

Programa de monitorização dos recifes artificiais da Madeira e Porto Santo

General Pereira D'Eça e Afonso Cerqueira

2021

AMACO

Associação Madeirense
para a Conservação Marinha



PEDRO NEVES

PROGRAMAS DE MONI-
TORIZAÇÃO CORDECA
E CORCEIRA: 2021

Como citar este documento:

Neves, Pedro. (2022). Resultados do programa de monitorização dos recifes artificiais CORDECA e CORCEIRA. 55pp.

Produção e Coordenação: Pedro Neves

Edição: Associação Madeirense para a Conservação Marinha — AMACO

Fotografias: © Pedro Neves

Concepção Gráfica: Pedro Neves

Copyright © 2022 Pedro Neves

Conteúdo

Introdução 9

Material e métodos 11

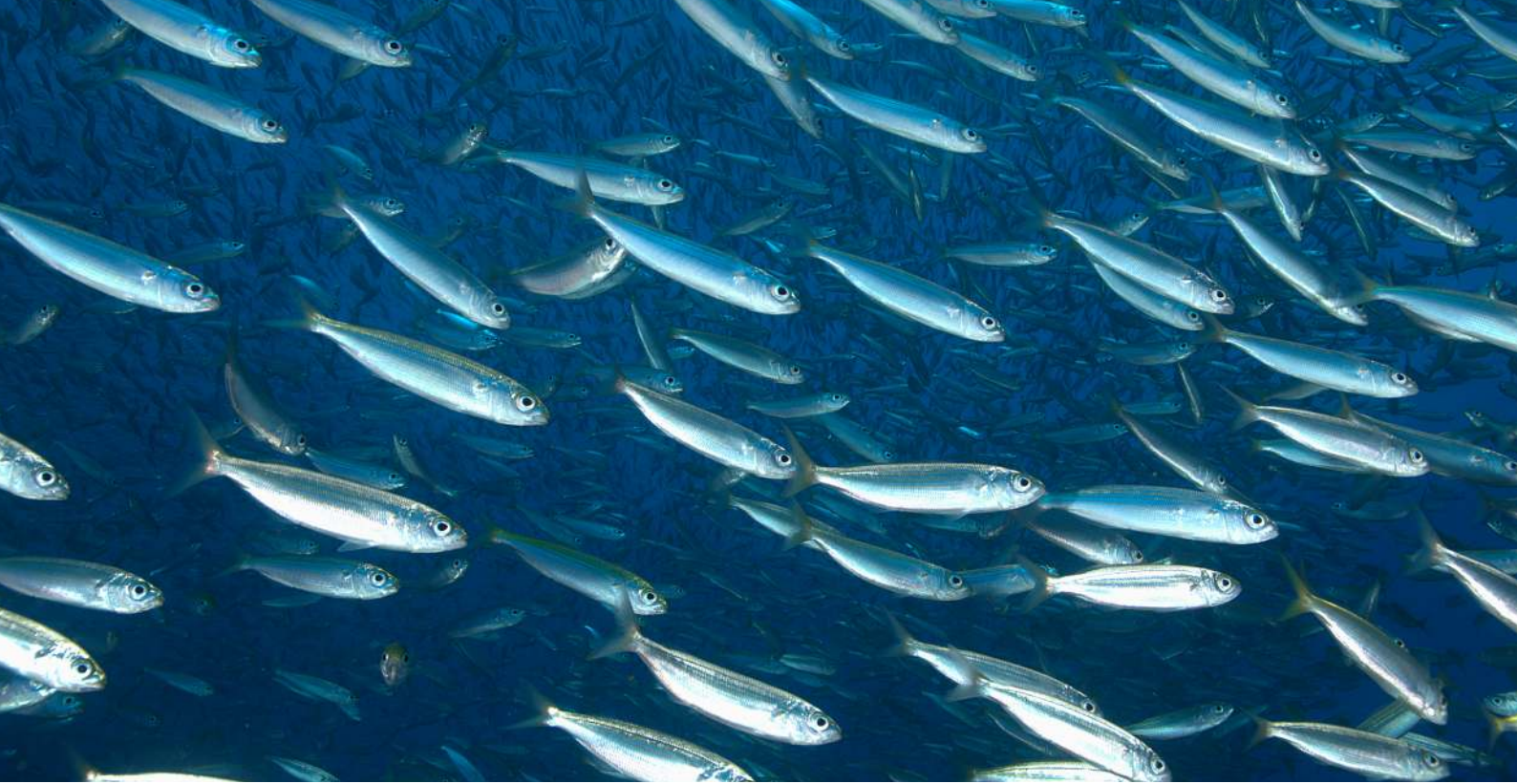
Resultados 19

Discussão e conclusões 35

Anexos 43

Lista de Figuras

| | | |
|----|--------------------------|----|
| 1 | Locais de amostragem | 11 |
| 2 | Controlo areia | 12 |
| 3 | Baixa das bicudas | 12 |
| 4 | Baixa do Cotrim | 12 |
| 5 | CORDECA | 12 |
| 6 | CORDECA recife | 13 |
| 7 | Enrocamento Porto Santo | 13 |
| 8 | Madeirense | 13 |
| 9 | Engrade grande | 13 |
| 10 | «Pedra do Jota» | 13 |
| 11 | CORCEIRA | 14 |
| 12 | CORCEIRA rocha | 14 |
| 13 | Ilhéu do Gorgulho | 14 |
| 14 | Controlo areia – Madeira | 14 |
| 15 | Enrocamento Vidamar | 14 |
| 16 | CORCEIRA recife | 14 |
| 17 | Sensor HOBO | 15 |
| 18 | Censos visuais | 16 |
| 19 | Fotoquadrado | 17 |
| 20 | Corrosão | 19 |
| 21 | Temp água | 21 |
| 22 | Temp água | 22 |
| 23 | Poliqueta tubular | 28 |



Introdução

As comunidades biológicas mudam constantemente no espaço e ao longo do tempo, e o conhecimento sobre estas variações é a base de vários conceitos ecológicos importantes e de muitos modelos de biodiversidade usados hoje em dia (Magurran e McGill 2011).

Apesar da sua importância, o conhecimento dos padrões de composição das comunidades biológicas ao longo do tempo tem sido preterido em relação ao conhecimento das variações espaciais que afectam as mesmas comunidades. É uma situação causada em parte pela ausência de séries temporais longas de dados sobre a biodiversidade e agravada pelo facto de alguns projectos de monitorização a longo prazo terem sido cancelados por entidades financiadoras com o argumento destes projectos se destinarem apenas «a recolher dados» e não ao desenvolvimento «da investigação de ponta» (Magurran e McGill 2011). É sabido que os custos inerentes aos programas de monitorização a longo prazo são elevados (Callahan 1984; Magurran, Baillie et al. 2010), mas sabemos também que as dinâmicas espaciotemporais dos ecossistemas podem não ser perceptíveis a partir de observações feitas a curto prazo (Giron-Nava et al. 2017).

Adicionalmente, e num contexto em que é cada vez mais importante perceber como reagem as espécies e os ecossistemas às alterações ambientais e às pressões induzidas pela (cada vez maior) população humana, os estudos ecológicos a longo prazo («Long-term ecological and environmental studies – LTEES») assumem um papel preponderante. O conhecimento obtido através destes programas é essencial para caracterizar como e porquê está a alterar-se o ambiente natural e fornece um meio para compreendermos a regulação e o funcionamento das comunidades biológicas; serve para relacionar os padrões biológicos com a sua variabilidade ambiental e facilitar a gestão da influência humana nos ecossistemas e nos serviços que eles proporcionam (Burt 1994; Magurran, Baillie et al. 2010; Hughes et al. 2017).

Actualmente, uma das tarefas mais prementes com que os ecólogos se deparam é precisamente perceber qual o impacto das actividades humanas na diversidade biológica, mas, na ausência de bons dados de base, é muito difícil distinguir as alterações temporais na biodiversidade causadas pelas alterações climáticas daquelas que ocorreriam de qualquer das formas na ausência das actividades antropogénicas.

São necessários programas de monitorização (PM) para produzir as evidências necessárias à gestão dos habitats bentónicos e suas comunidades. São os resultados destes programas que permitem perceber quais as causas e a direcção das mudanças naturais e antropogénicas a que os habitats estão

sujeitos.

Ao nível regional foram já desenvolvidos alguns esforços para a implementação de PM da biodiversidade marinha e para a definição de programas e protocolos comuns no âmbito da Macaronésia (projectos MISTIC SEAS I, II e III). Todavia, estes focaram-se apenas no descritor da Biodiversidade para os grupos dos mamíferos, aves e tartarugas marinhas. No que diz respeito aos habitats subtidais, os trabalhos a que se referem este relatório são os únicos PM em curso. Estes projectos — financiados pelo IFCN, IP-RAM, têm vindo a ser desenvolvidos desde 2016 e são já os mais longos a nível nacional.

Além de proporcionarem uma importante série de dados espaciotemporais sobre a biodiversidade marinha da Região, os programas de monitorização dos recifes artificiais CORDECA e CORCEIRA têm contribuído de forma decisiva para colmatar algumas das lacunas de conhecimento identificadas na Estratégia Marinha (MM et al. 2020), nomeadamente a revelação de importantes habitats subtidais (Ribeiro et al. 2020; Neves, Silva et al. 2021).

No entanto, são muitos e importantes os constrangimentos que se colocam à manutenção dos programas de monitorização, sobretudo na área marinha. Além das dificuldades inerentes ao trabalho de mar, existe a dificuldade em criar, manter e renovar equipas de investigação competentes, a necessidade de obter resultados rápidos e de publicar artigos rapidamente para satisfazer quer as instituições académicas, quer as entidades financiadoras (Callahan 1984), os custos inerentes à recolha e processamento dos dados e a crónica falta de financiamentos a longo prazo (Callahan 1984; Magurran, Baillie et al. 2010; Giron-Nava et al. 2017).

Porque muitos destes constrangimentos são incompatíveis com os objetivos dos PM, é imprescindível que haja um compromisso de financiamento público que garanta a manutenção dos PM no tempo. Só assim poderemos compreender e conhecer as dinâmicas dos nossos ecossistemas marinhos, avaliar o impacto que têm as nossas actividades e gerir da melhor forma os diversos interesses existentes.



Material e métodos

Descrição dos locais de amostragem

O presente programa de monitorização pretende comparar a composição das comunidades ictiológicas entre os vários locais do estudo ao longo do tempo. Estes locais, foram seleccionados de modo a abarcar vários tipos de habitats que caracterizam quer as proximidades, quer as áreas mais distantes dos locais de afundamento dos navios afundados (arenoso, rochoso e artificial).

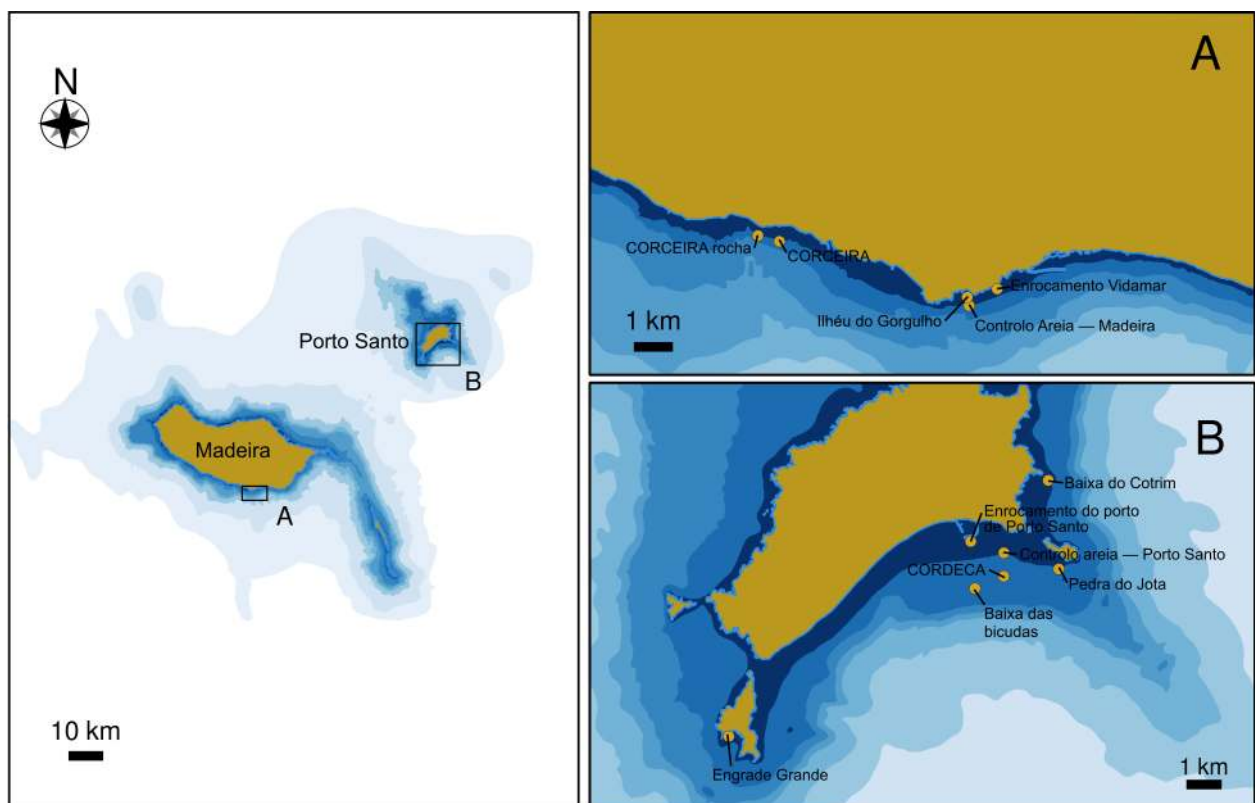


Figura 1: Locais de amostragem na Madeira (A) e no Porto Santo (B).

Procurou-se que os diferentes locais de amostragem representassem os habitats subtidais existentes no Porto Santo e na Madeira, incluindo diferentes graus de proximidade ao local da criação do recife artificial. De igual modo foi também um critério de selecção a localização dos locais no que respeita às condições meteorológicas predominantes. Com isto, pretendeu-se minimizar as probabilidades de não se poder efectuar a amostragem devido a condições meteorológicas adversas.

| Ilha | Nº | Designação | Habitat | Profundidade de trabalho (m) |
|-------------|----|-------------------------------------|------------|------------------------------|
| Porto Santo | 1 | Controlo areia — Porto Santo | Areia | 22–23 |
| Porto Santo | 2 | Baixa das bicudas | Rocha | 22–36 |
| Porto Santo | 3 | Baixa do Cotrim | Areia | 14–20 |
| Porto Santo | 4 | CORDECA areia | Areia | 30 |
| Porto Santo | 5 | CORDECA recife | Artificial | 15–30 |
| Porto Santo | 6 | Enrocamento do porto do Porto Santo | Artificial | 5–10 |
| Porto Santo | 7 | Madeirense | Artificial | 24–33 |
| Porto Santo | 8 | Engrade grande | Rocha | 14–24 |
| Porto Santo | 9 | Baixinha | Rocha | 10–22 |
| Porto Santo | 10 | Pedra do Jota | Rocha | 15–22 |
| Madeira | 11 | CORCEIRA areia | Areia | 30 |
| Madeira | 12 | CORCEIRA rocha | Rocha | 20–31 |
| Madeira | 14 | Ilhéu do Gorgulho | Rocha | 10–14 |
| Madeira | 14 | Controlo areia — Madeira | Areia | 30 |
| Madeira | 15 | Enrocamento Vidamar | Artificial | 5–12 |
| Madeira | 16 | CORCEIRA recife | Artificial | 15–34 |

De acordo com esses critérios foram seleccionados os seguintes locais na ilha do Porto Santo:

1. Controlo Areia — Porto Santo: local de substrato arenoso (areia média) a uma profundidade de cerca de 20 m, dominado por manchas da alga *Caulerpa prolifera* e pela presença de algumas enguias-de-jardim (*Heteroconger longissimus*). Ocasionalmente foram observadas manchas de algas calcárias verdes (*Penicillus capitatus* e *Halimeda incrassata*). Localizado dentro da área da Rede de Áreas Marinhas Protegidas do Porto Santo — RAMPPS (Figura 2);
2. Baixa das bicudas: afloramento rochoso com cerca de 15 500 m² e uma profundidade entre os 22 m e os 36 m, num fundo de areia grossa, em grande parte de origem biogénica. Caracterizado pela dominância dos briozoários, cracas, esponjas e ouriços da espécie *Diadema africanum*. Apresenta uma complexidade de habitats, com substrato rochoso com diversas orientações e graus de exposição à luz. Localizado fora da área da RAMPPS (Figura 3);
3. Baixa do Cotrim: afloramento rochoso que atinge a superfície a partir de um fundo de areia fina a cerca de 20 m de profundidade. Bastante exposto à ondulação, em parte pela sua localização na costa E da ilha e em parte pela baixa profundidade a que se encontra. A superfície rochosa deste afloramento é dominada sobretudo por briozoários, cracas e esponjas. Inserido na área da RAMPPS (Figura 4);
4. CORDECA areia: local do afundamento do NRP General Pereira D'Eça. Fundo de areia média a cerca de 30 m de profundidade. Caracterizado pela presença de manchas de *C. prolifera* e ocasionalmente das algas verdes calcárias *P. capitatus* e *H. incrassata*, bem como pelas acumulações de sedimento (semelhantes a pequenos vulcões) formados por poliquetas sedentários. Localizado dentro da área da RAMPPS (Figura 5);



Tabela I: Dados sobre os locais de amostragem.



Figura 2: Local 1 — «Controlo areia».



Figura 3: Local 2 — «Baixa das bicudas».

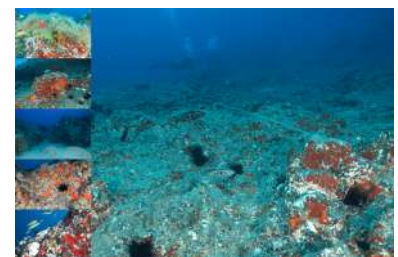


Figura 4: Local 3 — «Baixa do Cotrim».



Figura 5: Local 4 — «CORDECA».

5. CORDECA recife: recife artificial (RA) criado para potenciar o incremento de recursos piscícolas e promover o turismo subaquático, através do apoio ao mergulho recreativo. Foi afundado em 2016. A profundidade varia entre os 30 m no fundo e os 15 m no topo das estruturas da corveta. Esta estação de amostragem refere-se à estrutura do navio propriamente dita. Localizado dentro da área da RAMPPS (Figura 6);



Figura 6: Local 5 — «CORDECA recife».

6. Enrocamento do porto do Porto Santo: enrocamento artificial de suporte ao porto do Porto Santo. Formado por blocos de rocha natural entre os 10 m e os 6 m e por blocos de betão desde os 6 m até à superfície. Fundo de areia fina aos 10 m. Normalmente conta com a presença de diversos cardumes de peixes pequenos e serve de abrigo a espécies importantes como o badejo (*Myxteroperca fusca*) Localizado fora da área da RAMPPS (Figura 7);



Figura 7: Local 6 — «Enrocamento do porto do Porto Santo».

7. Madeirense: recife artificial, criado no ano 2000, com o propósito de dinamizar a actividade do mergulho recreativo e as actividades turísticas associadas. Assente num fundo de areia média a cerca de 33 m de profundidade. Encontra-se já em fase avançada de degradação. Este local foi incluído no conjunto das estações de amostragem a partir do Verão de 2017). Localizado dentro da área da RAMPPS (Figura 8);

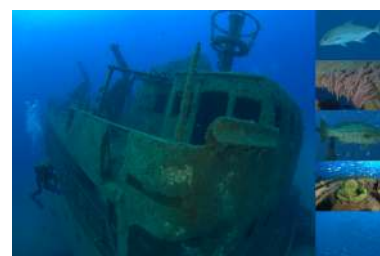


Figura 8: Local 7 — «Madeirense».

8. Ilhéu da Cal — Engrade Grande: localizada na zona W do Ilhéu da cal, integrada na área da RAMPPS, mas com estatuto de reserva parcial. É uma baía cujo substrato rochoso se estende desde a superfície até cerca de 24 m de profundidade onde surge um fundo de areia e pequenas rochas (Figura 9). A faixa rochosa é formada por blocos rochosos e também algumas paredes que atingem a superfície;



Figura 9: Local 8 — «Engrade grande».

9. Ilhéu de cima — «Pedra do Jota»: Zona de plataforma rochosa a SW do Ilhéu de cima, entre os 21 m e os 15 m de profundidade. Integrada na área da RAMPPS, com regime de «Protecção total». Regularmente utilizada como local de mergulho pelos operadores turísticos locais, onde é prática alimentar a ictiofauna. É uma zona sujeita a correntes.



Figura 10: Local 10 — «Pedra do Jota».



Na ilha da Madeira, o programa de monitorização do RA CORCEIRA realiza-se nos seguintes locais:

10. CORCEIRA areia: Local do afundamento do NRP Afonso Cerqueira em 2018. Fundo de areia fina a uma profundidade entre os 30 m e os 24 m. Localizado dentro do Parque Natural Marinho do Cabo Girão – PNMCG (Figura 11);

11. CORCEIRA rocha: Zona de substrato misto, a profundidades entre os 41 m e os 21 m. Fundo de areia fina com presença de rodólitos a cerca de 31 m e blocos rochosos de dimensões variadas até cerca de 21 m de profundidade. Localizada dentro da área do PNMCG (Figura 12);

12. Ilhéu do Gorgulho: ilhéu rochoso que sobe abruptamente desde os 15 m. Fundo arenoso a S, E e W e uma plataforma de blocos rochosos a N, que faz a ligação com a zona rochosa da praia do Gavinas. Localizado fora de qualquer área protegida (Figura 13).

13. Controlo areia – Madeira: zona de fundo arenoso (areia fina) a cerca de 30 m de profundidade e a uma distância de cerca de 240 m a sul do Ilhéu do Gorgulho. Localizado fora de qualquer área protegida (Figura 14).

14. Enrocamento Vidamar: enrocamento de suporte à piscina do Hotel Vidamar. Fundo de areia muito fina a cerca de 17 m e blocos de rocha natural entre os 17 m e os 6 m. Com blocos de cimento desde os 6 m até à superfície. Localizado fora de qualquer área protegida (Figura 15).

15. CORCEIRA recife: local do afundamento do NRP Afonso Cerqueira. Localizado dentro da área do PNMCG. O RA está orientado a SW com a proa assente no fundo aos 30 m e a popa aos 24 m. A estrutura do recife sobe até a uma profundidade de cerca de 15 m (Figura 16).



Figura 11: Local 10 – «CORCEIRA».

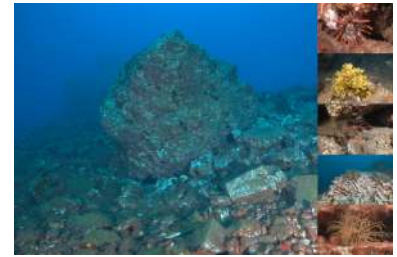


Figura 12: Local 11 – «CORCEIRA rocha».

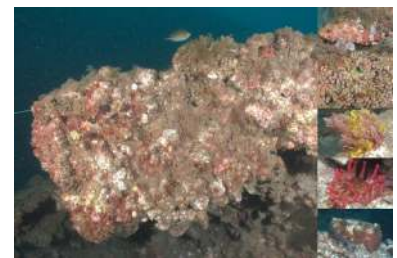


Figura 13: Local 12 – «Ilhéu do Gorgulho».



Figura 14: Local 13 – “Controlo areia – Madeira”.



Figura 15: Local 14 – “Enrocamento Vidamar”.



Figura 16: Local 15 – “CORCEIRA recife”.



Caracterização do substrato

A caracterização do substrato nos vários locais de estudo foi efectuada com base em amostras recolhidas em trabalhos anteriores para algumas estações de amostragem (Neves, Ribeiro e Kaufmann 2018; Ribeiro et al. 2020) e com recurso a bibliografia. As amostras foram recolhidas com recurso a um «corer» com um volume de cerca de 1 L. Os sedimentos recolhidos foram colocados em sacos de plástico e uma vez em terra, a amostra foi colocada num tabuleiro e seca ao sol. Depois de secas, as amostras foram armazenadas e transportadas para o laboratório.

No laboratório foi retirada uma sub-amostra a cada uma das amostras recolhidas, que foi pesada (balança Precisa 3100C) e passada por uma pilha de crivos de metal (Retsch, série de 200×50 mm) com malhas das seguintes dimensões: 2 mm, 1 mm, 500 µm, 250 µm, 125 µm e 63 µm. A fracção de cada uma das sub-amostras retida nos vários crivos foi pesada, bem como a fracção recolhida na base da pilha de crivos. Os dados obtidos foram depois analisados através do pacote G2Sd (Fournier et al. 2014) no R (R Core Team 2022).

Parâmetros físicos da água (temperatura e luz)

De forma a recolher dados sobre alguns parâmetros físicos da água do mar, foram colocados sensores subaquáticos (Hobo Pendant submersible para Temperatura/Luz – mod.UA-002-64) em 2 locais: um na ilha da Madeira («CORCEIRA Rocha»/Cabo Girão, a 23 m de profundidade) e outro na ilha do Porto Santo (Baixa das bicudas, a cerca de 30 m de profundidade) – Figura 17. No final do período de amostragem, os sensores foram recolhidos e os seus dados foram retirados da memória através do programa HOBOWare (Onset Computer Corporation), sendo posteriormente analisados no R (R Core Team 2022).

Caracterização qualitativa e quantitativa da ictiofauna

Para efectuar esta caracterização foi usado o método de censos visuais subaquáticos (CV) dirigido à ictiofauna não críptica, usando como unidade de amostragem um transecto em banda com um comprimento de 25 m e uma largura de 2 m para cada lado da linha, totalizando uma área de 100 m² por transecto.

Ao longo de cada transecto foram identificadas as espécies e contabilizados os peixes de acordo com os critérios seguidos por Brock (1954) e Brock (1982), nomeadamente, se parte de um cardume passa na área a ser amostrada pelo mergulhador, os elementos de todo o cardume são contabilizados; cardumes ou peixes individuais que atravessarem a área de amostragem atrás do mergulhador ou que voltem atravessar o transecto, não são recontados durante o censo. O tamanho dos peixes observados foi também estimado, de acordo com 4 classes de tamanho (juvenis, pequenos, médios e grandes), baseando-se no comprimento máximo reportado para cada espécie para a região (Whitehead et al. 1984; Wirtz 1994; Brito et al. 2002). Em cada estação de amostragem foi efectuada um mínimo de 4

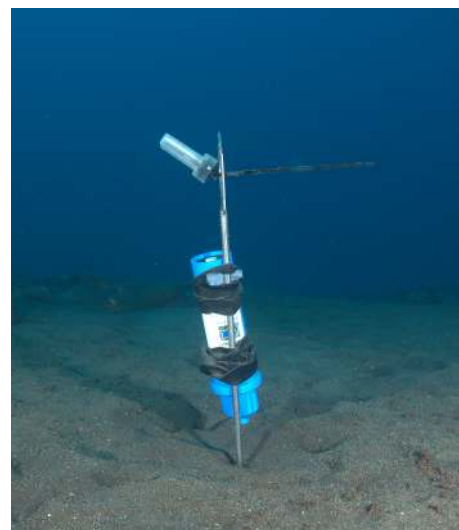


Figura 17: Sensores de temperatura e luz, colocados no PNMCG.



transectos.

Adicionalmente, foram também registadas todas as espécies de peixes observados fora das unidades de amostragem e/ou após o término do CV, para a caracterização qualitativa da ictiofauna associada a cada habitat. A identificação dos espécimes observados foi efectuada até ao nível taxonómico mais baixo possível.



Figura 18: Censos visuais.

Caracterização qualitativa e quantitativa da macrofauna

A caracterização qualitativa e quantitativa da macrofauna foi efectuada com recurso a censos visuais, com transectos em banda (25×2 m) dirigidos sobretudo à macrofauna móvel e com a análise de fotoquadrados — dirigida aos macroinvertebrados sésseis e às macroalgas. Como complemento a estes métodos foram também analisados todos os registos fotográficos e videográficos obtidos durante os mergulhos. Em cada local foram efectuados entre 4 a 6 transectos.

Para a caracterização quantitativa foram usados quadrados de $0,06 \text{ m}^2$ (20 fotoquadrados em cada local de amostragem), no interior dos quais foram identificadas os organismos que ocorrem sob cada um dos 25 pontos colocados dentro de cada quadrado. Foi usado o Coral Point Count with Excel extensions (Kohler et al. 2006) e os pontos foram colocados de forma aleatória com estratificação dentro dos quadrados (5 linhas \times 5 colunas \times 1 pontos por célula = 25 pontos). Por motivos de segurança, nomeadamente



devido à profundidade e ao reduzido tamanho da equipa de mergulhadores, não foram efectuados fotoquadrados no Madeirense.

Este método de estimativa da abundância dos organismos macrobentónicos sésseis é relativamente rápido de usar em mergulho, mas as estimativas obtidas subestimam normalmente a abundância dos organismos, já que as espécies raras são normalmente excluídas (Murray et al. 2006). Adicionalmente, é um método cuja análise laboratorial é muito demorada.

Para complementar os dados obtidos com os fotoquadrados, foram também fotografados alguns organismos conspicuos. A conjugação destes métodos permite obter dados quantitativos e qualitativos sobre a diversidade e abundância dos macroinvertebrados presentes nos vários locais.

Caracterização da comunidade de macroalgas

A caracterização da comunidade de macroalgas foi feita através da identificação dos organismos presentes nos fotoquadrados referidos no ponto anterior e da análise das fotografias obtidas. Para as espécies cuja identificação é mais difícil, foram feitas recolhas de espécimes para herbário, que foram depositados no Museu de História Natural do Funchal.

Cálculo dos índices de diversidade

Para os vários dados obtidos (ictiofauna, macroinvertebrados sésseis e móveis e macroalgas), foram calculados no R (R Core Team 2022) os principais índices de diversidade com base nos números de Hill (1973) e de acordo com o descrito por Jost (2006). Os índices utilizados foram os seguintes:

- N_0 — número de espécies («richness»): é completamente insensível à abundância das espécies e por isso é muito influenciado pela presença de espécies raras, favorecendo-as desproporcionalmente;
- N_1 — índice de diversidade de Shannon: dá igual importância a todas as espécies, independentemente da sua abundância relativa. Por este motivo, não favorece nem as espécies mais comuns nem as mais raras;
- N_2 — índice de diversidade de Simpson: é uma medida mais sensível à abundância das espécies (quer sejam mais raras ou mais comuns) e que favorece (desproporcionalmente) as espécies mais comuns;
- $(E_{10} = N_1/N_0)$ — índice de equabilidade de Shannon («evenness»): segundo Hill (1973) é a relação entre a diversidade de Shannon e o número de espécies. É uma medida da equabilidade que não é influenciada pelas espécies dominantes ou raras;
- $E_{20} = N_2/N_0$ — índice de equabilidade de Simpson («evenness»): é outro rácio de Hill (1973), que neste caso, favorece as espécies mais comuns.



Figura 19: Mergulhador fotografa um quadrado. Fotografia de Miguel Rodrigues.





Resultados

Estado geral dos RA's

Decorridos 5 anos desde o afundamento da CORDECA e 3 anos desde o afundamento da CORCEIRA, os dois navios encontram-se em diferentes estados de conservação. A CORDECA passou por um período inicial em que foram visíveis os efeitos da corrosão dos metais que compõem o navio, mas essa corrosão não conduziu a uma degradação tão pronunciada como a que se verifica na CORCEIRA. Com efeito, neste último RA e apesar de estar no fundo há menos tempo, são facilmente visíveis os efeitos da corrosão em várias zonas do RA (Figura 20). Estes efeitos — que podem derivar não só da acção corrosiva da água do mar sobre os metais que compõem os RA's, mas também do efeito do hidrodinamismo sobre os navios, vai provavelmente continuar e até acentuar-se, sendo expectável que a CORCEIRA não mantenha a sua integridade estrutural durante tanto tempo quanto a CORDECA.

Caracterização do substrato

Na tabela II encontra-se a caracterização dos sedimentos em alguns dos locais de estudo. De um modo geral, os sedimentos variam bastante na sua dimensão nas duas ilhas, mas abarcam sensivelmente as mesmas categorias (areia fina a grosseira). A granulometria dos sedimentos nos locais de estudo parece, na sua generalidade, menor na ilha da Madeira do que na ilha do Porto Santo.

| Ilha | Local | Sedimentos |
|-------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Madeira | Controlo Areia — Madeira | Areia fina |
| Madeira | CORCEIRA areia | Areia fina |
| Madeira | CORCEIRA rocha | Areia fina a média |
| Madeira | Ilhéu do Gorgulho | Areia média a grosseira |
| Madeira | Vidamar | Areia fina a grosseira |
| Porto Santo | Baixa das bicudas | Areia grosseira a muito grosseira |
| Porto Santo | Baixa do Cotrim | Areia fina a grosseira |
| Porto Santo | Controlo areia — Porto Santo | Areia fina a grosseira |
| Porto Santo | CORDECA areia | Areia média a grosseira |
| Porto Santo | Enrocamento do porto do Porto Santo | Areia fina |

Adicionalmente, parece haver menos variabilidade no tipo de sedimentos nos locais estudados na ilha da Madeira em relação aos locais do Porto Santo.

A tabela III mostra os dados obtidos pelo Instituto Hidrográfico no decurso das campanhas efectuadas na região (Instituto Hidrográfico 2003,



Figura 20: Aspecto dos efeitos da corrosão no RA CORCEIRA.

Tabela II: Caracterização dos sedimentos em alguns dos locais de amostragem, obtidos a partir de amostras recolhidas em trabalhos anteriores.

2007, 2008). Apesar de existirem algumas diferenças nos resultados entre os trabalhos do IH e o presente estudo, estas não são muito acentuadas, sendo que ambas as fontes apresentam resultados semelhantes para os vários locais.

| Ilha | Local | Sedimentos |
|-------------|-------------------------------------|-----------------------|
| Madeira | Controlo Areia — Madeira | Areia fina |
| Madeira | CORCEIRA areia | Areia fina |
| Madeira | CORCEIRA rocha | Areia fina |
| Madeira | Ilhéu do Gorgulho | Areia fina |
| Madeira | Enrocamento Vidamar | Areia fina |
| Porto Santo | Baixa das bicudas | n.d. |
| Porto Santo | Baixa do Cotrim | n.d. |
| Porto Santo | Controlo areia — Porto Santo | Areia fina |
| Porto Santo | CORDECA areia | Areia média |
| Porto Santo | Enrocamento do porto do Porto Santo | Areia fina |
| Porto Santo | Pedra do Jota | n.d. |
| Porto Santo | Baixinha | Areia muito grosseira |
| Porto Santo | Engrade Grande | N/A |
| Porto Santo | Zimbralinho | n.d. |
| Porto Santo | Poiso velho | n.d. |
| Porto Santo | Madeirense | Areia grosseira |

Tabela III: Caracterização dos sedimentos em alguns dos locais de amostragem, obtidos a partir dos trabalhos do Instituto Hidrográfico (ver referências no texto). Nota: n.d.: dados não disponíveis/não existentes.

Parâmetros físicos da água (temperatura e luz)

Por motivos operacionais, os períodos para os quais foram recolhidos dados de temperatura da água e de luz no fundo não foram iguais nos dois locais onde foram colocados os sensores. No Cabo Girão (Madeira) foram recolhidos dados entre 01/01/2021 e 09/06/2021. Na Baixa das bicudas (Porto Santo) foram recolhidos dados entre 01/01/2021 e 12/11/2021.

Temperatura da água

De um modo geral, a temperatura média da água no Cabo Girão foi superior à temperatura registada na Baixa das bicudas. Esta diferença é mais marcada no período de inverno (Janeiro a Março de 2021), já que a partir de Abril e até Junho — limite do período para o qual possuímos dados, a temperatura da água nos dois locais se aproxima. Através da observação da Figura 21, pode verificar-se que a temperatura da água do mar diminui a partir de Janeiro, atingindo o mínimo em Março (17,9 °C e 18,6 °C, respectivamente na Baixa das bicudas e no Cabo Girão). A partir desse mês, a temperatura começa a subir até atingir o pico no final do verão (23,6 °C), voltando a diminuir em Outubro e Novembro.

No Cabo Girão, o dia mais quente foi 23/05/2021 com uma temperatura média de 20,7 °C. O mês mais quente foi Junho, com uma temperatura média de 20,2 °C. O dia mais frio foi 01/04/2021 com uma temperatura média de 18,2 °C e o mês mais frio foi Março, com uma temperatura média de 18,6 °C. A maior amplitude térmica (2,2 °C) foi registada no dia 09/06/2021, enquanto que a menor (0,1 °C) foi registada no dia 03/01/2021.



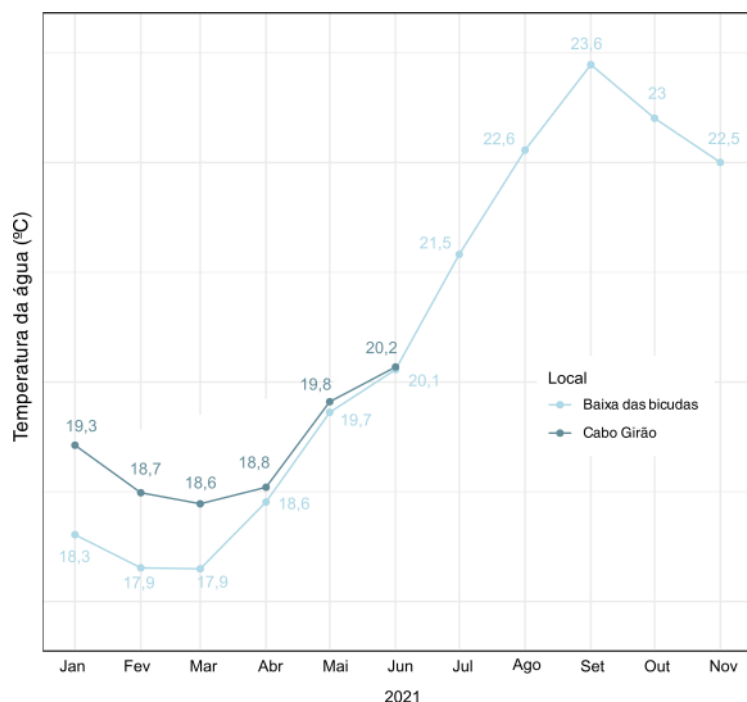


Figura 21: Variação da temperatura da água em duas estações de amostragem (Madeira e Porto Santo) ao longo do ano (os valores indicam as médias mensais).

Na Baixa das bicudas, o dia mais quente foi 15/09/2021 com uma temperatura média de 24,1 °C, sendo Setembro o mês mais quente, com uma temperatura média de 23,6 °C. O dia mais frio foi 11/03/2021 com uma temperatura média de 17,6 °C, sendo Março o mês mais frio, com uma temperatura média de 17,9 °C. A maior amplitude térmica foi de 2,6 °C e registada no dia 22/08/2021, enquanto que a menor amplitude térmica (0 °C) foi registada no dia 03/02/2021.

Intensidade luminosa

A intensidade luminosa (na realidade, a sua densidade ou o fluxo luminoso por unidade de área, medido em Lux) foi bastante variável nos dois locais durante o período de estudo (Figura 22) . Durante os primeiros 3 meses de 2021, a densidade da intensidade luminosa foi mais elevada no Cabo Girão, sobretudo em Fevereiro e Março. Em Abril, no mesmo local, este parâmetro baixou para menos de metade do valor registado no mês anterior (de 145 para 62 lx), ficando abaixo do valor registado no Porto Santo (87 lx). Em Maio a densidade da intensidade luminosa voltou a subir nos 2 locais estudados, sendo mais elevada no Porto Santo do que na Madeira (120 contra 109 lx). Em Junho, a tendência alterou-se já que no Cabo Girão o fluxo luminoso continuou a aumentar, enquanto que na Baixa das bicudas diminuiu novamente. No Porto Santo, a densidade da intensidade luminosa atingiu o valor máximo durante o mês de Julho (202 lx) e foi diminuindo progressivamente até Novembro. Os valores mais baixos tinham sido registados em Janeiro e Fevereiro (24 e 18 lx, respectivamente).



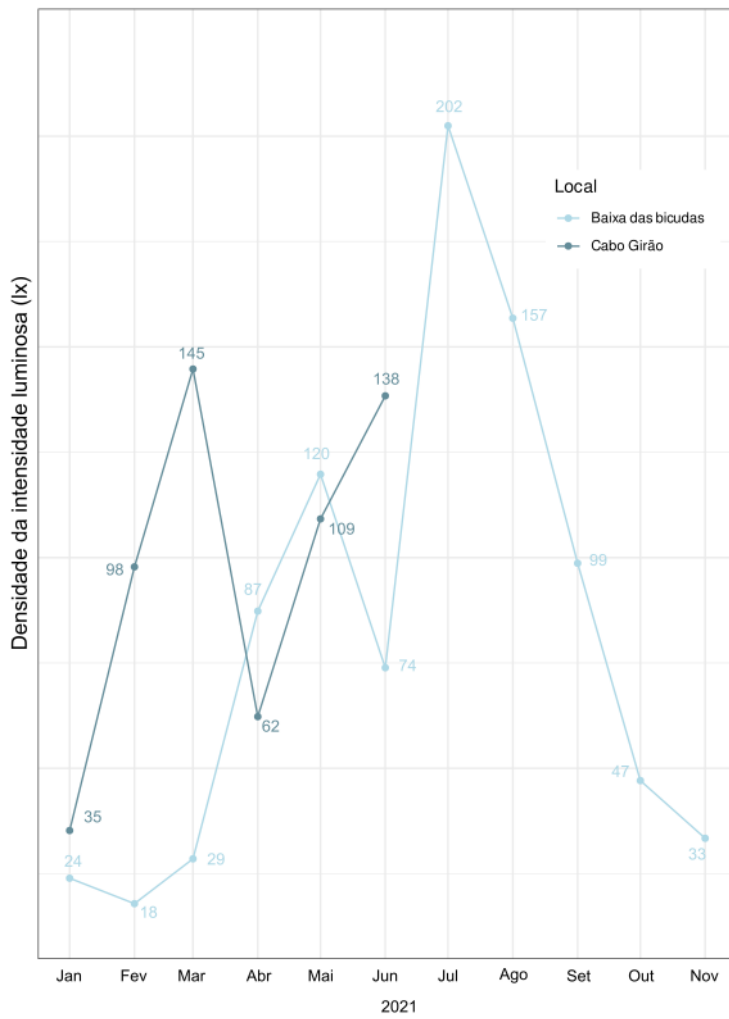


Figura 22: Variação da densidade da intensidade luminosa em duas estações de amostragem (Madeira e Porto Santo) ao longo do ano.



Caracterização qualitativa e quantitativa da ictiofauna

No âmbito do presente trabalho, foram registadas nos transectos 50 espécies de peixes — 40 foram observadas no Porto Santo e 38 na Madeira. Desta lista de espécies, várias foram observadas apenas numa das ilhas. Observadas apenas Madeira foram as espécies: *Coris julis*, *Gobius gasteveni*, *Heteropriacanthus fulgens*, *Muraena augusti*, *Pagellus erythrinus*, *Pomadasys incisus*, *Scorpaena notata*, *Spondyliosoma cantharus*, *Kyphosus sectator* e *Sarda sarda*. Observadas exclusivamente na ilha do Porto Santo foram as espécies: *Diplodus cervinus*, *Gobiidae*, *Myliobatis aquila*, *Pagellus acarne*, *Pagrus pagrus*, *Parapristipoma octolineatum*, *Pseudocaranx dentex*, *Seriola dumerili*, *Stephanolepis hispidus*, *Symphodus mediterraneus*, *Synodus saurus* e *Tripterygion delaisi*.

No que concerne à abundância das espécies e considerando globalmente os 16 locais estudados (Tabela IV), a espécie com maior densidade é a boga (*Boops boops*), com 1,4 ind/m² no RA CORDECA. No entanto, esta espécie foi observada em menos de 50% dos locais de estudo. Já a castanheta-baia (*Chromis limbata*), a segunda espécie observada com maior densidade (máximo de 1,3 ind/m²), esteve presente em 13 dos locais estudados.

O porquinho (*Canthigaster capistrata*) foi igualmente observado na maioria dos locais estudados (15 em 16), com uma densidade máxima de 0,2 ind/m² na «CORCEIRA Rocha». No que toca às espécies de peixes menos frequentes (observadas apenas em um dos 16 locais estudados), todas com uma densidade de 0,002 ind/m², temos: *Kyphosus sectator*, *Muraena augusti*, *Pomadasys incisus*, *Stephanolepis hispidus* e uma espécie pertencente à família Gobiidae.

Os resultados mostram que existe um conjunto de espécies que ocorrem em quase todos os locais. São elas, o porquinho (*Canthigaster capistrata*), a garoupa (*Serranus atricauda*), a castanheta-baia (*C. limbata*), o bodião (*Sparisoma cretense*), o sapinho (*Sphoeroides marmoratus*), o rascasso (*Scorpaena maderensis*), a castanheta-preta (*Similiparma lurida*) e o peixe-verde (*Thalassoma pavo*).

A análise dos resultados por local de estudo (Tabela XI — Anexos), mostra que no «Controlo Areia — Porto Santo» a espécie mais abundante é a enguia-de-jardim (*Heteroconger longissimus* — 0,05 ind/m²), seguida de *S. marmoratus*, com 0,04 ind/m². Na Baixa das bicudas, a castanheta-baia (*C. limbata*) é a espécie com maior densidade (1,2 ind/m²), seguida (embora com uma densidade 6 vezes menos menor) da castanheta-preta (*S. lurida*). Na Baixa do Cotrim, as duas espécies mais abundantes são também as castanhetas (*C. limbata* e *S. lurida*), embora com uma densidade 50% inferior à registada na Baixa das bicudas. Na areia em redor do RA CORDECA, a espécie mais abundante é *S. marmoratus*, com 0,04 ind/m², seguida da garoupa (*S. atricauda*). No RA CORDECA, a espécie mais abundante é a boga (*B. boops*), com 1,4 ind/m². Como foi já acima referido, esta espécie é aquela que apresenta o valor de densidade mais elevado de todas as espécies de peixes observadas nos 16 locais de estudo. De igual modo, o pargo-legítimo (*Pagrus pagrus*) foi outra espécie observada com valores de densidade elevados no RA CORDECA (0,5 ind/m²). No Enrocamento do porto do Porto Santo, é o besugo (*Pagellus acarne*), a espécie com maior densidade — 0,7 ind/m², seguido da boga (0,3 ind/m²). No Madeirense, as espécies mais abundantes são a castanheta-preta (*S. lurida*) e a safia (*Diplodus vulgaris*)



— 0,8 e 0,5 ind/m², respectivamente. Na Engrade Grande é novamente a castanheta-preta (*S. lurida*) a espécie mais abundante, com 0,6 ind/m², o mesmo sucedendo na Baixinha (1,3 ind/m²) e na «Pedra do Jota» (0,6 ind/m²).

Na Madeira, mais concretamente na zona de areia adjacente ao RA CORCEIRA («CORCEIRA Areia»), a espécie mais abundante é a enguia-de-jardim (*H. longissimus*), com 0,8 ind/m², seguida da castanheta-baia (*C. limbata*). Esta espécie (*C. limbata*) volta a ser a mais abundante na «CORCEIRA Rocha», no Ilhéu do Gorgulho e no RA CORCEIRA, com valores de 0,8; 0,4 e 0,5 ind/m², respectivamente. No «Controlo Areia — Madeira» é a enguia-de-jardim (*H. longissimus*) a espécie dominante em termos de densidade, com 1,2 ind/m². Finalmente, no «Enrocamento Vidamar», a boga (*B. boops*) é a espécie mais abundante, com cerca de 1 ind/m².

Diversidade

Considerando o n^o de espécies observadas (N_0) — Tabela V, o «Enrocamento Vidamar» e os recifes artificiais (CORCEIRA e CORDECA) são os locais onde se registou maior diversidade (23, 23 e 22 espécies observadas, respectivamente). Os locais com menor número de espécies foram as zonas de areia adjacentes aos recifes artificiais («CORCEIRA Areia» e «CORDECA Areia»), ambos com 5 espécies. De um modo geral, os locais estudados na ilha da Madeira apresentaram um número de espécies superior ao registado nos vários locais de estudo na ilha do Porto Santo.

Quanto ao índice de diversidade de Shannon (N_1), os valores mais elevados registaram-se no «Madeirense» e no «Enrocamento do porto do Porto Santo» (9,8 e 8,5, respectivamente). Outros valores elevados verificaram-se na «Engrade Grande» (8,15), no RA CORCEIRA (7,49) e no «Ilhéu do Gorgulho» (7,06). Por sua vez, os valores mais baixos foram registados nos locais «CORCEIRA Areia» e no «Controlo Areia — Madeira» (2,64 e 1,34, respectivamente). O índice de diversidade de Simpson (N_2) seguiu a mesma tendência do índice de diversidade de Shannon, com os valores mais elevados registados igualmente no «Madeirense» e no «Enrocamento do porto do Porto Santo» (respectivamente 7,22 e 5,70) e os valores mais baixos na «CORCEIRA Areia» e no «Controlo Areia — Madeira» (1,63 e 1,14).

No que concerne aos índices de equabilidade («eveness») — E_{10} e E_{20} , os valores mais elevados registaram-se no «Controlo Areia — Porto Santo», na zona adjacente ao RA CORDECA («CORDECA Areia») e «Madeirense». Os valores mais baixos foram registados nos locais «CORCEIRA Areia» e «Enrocamento Vidamar».

Caracterização qualitativa e quantitativa da macrofauna

Nesta secção apresentam-se os resultados da caracterização da macrofauna (móvel e sésil). A organização da secção está feita por técnica de amostragem utilizada, apresentando-se primeiro os resultados dos censos visuais (dirigidos aos macroinvertebrados móveis) e posteriormente, os resultados relativos à análise dos fotoquadrados (dirigidos aos macroinvertebrados móveis e às macroalgas).



| Espécie | Freq | Média | Max | Notas |
|------------------------------------|------|-------|-------|----------------------------|
| <i>Apogon imberbis</i> | 5 | 0,002 | 0,010 | CORCEIRA rocha |
| <i>Aulostomus strigosus</i> | 6 | 0,009 | 0,040 | Enrocamento Vidamar |
| <i>Balistes capriscus</i> | 4 | 0,002 | 0,013 | Pedra do Jota |
| <i>Bodianus scrofa</i> | 6 | 0,002 | 0,005 | Madeirense |
| <i>Boops boops</i> | 7 | 0,248 | 1,358 | CORDECA recife |
| <i>Canthigaster capistrata</i> | 15 | 0,043 | 0,155 | CORCEIRA rocha |
| <i>Chromis limbata</i> | 13 | 0,485 | 1,258 | Baixinha |
| <i>Coris julis</i> | 2 | 0,002 | 0,010 | Enrocamento Vidamar |
| <i>Dentex gibbosus</i> | 5 | 0,018 | 0,150 | Madeirense |
| <i>Diplodus cervinus</i> | 2 | 0,001 | 0,006 | Baixa do Cotrim |
| <i>Diplodus sargus</i> | 8 | 0,021 | 0,112 | CORDECA recife |
| <i>Diplodus vulgaris</i> | 9 | 0,074 | 0,500 | Madeirense |
| <i>Epinephelus marginatus</i> | 3 | 0,001 | 0,010 | Madeirense |
| Gobiidae | 1 | 0,000 | 0,002 | CORDECA areia |
| <i>Gobius gasteveni</i> | 1 | 0,000 | 0,003 | Controlo Areia—Madeira |
| <i>Gymnothorax unicolor</i> | 3 | 0,000 | 0,003 | Engrade Grande |
| <i>Heteroconger longissimus</i> | 4 | 0,178 | 1,178 | Controlo Areia—Madeira |
| <i>Heteropriacanthus fulgens</i> | 3 | 0,002 | 0,012 | Ilhéu do Gorgulho |
| <i>Kyphosus sectator</i> | 1 | 0,000 | 0,002 | Ilhéu do Gorgulho |
| <i>Mullus surmuletus</i> | 6 | 0,038 | 0,250 | Madeirense |
| <i>Muraena augusti</i> | 1 | 0,000 | 0,002 | Enrocamento Vidamar |
| <i>Mycteroperca fusca</i> | 6 | 0,001 | 0,005 | Madeirense |
| <i>Myliobatis aquila</i> | 1 | 0,009 | 0,078 | Engrade Grande |
| <i>Oblada melanura</i> | 8 | 0,059 | 0,253 | Ilhéu do Gorgulho |
| <i>Ophioblennius atlanticus</i> | 5 | 0,002 | 0,010 | Enrocamento porto PS |
| <i>Pagellus acarne</i> | 1 | 0,074 | 0,667 | Enrocamento |
| <i>Pagellus erythrinus</i> | 2 | 0,001 | 0,005 | CORCEIRA areia |
| <i>Pagrus pagrus</i> | 4 | 0,058 | 0,517 | CORDECA recife |
| <i>Parapristipoma octolineatum</i> | 1 | 0,000 | 0,003 | Enrocamento |
| <i>Pomadasyx incisus</i> | 1 | 0,000 | 0,002 | CORCEIRA recife |
| <i>Pseudocaranx dentex</i> | 4 | 0,019 | 0,150 | Madeirense |
| <i>Sarda sarda</i> | 1 | 0,001 | 0,008 | Enrocamento Vidamar |
| <i>Sarpa salpa</i> | 7 | 0,061 | 0,367 | CORCEIRA recife |
| <i>Scorpaena maderensis</i> | 12 | 0,023 | 0,052 | Baixa das bicudas |
| <i>Scorpaena notata</i> | 1 | 0,000 | 0,003 | CORCEIRA recife |
| <i>Seriola dumerili</i> | 2 | 0,001 | 0,005 | Madeirense |
| <i>Seriola rivoliana</i> | 7 | 0,013 | 0,070 | Madeirense |
| <i>Serranus atricauda</i> | 14 | 0,015 | 0,030 | CORDECA areia |
| <i>Similiparma lurida</i> | 12 | 0,137 | 0,280 | Baixinha |
| <i>Sparisoma cretense</i> | 13 | 0,055 | 0,130 | Madeirense |
| <i>Sphaeroides marmoratus</i> | 13 | 0,015 | 0,058 | Controlo Areia—Madeira |
| <i>Sphyaena viridensis</i> | 4 | 0,005 | 0,040 | CORCEIRA areia |
| <i>Spondyliosoma cantharus</i> | 2 | 0,001 | 0,008 | Ilhéu do Gorgulho |
| <i>Stephanolepis hispidus</i> | 1 | 0,000 | 0,002 | Baixa das bicudas |
| <i>Symphodus mediterraneus</i> | 1 | 0,001 | 0,005 | CORDECA recife |
| <i>Synodus saurus</i> | 1 | 0,000 | 0,003 | Controlo Areia—Porto Santo |
| <i>Synodus synodus</i> | 10 | 0,004 | 0,015 | Enrocamento porto PS |
| <i>Thalassoma pavo</i> | 12 | 0,169 | 0,658 | Baixinha |
| <i>Tripterygion delaisi</i> | 4 | 0,001 | 0,005 | Baixinha |
| <i>Xyrichtys novacula</i> | 2 | 0,003 | 0,020 | Controlo Areia—Madeira |

Tabela IV: Frequência e densidade (média e máxima) das várias espécies de peixes presentes nos locais de estudo. Na coluna «Notas» indica-se o local onde foi registado o valor máximo para a densidade de cada espécie.



| Local | N0 | N1 | N2 | E10 | E20 |
|------------------------------|----|------|------|------|------|
| Controlo Areia — Porto Santo | 5 | 3.54 | 3.05 | 0.71 | 0.61 |
| Baixa das bicudas | 13 | 3.54 | 2.23 | 0.27 | 0.17 |
| Baixa do Cotrim | 19 | 5.09 | 2.98 | 0.27 | 0.16 |
| CORDECA areia | 9 | 4.90 | 3.94 | 0.54 | 0.44 |
| CORDECA recife | 22 | 6.39 | 4.04 | 0.29 | 0.18 |
| Enrocamento porto PS | 19 | 8.51 | 5.70 | 0.45 | 0.30 |
| Madeirense | 19 | 9.84 | 7.22 | 0.52 | 0.38 |
| Engrade Grande | 21 | 8.15 | 4.65 | 0.39 | 0.22 |
| Baixinha | 13 | 3.70 | 2.74 | 0.28 | 0.21 |
| Pedra do Jota | 15 | 4.24 | 2.53 | 0.28 | 0.17 |
| CORCEIRA areia | 11 | 2.64 | 1.63 | 0.24 | 0.15 |
| CORCEIRA rocha | 20 | 6.85 | 4.28 | 0.34 | 0.21 |
| Ilhéu do Gorgulho | 20 | 7.06 | 5.14 | 0.35 | 0.26 |
| Controlo Areia — Madeira | 5 | 1.34 | 1.14 | 0.27 | 0.23 |
| Enrocamento Vidamar | 23 | 4.78 | 2.69 | 0.21 | 0.12 |
| CORCEIRA recife | 23 | 7.49 | 5.19 | 0.33 | 0.23 |

Tabela V: Índices de diversidade calculados com base nos números de Hill (1973) para as espécies da ictiofauna. N_0 : nº de espécies («richness»); N_1 : índice de diversidade de Shannon; N_2 : índice de diversidade de Simpson; E_{10} : índice de equabilidade de Shannon («eveness»); E_{20} : índice de equabilidade de Simpson («eveness»).

Macroinvertebrados móveis — censos visuais

Nos censos visuais efectuados no âmbito do presente trabalho, foram observadas 40 espécies de macroinvertebrados móveis, das quais 28 no Porto Santo e 30 na Madeira. Embora seja um número de espécies semelhantes em ambas as ilhas, a sua composição difere ligeiramente, existindo um conjunto de espécies que foi observado apenas numa delas. Na Madeira, essas espécies foram: o ofiúro *Antedon bifida*, a estrela-do-mar *Ophidiaster ophidianus*, o poliqueta *Diopatra neapolitana*, os moluscos gastrópodes *Haliotis tuberculata* (lapa-burra), *Bursa* sp. e *Ocenebra* sp., os crustáceos *Maja brachydactyla* (santola), *Scyllarides latus* (cavaco), *Brachycarpus biunguiculatus* e *Enoplometopus antillensis*, a anémoma *Telmatactis cricoides* e o Phoronidae *Phoronopsis californica*.

As espécies de macroinvertebrados móveis observadas apenas no Porto Santo foram: as estrelas-do-mar *Coscinasterias tenuispina* e *Echinaster sepositus*, um crustáceo da família Galatheididae, um caranguejo-eremita da superfamília Paguroidea, os moluscos gastrópodes *Jujubinus exasperatus*, *Umbraculum umbraculum* e *Monoplex parthenopeus*, o poliqueta *Myxicola infundibulum*, um poliqueta não identificado e a anémoma *Telmatactis forskalii*.

Várias espécies foram observadas apenas num dos locais do presente estudo (Tabela VI). É o caso, por exemplo, da estrela-do-mar *Coscinasterias tenuispina*, do poliqueta tubular *Diopatra neapolitana*, da lapa-burra (*Haliotis tuberculata*), da santola (*Maja brachydactyla*) ou do cavaco (*Scyllarides latus*). No que concerne à abundância, a espécie que globalmente apresentou a maior densidade foi o ouriço-de-espinhos-longos *Diadema africanum* na «Baixinha» — 0,7 ind/m², seguido do crustáceo *Calcinus tubularis*, que registou uma densidade de 0,5 ind/m² no Enrocamento do porto do Porto Santo.



| Espécies | Freq. | Min | Max | Média | Notas |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|----------------------------|
| <i>Hermodice carunculata</i> | 16 | 0,007 | 0,193 | 0,066 | CORCEIRA recife |
| <i>Diadema africanum</i> | 9 | 0,000 | 0,710 | 0,166 | Baixinha |
| <i>Stenorhynchus lanceolatus</i> | 9 | 0,000 | 0,093 | 0,025 | CORCEIRA rocha |
| <i>Pagurus anachoretus</i> | 7 | 0,000 | 0,010 | 0,003 | Ilhéu do Gorgulho |
| <i>Calcinus tubularis</i> | 6 | 0,000 | 0,503 | 0,064 | Enrocamento porto PS |
| <i>Holothuria sanctori</i> | 6 | 0,000 | 0,093 | 0,018 | Ilhéu do Gorgulho |
| <i>Pinna rudis</i> | 6 | 0,000 | 0,010 | 0,002 | Ilhéu do Gorgulho |
| <i>Ceriantharia</i> | 4 | 0,000 | 0,010 | 0,002 | Baixinha |
| <i>Pagurus cuanensis</i> | 4 | 0,000 | 0,010 | 0,002 | Enrocamento porto PS |
| <i>Percnon gibbesi</i> | 4 | 0,000 | 0,197 | 0,031 | Enrocamento porto PS |
| <i>Arbacia lixula</i> | 3 | 0,000 | 0,047 | 0,006 | CORDECA recife |
| <i>Lygdamis wirtzi</i> | 3 | 0,000 | 0,023 | 0,003 | Enrocamento Vidamar |
| <i>Lysmata grabhami</i> | 3 | 0,000 | 0,013 | 0,002 | CORCEIRA rocha |
| <i>Marthasterias glacialis</i> | 3 | 0,000 | 0,013 | 0,002 | Baixa das bicudas |
| <i>Stramonita haemastoma</i> | 3 | 0,000 | 0,010 | 0,002 | Ilhéu do Gorgulho |
| <i>Telmatactis cricoides</i> | 3 | 0,000 | 0,040 | 0,006 | Ilhéu do Gorgulho |
| <i>Antedon bifida</i> | 2 | 0,000 | 0,030 | 0,004 | CORCEIRA rocha |
| <i>Bursa sp</i> | 2 | 0,000 | 0,003 | 0,001 | Ilhéu do Gorgulho |
| <i>Columbella adansonii</i> | 2 | 0,000 | 0,005 | 0,001 | Baixinha |
| <i>Echinaster sepositus</i> | 2 | 0,000 | 0,017 | 0,002 | Baixa das bicudas |
| <i>Monoplex parthenopus</i> | 2 | 0,000 | 0,003 | 0,001 | CORDECA recife |
| <i>Myxicola infundibulum</i> | 2 | 0,000 | 0,007 | 0,001 | CORDECA areia |
| <i>Octopus vulgaris</i> | 2 | 0,000 | 0,003 | 0,001 | Baixa das bicudas |
| <i>Polychaeta sp</i> | 2 | 0,000 | 0,477 | 0,062 | CORDECA areia |
| <i>Sphaerechinus granularis</i> | 2 | 0,000 | 0,023 | 0,003 | Enrocamento Vidamar |
| <i>Enoplometopus antillensis</i> | 2 | 0,000 | 0,003 | 0,001 | CORCEIRA rocha |
| <i>Coscinasterias tenuispina</i> | 1 | 0,000 | 0,003 | 0,000 | Baixa das bicudas |
| <i>Diopatra neapolitana</i> | 1 | 0,000 | 0,015 | 0,002 | Controlo Areia—Madeira |
| Galatheidae | 1 | 0,000 | 0,010 | 0,001 | Baixa das bicudas |
| <i>Haliotis tuberculata</i> | 1 | 0,000 | 0,003 | 0,000 | Ilhéu do Gorgulho |
| <i>Jujubinus exasperatus</i> | 1 | 0,000 | 0,007 | 0,001 | Baixa das bicudas |
| <i>Maja brachydactyla</i> | 1 | 0,000 | 0,003 | 0,000 | Enrocamento Vidamar |
| <i>Ophiaster ophidianus</i> | 1 | 0,000 | 0,003 | 0,000 | Ilhéu do Gorgulho |
| Paguroidea | 1 | 0,000 | 0,005 | 0,001 | Controlo Areia—Porto Santo |
| <i>Telmatactis forskalii</i> | 1 | 0,000 | 0,007 | 0,001 | Baixa das bicudas |
| <i>Umbraculum umbraculum</i> | 1 | 0,000 | 0,003 | 0,000 | Baixa das bicudas |
| <i>Brachycarpus biunguiculatus</i> | 1 | 0,000 | 0,003 | 0,000 | CORCEIRA rocha |
| <i>Ocenebra sp</i> | 1 | 0,000 | 0,003 | 0,000 | CORCEIRA rocha |
| <i>Phoronopsis californica</i> | 1 | 0,000 | 0,100 | 0,011 | CORCEIRA areia |
| <i>Scyllarides latus</i> | 1 | 0,000 | 0,003 | 0,000 | Ilhéu do Gorgulho |

Tabela VI: Frequência e densidade (média e máxima) das várias espécies de macroinvertebrados móveis presentes nos locais de estudo. Na coluna «Notas» indica-se o local onde foi registado o valor máximo para a densidade de cada espécie.



Dos macroinvertebrados móveis registados com valores de densidade mais baixos ($0,003 \text{ ind/m}^2$) são de referir espécies como a santola (*M. brachydactyla*), o cavaco (*S. latus*), o polvo (*Octopus vulgaris*) ou *Umbraculum umbraculum*, entre outras. É interessante referir que a maioria das espécies observadas que registaram valores de densidade baixos foram simultaneamente espécies observadas com baixa frequência.

Considerando cada local isoladamente (Tabela XII — Anexos), no Controlo Areia — Porto Santo, as espécies de macroinvertebrados mais abundantes são poliquetas. A espécie predominante é de um poliqueta sedentário não identificado que vive enterrado no sedimento (Figura 23) e cujos tubos se encontram no meio de acumulações de sedimento (vulgo «vulcões»), com uma densidade de $0,2 \text{ ind/m}^2$. Em seguida surge o poliqueta errante *H. carunculata* (verme-de-fogo), com uma densidade de $0,02 \text{ ind/m}^2$. Na Baixa das bicudas, o ouriço-de-espinhos-longos (*D. africanum*) é a espécie que apresenta maior densidade ($0,4 \text{ ind/m}^2$), seguido do «pepino-do-mar» *Holothuria sanctori*, com $0,04 \text{ ind/m}^2$.

Na Baixa do Cotrim, a espécie *D. africanum* é novamente a mais abundante ($0,2 \text{ ind/m}^2$), seguida do poliqueta *H. carunculata* — $0,1 \text{ ind/m}^2$. Na zona de areia adjacente ao RA CORDECA as espécies de macroinvertebrados mais abundantes são igualmente o poliqueta tubular não identificado ($0,5 \text{ ind/m}^2$) e *H. carunculata* ($0,01 \text{ ind/m}^2$). No RA CORDECA é novamente o «verme-de-fogo» (*H. carunculata*) a espécie que apresenta os valores mais elevados de densidade — $0,07 \text{ ind/m}^2$, seguida do ouriço *Arbacia lixula*, com $0,05 \text{ ind/m}^2$. No enrocamento do porto do Porto Santo, são dois crustáceos as espécies de macroinvertebrados móveis mais abundantes: *C. tubularis* (com $0,5 \text{ ind/m}^2$) e *Percnon gibbesi*, com $0,2 \text{ ind/m}^2$.

No Madeirense, apenas foi registada a espécie *H. carunculata*, com uma densidade de $0,1 \text{ ind/m}^2$. Na Engrade Grande, na Baixinha e na «Pedra do Jota», as espécies mais abundantes em termos de macroinvertebrados móveis foram o ouriço-de-espinhos longos (*D. africanum*), com valores entre $0,1$ na «Pedra do Jota» e $0,7 \text{ ind/m}^2$ (na Baixinha) e o verme-de-fogo (*H. carunculata*), com valores entre $0,01$ (na «Pedra do Jota») e $0,1 \text{ ind/m}^2$ na Engrade Grande.

No fundo de areia adjacente ao RA CORCEIRA, na Madeira, a espécie mais abundante foi *Phoronopsis californica* (com $0,1 \text{ ind/m}^2$), seguida de *H. carunculata* ($0,08 \text{ ind/m}^2$). Na «CORCEIRA Rocha» foi o ouriço-de-espinhos longos (*D. africanum*) a espécie registada em valores mais elevados de densidade ($0,2 \text{ ind/m}^2$), seguida do caranguejo-aranha (*S. lanceolatus*), com $0,1 \text{ ind/m}^2$. No Ilhéu do Gorgulho surge novamente o ouriço *D. africanum* como a espécie observada com maiores valores de densidade ($0,5 \text{ ind/m}^2$). No Controlo Areia — Madeira, as duas espécies de macroinvertebrados móveis observadas foram *D. neapolitana* e *H. carunculata*, com densidades de $0,02$ e $0,01 \text{ ind/m}^2$, respectivamente.

No «Enrocamento Vidamar», os invertebrados móveis observados em maior densidade foram o crustáceo *P. gibbesi* ($0,1 \text{ ind/m}^2$) e *H. carunculata* ($0,06 \text{ ind/m}^2$). Finalmente, no RA CORCEIRA, as duas espécies observadas que registaram os mais elevados valores de densidade foram *H. carunculata* ($0,2 \text{ ind/m}^2$) e *S. lanceolatus* ($0,01 \text{ ind/m}^2$).



Figura 23: Acumulação de areia causada pelo poliqueta tubular que vive no sedimento.



Diversidade

Em termos do número de espécies de macroinvertebrados móveis observadas (N_0), os locais com maior diversidade foram a Baixa das bicudas, no Porto Santo e o Ilhéu do Gorgulho (na Madeira), ambos com 18 espécies (Tabela VII). Outros locais com elevado número de espécies foram a «CORCEIRA Rocha» (16 espécies) e o «Enrocamento Vidamar» (15 espécies). Por sua vez, o navio «Madeirense», foi o local onde se registou a menor biodiversidade em termos de macroinvertebrados móveis — apenas uma espécie.

Relativamente aos índices de diversidade de Shannon e Simpson (N_1 e N_2 , respectivamente), os valores mais elevados foram registados no «Enrocamento Vidamar» (8,5 e 6,1) e na «CORCEIRA Rocha» (6,6 e 4,0). Já os valores mais baixos para ambos os índices ocorreram no RA CORDECA (1,2 e 1,1) e no Madeirense (1,0 para ambos os índices). No que concerne à equabilidade («eveness»), os valores mais elevados para os índices de Shannon e Simpson (E_{10} e E_{20} , respectivamente) foram registados no Madeirense e no fundo de areia adjacente ao RA CORCEIRA, todos com valores de equabilidades de 1 (equabilidade máxima). Os valores mais baixos foram registados na Baixa das bicudas (0,2 e 0,1) e na Baixinha (0,2 para N_1 e N_2), ambos no Porto Santo.

| Local | N0 | N1 | N2 | E10 | E20 |
|----------------------------|----|-------|-------|-------|-------|
| Ilhéu do Gorgulho | 18 | 5,787 | 3,310 | 0,322 | 0,184 |
| Baixa das bicudas | 18 | 4,383 | 2,215 | 0,243 | 0,123 |
| CORCEIRA rocha | 16 | 6,600 | 4,040 | 0,413 | 0,252 |
| Enrocamento Vidamar | 15 | 8,524 | 6,117 | 0,568 | 0,408 |
| Enrocamento porto PS | 10 | 2,539 | 1,924 | 0,254 | 0,192 |
| Baixinha | 9 | 2,147 | 1,467 | 0,239 | 0,163 |
| Pedra do Jota | 6 | 2,963 | 1,981 | 0,494 | 0,330 |
| Baixa do Cotrim | 6 | 2,521 | 2,121 | 0,420 | 0,353 |
| CORDECA recife | 5 | 4,140 | 3,916 | 0,828 | 0,783 |
| Engrade Grande | 4 | 2,648 | 2,320 | 0,662 | 0,580 |
| Controlo Areia—Porto Santo | 4 | 1,756 | 1,374 | 0,439 | 0,343 |
| CORCEIRA recife | 4 | 1,423 | 1,176 | 0,356 | 0,294 |
| CORDECA areia | 3 | 1,186 | 1,070 | 0,395 | 0,357 |
| CORCEIRA areia | 2 | 1,983 | 1,966 | 0,991 | 0,983 |
| Controlo Areia—Madeira | 2 | 1,960 | 1,923 | 0,980 | 0,962 |
| Madeirense | 1 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Tabela VII: Índices de diversidade calculados com base nos números de Hill (1973) para as espécies macroinvertebrados móveis. N_0 : n° de espécies («richness»); N_1 : índice de diversidade de Shannon; N_2 : índice de diversidade de Simpson; E_{10} : índice de equabilidade de Shannon («eveness»); E_{20} : índice de equabilidade de Simpson («eveness»).

Macroinvertebrados sésseis e macroalgas — fotoquadrados

Globalmente, a presença de substrato nú dominou a superfície dos fotoquadrados analisados (Tabela VIII) e todos os grupos de organismos apresentam percentagens de cobertura geralmente baixas, podendo no entanto alguns grupos, apresentar valores mais expressivos em locais concretos. Este é o caso das esponjas (Porifera) que, na «Baixa do Cotrim», apresentam uma percentagem de cobertura de 11% (embora a média global seja de apenas 1,4%) ou dos tunicados (ascídias) no recife artificial CORDECA, com uma



| Grupo | Mínimo | Máximo | Média |
|-------------|------------------------|--------------------------|-------|
| Substrato | 17 (Controlo Areia—PS) | 99,0 (CORCEIRA areia) | 50,6 |
| Algas | 1,0 (CORCEIRA areia) | 82,2 (Controlo Areia—PS) | 44,1 |
| Porífera | 0 | 10,8 (Baixa do Cotrim) | 1,4 |
| Cnidária | 0 | 4,4 (CORDECA recife) | 0,8 |
| Poliquetas | 0 | 2,6 (Baixinha) | 0,4 |
| Crustáceos | 0 | 5,2 (Baixinha) | 1,4 |
| Briozoários | 0 | 4 (Ilhéu do Gorgulho) | 0,9 |
| Tunicados | 0 | 6,6 (CORDECA recife) | 0,5 |

Tabela VIII: Percentagem de cobertura dos vários grupos de organismos sésseis nos fotoquadrados. Entre parêntesis indica-se o local onde ocorreu o valor.

percentagem de cobertura de cerca de 7%. É interessante observar que as ascídias são o grupo com a percentagem de cobertura média mais baixa (0,5%) e apenas foram detectadas em locais da ilha do Porto Santo («Controlo Areia», «CORDECA areia» e «CORDECA recife»).

A análise das frequências por locais mostra que as algas são o único grupo presente em todos os locais (Tabela XIII — Anexos). Os briozoários, os crustáceos e os cnidários ocorrem nos fotoquadrados de 9 dos 15 locais de estudo, as esponjas em 8, os poliquetas em 5 e os tunicados apenas em 3 dos locais. A mesma análise, mas por ilha, revela que com excepção dos poliquetas e dos tunicados (que estão ausentes dos fotoquadrados nos locais analisados na ilha da Madeira), todos os grupos de organismos sésseis estão presentes nas duas ilhas, embora com percentagens de cobertura diferentes. As diferenças das percentagens de cobertura dos vários grupos nas duas ilhas são maiores nos tunicados, poliquetas, cnidários e algas.

De um modo geral, na maioria dos locais estudados os fotoquadrados foram dominados por substrato (na forma de areia, rocha ou sedimentos) — (Tabela XIII — Anexos). Com efeito, o substrato nú é a categoria dominante em 10 dos 15 locais, com percentagens de cobertura entre 17 (No «Controlo Areia—Porto Santo») e 99% (na «CORCEIRA areia», na Madeira) — média de 51%. As percentagens de substrato nú (i.e. onde não ocorrem organismos sésseis) foram mais elevadas na Madeira (média de 65%) do que no Porto Santo (41%). Na Madeira, o «Enrocamento Vidamar» foi o único local onde a percentagem de cobertura das algas foi superior à percentagem do substrato nú. No Porto Santo, esta situação verificou-se no «Controlo Areia», na «Engrade Grande», na «Baixinha» e na «Pedra do Jota».

As algas são o grupo de organismos sésseis dominante em todos os locais, com valores entre 1,0 (Na «CORCEIRA Areia») e 82,2% (no «Controlo Areia — Porto Santo»), apresentando valores médios de 44,1%. Os valores médios de percentagem de cobertura deste grupo de organismos são mais elevados no Porto Santo (52%) do que na Madeira (32%).

No Porto Santo foram observadas mais espécies de macroinvertebrados sésseis e macroalgas do que na Madeira (31 e 22, respectivamente). Como expectável, há espécies que foram observadas apenas numa das ilhas. Na Madeira, essas espécies são: a alga vermelha *Asparagopsis taxiformis*, duas esponjas não identificadas (Porífera preta NI, Porífera laranja NI), o caranguejo-eremita *Calcinus tubularis*¹ e um briozoário não identificado. As espécies observadas exclusivamente no Porto Santo são: a alga vermelha calcária *Jania* sp., uma alga vermelha não identificada, as algas castanhas

¹ Apesar de ser um macroinvertebrado móvel, foi também contabilizado como sésil quando observado dentro dos tubos dos poliquetas fixos na rocha.



| Espécie | Freq. | % cob média | % cob máxima | Notas |
|---------------------------------|-------|-------------|--------------|----------------------------|
| Alga turfosa NI | 14 | 8,4 | 30,4 | Baixa das bicudas |
| <i>Dictyota</i> spp. | 12 | 0,8 | 2,6 | CORCEIRA rocha |
| Cyanophyta NI | 11 | 7,8 | 40,4 | Controlo Areia — Madeira |
| <i>Mesophyllum</i> sp. | 9 | 8,4 | 34,8 | Enrocamento Vidamar |
| cf. <i>Ralsia</i> sp. | 9 | 1 | 4,6 | CORDECA recife |
| <i>Balanus</i> sp. | 9 | 1,5 | 5,2 | Baixinha |
| <i>Lophocladia</i> sp. | 8 | 14,4 | 61,4 | Engrade Grande |
| <i>Reptadeonella violacea</i> | 8 | 0,5 | 1,8 | Baixa das bicudas |
| <i>Colpomenia sinuosa</i> | 7 | 1,8 | 11,6 | Pedra do Jota |
| <i>Macrorhynchia philippina</i> | 6 | 0,8 | 4,4 | CORDECA recife |
| Porífera laranja NI | 5 | 0,4 | 2,4 | Baixa do Cotrim |
| Porífera vermelha NI | 5 | 1,1 | 8,4 | Baixa do Cotrim |
| Hydrozoa NI | 5 | 0,2 | 1,2 | Baixa das bicudas |
| Polychaeta NI | 5 | 0,5 | 2,6 | Baixinha |
| <i>Schizoporella</i> sp. | 5 | 0,5 | 3,2 | Ilhéu do Gorgulho |
| <i>Jania</i> sp. | 4 | 0,2 | 1 | Pedra do Jota |
| <i>Caulerpa prolifera</i> | 4 | 0,8 | 3,8 | CORDECA areia |
| Porífera NI | 4 | 0,4 | 2,4 | Enrocamento Vidamar |
| Rhodophyta NI | 3 | 2,3 | 18,2 | Controlo Areia—Porto Santo |
| <i>Halopteris filicina</i> | 3 | 0,2 | 1,6 | CORDECA recife |
| <i>Padina pavonica</i> | 3 | 0,6 | 5,2 | Baixinha |
| <i>Caulerpa webbiana</i> | 3 | 0,2 | 1,2 | CORDECA recife |
| <i>Distaplia corolla</i> | 3 | 0,8 | 6,6 | CORDECA recife |
| <i>Asparagopsis taxiformis</i> | 2 | 1,2 | 9,6 | Enrocamento Vidamar |
| Rodólito | 2 | 0,5 | 4 | CORCEIRA rocha |
| <i>Halimeda incrassata</i> | 2 | 2,1 | 16,2 | CORDECA areia |
| <i>Penicillus capitatus</i> | 2 | 4,7 | 38,8 | Controlo Areia—Porto Santo |
| <i>Calcinus tubularis</i> | 2 | 0,1 | 0,4 | Ilhéu do Gorgulho |
| Ochrophyta NI | 1 | 0 | 0,2 | Baixa das bicudas |
| <i>Caulerpa sertularioides</i> | 1 | 0,1 | 0,8 | Controlo Areia—Porto Santo |
| Chlorophyta NI | 1 | 0 | 0,2 | Baixa das bicudas |
| Porífera preta NI | 1 | 0 | 0,4 | CORCEIRA rocha |
| <i>Aplysina aerophoba</i> | 1 | 0 | 0,4 | Ilhéu do Gorgulho |
| <i>Bugula</i> sp. | 1 | 0 | 0,2 | CORDECA recife |
| <i>Rhynchozoon papuliferum</i> | 1 | 0 | 0,4 | Baixa das bicudas |
| Bryozoa NI | 1 | 0 | 0,4 | CORCEIRA rocha |

Tabela IX: Percentagem de cobertura das várias espécies de organismos sésseis nos fotoquadrados. A coluna «Notas» indica o local onde ocorreu o valor máximo.

Halopteris filicina e *Padina pavonica*, uma alga castanha não identificada, as algas verdes *Halimeda incrassata*, *Penicillus capitatus*, *Caulerpa sertularioides*, uma outra alga verde não identificada, um poliqueta não identificado e os briozoários *Bugula* sp., *Rhynchozoon papuliferum* e *Distaplia corolla*.

A análise das percentagens de cobertura por espécies (Tabela IX), revela que as espécies mais frequentes (presentes em 14 de 15 locais) são as algas turfosas NI e espécies de algas castanhas pertencentes ao género *Dictyota* (12 locais em 15). A estas seguem-se as algas cianófitas (presentes em 11 dos 15 locais), as algas incrustantes vermelhas — Género *Mesophyllum* e castanhas (provavelmente *Ralsia* sp.) e uma espécie pertencente ao género *Lophocladia* (presente em 8 locais). No que toca à macrofauna, o crustáceo *Balanus* sp. ocorre em 9 dos 15 locais estudados, e o briozoário *Reptadeonella violacea* está igualmente presente em 8 dos 15 locais de estudo. As espécies menos frequentes (presentes em apenas 1 dos locais de estudo) são: uma alga castanha não identificada, a recém-descoberta alga verde *Caulerpa sertularioides*, uma alga verde não identificada, esponjas (*Aplysina aerophoba* e uma esponja preta não identificada) e briozoários.

De um modo geral, as espécies mais frequentes são também as que apresentam valores máximos de percentagem de cobertura nos fotoqua-



drados. É este o caso da alga *Lophocladia* sp. (com 61,4% de cobertura na «Engrade Grande»), das cianófitas (com 40% de cobertura no «Controlo Areia—Madeira») ou das algas calcárias vermelhas incrustantes (com 35% no «Enrocamento Vidamar»). Do mesmo modo, as espécies menos frequentes, apresentam percentagens de cobertura menores. É o caso, por exemplo, dos briozoários (*Bugula* sp. e *Rhynchozoon papuliferum*, com valores de 0,2 e 0,4%). Há, contudo, espécies com frequências baixas e com percentagens de cobertura consideráveis. É o caso das algas calcárias verdes *Penicillus capitatus* e *Halimeda incrassata*, que estão presentes em apenas 2 dos 15 locais, com valores de cobertura de 39 e 16%, respectivamente.

Em todos os locais estudados, as espécies dominantes pertencem ao grupo das algas (Tabela XIV — Anexos). A espécie de alga vermelha filamentosa do género *Lophocladia* é a espécie que apresenta as maiores percentagens de cobertura (50,3% na «Pedra do Jota» e 61,4% na «Engrade Grande»). Outras espécies de algas com percentagens de cobertura elevadas são as algas verdes calcárias *Penicillus capitatus* (com uma percentagem de cobertura de 39% no «Controlo Areia — Porto Santo») e *Halimeda incrassata* (com 16,2% na areia em redor do RA CORDECA), as algas vermelhas calcárias (provavelmente pertencentes ao género *Lithophyllum*) — com 35% de cobertura no «Enrocamento Vidamar», 27% no «Ilhéu do Gorgulho» e 20% na «CORCEIRA rocha». Espécies de algas cianófitas são dominantes no «Controlo Areia — Madeira» (40,4%).

Espécies pertencentes a outros grupos e que se encontram na lista das espécies mais abundantes por local (Tabela XIV — Anexos) apresentam valores de percentagem de cobertura muito baixos. Como por exemplo, o crustáceo cirrípede do género *Balanus*, presente na «Baixinha», na «Baixa das bicudas» e no «Ilhéu do Gorgulho» com percentagens de cobertura de, respectivamente, 5,2; 4,6 e 4,2% ou o hidrozoário *Macrorhynchia philippina*, com valores de 4,4% no RA CORDECA e 3% na «Baixa do Cotrim»

Diversidade

A Baixa das bicudas foi o local onde foi observado o maior número de espécies (20 sp.), seguido da Baixa do Cotrim (18), ambos no Porto Santo (Tabela X). Na Madeira o «Ilhéu do Gorgulho» (15 sp.) e «CORCEIRA rocha» (12 sp.) foram os locais com maior riqueza específica. A «CORCEIRA areia» (2 espécies) e o «Controlo Areia — Madeira» (3 espécies), foram os locais onde se observaram menos espécies nos fotoquadrados. No Porto Santo, o local com menos espécies observadas foi o enrocamento — 7 espécies.

No que diz respeito aos índices de diversidade de Shannon e Simpson (N_1 e N_2 , respectivamente) foi na Baixa do Cotrim que se registaram os valores mais elevados (9,0 e 6,6), seguido da «Baixinha» (7,2 e 4,5). O «Controlo Areia—Madeira» apresenta os valores mais baixos para ambos os índices (1,3 e 1,1). Os índices de equabilidade de Shannon e Simpson (respectivamente, E_10 e E_20) registaram os valores mais elevados nos locais adjacentes aos recifes artificiais («CORDECA areia» e «CORCEIRA areia»), com valores de 0,6 e 0,5 no Porto Santo e 0,8 e 0,7 na Madeira (respectivamente para N_1 e N_2). Os valores mais baixos encontram-se em locais do Porto Santo: «Pedra do Jota» (0,2 e 0,14), «Engrade Grande» (0,2 e 0,15) e «Baixa



das bicudas» (0,3 e 0,13).

| Local | N0 | N1 | N2 | E10 | E20 |
|----------------------------|----|-------|-------|-------|-------|
| Baixa das bicudas | 20 | 5,309 | 2,635 | 0,265 | 0,132 |
| Baixa do Cotrim | 18 | 9,021 | 6,560 | 0,501 | 0,364 |
| Baixinha | 15 | 7,199 | 4,532 | 0,480 | 0,302 |
| Ilhéu do Gorgulho | 15 | 5,280 | 2,799 | 0,352 | 0,187 |
| Pedra do Jota | 13 | 2,874 | 1,875 | 0,221 | 0,144 |
| CORCEIRA rocha | 12 | 4,497 | 3,070 | 0,375 | 0,256 |
| CORDECA recife | 11 | 4,867 | 3,246 | 0,442 | 0,295 |
| Controlo Areia—Porto Santo | 11 | 4,319 | 3,268 | 0,393 | 0,297 |
| Enrocamento Vidamar | 11 | 3,107 | 2,084 | 0,282 | 0,189 |
| Engrade Grande | 10 | 2,252 | 1,484 | 0,225 | 0,148 |
| CORDECA areia | 8 | 4,908 | 3,843 | 0,614 | 0,480 |
| CORCEIRA recife | 7 | 2,736 | 2,197 | 0,391 | 0,314 |
| Enrocamento porto PS | 7 | 1,954 | 1,454 | 0,279 | 0,208 |
| Controlo Areia—Madeira | 3 | 1,273 | 1,119 | 0,424 | 0,373 |
| CORCEIRA areia | 2 | 1,649 | 1,471 | 0,825 | 0,735 |

Tabela X: Índices de diversidade da comunidade de macroinvertebrados sésseis e macroalgas nos fotoquadrados (calculados a partir das percentagens de cobertura das espécies presentes).





Discussão e conclusões

Os dados apresentados são apenas um pequeno «retrato», resultante de uma amostragem reduzida no tempo. Por esse motivo, as conclusões seguintes são de alguma forma, preliminares e dão apenas indicações gerais sobre os aspectos mais importantes e sobre alguns pontos que podem ser investigados futuramente de forma mais detalhada.

Sem prejuízo dos outros aspectos analisados no presente trabalho, a diversidade das comunidades nos vários locais de estudo parece-nos o aspecto mais importante. Quando falamos em diversidade biológica, estamos a referir-nos não só ao número de espécies nessa comunidade (riqueza específica), mas também ao grau de semelhança entre as abundâncias relativas dessas espécies (equabilidade ou «evenness»), o que significa que, de modo a obtermos uma caracterização abrangente da biodiversidade das comunidades, ambos os aspectos têm de ser avaliados.

Apesar de existirem diversas «medidas» de biodiversidade, os índices mais frequentemente utilizados em ecologia não permitem a comparação directa dos resultados obtidos para diferentes locais, comunidades ou ecossistemas porque não medem directamente a diversidade, mas sim a entropia dessa diversidade (ou seja, a incerteza associada a essa diversidade). Por este motivo, Jost (2006) propôs uma transformação dos vários índices de diversidade (na realidade, das medidas de entropia) em verdadeiras medidas da diversidade, através dos números de Hill (1973). No presente trabalho seguimos o mesmo procedimento e, por esse motivo, as medidas de diversidade usadas abordam os vários aspectos da diversidade e permitem, não só uma avaliação mais completa dos vários aspectos da biodiversidade dos vários locais estudados, mas também a comparação entre eles.

Desse modo, os resultados obtidos mostram diferenças importantes na diversidade nos vários locais estudados, que vão de acordo com o relatado em trabalhos anteriores (Neves, Ribeiro e Kaufmann 2018; Neves e Ribeiro 2019; Ribeiro et al. 2020).

Caracterização qualitativa e quantitativa da ictiofauna

As 50 espécies de peixes observadas no presente trabalho são inferiores às 73 espécies de peixes registadas no relatório de 2019 (Neves e Ribeiro 2019) e às 58 referidas no relatório de 2018 (Neves, Ribeiro e Kaufmann 2018) mas ainda assim é um número que se enquadra no obtido por outros trabalhos efectuados na Região, sobretudo considerando a duração reduzida da amostragem a que se refere o presente documento.

Em termos de diversidade, mais propriamente no que diz respeito ao

número de espécies observadas, apesar dos locais mais diversos serem a CORCEIRA recife e o Enrocamento Vidamar, mais de metade dos locais estudados têm um número de espécies elevado (9 locais têm 19 ou mais espécies de peixes, sendo que o número máximo de espécies observadas num local foi 23). É interessante salientar que dentro do conjunto de locais com maior número de espécies de ictiofauna observadas se encontram os dois recifes artificiais (a CORCEIRA em primeiro lugar e a CORDECA em terceiro). Em termos de número de espécies, estes locais superam já os recifes naturais vizinhos e os habitats de areia.

Os locais associados aos habitats arenosos (Controlo Areia — Madeira, Controlo Areia — Porto Santo, CORCEIRA areia e CORDECA areia) são os locais com menor número de espécies observadas, o que está de acordo com a menor diversidade normalmente associada a estes habitats. No entanto, a presença dos RA's (nomeadamente nos locais CORCEIRA areia e CORDECA areia) parece contribuir para o aumento da diversidade, já que nestes dois locais, o número de espécies de ictiofauna observadas é mais elevado do que nos locais «Controlo Areia», quer na Madeira, quer no Porto Santo.

Se olharmos para os índices de diversidade de Shannon e Simpson (N1 e N2, respectivamente), o navio Madeirense assume a dianteira como local com a maior diversidade, o mesmo sucedendo em termos de equabilidade de Shannon e Simpson (E10 e E20, respectivamente). Isto prende-se com o facto da ictiofauna no Madeirense ser, não só elevada em termos de número de espécies, mas também pelo facto de não haver espécies cuja abundância se destaque das restantes (ao contrário do que acontece com os RA's CORCEIRA e CORDECA — em maior grau neste último, em que as bogas dominam).

Caracterização qualitativa e quantitativa da macrofauna

No que diz respeito à diversidade de macroinvertebrados móveis ou de espécies não coloniais registada para o total dos locais de estudo — 40 taxa, verifica-se que é um número sensivelmente igual ao registado por Ribeiro et al. (2020) nos diferentes habitats que compõem o Parque Natural Marinho do Cabo Girão (PNMCG). O padrão observado mostra que os recifes artificiais e rochosos são os locais que apresentam maior número de espécies. Com efeito, há 4 locais que se destacam em termos do número de espécies de macroinvertebrados móveis observados: 3 na Madeira: Ilhéu do Gorgulho, CORCEIRA rocha e Enrocamento Vidamar e um no Porto Santo — Baixa das bicudas. Estes locais dominam igualmente em termos dos índices N1 e N2, embora neste último índice, a Baixa das bicudas deixe de apresentar um dos quatro valores mais elevados. Esta descida deve-se à menor equabilidade neste local, causada pela dominância do ouriço-de-espinhos-longos (*D. africanum*).

Se olharmos para os índices de equabilidade (E10 e E20) podemos verificar que a ordenação dos locais se altera de forma importante; dois dos locais com maiores índices de diversidade (N0, N1 e N2) apresentam os menores valores de equabilidade — Baixa das bicudas e Ilhéu do Gorgulho, já que ambos os locais apresentam espécies que dominam em termos de abundância relativa (nomeadamente, *D. africanum* e *H. carunculata*). Os locais com maior equabilidade são o navio Madeirense e a CORCEIRA areia,



sobretudo devido ao baixo número de espécies presentes (respectivamente uma e duas espécies) e ao facto de nenhuma delas dominar (em termos de abundância) em relação às outras.

Macrofauna sésil e macroflora — Fotoquadrados

Pelo menos 35 taxa foram registados no total dos locais de estudo, sendo que o substrato nú foi a superfície dominante nas amostras analisadas. A composição específica aqui reportada é semelhante à referida nos relatórios anteriores e noutros trabalhos com incidência neste tipo de habitats (Alves et al. 2018; Ribeiro et al. 2020).

Os locais com maior diversidade de macroalgas e macrofauna sésil em termos de número de espécies observadas e dos índices de diversidade de Shannon e Simpson (N0, N1 e N2, respectivamente) são a Baixa das bicudas, a Baixa do Cotrim, a Baixinha e o Ilhéu do Gorgulho, enquanto os locais com menor diversidade (quando medida pelos índices N0, N1 e N2) são o «Controlo areia — Madeira e a «CORCEIRA areia» (e o Enrocamento do porto no Porto Santo, para o índice N2).

Os índices de equabilidade de Shannon e Simpson (respectivamente, E_{10} e E_{20}) registaram os valores mais elevados nos locais adjacentes aos recifes artificiais («CORDECA areia» e «CORCEIRA areia») e os valores mais baixos em locais do Porto Santo: Pedra do Jota e Engrade Grande e Baixa das bicudas. Se no caso destes últimos, estes valores mais baixos reflectem a dominância de algumas espécies (*Lophocladia* sp. na «Pedra do Jota» e «Engrade Grande» e algas turfosas na Baixa das bicudas), no caso dos valores mais elevados, eles são o reflexo não só de um maior número de espécies observadas (na «CORDECA areia»), mas também da maior uniformidade nas suas abundâncias relativas.

Comparação entre ilhas

A comparação do número de espécies observadas em cada uma das ilhas, revela diferenças consoante os grupos de organismos considerados. Tanto para a ictiofauna como para as macroalgas e macroinvertebrados sésseis (fotoquadrados), a ilha do Porto Santo registou uma maior riqueza específica. Já no grupo dos macroinvertebrados móveis, a ilha da Madeira apresentou valores mais elevados. É importante referir que as diferenças entre ilhas são pequenas (espécies), excepto no caso das macroalgas e macroinvertebrados sésseis.

Esta diferença entre o número de espécies observadas em cada ilha manifesta-se igualmente em termos do número de espécies exclusivas (i.e. aquelas que foram observadas apenas numa das ilhas). Novamente o número foi maior no Porto Santo do que na Madeira quando consideramos a ictiofauna e as macroalgas e macroinvertebrados sésseis. A Madeira registou um número de espécies exclusivas mais elevado apenas no grupo dos macroinvertebrados móveis.

O facto do Porto Santo registar, na generalidade, um maior número de espécies (total e exclusivas) pode ser um enviesamento da amostragem (já que foram amostrados mais locais no Porto Santo do que na Madeira) e



não uma consequência de uma maior diversidade, pelo menos no que diz respeito à ictiofauna. No entanto, no que diz respeito às macroalgas, as diferenças podem efectivamente reflectir uma maior diversidade, já que 3 das espécies de macroalgas observadas exclusivamente no Porto Santo durante o decorrer deste trabalho nunca foram observadas na Madeira. Outro factor que poderá explicar uma maior diversidade de macroalgas no Porto Santo por oposição à Madeira é o facto de, nesta última ilha, se ter verificado uma maior ocorrência de sedimentos sobre os substratos analisados.

Caracterização do substrato

Relativamente aos resultados obtidos para a caracterização do substrato nos vários locais de estudo, é importante salientar que as diferenças obtidas nos resultados (entre as a análise das amostras recolhidas e a análise bibliográfica) se devem sobretudo às diferenças na metodologia. Com efeito, os resultados obtidos a partir das amostras recolhidas manualmente (Neves, Ribeiro e Kaufmann 2018; Ribeiro et al. 2020) são mais indicadores da granulometria dos vários locais, pelo facto de terem sido recolhidos directamente nos locais de estudo. Já os dados obtidos na bibliografia (Instituto Hidrográfico 2003, 2007, 2008) foram recolhidos no âmbito de projectos efectuados a uma escala menor (maior área de cobertura) que usaram uma malha de amostragem mais larga, sendo depois extrapolados.

Parâmetros físicos da água (temperatura e luz)

A recolha de parâmetros ambientais, nomeadamente dos parâmetros físicos da água do mar recolhidos no âmbito deste trabalho (temperatura e densidade da intensidade luminosa) está totalmente dependente da utilização de sensores e da sua resolução. Esta recolha de dados através de sensores é grandemente influenciada não só pelo local onde são colocados os sensores, mas também pelo seu posicionamento no local de instalação. Adicionalmente, factores bióticos, como o crescimento de organismos sobre os sensores ou a deposição de sedimentos sobre eles, são também factores que influenciam as leituras, sobretudo as leituras da densidade da intensidade luminosa. Por este motivo, a queda nos valores médios da densidade da intensidade luminosa no Cabo Girão no mês de Abril pode ser devida a uma maior nebulosidade, à presença de mais matéria em suspensão na água ou ainda à deposição de sedimentos sobre o sensor.

De forma a melhor perceber estas variações, é fundamental dispor de séries temporais de dados mais longas.



Bibliografia

- Alves, F., Canning-Clode, J., Ribeiro, C., Gestoso, I. e Kaufmann, M. (2018). «Local Benthic Assemblages in Shallow Rocky Reefs Find Refuge in a Marine Protected Area at Madeira Island». Em: *Journal of Coastal Conservation*. ISSN: 1400-0350, 1874-7841. DOI: 10.1007/s11852-018-0669-y.
- Brito, A., Pascual, P. J., Falcón, J. M., Sancho, A. e González, G. (2002). *Peces de las Islas Canarias: catálogo comentado e ilustrado*. La Laguna: Francisco Lemus.
- Brock, R. E. (1982). «A Critique of the Visual Census Method for Assessing Coral Reef Fish Populations». Em: *Bulletin of Marine Science* 32.1, pp. 269–276.
- Brock, V. E. (1954). «A Preliminary Report on a Method of Estimating Reef Fish Populations». Em: *Journal of Wildlife Management* 18, pp. 297–308.
- Burt, T. (1994). «Long-Term Study of the Natural Environment - Perceptive Science or Mindless Monitoring?» Em: *Progress in Physical Geography: Earth and Environment* 18.4, pp. 475–496. ISSN: 0309-1333, 1477-0296. DOI: 10.1177/030913339401800401.
- Callahan, J. T. (1984). «Long-Term Ecological Research». Em: *BioScience* 34.6, pp. 363–367. ISSN: 00063568, 15253244. DOI: 10.2307/1309727.
- Fournier, J., Gallon, R. K. e Paris, R. (2014). «G2Sd: A New R Package for the Statistical Analysis of Unconsolidated Sediments». Em: *Géomorphologie : relief, processus, environnement* 20.1, pp. 73–78. ISSN: 1266-5304, 1957-777X. DOI: 10.4000/geomorphologie.10513.
- Giron-Nava, A., James, C., Johnson, A., Dannecker, D., Kolody, B., Lee, A., Nagarkar, M., Pao, G., Ye, H., Johns, D. e Sugihara, G. (2017). «Quantitative Argument for Long-Term Ecological Monitoring». Em: *Marine Ecology Progress Series* 572, pp. 269–274. ISSN: 0171-8630, 1616-1599. DOI: 10.3354/meps12149.
- Hill, M. O. (1973). «Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences». Em: *Ecology* 54.2, pp. 427–432. ISSN: 00129658. DOI: 10.2307/1934352.
- Hughes, B. B., Beas-Luna, R., Barner, A. K., Brewitt, K., Brumbaugh, D. R., Cerny-Chipman, E. B., Close, S. L., Coblenz, K. E., de Nesnera, K. L., Drobitch, S. T., Figurski, J. D., Focht, B., Friedman, M., Freiwald, J., Heady, K. K., Heady, W. N., Hettinger, A., Johnson, A., Karr, K. A., Mahoney, B., Moritsch, M. M., Osterback, A.-M. K., Reimer, J., Robinson, J., Rohrer, T., Rose, J. M., Sabal, M., Segui, L. M., Shen, C., Sullivan, J., Zuercher, R., Raimondi, P. T., Menge, B. A., Grorud-Colvert, K.,

- Novak, M. e Carr, M. H. (2017). «Long-Term Studies Contribute Disproportionately to Ecology and Policy». Em: *BioScience* 67.3, pp. 271–281. ISSN: 0006-3568, 1525-3244. DOI: 10.1093/biosci/biw185.
- Instituto Hidrográfico (2003). *Dinâmica sedimentar da costa sul da ilha da Madeira*. Técnico Final REL.TF.GM.02/03. Lisboa: Instituto Hidrográfico, p. 433.
- (2007). *Dinâmica sedimentar da costa sul da ilha da Madeira (Cabo Girão à Ponta de São Lourenço)*. Técnico Final REL.TF.GM.02/07. Lisboa: Instituto Hidrográfico, p. 143.
- (2008). *Caracterização dos depósitos sedimentares da plataforma insular sul da ilha do Porto Santo*. Técnico Final REL.TF.GM.01/08. Lisboa: Instituto Hidrográfico, p. 78.
- Jost, L. (2006). «Entropy and Diversity». Em: *Oikos* 113.2, pp. 363–375. ISSN: 00301299, 16000706. DOI: 10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x.
- Kohler, K. E. e Gill, S. M. (2006). «Coral Point Count with Excel Extensions (CPCe): A Visual Basic Program for the Determination of Coral and Substrate Coverage Using Random Point Count Methodology». Em: *Computers & Geosciences* 32.9, pp. 1259–1269. ISSN: 00983004. DOI: 10.1016/j.cageo.2005.11.009.
- Magurran, A. E., Baillie, S. R., Buckland, S. T., Dick, J. M., Elston, D. A., Scott, E. M., Smith, R. I., Somerfield, P. J. e Watt, A. D. (2010). «Long-Term Datasets in Biodiversity Research and Monitoring: Assessing Change in Ecological Communities through Time». Em: *Trends in Ecology & Evolution* 25.10, pp. 574–582. ISSN: 01695347. DOI: 10.1016/j.tree.2010.06.016.
- Magurran, A. E. e McGill, B. J., eds. (2011). *Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment*. Oxford ; New York: Oxford University Press. ISBN: 978-0-19-958067-5.
- MM, SRMCT e SRAAC (2020). *Estratégia Marinha: Relatório Do 2º Ciclo*. Rel. téc.
- Murray, S. N., Ambrose, R. F. e Dethier, M. N. (2006). *Monitoring Rocky Shores*. Berkeley: University of California Press. ISBN: 978-0-520-24728-4.
- Neves, P. e Ribeiro, C. (2019). *Resultados do programa de monitorização dos recifes artificiais CORDECA e CORCEIRA*. Rel. téc. Funchal: CIIMAR-Madeira, p. 69.
- Neves, P., Ribeiro, C. e Kaufmann, M. (2018). *Resultados Do Programa de Monitorização Da Biodiversidade Marinha Dos Habitats Naturais e Artificiais Subtidais Na Ilha Do Porto Santo. Relatório Científico CORDECA*. Funchal: CIIMAR-Madeira. ISBN: 978-989-20-8473-2.
- Neves, P., Silva, J., Peña, V. e Ribeiro, C. (2021). «“Pink Round Stones”—Rhodolith Beds: An Overlooked Habitat in Madeira Archipelago». Em: *Biodiversity and Conservation*. ISSN: 0960-3115, 1572-9710. DOI: 10.1007/s10531-021-02251-2.
- R Core Team (2022). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria.
- Ribeiro, C. e Neves, P. (2020). «Habitat Mapping of Cabo Girão Marine Park (Madeira Island): A Tool for Conservation and Management». Em:



Journal of Coastal Conservation 24.2, p. 22. ISSN: 1400-0350, 1874-7841.

DOI: 10.1007/s11852-019-00724-9.

Whitehead, P. J., Bauchot, M., Hureau, J., Nielsen, J. e Tortonese, E., eds. (1984). *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. Paris: Unesco. ISBN: 978-92-3-002215-0.

Wirtz, P. (1994). *Unterwasserführer Madeira - Kanaren - Azoren: Fische*. Stuttgart: Nagelschmid. ISBN: 978-3-927913-29-5.





Anexos

Ictiofauna

Tabela XI: Conjunto das 5 espécies de peixes mais abundantes em cada um dos locais de estudo.

| Espécies | Controlo Areia—Porto Santo |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Heteroconger longissimus</i> | 0,0475 |
| <i>Sphoeroides marmoratus</i> | 0,0400 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | 0,0150 |
| <i>Xyrichtys novacula</i> | 0,0075 |
| <i>Synodus saurus</i> | 0,0025 |

| Espécies | Baixa das bicudas |
|--------------------------------|--------------------------|
| <i>Chromis limbata</i> | 1,2217 |
| <i>Similiparma lurida</i> | 0,2417 |
| <i>Thalassoma pavo</i> | 0,1500 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | 0,1050 |
| <i>Canthigaster capistrata</i> | 0,0567 |

| Espécies | Baixa do Cotrim |
|---------------------------|------------------------|
| <i>Chromis limbata</i> | 0,6440 |
| <i>Similiparma lurida</i> | 0,1800 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | 0,0780 |
| <i>Oblada melanura</i> | 0,0700 |
| <i>Thalassoma pavo</i> | 0,0680 |

| Espécies | CORDECA areia |
|--------------------------------|----------------------|
| <i>Sphoeroides marmoratus</i> | 0,0417 |
| <i>Serranus atricauda</i> | 0,0300 |
| <i>Seriola rivoliana</i> | 0,0250 |
| <i>Pseudocaranx dentex</i> | 0,0083 |
| <i>Canthigaster capistrata</i> | 0,0033 |

| Espécies | CORDECA recife |
|------------------------|-----------------------|
| <i>Boops boops</i> | 1,3583 |
| <i>Pagrus pagrus</i> | 0,5167 |
| <i>Chromis limbata</i> | 0,3750 |

| | |
|---------------------------|--------|
| <i>Thalassoma pavo</i> | 0,2233 |
| <i>Similiparma lurida</i> | 0,1483 |

| Espécies | Enrocamento do porto PS |
|---------------------------|--------------------------------|
| <i>Pagellus acarne</i> | 0,6667 |
| <i>Boops boops</i> | 0,2833 |
| <i>Similiparma lurida</i> | 0,1733 |
| <i>Oblada melanura</i> | 0,1417 |
| <i>Thalassoma pavo</i> | 0,1383 |

| Espécies | Madeirense |
|--------------------------|-------------------|
| <i>Chromis limbata</i> | 0,7500 |
| <i>Diplodus vulgaris</i> | 0,5000 |
| <i>Thalassoma pavo</i> | 0,3750 |
| <i>Mullus surmuletus</i> | 0,2500 |
| <i>Boops boops</i> | 0,1500 |

| Espécies | Engrade Grande |
|---------------------------|-----------------------|
| <i>Chromis limbata</i> | 0,5950 |
| <i>Oblada melanura</i> | 0,1150 |
| <i>Boops boops</i> | 0,1125 |
| <i>Diplodus vulgaris</i> | 0,1125 |
| <i>Similiparma lurida</i> | 0,1025 |

| Espécies | Baixinha |
|-----------------------------|-----------------|
| <i>Chromis limbata</i> | 1,2575 |
| <i>Thalassoma pavo</i> | 0,6575 |
| <i>Similiparma lurida</i> | 0,2800 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | 0,0700 |
| <i>Scorpaena maderensis</i> | 0,0450 |

| Espécies | Pedra do Jota |
|-----------------------------|----------------------|
| <i>Chromis limbata</i> | 0,6225 |
| <i>Similiparma lurida</i> | 0,1700 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | 0,0550 |
| <i>Scorpaena maderensis</i> | 0,0400 |
| <i>Thalassoma pavo</i> | 0,0400 |

| Espécies | CORCEIRA areia |
|---------------------------------|-----------------------|
| <i>Heteroconger longissimus</i> | 0,7967 |
| <i>Chromis limbata</i> | 0,0667 |
| <i>Sphyaena viridensis</i> | 0,0400 |
| <i>Mullus surmuletus</i> | 0,0333 |
| <i>Canthigaster capistrata</i> | 0,0267 |



| Espécies | CORCEIRA rocha |
|--------------------------------|-----------------------|
| <i>Chromis limbata</i> | 0,8433 |
| <i>Similiparma lurida</i> | 0,2117 |
| <i>Oblada melanura</i> | 0,2000 |
| <i>Boops boops</i> | 0,1667 |
| <i>Canthigaster capistrata</i> | 0,1550 |

| Espécies | Ilhéu do Gorgulho |
|--------------------------------|--------------------------|
| <i>Chromis limbata</i> | 0,4483 |
| <i>Similiparma lurida</i> | 0,2683 |
| <i>Oblada melanura</i> | 0,2533 |
| <i>Thalassoma pavo</i> | 0,1483 |
| <i>Canthigaster capistrata</i> | 0,0700 |

| Espécies | Controlo Areia—Madeira |
|---------------------------------|-------------------------------|
| <i>Heteroconger longissimus</i> | 1,1775 |
| <i>Sphoeroides marmoratus</i> | 0,0575 |
| <i>Xyrichtys novacula</i> | 0,0200 |
| <i>Canthigaster capistrata</i> | 0,0025 |
| <i>Gobius gasteveni</i> | 0,0025 |

| Espécies | Enrocamento Vidamar |
|--------------------------------|----------------------------|
| <i>Boops boops</i> | 0,9683 |
| <i>Similiparma lurida</i> | 0,2533 |
| <i>Canthigaster capistrata</i> | 0,0983 |
| <i>Thalassoma pavo</i> | 0,0900 |
| <i>Chromis limbata</i> | 0,0633 |

| Espécies | CORCEIRA recife |
|---------------------------|------------------------|
| <i>Chromis limbata</i> | 0,4517 |
| <i>Thalassoma pavo</i> | 0,3717 |
| <i>Sarpa salpa</i> | 0,3667 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | 0,0783 |
| <i>Boops boops</i> | 0,0667 |



Macroinvertebrados móveis

Tabela XII: Conjunto das espécies de peixes mais abundantes em cada um dos locais de estudo.

| Espécies | Controlo Areia—Porto Santo |
|------------------------------|----------------------------|
| <i>Polychaeta sp</i> | 0,165 |
| <i>Hermodice carunculata</i> | 0,020 |
| <i>Myxicola infundibulum</i> | 0,005 |
| <i>Paguroidea</i> | 0,005 |

| Espécies | Baixa das bicudas |
|----------------------------------|-------------------|
| <i>Diadema africanum</i> | 0,373 |
| <i>Holothuria sanctori</i> | 0,037 |
| <i>Stenorhynchus lanceolatus</i> | 0,033 |
| <i>Hermodice carunculata</i> | 0,023 |
| <i>Echinaster sepositus</i> | 0,017 |

| Espécies | Baixa do Cotrim |
|------------------------------|-----------------|
| <i>Diadema africanum</i> | 0,200 |
| <i>Hermodice carunculata</i> | 0,120 |
| <i>Pagurus anachoretus</i> | 0,008 |
| <i>Holothuria sanctori</i> | 0,004 |
| <i>Pagurus cuanensis</i> | 0,004 |

| Espécies | CORDECA areia |
|------------------------------|---------------|
| <i>Polychaeta sp</i> | 0,477 |
| <i>Hermodice carunculata</i> | 0,010 |
| <i>Myxicola infundibulum</i> | 0,007 |

| Espécies | CORDECA recife |
|----------------------------------|----------------|
| <i>Hermodice carunculata</i> | 0,073 |
| <i>Arbacia lixula</i> | 0,047 |
| <i>Stenorhynchus lanceolatus</i> | 0,047 |
| <i>Diadema africanum</i> | 0,043 |
| <i>Monoplex parthenopeus</i> | 0,003 |

| Espécies | Enrocamento do porto PS |
|------------------------------|-------------------------|
| <i>Calcinus tubularis</i> | 0,503 |
| <i>Percnon gibbesi</i> | 0,197 |
| <i>Arbacia lixula</i> | 0,010 |
| <i>Pagurus cuanensis</i> | 0,010 |
| <i>Hermodice carunculata</i> | 0,007 |

| Espécies | Madeirense |
|------------------------------|------------|
| <i>Hermodice carunculata</i> | 0,110 |



| Espécies | Engrade Grande |
|----------------------------------|-----------------------|
| <i>Diadema africanum</i> | 0,185 |
| <i>Hermodice carunculata</i> | 0,115 |
| <i>Stenorhynchus lanceolatus</i> | 0,030 |
| <i>Lysmata grabhami</i> | 0,005 |

| Espécies | Baixinha |
|----------------------------------|-----------------|
| <i>Diadema africanum</i> | 0,710 |
| <i>Hermodice carunculata</i> | 0,055 |
| <i>Holothuria sanctori</i> | 0,045 |
| <i>Stenorhynchus lanceolatus</i> | 0,025 |
| <i>Ceriantharia</i> | 0,010 |

| Espécies | Pedra do Jota |
|----------------------------------|----------------------|
| <i>Diadema africanum</i> | 0,080 |
| <i>Hermodice carunculata</i> | 0,010 |
| <i>Stenorhynchus lanceolatus</i> | 0,010 |
| <i>Calcinus tubularis</i> | 0,005 |
| <i>Ceriantharia</i> | 0,005 |

| Espécies | CORCEIRA areia |
|--------------------------------|-----------------------|
| <i>Phoronopsis californica</i> | 0,100 |
| <i>Hermodice carunculata</i> | 0,077 |

| Espécies | CORCEIRA rocha |
|----------------------------------|-----------------------|
| <i>Diadema africanum</i> | 0,177 |
| <i>Stenorhynchus lanceolatus</i> | 0,093 |
| <i>Antedon bifida</i> | 0,030 |
| <i>Telmatactis cricoides</i> | 0,023 |
| <i>Hermodice carunculata</i> | 0,017 |

| Espécies | Ilhéu do Gorgulho |
|----------------------------------|--------------------------|
| <i>Diadema africanum</i> | 0,500 |
| <i>Hermodice carunculata</i> | 0,100 |
| <i>Holothuria sanctori</i> | 0,093 |
| <i>Calcinus tubularis</i> | 0,067 |
| <i>Stenorhynchus lanceolatus</i> | 0,063 |

| Espécies | Controlo Areia—Madeira |
|------------------------------|-------------------------------|
| <i>Diopatra neapolitana</i> | 0,015 |
| <i>Hermodice carunculata</i> | 0,010 |

| Espécies | Enrocamento Vidamar |
|------------------------|----------------------------|
| <i>Percnon gibbesi</i> | 0,127 |



| | |
|----------------------------------|-------|
| <i>Hermodice carunculata</i> | 0,057 |
| <i>Calcinus tubularis</i> | 0,047 |
| <i>Holothuria sanctori</i> | 0,040 |
| <i>Stenorhynchus lanceolatus</i> | 0,037 |

| Espécies | CORCEIRA recife |
|----------------------------------|------------------------|
| <i>Hermodice carunculata</i> | 0,193 |
| <i>Stenorhynchus lanceolatus</i> | 0,010 |
| <i>Octopus vulgaris</i> | 0,003 |
| <i>Pagurus anachoretus</i> | 0,003 |



Macroinvertebrados sésseis — grupos

| Grupos | Controlo Areia—Porto Santo |
|------------------|----------------------------|
| Algas | 82,2 |
| <i>Substrato</i> | 17,0 |
| Cnidaria | 0,6 |
| Tunicata | 0,2 |
| Porifera | 0,0 |
| Polychaeta | 0,0 |
| Crustacea | 0,0 |
| Bryozoa | 0,0 |

| Grupos | Baixa das bicudas |
|------------------|-------------------|
| <i>Substrato</i> | 49,4 |
| Algas | 39,2 |
| Crustacea | 4,6 |
| Bryozoa | 3,0 |
| Cnidaria | 1,8 |
| Porifera | 1,4 |
| Polychaeta | 0,6 |
| Tunicata | 0,0 |

| Grupos | Baixa do Cotrim |
|------------------|-----------------|
| <i>Substrato</i> | 52,8 |
| Algas | 27,6 |
| Porifera | 10,8 |
| Cnidaria | 3,4 |
| Crustacea | 2,2 |
| Bryozoa | 2,0 |
| Polychaeta | 1,2 |
| Tunicata | 0,0 |

| Grupos | CORDECA areia |
|------------------|---------------|
| <i>Substrato</i> | 56,8 |
| Algas | 42,8 |
| Tunicata | 0,4 |
| Porifera | 0,0 |
| Cnidaria | 0,0 |
| Polychaeta | 0,0 |
| Crustacea | 0,0 |
| Bryozoa | 0,0 |

| Grupos | CORDECA recife |
|------------------|----------------|
| <i>Substrato</i> | 46,2 |
| Algas | 42,2 |

Tabela XIII: Percentagem de cobertura dos grupos de organismos sésseis em cada um dos locais de estudo (o valor na linha «substrato» diz respeito ao substrato limpo, i.e., somatório dos pontos em cada fotoquadrado onde não existiam organismos).



| | |
|------------|-----|
| Tunicata | 6,6 |
| Cnidaria | 4,4 |
| Porifera | 0,2 |
| Polychaeta | 0,2 |
| Bryozoa | 0,2 |
| Crustacea | 0,0 |

| Grupos | Enrocamento do porto PS |
|--------|-------------------------|
|--------|-------------------------|

| | |
|------------------|------|
| <i>Substrato</i> | 56,4 |
| Algas | 43,4 |
| Crustacea | 0,2 |
| Porifera | 0,0 |
| Cnidaria | 0,0 |
| Polychaeta | 0,0 |
| Bryozoa | 0,0 |
| Tunicata | 0,0 |

| Grupos | Engrade Grande |
|--------|----------------|
|--------|----------------|

| | |
|------------------|------|
| Algas | 72,2 |
| <i>Substrato</i> | 24,8 |
| Polychaeta | 1,0 |
| Crustacea | 1,0 |
| Bryozoa | 1,0 |
| Porifera | 0,0 |
| Cnidaria | 0,0 |
| Tunicata | 0,0 |

| Grupos | Baixinha |
|--------|----------|
|--------|----------|

| | |
|------------------|------|
| Algas | 51,0 |
| <i>Substrato</i> | 39,8 |
| Crustacea | 5,2 |
| Polychaeta | 2,6 |
| Bryozoa | 0,8 |
| Porifera | 0,4 |
| Cnidaria | 0,2 |
| Tunicata | 0,0 |

| Grupos | Pedra do Jota |
|--------|---------------|
|--------|---------------|

| | |
|------------------|------|
| Algas | 68,4 |
| <i>Substrato</i> | 29,1 |
| Cnidaria | 1,0 |
| Crustacea | 1,0 |
| Porifera | 0,4 |
| Bryozoa | 0,2 |
| Polychaeta | 0,0 |
| Tunicata | 0,0 |



| Grupos | CORCEIRA areia |
|------------------|----------------|
| <i>Substrato</i> | 99,0 |
| Algas | 1,0 |
| Porifera | 0,0 |
| Cnidaria | 0,0 |
| Polychaeta | 0,0 |
| Crustacea | 0,0 |
| Bryozoa | 0,0 |
| Tunicata | 0,0 |

| Grupos | CORCEIRA rocha |
|------------------|----------------|
| <i>Substrato</i> | 59,4 |
| Algas | 38,0 |
| Bryozoa | 1,2 |
| Crustacea | 0,8 |
| Porifera | 0,4 |
| Cnidaria | 0,2 |
| Polychaeta | 0,0 |
| Tunicata | 0,0 |

| Grupos | Ilhéu do Gorgulho |
|------------------|-------------------|
| <i>Substrato</i> | 53,8 |
| Algas | 32,8 |
| Crustacea | 4,6 |
| Porifera | 4,2 |
| Bryozoa | 4,0 |
| Cnidaria | 0,6 |
| Polychaeta | 0,0 |
| Tunicata | 0,0 |

| Grupos | Controlo Areia—Madeira |
|------------------|------------------------|
| <i>Substrato</i> | 57,2 |
| Algas | 42,8 |
| Porifera | 0,0 |
| Cnidaria | 0,0 |
| Polychaeta | 0,0 |
| Crustacea | 0,0 |
| Bryozoa | 0,0 |
| Tunicata | 0,0 |

| Grupos | Enrocamento Vidamar |
|------------------|---------------------|
| Algas | 48,4 |
| <i>Substrato</i> | 47,6 |
| Porifera | 2,6 |
| Crustacea | 1,4 |



| | |
|------------|-----|
| Cnidaria | 0,0 |
| Polychaeta | 0,0 |
| Bryozoa | 0,0 |
| Tunicata | 0,0 |

| Grupos | CORCEIRA recife |
|---------------|------------------------|
|---------------|------------------------|

| | |
|-----------------|------|
| <i>Subtrato</i> | 69,8 |
| Algas | 29,4 |
| Cnidaria | 0,4 |
| Bryozoa | 0,4 |
| Porifera | 0,0 |
| Polychaeta | 0,0 |
| Crustacea | 0,0 |
| Tunicata | 0,0 |



Macroinvertebrados sésseis — espécies

Tabela XIV: Percentagem de cobertura das espécies de organismos sésseis mais abundantes em cada um dos locais de estudo.

| Espécie | Controlo Areia—Porto Santo |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| <i>Penicillus capitatus</i> | 38,8 |
| Rhodophyta NI | 18,2 |
| Cyanophyta NI | 15,6 |
| <i>Caulerpa prolifera</i> | 3,6 |
| <i>Halimeda incrassata</i> | 3,6 |

| Espécie | Baixa das bicudas |
|-------------------------------|--------------------------|
| Alga turfosa NI | 30,4 |
| <i>Balanus sp.</i> | 4,6 |
| <i>Mesophyllum sp.</i> | 3,8 |
| <i>Reptadeonella violacea</i> | 1,8 |
| <i>Colpomenia sinuosa</i> | 1,6 |

| Espécie | Baixa do Cotrim |
|---------------------------------|------------------------|
| <i>Lophocladia sp.</i> | 11,8 |
| <i>Mesophyllum sp.</i> | 9,8 |
| Porifera vermelha NI | 8,4 |
| <i>Macrorhynchia philippina</i> | 3,0 |
| cf. <i>Ralsia sp.</i> | 2,4 |

| Espécie | CORDECA areia |
|-----------------------------|----------------------|
| <i>Halimeda incrassata</i> | 16,2 |
| Alga turfosa NI | 13,4 |
| <i>Lophocladia sp.</i> | 4,6 |
| <i>Caulerpa prolifera</i> | 3,8 |
| <i>Penicillus capitatus</i> | 1,8 |

| Espécie | CORDECA recife |
|---------------------------------|-----------------------|
| Alga turfosa NI | 27,6 |
| <i>Distaplia corolla</i> | 6,6 |
| Cyanophyta NI | 6,4 |
| cf. <i>Ralsia sp.</i> | 4,6 |
| <i>Macrorhynchia philippina</i> | 4,4 |

| Espécie | Enrocamento do porto PS |
|------------------------|--------------------------------|
| <i>Lophocladia sp.</i> | 35,8 |
| Alga turfosa NI | 4,4 |
| Rhodophyta NI | 2,4 |
| <i>Dictyota spp.</i> | 0,4 |
| cf. <i>Ralsia sp.</i> | 0,2 |



| Espécie | Engrade Grande |
|---------------------------|-----------------------|
| <i>Lophocladia</i> sp. | 61,4 |
| <i>Mesophyllum</i> sp. | 5,2 |
| cf. <i>Ralsia</i> sp. | 2,2 |
| <i>Colpomenia sinuosa</i> | 1,8 |
| Alga turfosa NI | 1,4 |

| Espécie | Baixinha |
|------------------------|-----------------|
| Cyanophyta NI | 25,2 |
| Alga turfosa NI | 8,6 |
| <i>Padina pavonica</i> | 5,2 |
| <i>Balanus</i> sp. | 5,2 |
| <i>Mesophyllum</i> sp. | 3,8 |

| Espécie | Pedra do Jota |
|---------------------------|----------------------|
| <i>Lophocladia</i> sp. | 50,3 |
| <i>Colpomenia sinuosa</i> | 11,6 |
| <i>Mesophyllum</i> sp. | 2,9 |
| Cyanophyta NI | 1,1 |
| Alga turfosa NI | 1,1 |

| Espécie | CORCEIRA areia |
|---------------------------|-----------------------|
| Alga turfosa NI | 0,8 |
| <i>Caulerpa prolifera</i> | 0,2 |

| Espécie | CORCEIRA rocha |
|------------------------|-----------------------|
| <i>Mesophyllum</i> sp. | 20,4 |
| Alga turfosa NI | 9,8 |
| Rodólito | 4,0 |
| <i>Dictyota</i> spp. | 2,6 |
| <i>Balanus</i> sp. | 0,8 |

| Espécie | Ilhéu do Gorgulho |
|--------------------------------|--------------------------|
| <i>Mesophyllum</i> sp. | 26,8 |
| <i>Balanus</i> sp. | 4,2 |
| <i>Schizoporella</i> sp. | 3,2 |
| <i>Dictyota</i> spp. | 2,2 |
| <i>Asparagopsis taxiformis</i> | 1,8 |

| Espécie | Controlo Areia—Madeira |
|---------------------------|-------------------------------|
| Cyanophyta NI | 40,4 |
| <i>Caulerpa prolifera</i> | 2,0 |
| Alga turfosa NI | 0,4 |

| Espécie | Enrocamento Vidamar |
|----------------|----------------------------|
|----------------|----------------------------|



| | |
|--------------------------------|------|
| <i>Mesophyllum</i> sp. | 34,8 |
| <i>Asparagopsis taxiformis</i> | 9,6 |
| Alga turfosa NI | 2,4 |
| Porifera NI | 2,4 |
| <i>Balanus</i> sp. | 1,2 |

| Espécie | CORCEIRA recife |
|------------------------|------------------------|
| <i>Lophocladia</i> sp. | 17,6 |
| Alga turfosa NI | 10,2 |
| <i>Mesophyllum</i> sp. | 0,8 |
| Dictyota spp. | 0,4 |
| cf. <i>Ralsia</i> sp. | 0,4 |



