, herbívoros, carnívoros (predadores mistos) e piscívoros dentro de cada transecto.

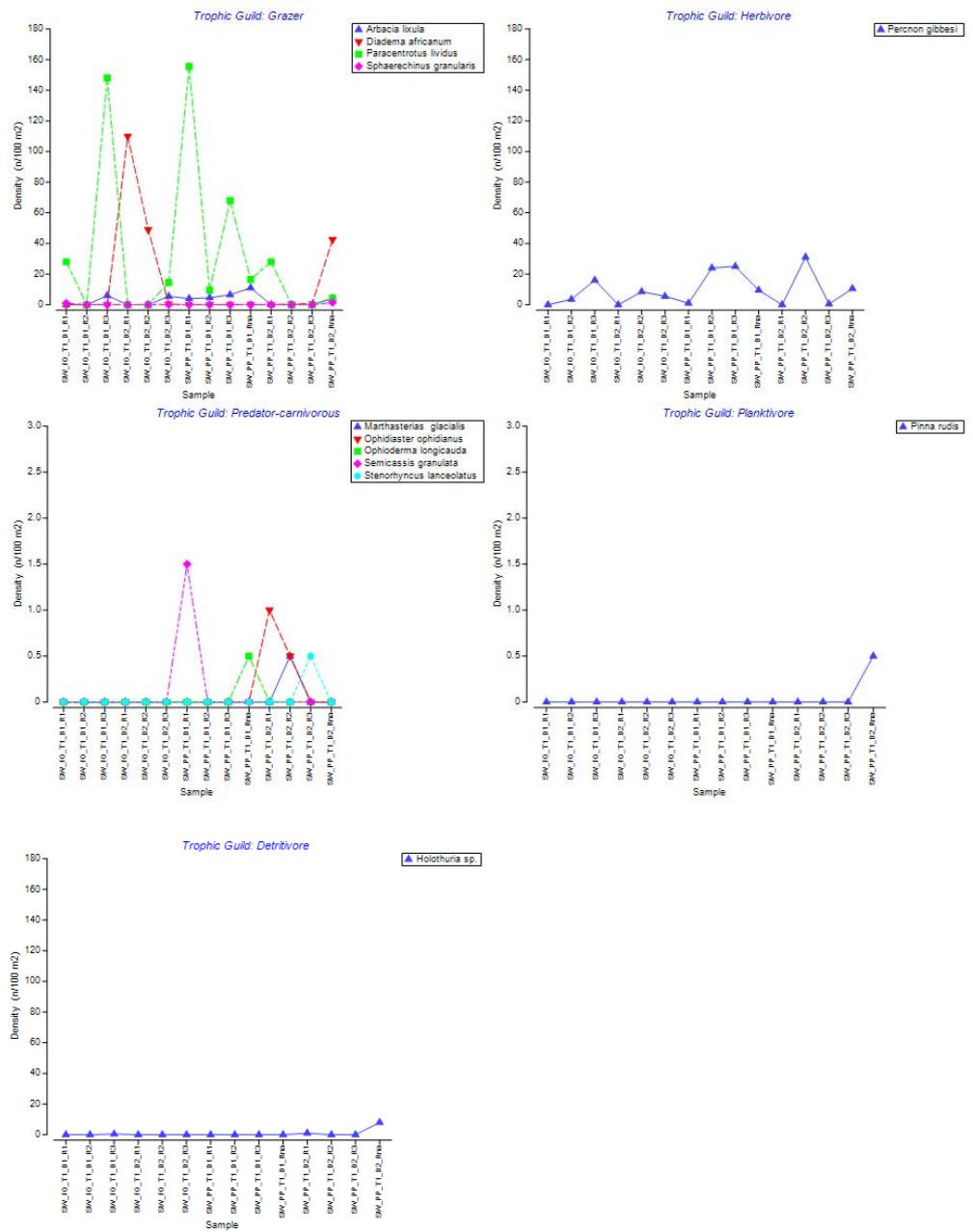


Figura F 3 - Composição e densidade de macroinvertebrados móveis por grupo trófico - herbívoros raspadores, herbívoros, detritívoros, predadores-carnívoros e planctívoros (filtradores) em cada transecto.

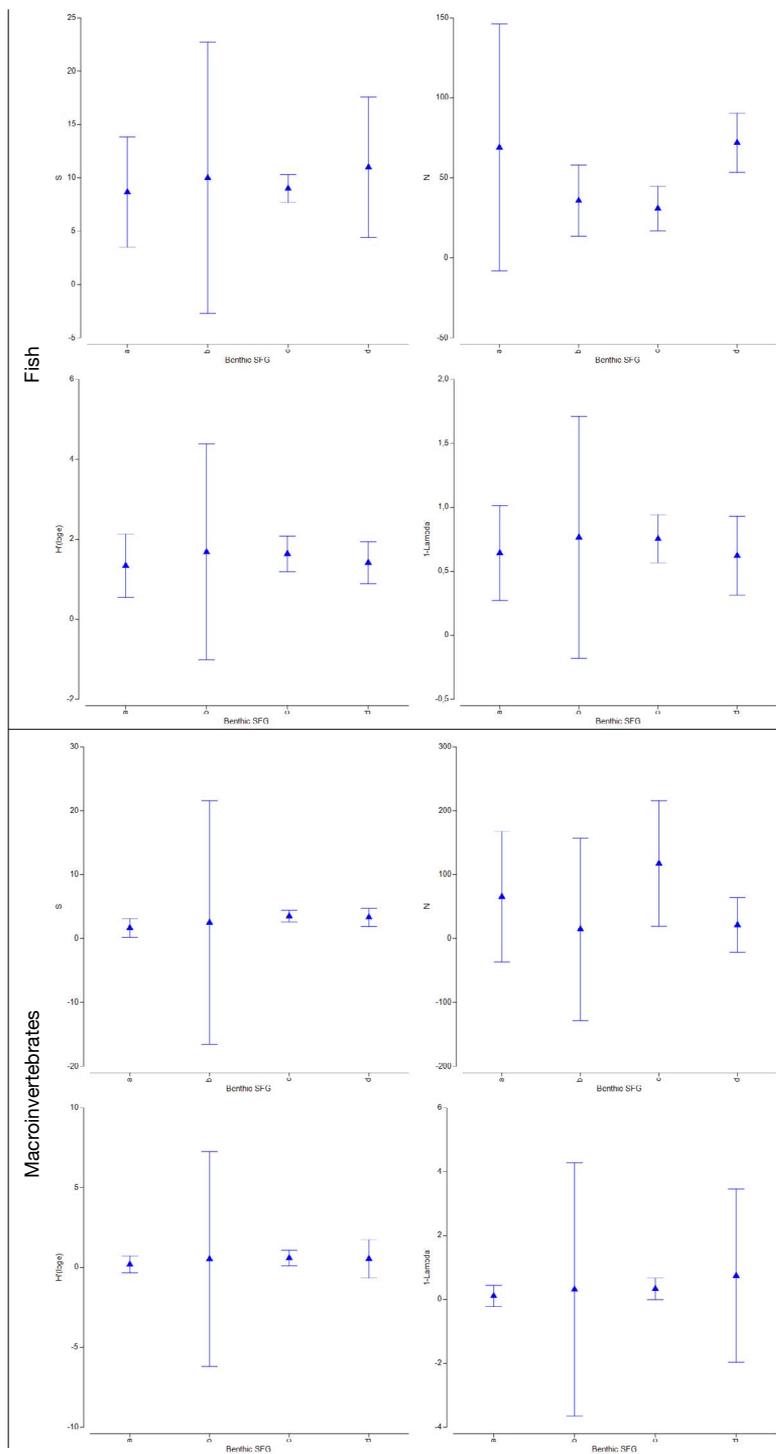


Figura F 4 - Média e respectivos desvios padrão do número de espécies (S), indivíduos (N) e índices de diversidade Shannon- Weaver (H') e Simpson (1-Lambda') de Peixes (topo) e Macroinvertebrados (inferior).

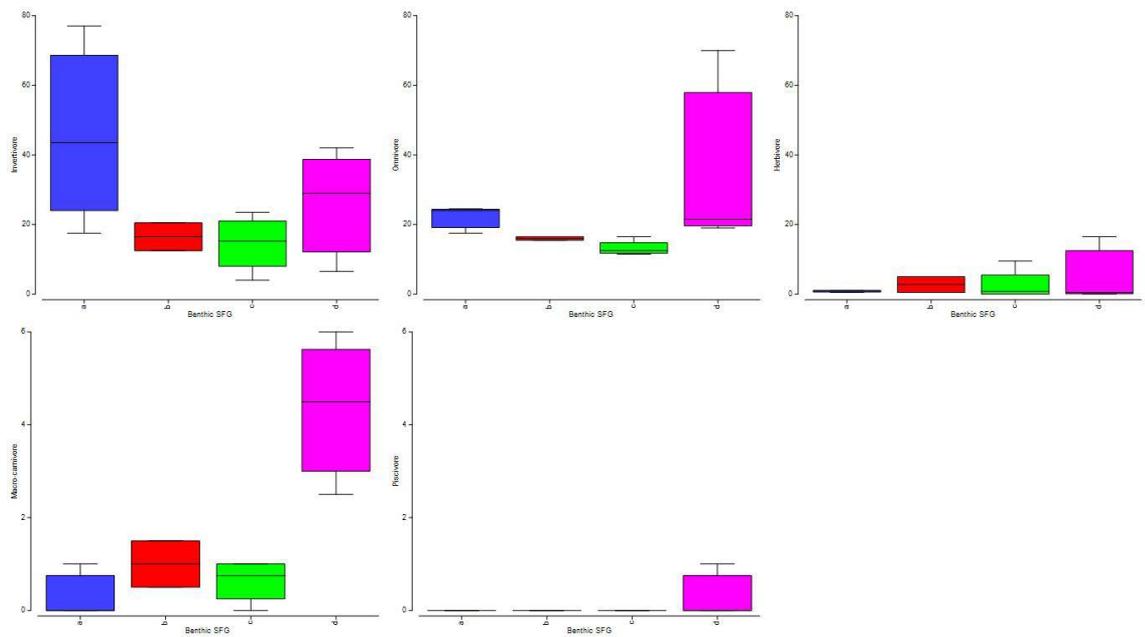


Figura F 5 - Densidade de peixes por grupo trófico (n/100m<sup>2</sup>) para cada agrupamento de organismos sésseis com diferenças significativas (a-d). Diagramas representam, de baixo para cima, o mínimo, o 1º quartil, a mediana, o 3º quartil e o máximo.

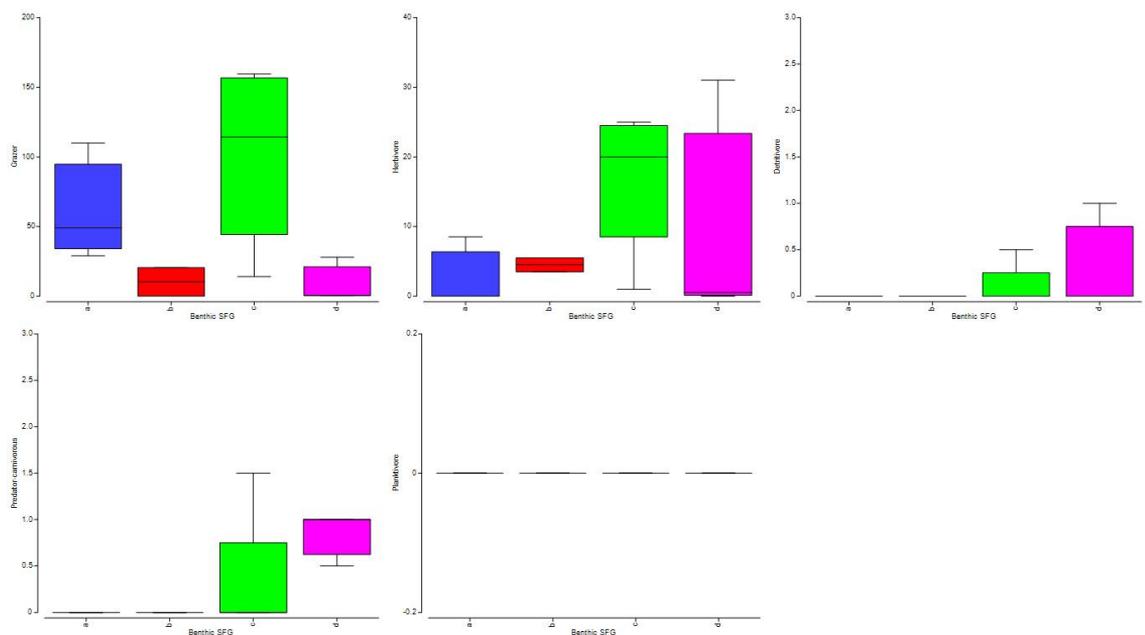


Figura F 6 - Densidade de macroinvertebrados por grupo trófico (n/100m<sup>2</sup>) para cada agrupamento de organismos sésseis com diferenças significativas (a-d). Diagramas representam, de baixo para cima, o mínimo, o 1º quartil, a mediana, o 3º quartil e o máximo.

## APÊNDICE II

A) RESUMO DOS TRABALHOS QUE DECORRERAM DE 31 DE JULHO A 30 DE AGOSTO DE 2017, A BORDO DO NAVIO B/O SOCIB E MEMBROS PARTICIPANTES.

Data	Tipo amostragem	Equipa
15-08-17 a 18-08-17	Início da cobertura CTD Início da colheita e filtração de água	Manfred Kaufmann Cátia Azevedo Jesus Reis Carolina Camargo Rui Caldeira
20-08-17 e 21-08-17	Continuação Cobertura CTD Continuação da colheita e filtração de água	Manfred Kaufmann Teresa Silva Cátia Azevedo Jesus Reis Carolina Camargo Rui Caldeira
23-08-17 a 25-08-17	Continuação Cobertura CTD Continuação da colheita e filtração de água Arrastos verticais com redes Apstein	Teresa Silva Cátia Azevedo Jesus Reis Carolina Camargo Rui Caldeira
28-08-17 a 30-08-17	Continuação Cobertura CTD Continuação da colheita e filtração de água Arrastos verticais com redes Apstein	Teresa Silva Cátia Azevedo Jesus Reis Carolina Camargo Rui Caldeira

B) PESSOAL EMBARCADO RESPONSÁVEL PELAS AMOSTRAGENS COM COVOS.

Nome	Função	Entidade
Mafalda Freitas	Chefe de missão	OOM / Museu Municipal do Funchal (MMF) / Estação de Biologia Marinha do Funchal (EBMF)
Luís Costa	Técnico	OOM / Museu Municipal do Funchal (MMF) / Estação de Biologia Marinha do Funchal (EBMF)
Filipe França	Técnico	Câmara Municipal do Funchal / Museu Municipal do Funchal (MMF) / Estação de Biologia Marinha do Funchal (EBMF)
Jose Araújo	Técnico	Câmara Municipal do Funchal / Museu Municipal do Funchal (MMF) / Estação de Biologia Marinha do Funchal (EBMF)





Cofinanciado por:



UNIÃO EUROPEIA  
Fundo Europeu  
de Desenvolvimento Regional

