

2023

# MAPEAMENTO DE HABITATS E BIODIVERSIDADE MARINHA

SEMINÁRIO BASEADO NA AULA TEÓRICA Nº 2 | RESUMO  
ALARGADO DO SEMINÁRIO  
JORGE MANUEL DOS SANTOS GONÇALVES

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA | UNIVERSIDADE DO ALGARVE

**Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Universidade do Algarve**

**Seminário baseado na Aula Teórica nº 2**

**MAPEAMENTO DE HABITATS E BIODIVERSIDADE MARINHA**

**Resumo alargado do Seminário**

**Jorge Manuel dos Santos Gonçalves**  
**Investigador Auxiliar CCMAR**  
**Maio 2023**



*O presente Seminário tem como objetivo satisfazer o disposto no Decreto-lei nº239/2007, de 19 de junho para admissão a provas de Agregação.*

## Conteúdo

<b>RESUMO</b> .....	3
<b>1. ENQUADRAMENTO</b> .....	4
<b>2. INTRODUÇÃO</b> .....	4
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	8
<b>4. ESTRUTURA DA APRESENTAÇÃO</b> .....	8
<b>5. PARTE 1: CONCEITOS DE HABITAT E DE MAPEAMENTO DE HABITATS</b> .....	9
<b>6. PARTE 2: PLANEAMENTO DO MAPA</b> .....	11
<b>7. PARTE 3: ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM E MÉTODOS DE AQUISIÇÃO DE DADOS</b> .....	15
<b>8. PARTE 4: CONSTRUÇÃO DO MAPA</b> .....	18
<b>9. PARTE 5: ANÁLISE DE CONFIANÇA E GESTÃO DE DADOS</b> .....	19
<b>10. PARTE 6: CLASSIFICAÇÃO DE HABITATS (EUNIS)</b> .....	24
<b>11. PARTE 7: APLICAÇÕES</b> .....	30
<b>12. CONCLUSÕES E DESAFIOS PARA O FUTURO</b> .....	36
<b>13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	37

## RESUMO

O mapeamento de habitats e biodiversidade marinha é essencial para o conhecimento da estrutura e funcionamentos dos oceanos. Este tipo de mapas serve de base para a avaliação do estado ecológico dos habitats marinhos e para o estabelecimento de medidas que visem a sua conservação, permitindo simultaneamente o desenvolvimento de atividades socioeconómicas sustentáveis, o ordenamento do espaço marinho e a literacia oceânica. A construção deste tipo de mapas assenta em mapas de batimetria e tipo de fundos (sedimentos e rochas), informação básica, sobre a qual mediante a utilização de uma adequada planificação de amostragem se conseguem identificar extrair padrões de distribuição das principais espécies, populações e comunidades e definir, conseqüentemente, os habitats associados. Esta amostragem dependerá muito dos objetivos, área a mapear, precisão do mapeamento e das técnicas disponíveis e passíveis de utilização. Estes habitats são organizados segundo a classificação de habitats pan-europeia EUNIS e de acordo com a seu estatuto de conservação ao abrigo de diretivas europeias como a Diretiva-habitats (Rede NATURA2000) ou de convenções internacionais (OSPAR, Barcelona, HELCOM, Bucarest). Os processos de amostragem biológica são muito diversificados e são diferentes consoante a profundidade e o tipo de fundo sendo os mais comuns para substratos subtidais móveis, o arrasto de vara, as dragas e trenós de vídeo e para os substratos subtidais rochosos, os censos visuais por mergulho, ROV e BRUV (Aula Práticas: Trabalhos de mar 1 e trabalhos laboratoriais 1 e 2). Já na zona de entremarés (intertidal) de substrato móvel os *corers* são a técnica mais utilizada, enquanto que para o rochoso, a técnica de censos visuais por quadrados, transectos por observação direta humana ou por *drone* são os mais comuns (Aula Práticas: Trabalhos de mar 2 e trabalhos laboratoriais 1). A construção de bases de dados georreferenciadas adequadas e a aplicação de a análise multivariada e de geoestatística permitem a modelação em ambiente SIG e a conseqüente construção de mapas de habitats (Aulas Teórico-práticas 1 e 2). Estes requerem uma análise estrita dos métodos aplicados de modo a construir de igual modo um mapa de confiança (probabilidade de erro) associado a qualquer mapa de habitats produzido. Os mapas produzidos são publicados em geoportais internacionais (e.g. EMODNET-*Seabed habitats*) para que possam ter uma aplicação imediata por um conjunto alargado de utilizadores.

## 1. ENQUADRAMENTO

O presente seminário intitulado “Mapeamento de habitats e biodiversidade marinha” insere-se no programa da Unidade Curricular (UC) “Mapeamento de habitats marinhos e gestão espacial de recursos marinhos”, a apresentar no âmbito das provas públicas para obtenção do título académico de Agregado (Decreto-Lei nº 239/2007) na área das Ciências do Mar, da Terra e do Ambiente, no ramo de Ciências do Mar, da Universidade do Algarve. Esta UC visa integrar os planos dos cursos de mestrado ministrados nesta Universidade, nomeadamente, no mestrado internacional em Recursos Biológicos Marinhos (IMBRSea), no mestrado em Biologia Marinha e no mestrado em Aquacultura e Pescas.

## 2. INTRODUÇÃO

O mapeamento de habitats e biodiversidade marinha, desde a batimetria até aos biótopos, está na base do conhecimento acerca do oceano e sobre o qual se podem depois construir planos de gestão, no tempo e no espaço, de desenvolvimento sustentável e de conservação do património natural marinho para as gerações vindouras.

Constituindo mais de 70% da superfície da Terra, os oceanos permanecem ainda muito pouco estudados, tendo o oceanógrafo da NASA Dr. Gene Feldman dito que existem mapas mais precisos da superfície de Marte e da Lua do que dos fundos dos nossos oceanos (“*We have better maps of the surface of Mars and the moon than we do of the bottom of the ocean*”). Segundo a NOAA (2023a) e UNESCO (2023), cerca de 80% a 95%, respetivamente, dos oceanos não estão ainda devidamente mapeados, observados ou explorados. De facto, mapear os fundos dos oceanos é uma tarefa árdua, por uma série de limitações tecnológicas, logísticas e políticas. Atualmente recorre-se a técnicas de mapeamento com, por exemplo, sondas de multifeixes para a parte física (batimetria e tipo de fundos) e com robots submarinos para validação destes estudos e para o mapeamento biológico (e.g., ROV – *Remote Operated Vehicle*, AUV – *Autonomous*

*Underwater Vehicle*). Para colmatar este deficit de conhecimento acerca dos oceanos existem cada vez mais programas de mapeamentos dos fundos marinhos à escala global, como é o caso do SEABED 2030, que gerido pelo consorcio *Nippon Foundation-GEBCO* tem como objetivo mapear 100% da batimetria dos fundos dos oceanos até 2030 (SEABED2030, 2023)(Fig.1).

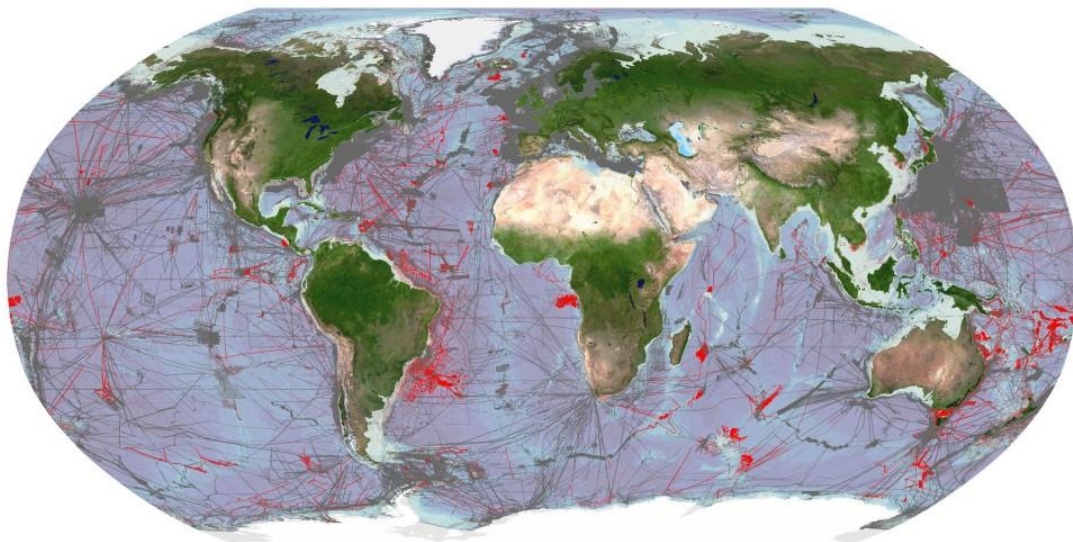


Fig. 1 Areas of the global seafloor that are considered mapped within the GEBCO grid (GEBCO -*General Bathymetric Chart of the Oceans*). For the GEBCO grid, it is estimated that 23.4% of seafloor has been mapped in 2022, compared with 20.6% in 2021 (SEABED2030, 2023).

Estes mapas de profundidade e topografia de fundos são essenciais para a economia azul, na medida que permitem conhecer mais sobre a circulação oceânica, e seus impactos a nível meteorológico e climático, ação das ondas, correntes de maré e outros fenómenos oceanográficos extremos (e.g. tempestades, tsunamis). Permite também, a acumulação de camadas de conhecimento biológico, em parte por observação direta dos habitats (amostragem *in situ*) e, na maior parte dos casos, inferindo a distribuição dos habitats bentónicos, utilizando modelos de previsão da adequabilidade de habitats. A evolução tecnológica está a ser muito rápida, tendo a análise de megadados (*Big data*) associada à inteligência artificial (*Machine learning*) estado a desempenhar um papel fundamental. Em termos práticos, este tipo de mapeamento facilita processos de decisão sobre onde colocar um parque eólico ao largo da Irlanda ou uma aquacultura offshore em Portugal, ou onde a Google pode colocar os seus valiosos e dispendiosos cabos submarinos, numa economia azul, que foi avaliada pela OCDE (Organização para

a Cooperação e Desenvolvimento Económico), em 1,5 biliões de dólares por ano e que criará cerca de 31 milhões de empregos a tempo inteiro.

Por outro lado, a adoção de uma perspetiva mais biológica, aumentando o número e a qualidade de mapas de habitats com a parte biológica, nomeadamente os habitats bentónicos chave/prioritários, permitirá alcançar os objetivos definidos pelas principais estratégias mundiais, europeias e nacionais para o mar e biodiversidade (e.g. UN CBD, EU *Green Deal*, EU HD, EU MSFD, EU MSP, EU CFP, PT Estratégia Nacional para o Mar; PT Estratégia Nacional para a Biodiversidade). Estes mapas serão particularmente úteis, no caso da União Europeia (UE), para cumprir o pacto verde, no qual se planeia proteger 30% do ambiente marinho europeu, incluindo 10% com uma proteção estrita/total, mediante uma gestão eficaz de AMPs e a restauração de ecossistemas degradados. Estes mapas permitirão também a avaliação e monitorização dos fundos marinhos (Cardoso-Andrade et al. 2022), contribuindo para avaliação de impactos ambientais, o restauro de habitats degradados (Gerovasileiou et al., 2019) e a implementação de uma rede coerente e eficaz de áreas marinhas protegidas (AMP) e a construção de planos de ordenamento espacial marinhos (POEM) (Cooper et al., 2019), cumprindo também os objetivos de desenvolvimento sustentável, da agenda 2030, das Nações Unidas. Os mapas de habitats marinhos, como o EUSEAMAP (Fig. 2), um mapa de larga escala e alta resolução dos habitats marinhos europeus, criado pelo consórcio que gere a rede e geoportal, *European Marine Observation and Data Network* (EMODNET, 2023; *seabed habitats*), constitui o mapa mais utilizado nesta plataforma, e tem as mais variadas utilizações, incluindo o mapeamento da distribuição dos importantes serviços de ecossistema associados aos habitats marinhos (Tempera et al., 2016).

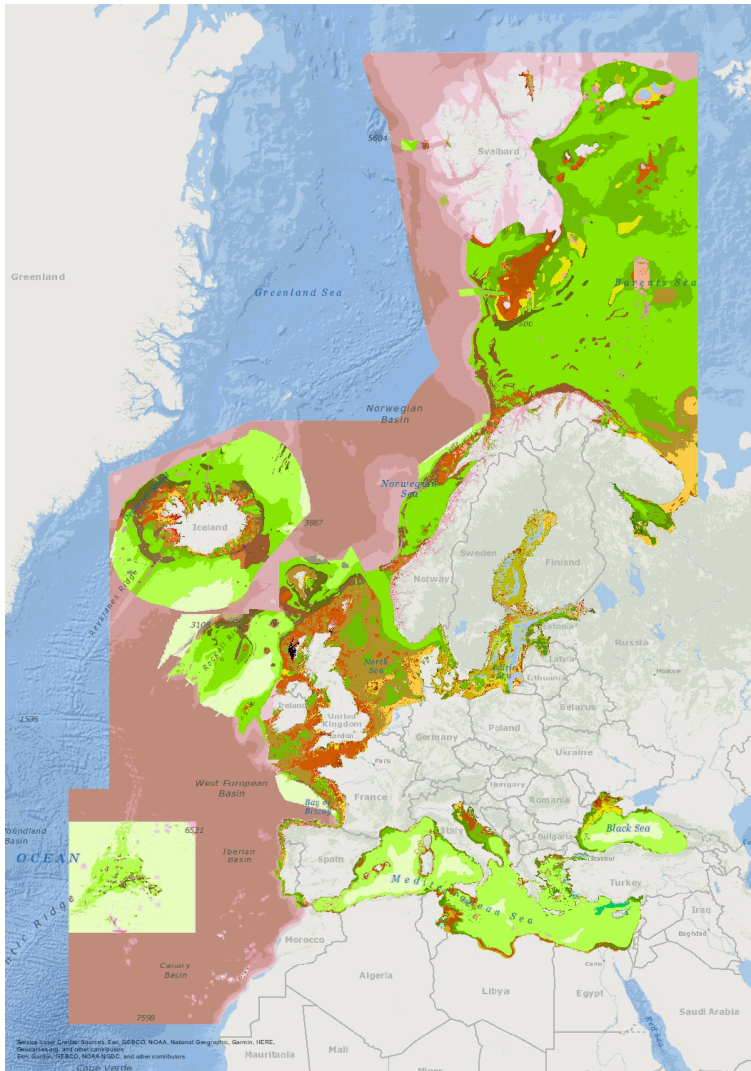


Fig. 2 Euseamap 2021: A European broad-scale seabed habitat map (Vasquez et al., 2021; EMODNET).

A Europa e Portugal encontram-se na linha da frente do mapeamento de habitats a nível global, a par dos EUA, Canadá, Austrália e Japão, nomeadamente no desenvolvimento de novas tecnologias de mapeamento e na classificação europeia de habitats (EUNIS). Os desafios principais estão na necessidade de 1) aumentar a área marinha com mapeamento físico e sobretudo biológico de boa resolução; 2) harmonizar e estandardizar os métodos de aquisição biológica, tornando-os mais comparáveis e mais eficientes; 3) expandir o mapeamento de forma consistente para o mar profundo e para o ambiente pelágico e 4) ajustar as classificações e os mapas às necessidades dos utilizadores.

### 3. OBJETIVOS

#### OBJETIVOS GERAIS

Aprender os conceitos associados à construção de mapas de habitats marinhos.

#### OBJETIVOS ESPECIFICOS

Aprender todos os passos de construção de um mapa de habitats marinho (métodos de aquisição de dados, anotação, análise taxonómica, biometria, tratamento de dados e classificação).

### 4. ESTRUTURA DA APRESENTAÇÃO

O seminário está estruturado em 7 partes correspondendo aos níveis de conhecimento essenciais para a construção de mapas de habitats marinhos (Fig. 3).

As partes são as seguintes:

Parte1: Introduzem-se os conceitos de habitat, biótopos, e de mapeamento de habitats

Parte2: Transmitem-se os conhecimentos necessários para realizar o planeamento de um mapa de habitats.

Parte 3: Comparam-se os métodos de aquisição de dados e, descrevem-se e discutem-se as melhores estratégias de amostragem.

Parte 4: Descrevem-se os passos principais para a construção de um mapa de habitats.

Parte 5: Apresentam-se as medidas de análise e de controlo de qualidade dos dados e de gestão dos mesmos.

Parte 6: Integra-se os conceitos de classificação de habitats, detalhando o sistema de classificação Europeu, EUNIS.

Parte 7: Identificam-se as principais aplicações e integra-se as principais conclusões.

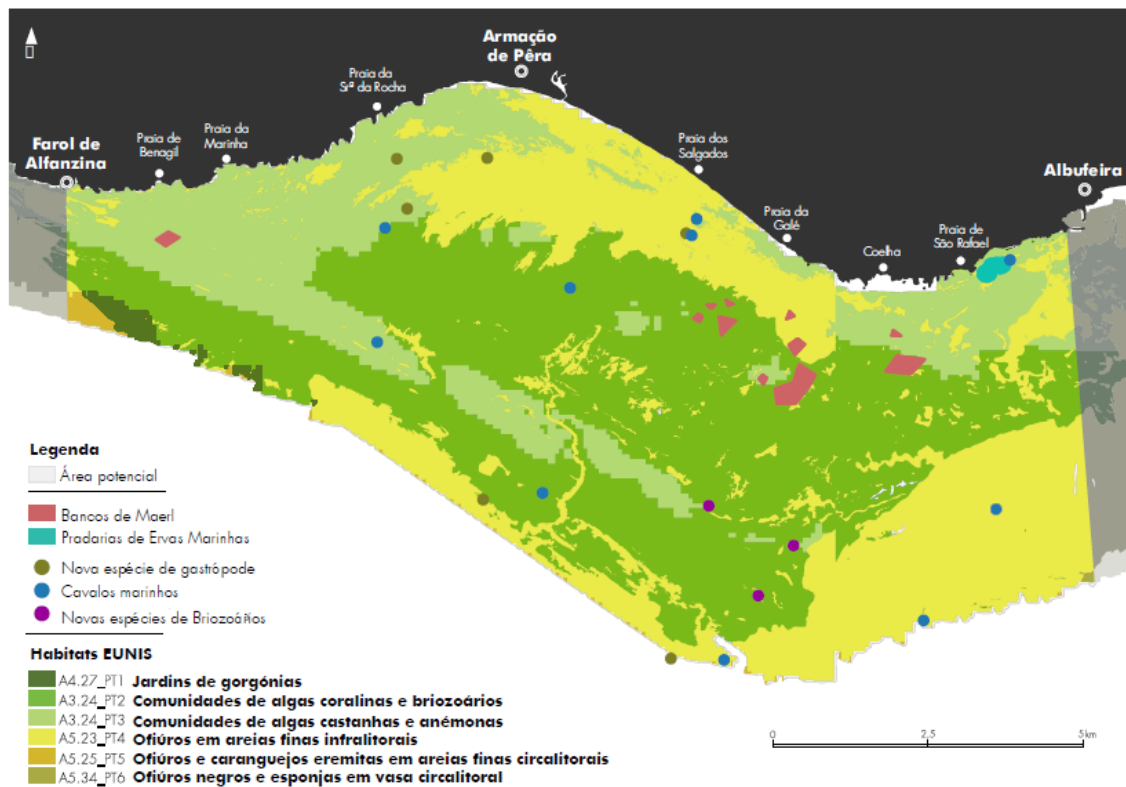


Fig. 3. Mapa de habitats marinhos composto, incluindo a classificação europeia EUNIS, associado à proposta de criação de uma área marinha protegida de interesse comunitário (AMPIC), na costa sul de Portugal (Algarve Central).

## 5. PARTE 1: CONCEITOS DE HABITAT E DE MAPEAMENTO DE HABITATS

O conceito de habitat tem evoluído ao longo do tempo e se por definição habitats são normalmente associados aos locais e suas condições ambientais onde habita uma determinada espécie ou um conjunto de espécies (comunidades), nos dias que correm, o conceito tem sido alargado para incluir as referidas espécies. Esta utilização começou sobretudo nos media e nos meios politico-legislativos, entrando por essa via na comunidade científica. Efetivamente, o termo habitat e biótopo são utilizados quase como sinónimos em leis de base simbólicas da conservação da natureza como a diretiva europeia HABITATS (diretiva 92/43/CEE). Há também convenções internacionais, como a OSPAR, que classificam habitats prioritários, com base nas espécies e ou comunidades a proteger como os jardins de corais, pradarias de ervas marinhas e as florestas de macroalgas (OSPAR, 2023) (Fig.4).

Em termos de estudo e mapeamento de habitats, o uso do termo “habitat” refere-se, geralmente, tanto ao ambiente físico quanto à comunidade biológica associada, sendo, portanto, sinónimo do termo biótopo. Como tal, o mapeamento de habitats é sobre o mapeamento de recursos ecologicamente relevantes, sendo mais do que o mapeamento de características puramente físicas (por exemplo, sedimentos do fundo do mar). Como o oceano é vasto e um meio de difícil acesso e trabalho, utiliza-se, sempre que haja dados científicos suficientes e apropriados para tal, o ambiente físico como proxy dos ambientes biológicos (e.g. conceitos de infralitoral e circalitoral).

Os mapas de habitat dos fundos marinhos mostram a distribuição de habitats interpretando camadas de dados físicos, muitas vezes resultantes de deteção remota, usando informações biológicas sobre habitats obtidas de amostragem e observação direta dos fundos marinhos. Apenas uma pequena proporção do fundo do mar pode ser observada ou amostrada e a cobertura completa dos habitats é inferida a partir da associação entre os dados físicos do habitat, validada por amostras biológicas para que os mapas finais prevejam a distribuição dos habitats marinhos. Os fatores físicos que caracterizam os habitats podem assim funcionar como um proxy para os dados biológicos.

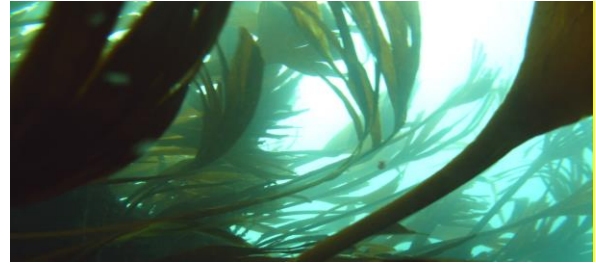


Fig. 4. Exemplos de habitats prioritários da Convenção OSPAR e existentes na costa portuguesa (da esquerda para a direita e de cima para baixo): banco de Maerl (algas calcárias), florestas de laminárias (macroalgas castanhas), jardins de corais negros, pradarias de ervas marinhas e jardim de corais/gorgónias.

## 6. PARTE 2: PLANEAMENTO DO MAPA

NOÇÕES DE OBJETIVOS, ESCALA, DETALHE E DISPONIBILIDADES.

Que mapas?

Sabendo o que são habitats marinhos e o que é um mapa de habitats, segue-se a pergunta para quê fazer mapas de habitats? De facto, já foi referida uma finalidade crucial para os mapas de habitats marinhos, a sua conservação para as gerações futuras, através do cumprimento de legislação nacional como a que protege os

habitats de corais (Decreto-Lei n.º 38/2021) ou estratégias nacionais como a Estratégia Nacional para o Mar 2021-2030 (ENM) e Estratégia Nacional de Conservação da Natureza e da Biodiversidade 2030 (ENCNB) e as diretivas europeias Habitats (DH), Aves (DA), Diretiva-quadro para a Estratégia Marinha (DQEM), a Estratégia Europeia para a Biodiversidade ou mesmo internacionais como a convenção OSPAR ou a Convenção para Diversidade Biológica/CBD (Andersen et al., 2018). Mas existem outras utilizações importantes como sejam o ordenamento espacial do espaço marinho (Diretiva europeia para o planeamento do espaço marinho) facilitando a alocação de novas atividades associadas ao crescimento azul (e.g., energias renováveis, turismo marítimo, biotecnologia marinha) ou mesmo promovendo uma melhor gestão das pescas visando a sua sustentabilidade (Política Comum de Pescas europeia PCP).

Quais as áreas a mapear?

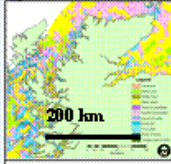

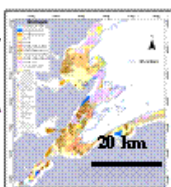
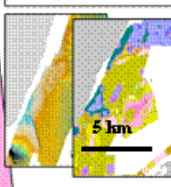
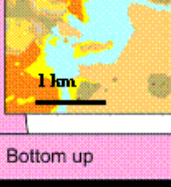
Com o conhecimento de que tipo de mapa de habitats queremos fazer, as perguntas que se impõem a seguir são:

- O tamanho da área a ser mapeada é grande ou pequeno? (questão de escala)
- Que nível de detalhe é necessário (tipos de habitat muito grosseiros ou muitos detalhes finos)? (questão de detalhe)
- Qual o nível de recursos disponíveis (tempo/fundos/dados/equipamentos)? (questão de logística)

Efetivamente, a escala do mapa a conceber depende muito dos objetivos, dos processos de aquisição de dados e da resolução desejada. Digamos que quando tencionamos cobrir uma área relativamente grande como a costa da Europa, isto é, o nosso objetivo é ter um mapa de habitats pan-europeu (ver Euseamap, Vasquez et al., 2021), então os nossos métodos tenderão a incluir muita modelização e relativa baixa resolução, mas ainda assim úteis para uma análise mais global. À medida que aumentamos a escala (áreas maiores equivalem escalas mais pequenas), isto é, os nossos objetivos passam a ser nacionais, regionais ou locais, o grau de informação que

pretendemos é maior, requerendo menos a utilização de modelos e mais dados resultantes de processos de amostragem intensos, *in situ*, tendo cada vez mais detalhe e maior robustez estatística (Tabela 1).

Tabela 1. Processo de mapeamento de habitats em função da escala, processo de aquisição e dados, objetivo e acurácia e resolução (Davies & Young, 2008))

Top down	SCALE	PROCESS	PURPOSE	ACCURACY & RESOLUTION
	>1:250,000	Modelling with the key universal physical factors which are derived from multiple sources of information often many stages removed from original survey data	Summarise knowledge of broad trends in habitat distribution to give context for finer scale information	Low resolution & accuracy, but broad trends robust and explanatory power stands up to scrutiny from scientific community and other users
	1:100,000	Modelling with coverages & datasets from coordinated survey campaign	Broadscale prediction of distribution of major habitat types or key species	Statistically derived predictions that should be tested with stratified survey
	1:50,000	Interpretation of incomplete coverages reliant upon interpolation	Indicative description of trends in distribution of comprehensive range of major habitats	Maps of modest accuracy but sufficient for spatial inventory as basis for further survey
	1:25,000	Modelling & classification with single survey, comprehensive coverage	Detailed description of the distribution of comprehensive range of habitats	Accuracy measured and at least moderately high and with expectation of good predictive power of map
	1:10,000	Intensive survey using techniques selected for the detection of target habitats	Statistically robust map of extent and boundaries of target habitats	Surveys designed to be repeatable and statistically comparable
Bottom up	1:5,000			

Uma das primeiras etapas no processo de mapeamento, depois de definida a área e objetivos é uma análise de lacunas, ou seja, um levantamento dos dados requeridos que estejam em falta, quer por não existirem, quer por terem baixa cobertura espacial ou ainda baixa resolução. Desta análise preliminar resulta a escolha dos dados a obter, quer por métodos de aquisição diretos (amostragens), quer através de modelação (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de lacunas de dados a recolher no âmbito de um processo de mapeamento de habitats. Exemplo do mapeamento dos habitats associados aos canhões submarinos de São Vicente (Sagres) e Portimão (Gonçalves et al., 2013)

**Gap Analysis Summary**  
**for/Análise sumária de**

**lacunas para:**

Sagres & Portimão

**Details of mapping area/ Detalhes da área mapeada:** 10 x 4 km. Depth range/interval de profundidades 0 to 80 m. Fully saline/Salino.

Unconsolidated sediments and rock outcrops / Sedimentos não consolidados e afloramentos rochosos.

Existing seabed sediment and solid geology maps available/

Disponibilidade de mapas da geologia dos fundos marinhos.

**Details of mapping área/Detalhes da área mapeada:**

Data Types / Tipos de dados	Required / Requeridos	Available / Disponíveis	Is the data suitable ? Os dados são adequados?		Are new data needed? São precisos novos dados?	
			Quality / Qualidade?	Coverage / Cobertura?	From survey / De amostragem	From model / De modelos
<b>Elevation/Elevação</b>						
Topography (heights)/Topografia (alturas)						
Bathymetry (depths)/Batimetria (profundidades)	yes/sim	yes/sim	poor/pobre	no/não	yes/sim	
Slope/Declive	yes/sim	yes/sim	poor/pobre	no/não	yes/sim	
<b>Geological/Geológicos</b>						
Lithology/Litologia	no/não				no/não	
Sediment thickness/Espessura do sedimento	no/não				no/não	
Sediment (substrate types)/Sedimento (Tipos de substrato)	yes/sim	yes/sim	fair/razoável	no/não	yes/sim	
Bedforms/Bancos ou camadas	yes/sim	no/não			yes/sim	
Granulometry (PSA)/Granulometria	yes/sim	yes/sim	fair/razoável	no/não	yes/sim	
Geotechnical properties/Propriedades geotécnicas	no/não				no/não	
<b>Biological/Biológicos</b>						
Infauna	yes/sim	yes/sim	fair/razoável	no/não	yes/sim	
Epifauna &/or/ou Epiflora	yes/sim	no/não			yes/sim	
Structural fauna (reefs)/Fauna estrutural (recifes)	yes/sim	yes/sim	fair/razoável	no/não	yes/sim	
<b>Physical/Oceano/nãographic</b>						
Temperature/Temperatura	no/não	Model/modelo	good/bom			
Light penetration/ Penetração da luz	yes/sim	Model/modelo	good/bom	yes/sim	no/não	no/não
Wave exposure/Exposição às ondas	yes/sim	Model/modelo	fair/razoável	yes/sim	no/não	yes/sim
Salinity/Salinidade	no/não	Model/modelo	good/bom			
Wave base/Base da onda	yes/sim	Model/modelo	fair/razoável	yes/sim	no/não	yes/sim
Tides and currents/Marés e correntes	yes/sim	no/não			no/não	yes/sim
Seabed shear stress/Tensão de cisalhamento do fundo do mar	yes/sim	no/não			no/não	yes/sim
Turbidity/Turbidez	no/não	no/não				
<b>Others/Outros</b>						
Authors/Autores:						

## 7. PARTE 3: ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM E MÉTODOS DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Como fazer os mapas?

Uma vez, estabelecidos os objetivos, definidas as áreas e sabendo os dados que é necessário adquirir, comparam-se os métodos de aquisição de dados mais apropriados aos tipos de fundos, turbidez, correntes, altura das ondas, profundidade e declive e descrevem-se e discutem-se as melhores estratégias de amostragem.

Os dados básicos a um mapeamento de habitats marinhos são a batimetria (profundidade) e o tipo de fundos (sedimentos, rochas). Para obter estas variáveis há muitos métodos, mas os mais usados são sistemas baseados na reflexão da luz (LiDAR) ou do som (Sonar de Varrimento Lateral - SVL e Sondas Multifeixes -SM) (Fig. 5).

No caso do LiDAR (*Light detection and ranging*) ou sistema de varrimento a laser, é operado a partir de uma aeronave e é particularmente efetivo na zona de transição terra-mar. Os seus levantamentos proporcionam a elaboração de mapas 3D de forma rápida e de alta precisão por comparação com outros métodos de deteção remota, apresentando custos mais reduzidos. A qualidade dos seus dados no mar reduz-se em função da profundidade e da turbidez das águas, sendo este o seu principal fator limitante.

O SVL é um sistema acústico que é rebocado por uma embarcação e que ao medir a intensidade da reflexão do som, e ao criar imagens de sombra de elevações naturais (e.g., *ripple-marks*, depósitos sedimentares, rochas) ou de objetos acima do fundo (e.g., naufrágios), permitem ter um mapa detalhado de fundos marinhos. No mapeamento de habitats é muito utilizado em zonas costeiras de infralitoral em que a complexidade de fundos é elevada.

O sistema de sonda multifeixes é baseada num conjunto de transdutores instalados a bordo de uma embarcação, que cobrem, durante a deslocação da mesma, uma faixa do fundo ao invés de apenas uma linha ou feixe. Os SM mais avançados são portáteis, têm uma imagem acústica de elevada resolução (<0,2m) e permitem grandes

coberturas, que aumentam com a profundidade, diminuindo custos de operação. Os dados brutos adquiridos pela SM, permitem ter mapas 3D, com parâmetros essenciais para a modelação da distribuição de espécies e habitats (e.g. declive, rugosidade).

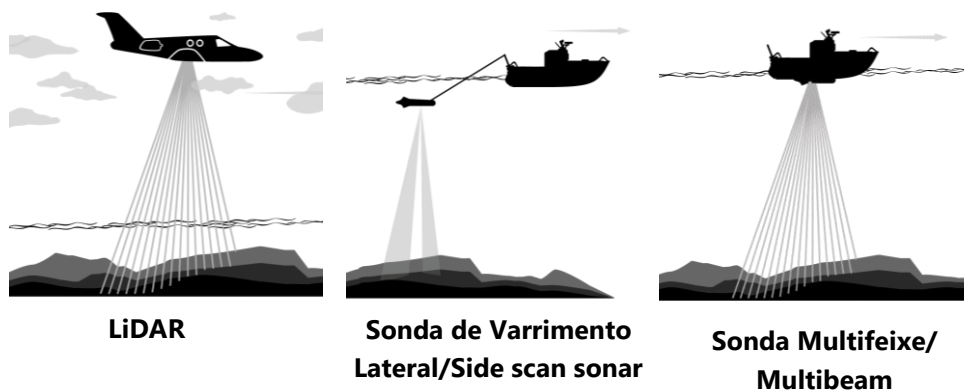


Fig. 5. Métodos de aquisição de batimetria e tipo de fundos: LiDAR (*Light detection and ranging*), Sonda Sonda de Varrimento Lateral e Sonda Multifeixe (Gravuras: Frederico Oliveira)

Este tipo de levantamento por deteção remota, necessita de uma validação de campo relativa ao tipo de fundo e sedimento (dragas e análises de granulometria), sendo esta uma forma eficaz e relativamente económica de produzir mapas de habitats com níveis aceitáveis de confiança e precisão.

Para um mapeamento biológico, os métodos dividem-se em dois blocos consoante os fundos são móveis (sedimentos) ou fixos ou duros (rochas) (Fig. 6). Para o substrato móvel subtidal (areias, cascalhos e lamas) os métodos mais comuns são as dragas e *corers* para a fauna que vive dentro do sedimento (infauna) e arrasto de vara para a fauna que vive acima do sedimento (epifauna). No intermareal móvel, é normal a utilização de *corers* para aferir a infauna e mais raramente quadrados para a epifauna. Para o substrato rochoso, os métodos mais adequados para a zona subtidal costeira (até 30m) e para megafauna e macroalgas são os censos visuais por mergulho científico (transetos e quadrados) e os sistemas de observação vídeo indireta para zonas mais profundas (ROV, AUV, *Drop Cameras*, *Landers*, BRUVs). Para a infauna, são

utilizadas raspagens de quadrados. No intermareal rochoso, são usados métodos de transecto e quadrado e mais recentemente tecnologias drone.

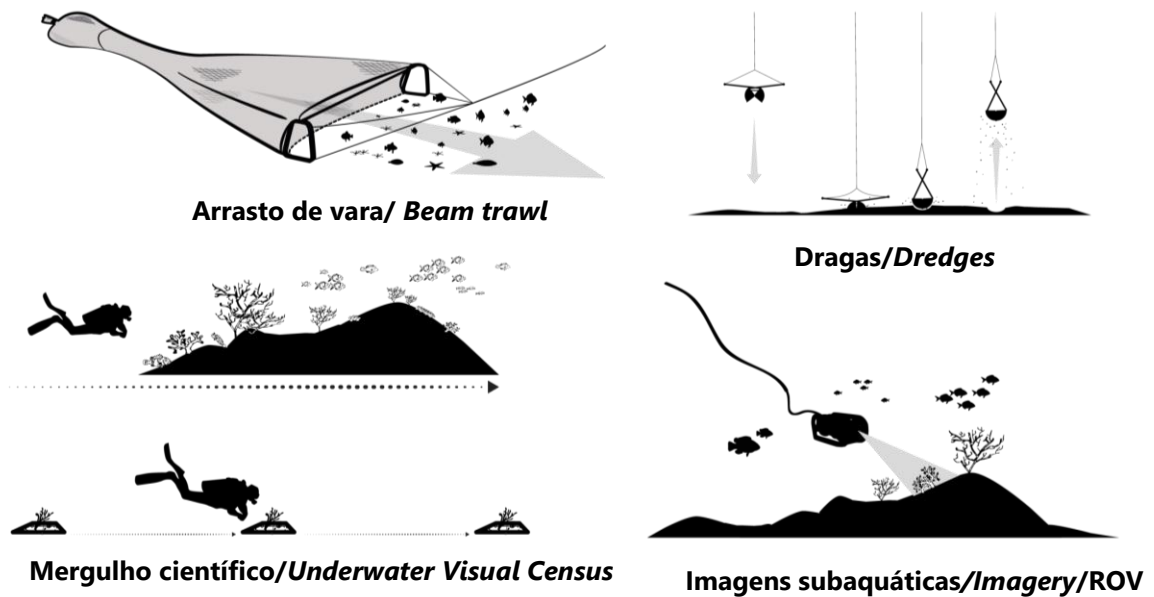


Fig. 6. Métodos de amostragem biológica em substrato móvel (dragas e arrasto de vara) e em substrato rochoso (censos visuais por mergulho científico com técnica de quadrado e transectos) e robots subaquáticos com câmaras de vídeo operados remotamente (ROV) (Gravuras: Frederico Oliveira)

Depois de escolhidos os métodos de amostragem teremos de acertar o desenho experimental em função dos objetivos (Fig. 7), podendo este ser aleatório simples ou aleatório estratificado em função, por exemplo, da profundidade e do tipo de fundo. As estratégias práticas de amostragem não estão frequentemente em conformidade com os modelos teóricos, em muitos casos, a solução pragmática em que se pretende um equilíbrio entre a representação espacial, amostrando todos os tipos de fundo, mas obtendo amostras replicadas de uma seleção representativa de cada um, conferindo robustez estatística à modelação espacial.

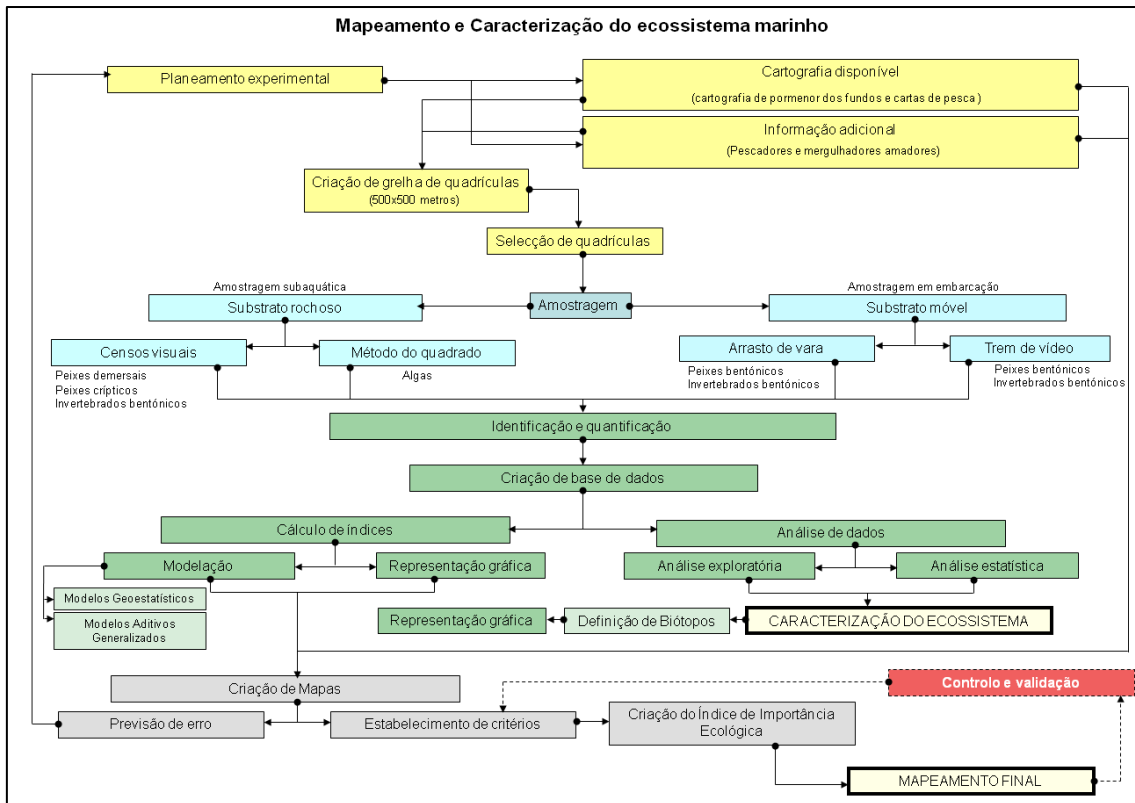


Fig. 7. Fluxograma do planeamento experimental desenvolvido para o mapeamento e caracterização das biocenoses marinhas da Reserva Ecológica Nacional submarina do Algarve (Gonçalves et al., 2004, 2007, 2008, 2010)

## 8. PARTE 4: CONSTRUÇÃO DO MAPA

Feitas as amostragens no mar e a recolha de dados históricos disponíveis, os dados recolhidos são inseridos em bases de dados georreferenciadas, numa plataforma SIG (Sistema de Informação Geográfica), recorrendo-se à análise multivariada para o tratamento de dados básico, e à geoestatística e a outros métodos de análise, como os modelos lineares e aditivos generalizados (GLM, GAM, GAMM) ou redes neuronais, para cartografar as várias variáveis analisadas (diversidade, densidades, índices compostos). Estes mapas são superfícies estimadas e incluem obviamente a variabilidade associada que deverá estar igualmente mapeada. De facto, embora algumas características biológicas possam ser detetadas diretamente por imagens de satélite ou sondas multifeixes, por exemplo as pradarias de ervas marinhas e os mangais, a maioria dos mapas de habitats contendo informações biológicas são o resultado de modelos de distribuição (uma família de modelos correlativos

relacionados, que inclui modelos de adequação de habitat, modelos de envelope bioclimático, modelos de nicho ecológico ou modelos de distribuição de espécies (Elith e Leathwick, 2009; Fabbrizzi et al., 2020; Melo-Merino et al., 2020). Há vários tipos de modelos de distribuição de habitats biogénicos: 1) modelos de correlação que usam apenas as presenças de espécies (não havendo dados acerca das ausências; exemplo: programa MAXENT)(Elith et al., 2011); 2) modelos de correlação com ausências e presenças que podem ser combinados com análise multivariada para prever a distribuição de comunidades biológicas (exemplos: GLMs, GAM, Floresta de Decisão Aleatória/*Random Forest*, Árvores de regressão/*Boosted regression trees*) (Ramiro-Sánchez et al., 2019); modelos de abundância em que a variável resposta inclui informação sobre a abundância da espécie estudada (em número ou peso) e são normalmente utilizados para criar mapas de habitats essenciais para peixes (EFH; áreas de viveiro e reprodução) e 4) modelos de comunidades que podem ser de 3 tipos, “previsão primeiro /amostragem depois” (ver Burgos et al., 2020), “amostragem primeiro/previsão depois” (ver Torriente et al., 2019) ou “amostragem e previsão simultânea”, sendo este último considerado como o que oferece mais vantagens dos 3 referidos (Ovaskainen et al., 2016).

## 9. PARTE 5: ANÁLISE DE CONFIANÇA E GESTÃO DE DADOS

Um mapa de habitats marinho é muito mais complexo que um mapa de habitats terrestre, pois está muito mais dependente de variáveis de correlação (*proxies*) e de resultados de modelos com elevada variabilidade. Os erros na construção de um mapa de habitats marinho são cumulativos, começando na estratégia e nos métodos de amostragem de deteção remota passando pelos erros associados ao levantamento biológico e terminando na interpretação e tratamento dos dados e consequente classificação. Os erros são sobretudo ao nível da resolução, cobertura, posicionamento, validação e standardização.

A complexidade e a variedade das fontes de erro num mapa de habitats marinho (Ratray et al., 2014, Havron et al., 2017) leva a que não exista uma única forma quantitativa eficaz para descrever o nível de confiança que lhe está associado.

Contudo, como qualquer produto científico estes mapas necessitam de ser robustos e de incluir alguma forma de estimar a incerteza. Várias tentativas forma feitas nesse sentido, na forma de ferramentas semi-quantitativas, contribuindo, de certa forma, para colmatar a lacuna existente (Davies & Young, 2008, Mitchell et al., 2018) (Tabela 3 e Fig. 8 e 9).

Tabela 3: Ferramenta MESH de avaliação de confiança de um mapa de habitats marinho (Davies & Young, 2008)

	Feature ?	Info?	Quality	Weighting	Individual Score	Group Score	Rating
HOW GOOD IS THE REMOTE SENSING?	No Remote Sensing >	<input type="checkbox"/>					
	Remote Techniques ?	<input type="checkbox"/>	1 2 3	<input type="range"/>	Item score = 0	0 / 100	Export
	Remote Coverage ?	<input type="checkbox"/>	1 2 3	<input type="range"/>	Item score = 0		
	Remote Positioning ?	<input type="checkbox"/>	1 2 3	<input type="range"/>	Item score = 0		
	Remote Standards ?	<input type="checkbox"/>	1 2 3	<input type="range"/>	Item score = 0		
	Remote Vintage ?	<input type="checkbox"/>	1 2 3	<input type="range"/>	Item score = 0		
HOW GOOD IS THE GROUND-TRUTHING?	No Ground-Truthing >	<input type="checkbox"/>					
	Biological GT Technique ?	<input type="checkbox"/>	1 2 3	<input type="range"/>	Item score = 0	0 / 100	Score = 0 Total = 0 / 18
	Physical GT Technique ?	<input type="checkbox"/>	1 2 3	<input type="range"/>	Item score = 0		
	Position ?	<input type="checkbox"/>	1 2 3	<input type="range"/>	Item score = 0		
	Sample Density ?	<input type="checkbox"/>	1 2 3	<input type="range"/>	Item score = 0		
	Standards Applied ?	<input type="checkbox"/>	1 2 3	<input type="range"/>	Item score = 0		
Vintage ?	<input type="checkbox"/>	1 2 3	<input type="range"/>	Item score = 0			
HOW GOOD IS THE INTERPRETATION? ...OVERALL MAP?	No Interpretation >	<input type="checkbox"/>					
	GT interpretation ?	<input type="checkbox"/>	1 2 3	<input type="range"/>	Item score = 0	0 / 100	
	Remote interpretation ?	<input type="checkbox"/>	1 2 3	<input type="range"/>	Item score = 0		
	Detail Level ?	<input type="checkbox"/>	1 2 3	<input type="range"/>	Item score = 0		
	Map accuracy ?	<input type="checkbox"/>	1 2 3	<input type="range"/>	Item score = 0		

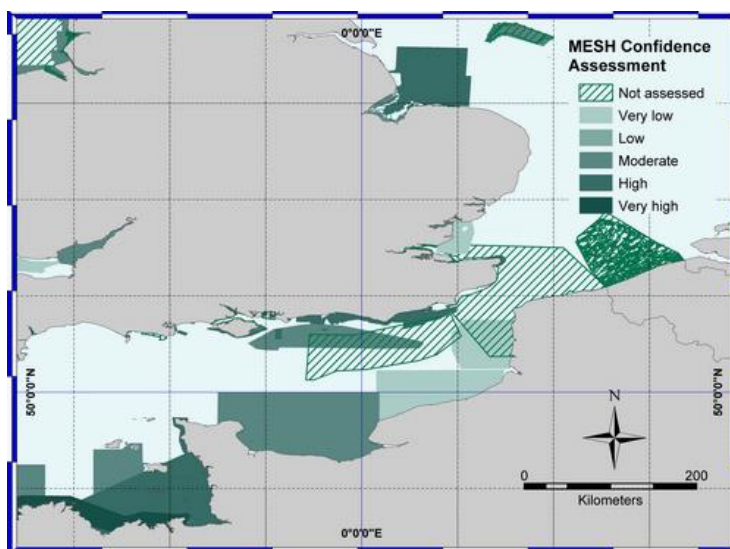


Fig. 8. Exemplo 1 de aplicação do sistema de avaliação de confiança MESH (Davies & Young, 2008)

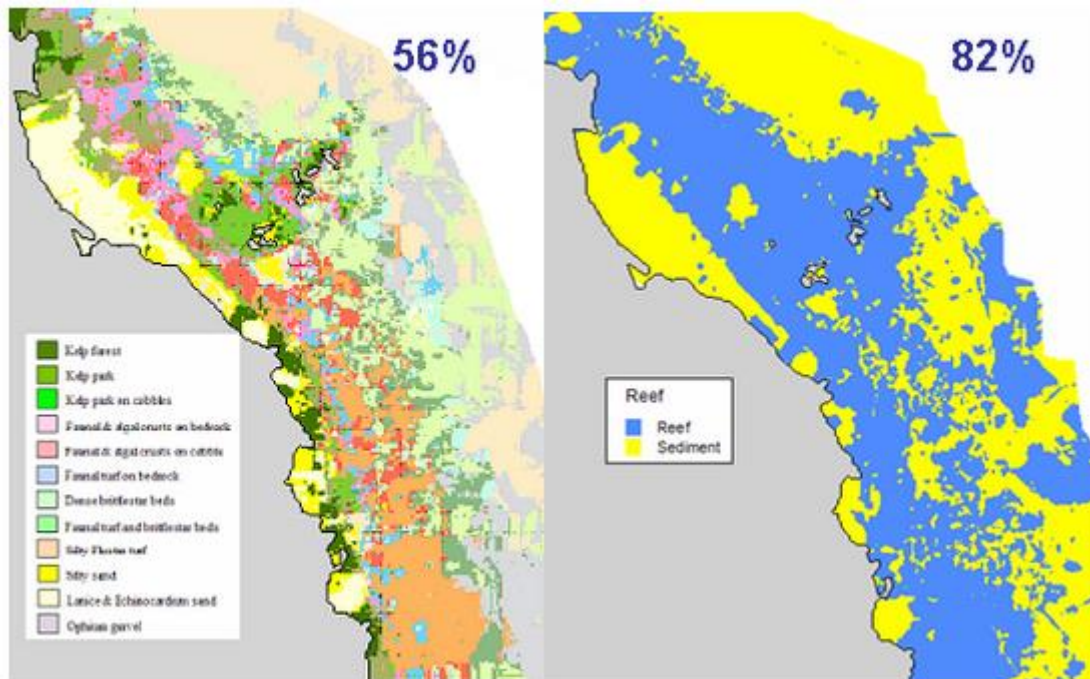


Fig. 9. Exemplo 2 de aplicação do sistema de avaliação de confiança MESH. Duas versões do mesmo mapa mostrando diferentes níveis de precisão e confiança: 12 classes de formas de vida (à esquerda) e dois tipos de habitat (à direita) (Davies & Young, 2008).

Os processos de mapeamento de habitats geram volumes consideráveis de dados e é muito importante que práticas sólidas de gestão de dados sejam implementadas para descrever como os dados foram recolhidos e processados e como os mapas resultantes foram desenvolvidos. O termo “metadados” é usado para o conjunto de informações que descrevem os dados (em que consistem, quem os detém, quando, onde e como foram produzidos ou recolhidos), isto é, são fichas sobre a informação geográfica, constituindo a base de qualquer tipo de pesquisa em geocatálogos, geoportais ou infraestruturas de informação geográfica. Um catálogo de metadados reúne várias fichas, promovendo e facilitando a sua pesquisa.

A estrutura das bases de dados seguida pelas principais organizações e geoportais internacionais (OBIS, GBIF), europeus (EMODNET) e nacionais (ICNF, SNIMAR) segue a referência DARWIN CORE (*Darwin Core Archive Data Structure*). O Darwin Core é um conjunto de padrões para informática associados à biodiversidade, fornecendo termos

e vocabulários estáveis e standard para compartilhar dados de biodiversidade (Wieczorek et al. 2012, DCMG, 2021) (Fig. 10).

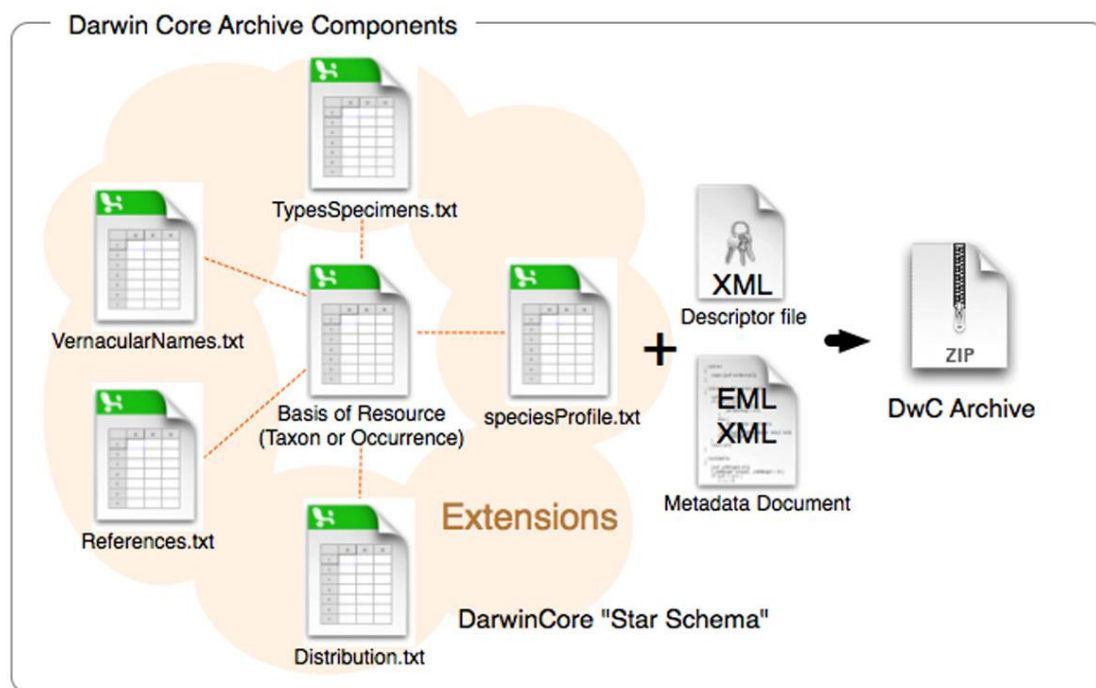


Fig. 10. Componentes da Estrutura Darwin Core (GEOBON, 2023)

Já o perfil de metadados (Fig. 11) seguido é mais heterogêneo sendo [GBIF EML profile](#) para a OBIS, enquanto que na Europa, todas as instituições deverão seguir a diretiva 2007/2/CE do parlamento europeu e do conselho (EC, 2007), que estabelece uma infraestrutura Europeia de informação geográfica (INSPIRE). Esta diretiva obriga os Estados-Membros a gerirem e a disponibilizarem os dados e os serviços de informação geográfica (IG) de acordo com princípios e disposições comuns, nomeadamente de metadados, interoperabilidade de dados e serviços, utilização de serviços de IG, princípios de acesso e partilha de dados. No caso dos metadados, existe uma caracterização técnica da IG (e.g. escala, sistema de referência, qualidade, extensão geográfica e temporal, contactos dos responsáveis), e deve igualmente incluir as ligações para o acesso aos dados através de serviços de internet, assim como a descrição das condições de acesso (i.e. política de dados).

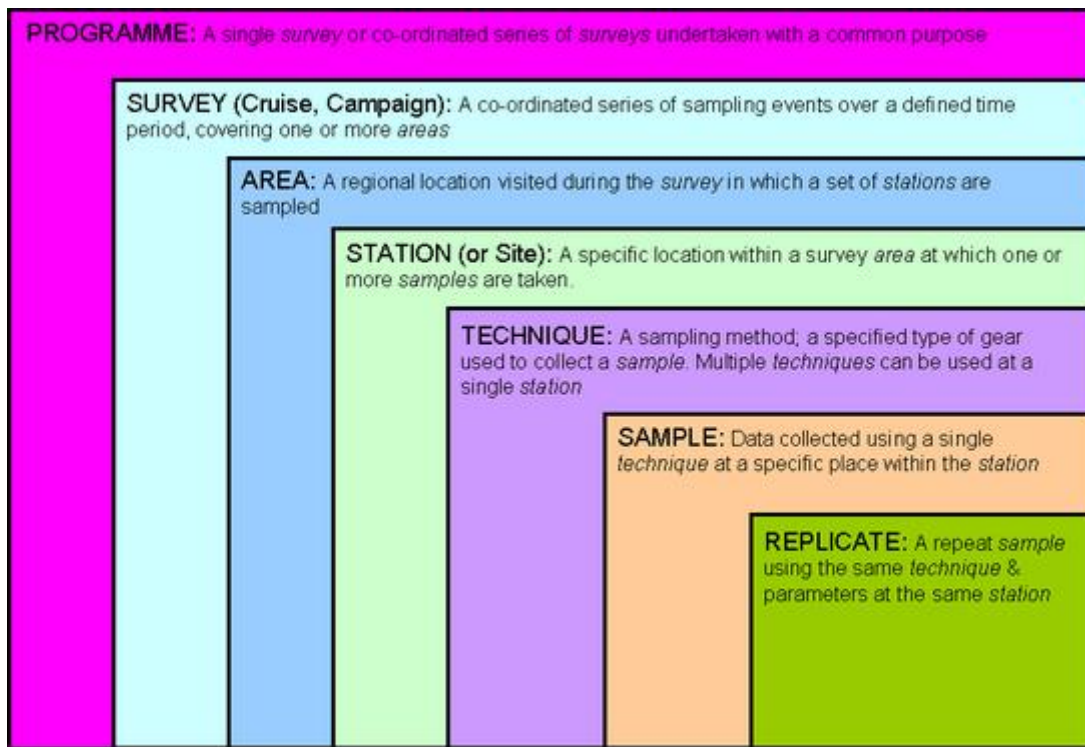


Fig. 11. Metadados: estrutura hierárquica da organização de dados de uma amostragem (Davies & Young, 2008)

Em Portugal, o geoportal associado ao mar é o SNIMAR, Sistema Nacional de Informação do Mar (<http://snimar.pt/index.php>), enquanto que a nível Europeu é o EMODNET, European Marine Observation and Data Network (<https://emodnet.ec.europa.eu/en/seabed-habitats>) o WEBGIS que reúne todos os dados ligados ao mar desde a batimetria às atividades humanas, passado pela biologia e habitats marinhos.

E, por exemplo, nos 3 maiores parques marinhos de Portugal (PNSACV; PNLS; PNLN), os registos de biodiversidade são devidamente georreferenciados, são arquivados numa base de dados SQL espacial, segundo o Darwin core (Fig. 12). Esta base de dados está associada a uma estrutura *open-source* (e.g. QGIS), utilizando tabelas relacionais, descritivas de cada elemento base, como por exemplo, a taxonomia, com uma ligação ao geoportal de taxonomia WORMS (WORMS, 2023); que faz também resolução automática de erros e sinonímia), seguindo um perfil de metadados INSPIRE, com um *front-web* para visualização, submissão, edição e download de dados e com interoperabilidade com sistemas pré-existentis de informação geográfica, nomeadamente do ICNF e SNIMar.

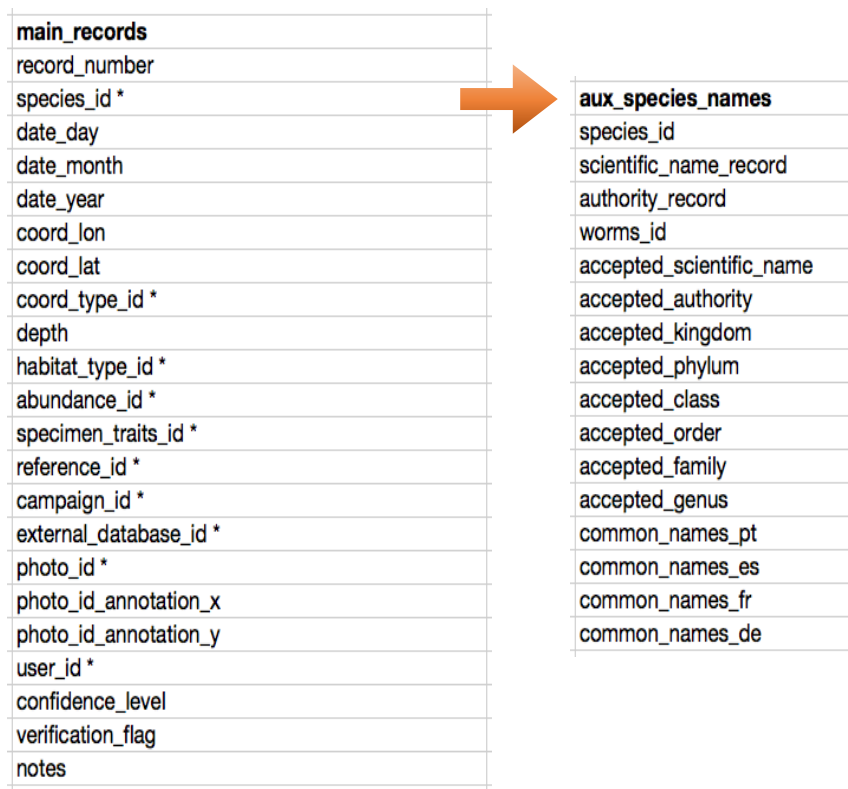


Fig. 12 Exemplo de tabelas relacionais numa base de dados de biodiversidade marinha dos projetos MARSW e IFORBIOMARES, associados aos Parques Marinhos do Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina e Parque Natural Luis Saldanha, respetivamente.

## 10. PARTE 6: CLASSIFICAÇÃO DE HABITATS (EUNIS)

Depois de organizados os dados da cartografia dos fundos marinhos da costa algarvia, em termos de batimetria e tipo de substrato (areias e rocha), passa-se à produção dos primeiros mapas de habitats marinhos portugueses segundo os standards Europeus (EUNIS) (Fig. 13).

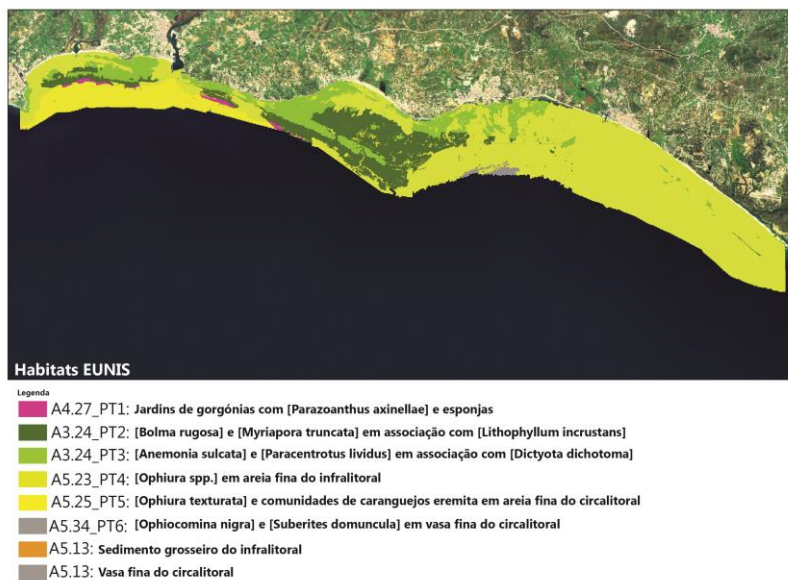
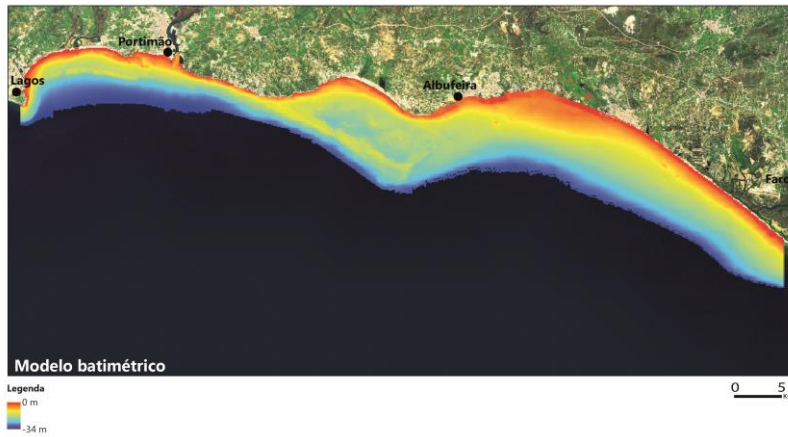


Fig. 13. Mapas de batimetria (A), tipo de fundos (B) e habitats e biodiversidade marinha segundo a classificação EUNIS (C) na costa central do Algarve (RENSUB/MESHATLANTIC; Gonçalves et al., 2016)

O Sistema Europeu de Informação sobre a Natureza (EUNIS) é um sistema de classificação de habitats naturais e artificiais, terrestres, dulçaquícolas e marinhos que visa a harmonização da descrição de habitats e biótopos, tendo sido desenvolvido pela Agência Ambiental (EEA) da União Europeia, em colaboração com especialistas de instituições de toda a Europa. O sistema EUNIS aplicado ao meio marinho é uma classificação hierárquica que compreende pelo menos seis níveis de complexidade dependendo do tipo de fundos, zonas ecológicas (por exemplo, infralitoral e circalitoral), exposição às ondas costeiras e comunidades biológicas (Connor et al., 2004; Galparsoro et al., 2012) (Fig. 14).



Fig. 14 Níveis principais do sistema de classificação de habitats Europeu EUNIS (*European Nature Information System*) aplicado ao meio marinho (Monteiro et al., 2013a).

O ambiente marinho (A\_Marinho) subdivide-se em 8 categorias, segundo critérios dicotómicos como por exemplo, o tipo de estrato (associado a gelo ou à coluna de água), se em imersão permanente (sim ou não) ou tipo de substrato (móvel ou duro). As categorias resultantes são: A1- Rochas litorais e outros substratos duros, A2 Sedimentos litorais, A3 – Rochas infralitorais, A4 – Rochas circalitorais, A5 – Sedimentos sublitorais, A6 – Mar profundo, A7 – Meio pelágico e A8 - Habitats de gelo (Fig. 15).

**A: EUNIS Habitat Classification: criteria for marine habitats (A) to Level 2**

Note that the key to Level 1 shows two pathways to reach habitat type A: these are recombined here. (number) refers to explanatory notes to the key (see following page).

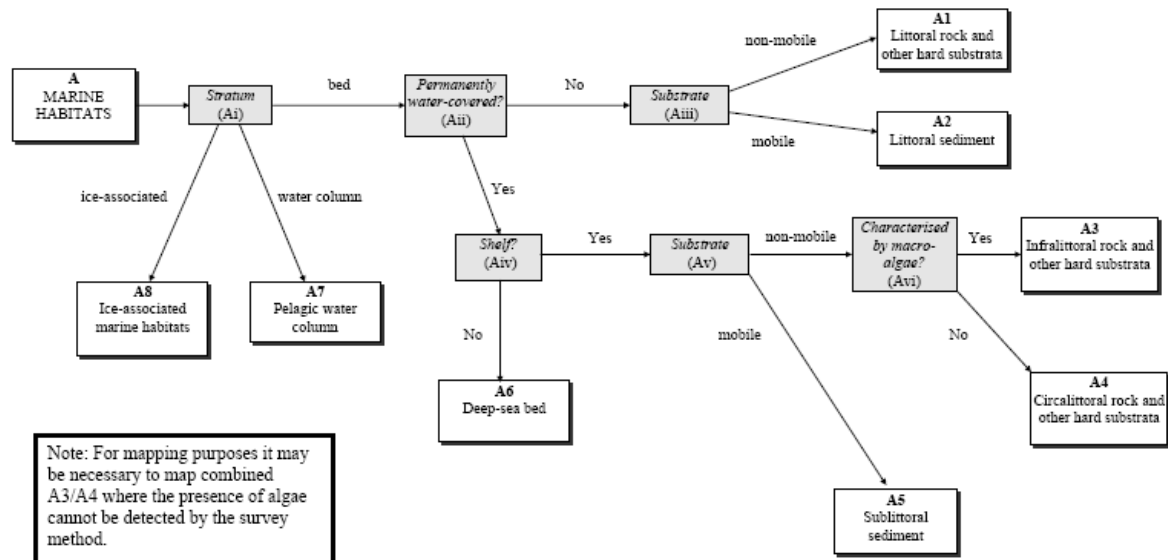


Fig. 15. Principais categorias da classificação EUNIS para o meio marinho (EEA, 2023) até ao nível 2.

Cada uma destas categorias, subdivide-se em novas subcategorias que descrevem cada vez com mais detalhe os habitats respetivos (sedimentos grosseiros, areias, lodos, sedimentos mistos, sedimentos dominados por macrófitas, recifes biogénicos, sedimentos particulares) (Fig. 16).

Segundo Moss (2008), um habitat EUNIS poderá estar representado terá de ocupar pelo menos 1-100 m<sup>2</sup>, não existindo limite superior para a escala do maior. Numa escala maior, poderão vir a ser descritos 'microhabitats', geralmente ocupando menos de 1m<sup>2</sup> que são importantes para alguns invertebrados menores e plantas inferiores. Numa escala menor, os habitats podem ser agrupados como 'complexos de habitat', que são combinações ou mosaicos de ocorrência frequente de tipos de habitat individuais, geralmente ocupando pelo menos 10 ha (0,1km<sup>2</sup>), que podem ser interdependentes. Os estuários, combinando água das marés, planícies lodosas, sapais e outros habitats litorais, são disso um bom exemplo (Moss, 2008).

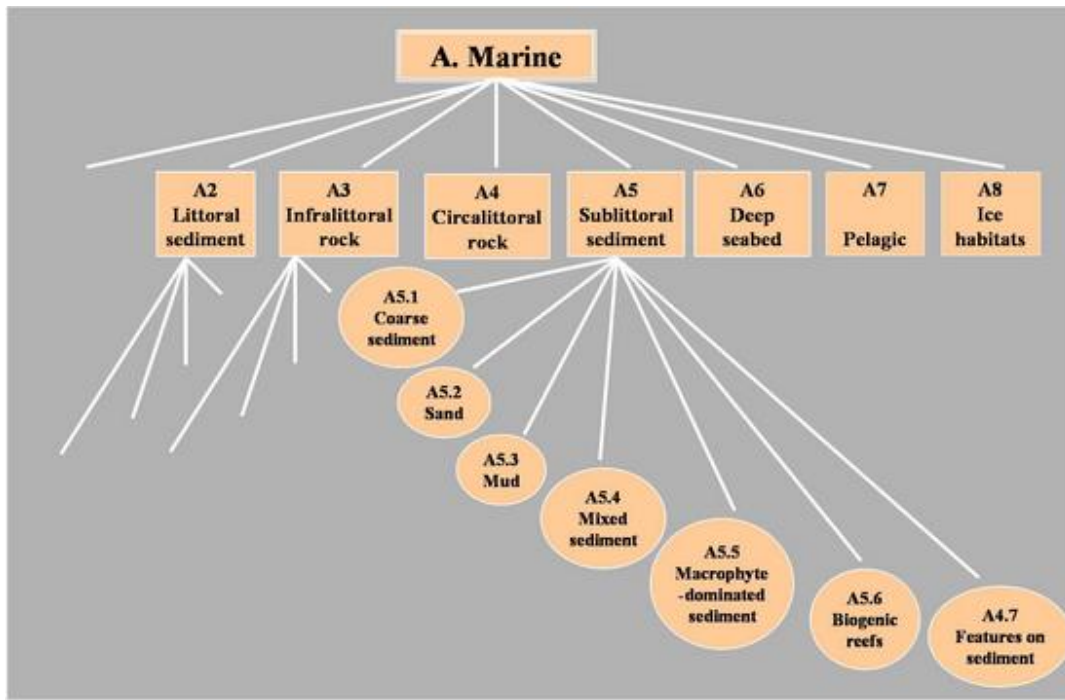


Fig. 16. Principais categorias da classificação EUNIS para o meio marinho, com exemplo de desagregação no caso dos sedimentos sublitorais, nível 3 (EEA, 2023)

A primeira grande divisão na parte marinha bentónica da classificação EUNIS é baseada nas principais zonas biológicas (relacionadas à profundidade) e tipo de substrato. O nível 3 da classificação reflete as principais regiões biogeográficas dos mares da Europa com base em suas distintas combinações de salinidade e regimes de temperatura (Ártico, Báltico, Atlântico, Mediterrâneo e Mar Negro). Uma primeira revisão foi publicada em 2019 e uma atualização desta versão referente principalmente ao mar regional Atlântico está disponível desde março de 2022 (EEA, 2023).

O zonamento ecológico pode ser estimado mediante o uso de dados de satélite (Sensor MERIS) que permitem calcular a fração de luz que chega ao fundo (Monteiro et al., 2015). Estudos indicam que as algas e macrófitas marinhas requerem um mínimo de 1% da luz que incide sobre a superfície. Este valor é usado como “proxy” para definir o limite inferior do infralitoral (Ballesta et al., 2000; McBreen and Askew, 2011). Relativamente à energia da costa, pode ser considerado em 3 categorias: energia alta, moderada ou fraca.

Na identificação dos habitats até ao nível 4 da classificação, utilizam-se as ferramentas existentes nos softwares de SIG como ArcGIS ou QGIS. O “raster calculator” do ArcGIS, por exemplo, permite identificar e hierarquizar as áreas correspondentes a cada um dos níveis de acordo com a classificação física e hidrodinâmica. As camadas “raster” são conjugadas depois de considerar um conjunto de códigos (Fig. 17).

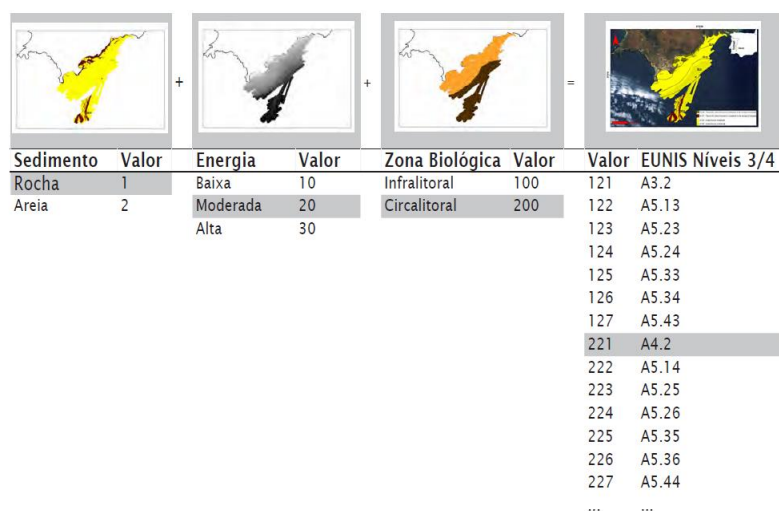


Fig. 17. Exemplo do método de combinação de variáveis ambientais necessárias como inputs da calculadora raster para atingir a classificação hierárquica EUNIS final (Monteiro et al., 2013a).

Ao realizar amostragens em áreas de nível 4 pode-se chegar a nível de detalhe biológico superior, suficiente para caracterizar os biótopos, isto é, nível 5. As matrizes de dados de abundância/densidades podem ser usadas em análises multivariadas permitindo agrupar os locais amostrados de acordo com a sua similaridade pela conjugação da análise de Clusters (e.g. *Hierarchical cluster analysis*), com representações nMDS (*Non-metric Multi-Dimensional Scaling*), análise de similaridades e/ou análises PERMANOVA. Através destas análises é possível avaliar a integridade das comunidades existentes em cada uma das áreas. As espécies características de cada biótopo podem ser obtidas através da conjugação das espécies que contribuíram pelo menos em 1% para a similaridade (*SIMPER analysis*) (Clarke et al., 2014) e do valor indicador (IndVal) (Dufrêne & Legendre, 1997; Monteiro et al. 2013a).

Tabela 4 Critérios para o agrupamento de espécies características dos biótopos numa análise para classificação de habitats EUNIS nível 5 e superior segundo Monteiro et al. (2013a).

<b>Critério</b>	<b>Designação</b>	<b>Caracterização</b>
<b>1</b>	Análise de SIMPER	Foram escolhidas as espécies que representaram no total cerca de 70% da contribuição para a similaridade de cada um dos biótopos.
<b>2</b>	Frequência de ocorrência	Foram escolhidas espécies com presença em mais de 70% das amostragens efectuadas em cada biótopo.
<b>3</b>	Espécies mais abundantes	Foram escolhidas as espécies que representam cerca de 50% da abundância.
<b>4</b>	Espécies mais conspícuas	Foram escolhidas as espécies que de acordo com os investigadores eram mais conspícuas no biótopo.

## 11. PARTE 7: APLICAÇÕES

As aplicações do mapeamento de habitats marinhos são diversas e constituem desde logo uma resposta básica aos desafios sociais atuais nomeadamente os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas relativos à proteção da vida marinha (ODS14), mas também aqueles ligados com a produção e consumo sustentáveis (ODS12), e a ação climática (ODS13), entre outros.

Em primeiro lugar os mapas de habitats marinhos são conhecimento espacial básico acerca da maior parte do nosso planeta. Cumprem por isso uma missão ímpar na literacia dos oceanos e na compreensão pública do que são os oceanos e da necessidade de promover o seu uso sustentável (Kelly, et al., 2021). Esta premente transferência de conhecimentos sobre o oceano assenta em nos seguintes tópicos principais (Schoedinger et al., 2005): 1) A Terra tem um grande oceano com muitas características, 2) O oceano e a vida no oceano moldam as características da Terra, 3) O oceano tem uma grande influência no tempo e no clima, 4) O oceano torna a Terra habitável, 5) O oceano suporta uma grande

diversidade de vida e ecossistemas, 6) O oceano e os humanos estão inextricavelmente interligados, e 7) O oceano é amplamente inexplorado.

Esta componente de literacia passa pela maior inclusão de temas marinhos nos currícula dos vários níveis de ensino e pela disseminação aberta em geoportais de acesso FAIR, ie seguindo os princípios orientadores para gestão e administração de dados, que deverão ser facilmente localizáveis, acessíveis, interoperáveis e reutilizáveis (EMODNET, ATLAS,...).

EMODNET - *European Marine Observation and Data Network*



Com o objetivo de centralizar e disponibilizar esta informação à sociedade, a *European Marine Observation and Data Network*, projeto EMODnet Seabed habitats, tem vindo a compilar e publicar mapas de habitats de águas europeias desde 2009. Este esforço disponibilizou ao público cerca de 1000 mapas, dos quais 925 mapas de habitats marinhos originários de levantamentos em 6 áreas marítimas regionais (NE Atlântico, Báltico, Mar do Norte, Mediterrâneo e Mar Negro). Os mapas variam em termos de escala, resolução temática, sistema de classificação e método de criação, mas a maioria deles são traduzidos para a classificação EUNIS (58%), com um terço visando responder à Diretiva Habitat (32%) e apenas uma pequena fração adotando outros sistemas de classificação (10%). O Atlântico NE (50%) e o Mediterrâneo (25%) e o Mar do Norte (18%) são as áreas marítimas regionais com mais mapas representados no portal de dados.

A melhoria da literacia oceânica no que se refere aos mapas de habitats marinhos passará igualmente pela promoção de ações de ciência cidadã e pela divulgação científica de grande impacto como a transmissão em direto de campanhas de obtenção de dados sobre os habitats marinhos (Fig.18).

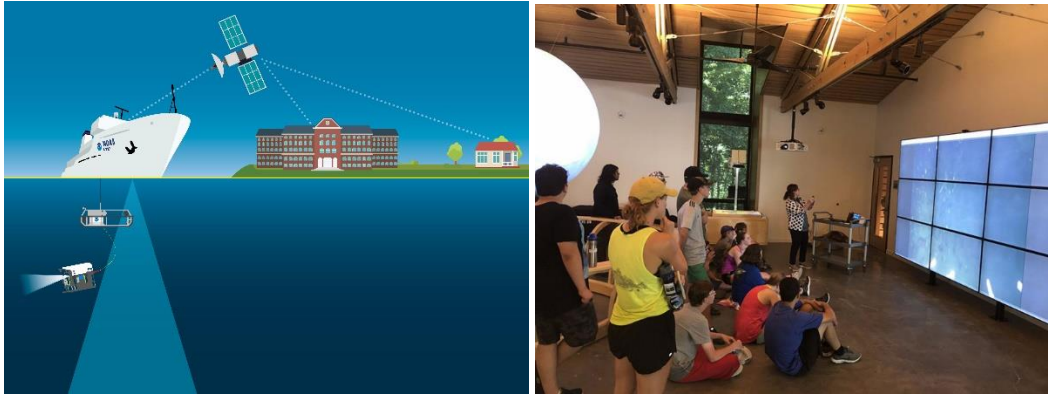


Fig. 18 Processo de telepresença que a NOAA Ocean Exploration usa para enviar e transmitir ao vivo, dados de sensores no navio de investigação Okeanos Explorer, nomeadamente imagens subaquáticas de ROV, de volta à costa e a todo o lado conectado à internet. NOAA Ocean Exploration (2023).

Como referido, a sua utilização mais requerida está relacionada com a proteção da vida marinha, cumprindo as várias políticas locais, regionais, nacionais, europeias e internacionais. Começando pelas mais locais e regionais temos os mapas de habitats marinhos utilizados para o desenho de Áreas Marinhas Protegidas de interesse comunitário ou para a monitorização dos efeitos de proteção e gestão espacial de AMPs já estabelecidas. Desde logo, porque os mapas permitem a deteção de hotspots de biodiversidade e mostrar a distribuição de habitats sensíveis, vulneráveis e ameaçados (Fig. 19).

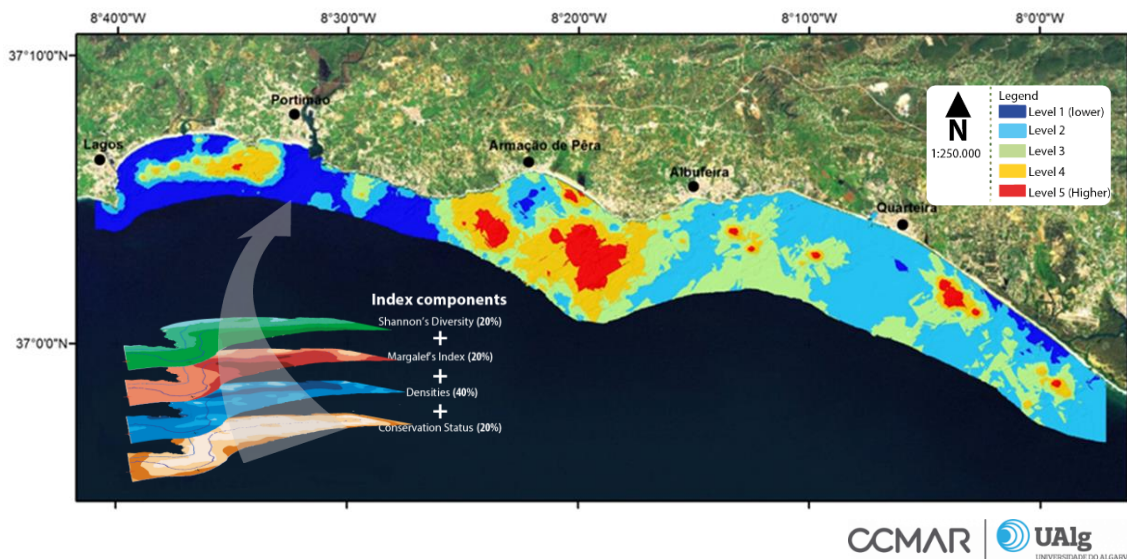


Fig. 19 Mapa de hotspots de biodiversidade marinha, baseado num índice composto por densidades, riqueza específica, diversidade e distribuição de espécies com estatuto de proteção (Gonçalves et al., 2016).

O mapeamento destes habitats marinhos prioritários conforme designados quer pela diretiva Habitats (Rede Natura 2000, Fig.20), quer por convenções regionais marítimas (RSC – *Regional Sea Conventions*) como a OSPAR (2023; NE Atlântico; Fig. 21), HELCOM (Mar Báltico), Barcelona (Mar Mediterrâneo) ou Bucareste (Mar Negro) é outra mais-valia, que pode e deve ser aproveitadas pelos estados para ações de conservação (e.g. AMPs).

A própria Diretiva quadro para a Estratégia Marinha (DQEM, Fig.22), é apoiada por mapas de base como os acima referidos e outros, que permitem aferir do bom estado ecológico dos mares europeus em função de 11 descritores que vão desde a biodiversidade (descritor 1) ao ruído (descritor 11) (DGRM, 2023).

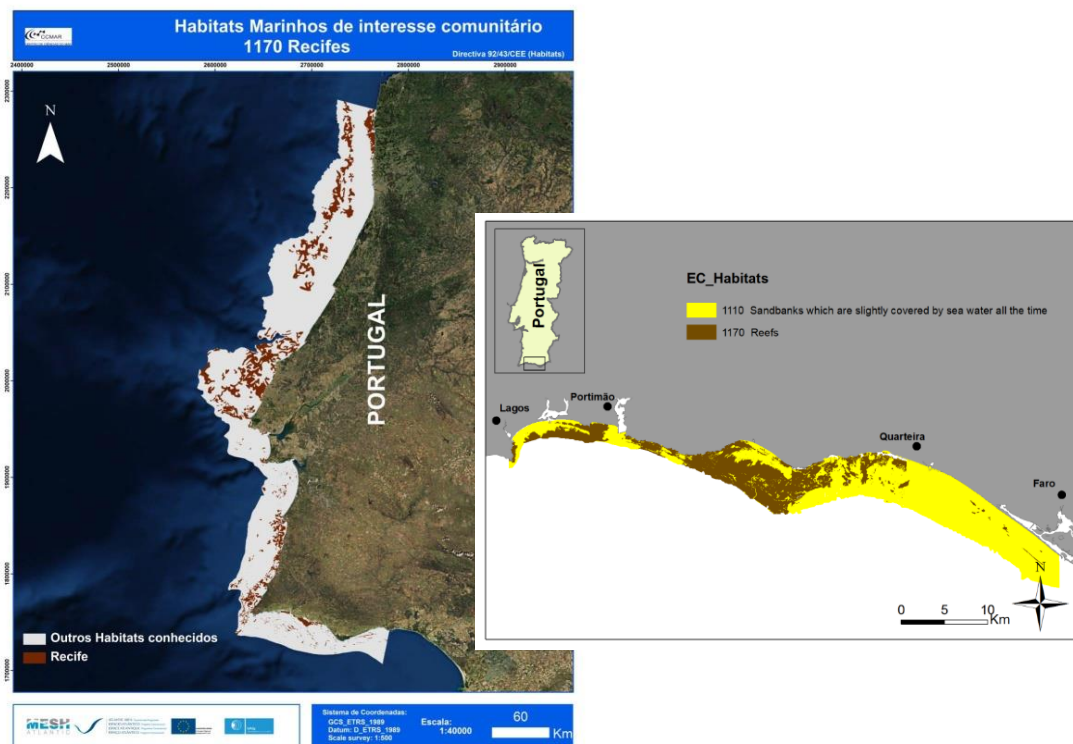


Fig. 20. Mapeamento de habitats segundo a diretiva europeia HABITATS. À esquerda o habitat 1170 Recifes para Portugal continental (Monteiro et al, 2013b) e à direita o habitat recifes referido e o habitat 1110 bancos de areia submersos de areias costeiras (Gonçalves et al., 2016).

### Point Data for OSPAR threatened and/or Declining Habitats

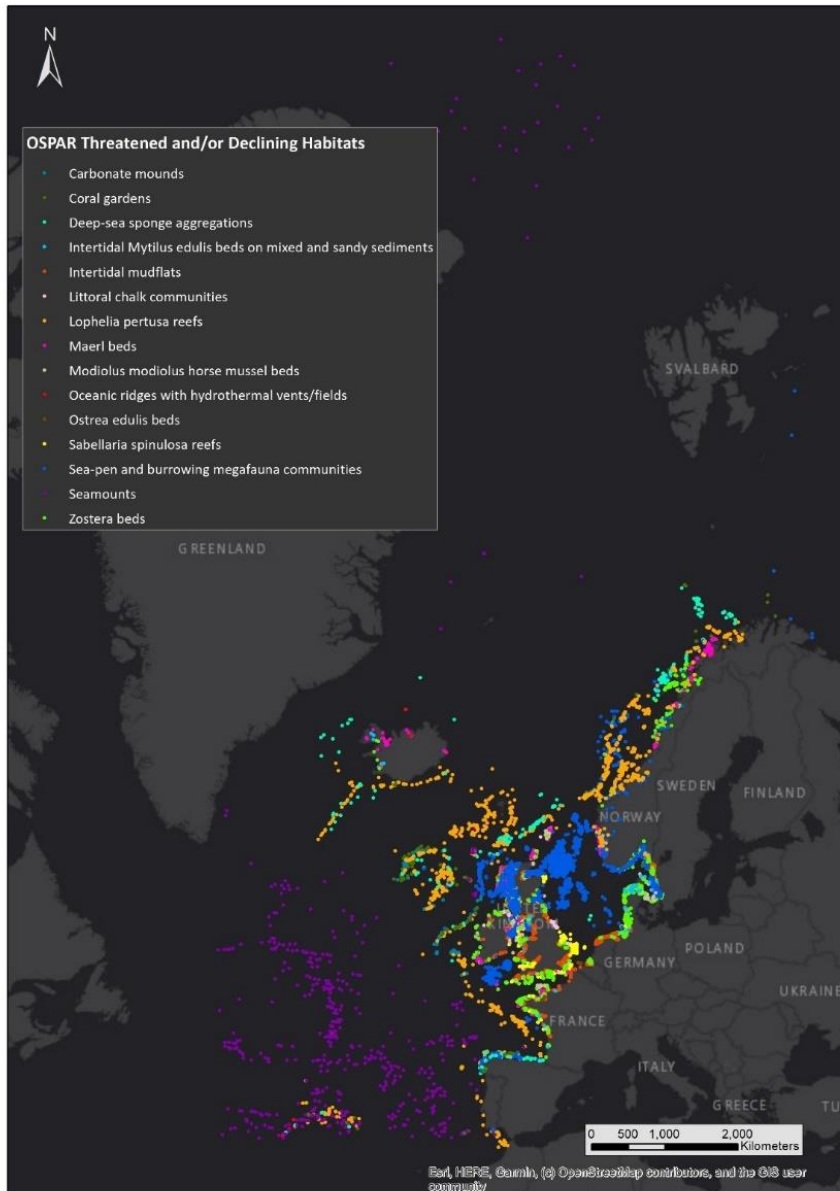


Fig. 21. Mapa de habitats marinhos (pontos) prioritários, ameaçados ou em declínio, segundo acordado na convenção OSPAR (2023).

Embora as classificações de habitats prioritários para conservação das RSC abrangam águas internacionais, a própria ONU/FAO estabeleceu o conceito de Ecossistemas Marinhos Vulneráveis (VME – *Vulnerable Marine Ecosystems*; Thompson et al. 2016; FAO, 2023) que define um conjunto de habitats raros, únicos, complexos, sensíveis, vulneráveis, de baixa resiliência, essenciais em termos funcionais e/ou ameaçados, em águas de mar profundo, e muitas vezes em águas internacionais que mediante o seu mapeamento urge proteger (e.g.,

Regulamento de Execução (UE) 2022/1614 da Comissão). O mapeamento destes ecossistemas é fundamental para a sua proteção, pois estão muitas vezes ameaçados pela pesca em águas internacionais e tendo em conta a sua vasta e dispersa distribuição, recorre-se muitas vezes a modelos de previsão de habitats (*Predictive Habitat Models – PHM*), também denominados modelos de adequação de habitats (*Habitat Suitability Models – HSM*) (ICES, 2020).



Fig. 22. Esquema ilustrativo dos descritores da Diretiva-Quadro para a Estratégia Marinha (DQEM; DGRM, 2023)

A eficiência da gestão da pesca depende da possibilidade de utilização de mapas de habitats marinhos, não só na perspetiva do estabelecimento de AMPs, mas sobretudo pela proteção de áreas de juvenis e de desova, ou mesmo lugares únicos de alimentação e abrigo ou rotas migratórias essenciais. A Política Comum de Pescas Europeia (PCP) preconiza o uso destes habitats essenciais para peixes e outros organismos de espécies com interesse comercial e para o qual o mapeamento é crucial.

Por fim os planos de ordenamento do espaço marítimo (POEM) beneficiam da existência destes mapas de habitats, na medida em que a acomodação de novas atividades de crescimento azul no mar, como as energias renováveis (parques de eólicas offshore), a aquacultura offshore, a pesquisa de compostos bioativos (farmácia), e de utilidade biotecnológica (novos materiais), a eventual mineração do mar profundo ou o turismo náutico, depende em larga escala da minimização dos seus impactos sobre o meio ambiente marinho.

## 12. CONCLUSÕES E DESAFIOS PARA O FUTURO

Os mapas de habitats marinhos são assim uma ferramenta espacial básica e essencial para o desenvolvimento de políticas de desenvolvimento sustentável nas 3 dimensões social, económica e ambiental. Na Europa há vários programas de mapeamento exemplares (e.g., MAREANO, 2023 e IFOMAR, 2023), embora ainda existam muitas lacunas sobretudo a nível do mapeamento biológico. Contudo, o mapeamento de habitats encontra-se em franco desenvolvimento beneficiando por um lado de uma forte aposta no mapeamento físico (batimetria e tipo de fundos) e por outro lado de tecnologia disponível para observar diretamente os fundos marinhos, como ROVs e veículos subaquáticos autónomos (AUVs), e Inteligência Artificial (IA) para cada vez mais automatizar processos não só de aquisição de dados, bem como no seu tratamento. A análise de imagens, a identificação automática de espécies, são alguns dos campos em que *machine learning* é uma ferramenta cada vez mais usual. O recurso a plataformas autónomas de custo reduzido como os AUVs será igualmente continuada e amplificada de modo a aumentar a cobertura e resolução espacial do mapeamento de habitats. Em termos de outros desafios futuros, a coluna de água e o mundo pelágico são ainda muito desconhecidos e o mapeamento deste ecossistema com *seagliders* e *eDNA* será um dos próximos passos. Por último, uma maior disponibilidade de dados permitirá um estudo integrado do ecossistema marinho (bentos+ pélagos) em termos estruturais e funcionais, em 4D, ie englobando a

dimensão temporal e com isso possibilitando uma melhor compreensão do oceano, e como tal da sua gestão, exploração sustentável e conservação.

### 13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andersen, J.H., Manca, E., Agnesi, S., Al-Hamdani, Z., Lillis, H., Mo, G., Populus, J., Reker, J., Tunesi, L., Vasquez, M. (2018). European broad-scale seabed habitat maps support implementation of ecosystem-based management. *Open Journal of Ecology*, 8(02), 86-103.
- Ballesta, L., Pergent, G., Pasqualini, V. and Pergent-Martini, C. (2000). Distribution and dynamics of *Posidonia oceanica* beds along the Albères coastline. *Life Sciences* 323: 407–414.
- Burgos, J. M., Buhl-Mortensen, L., Buhl-Mortensen, P., Ólafsdóttir, S. H., Steingrund, P., Ragnarsson, S. Á., Skagseth, Ø. (2020). Predicting the distribution of indicator taxa of vulnerable marine ecosystems in the Arctic and sub-arctic waters of the Nordic Seas. *Frontiers in Marine Science*, 7, 131.
- Cardoso-Andrade, M., Queiroga, H., Rangel, M., Sousa, I., Belackova, A., Bentes, L., Oliveira, F., Monteiro, P., Sales Henriques, N., Afonso, CML, Silva, AF, Quintella, B.R., Costa J.L., Pais, M.P., Henriques, S., Batista, M.I., Franco, G., Gonçalves, E.J., Henriques, M., Leonardo, T., Coelho, P., Comas-Gonzalez, R., Fernandez, L.P., Quiles-Pons, C., Costa, A., Espirito-Santo, C., Castro J.J., Arenas, F., Ramos, S., Ferreira, V., Gonçalves, J.M.S., Horta e Costa, B. (2022). Setting Performance Indicators for Coastal Marine Protected Areas: An Expert-Based Methodology. *Front. Mar. Sci.* 9:848039.doi: 10.3389/fmars.2022.848039.
- Clarke, K.R., Gorley, R., Somerfield, P., Warwick, R. (2014). Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 3rd edition. PRIMER-E, Plymouth UK.
- Connor, D.W., Allen, J.H., Golding, N., Howell, K.L., Lieberknecht, L.M., Northen, K.O., Reker, J.B. (2004). The Marine Habitat Classification for Britain and Ireland. Version 04.05 Infralittoral Rock Section. 49 pp. Available at <http://jncc.defra.gov.uk/MarineHabitatClassification>.
- Cooper, K. M., Bolam, S. G., Downie, A. L., Barry, J. (2019). Biological-based habitat classification approaches promote cost-efficient monitoring: An example using seabed assemblages. *Journal of Applied Ecology*, 56(5), 1085-1098.DOI: 10.1111/1365-

2664.13381. <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2664.13381>

Davies, J., Young, S. (2008). MESH Guide to Habitat Mapping. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough, UK, 90p.

DCMG (Darwin Core Maintenance Group). (2021). Simple Darwin Core. Biodiversity Information Standards (TDWG). <http://rs.tdwg.org/dwc/terms/simple/2021-07-15>.  
Acedido em Março de 2023.

DGRM (2023). Relatório do Programa de Monitorização (PMo) para o segundo Ciclo da DQEM. <https://www.dgrm.mm.gov.pt/en/destaques?articleId=533496> . Acedido em Março de 2023.

Dufrêne, M., Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67: 345-366.

EC (2007). The INSPIRE Directive, establishing an infrastructure for spatial information in Europe to support Community environmental policies, and policies or activities which may have an impact on the environment. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32007L0002>. Acedido em Março de 2023.

EEA 2023. EUNIS, the European Nature Information System <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eunis-habitat-classification>. Acedido em Março de 2023.

Elith, J., Leathwick, J. R. (2009). Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 40, 677-697.

Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and distributions*, 17(1), 43-57.

EMODNET (2023). Seabed habitats. <https://emodnet.ec.europa.eu/en/seabed-habitats>.  
Acedido em Março de 2023.

Fabbrizzi, E., Scardi, M., Ballesteros, E., Benedetti-Cecchi, L., Cebrian, E., Ceccherelli, G., De Leo, F., Deidun, A., Guarnieri, G., Falace, A., Fraissinet, S., Giommi, C., Macic, V., Mangialajo, L., Mannino, A.M., Piazzini, L., Ramdani, M., Rilov, G., Rindi, L., Rizzo, L., Sara, G., Souissi, J.B., Taskin, E., Frascchetti, S. (2020). Modeling Macroalgal Forest Distribution at Mediterranean Scale: Present Status, Drivers of Changes and Insights for Conservation and Management. *Front. Mar. Sci.* 7:20. doi: 10.3389/fmars.2020.00020.

- FAO (2023). The vulnerable marine ecosystem (VME) concept. <https://www.fao.org/in-action/vulnerable-marine-ecosystems/en/>. Acedido em Março de 2023.
- Galparsoro, I., Connor, D. W., Borja, Á., Aish, A., Amorim, P., Bajjouk, T., Chambers, C., Coggan, R., Dirberg, G., Ellwood, H., Evans, D., Goodin, K.L., Grehan, A., Haldin, J., Howell, K., Jenkins, C., Michez, N., Mo, G., Buhl-Mortensen, P., Pearce, B., Populus, J., Salomidi, M., Sánchez, F., Serrano, A., Shumchenia, E., Tempera, F., Vasquez, M. (2012). Using EUNIS habitat classification for benthic mapping in European seas: Present concerns and future needs. *Marine pollution bulletin*, 64(12), 2630-2638.
- GEOBON (2023). Biodiversity Information Standards. TDWG. The Darwin Core standards (DWC). <https://boninabox.geobon.org/frontend/tool-detail?id=37>. Acedido em Março de 2023.
- Gerovasileiou, V., Smith, C.J., Sevastou, K., Papadopoulou, K.N., Dailianis, T., Bekkby, T., Fiorentino, D., McOwen, C.J., Amaro, T., Grace, E., Bengil, T., Bilan, M., Boström, C., Carreiro-Silva, M., Cebrian, E., Cerrano, C., Danovaro, R., Frascchetti, S., Gagnon, K., Gambi, C., Grehan, A., Hereu, B., Kipson, S., Kotta, J., Linares, C., Morato, T., Ojaveer, H., Orav-Kotta, H., Sara, A., Scrimgeour, R. (2019). Habitat mapping in the European Seas-is it fit for purpose in the marine restoration agenda?. *Marine Policy*, 106, 103521.
- Gonçalves, J.M.S., Monteiro, P., Coelho, R., Afonso, C., Ribeiro, J., Almeida, C., Veiga, P., Machado, D., Brecibar, E., Oliveira, F. e Bentes, L. (2004). Mapeamento de biocenoses marinhas da Reserva Ecológica Nacional Submarina entre Albufeira e Vale do Lobo. Relatório Final CCDR Algarve. Universidade do Algarve, CCMAR, Faro, 182 pp + Anexos.
- Gonçalves, J.M.S., Monteiro, P., Coelho, R., Afonso, C., Almeida, C., Veiga, P., Machado, M., Machado, D., Oliveira, F., Ribeiro, J., Abecasis, D., Primo, L., Tavares, D., Fernández-Carvalho, J., Abreu, S., Fonseca, L., Erzini, K. e Bentes, L. (2007). Cartografia e caracterização das biocenoses marinhas da Reserva Ecológica Nacional Submarina entre a Galé e a barra Nova do Ancão. Relatório Final CCDR Algarve. Universidade do Algarve, CCMAR, Faro, 250 pp. + Anexos.
- Gonçalves, J.M.S., Monteiro, P., Afonso, C., Almeida, C., Oliveira, F., Rangel, M., Ribeiro, J., Machado, M., Veiga, P., Abecasis, D., Pires, F., Fonseca, L., Erzini, K. e Bentes, L. (2008). Cartografia e caracterização das biocenoses marinhas da Reserva Ecológica Nacional Submarina entre a Galé e a foz do rio Arade. Relatório Final CCDR Algarve. Universidade do Algarve, CCMAR, Faro, 144 pp. + Anexos.

- Gonçalves, J.M.S., Monteiro, P., Afonso, C., Oliveira, F., Rangel, M., Machado, M., Veiga, P., Leite, L., Sousa, I., Bentes, L., Fonseca, L. & Erzini, K. (2010). Cartografia e caracterização das biocenoses marinhas da Reserva Ecológica Nacional Submarina entre a foz do Rio Arade e a Ponta da Piedade. Relatório Final. ARH Algarve. CCMAR, Faro, 122 pp. + Anexos.
- Gonçalves, J.M.S., Monteiro, P., Bentes, L., O’Keeffe, E., McGrath, F., Chacón, D., Sanz Alonso, J.L., Mendes, B., Henriques, V., Guerra, M., Freitas, R., Quintino, V., Rodrigues, A., Amorim, P., Tempera, F., Serrão Santos, R., Bettencourt, R., Sebastião, L., Popovsky, J., Fossecave, P., Soulier, L., Rihouey, D., Alonso, C., Mentxaka, I., Galparsoro, I., Vasquez, M., Doré, A., Bernard, M., Lamarche, S., Populus, J. (2013). Reports on MeshAtlantic Survey Sites - MeshAtlantic, CCMAR-Universidade do Algarve 32 pp..
- Gonçalves, J.M.S. Monteiro, P., Bentes, L., Oliveira, F. Afonso. C.M.L., Henriques, N.S., Rangel, M., Sousa, I., Erzini, K. (2016). Construindo mapas de habitats e da biodiversidade marinha. A Europa e o Mar: Inovação e Investigação científica em Portugal. Universidade do Algarve. ISBN:978-989-8472-84-7.
- Gonçalves, J.M.S., Oliveira, F., Monteiro, P., Bentes, L., Andrade, M., Belackova, A., Afonso, C.M.L., Sousa, I., Henriques, N.S., Rangel, M., Celestino, S., Coelho, P., Comas, R., Palacín-Fernández, L., Quiles-Pons, C., Costa, A., Espírito Santo, C., Mamede, M., Silva, T., Silva, A.F., Almeida, P.R, Antunes, M., Marques, J.P., Pinto, B., Jacinto, D., Costa, J.L., Quintella, B.R., Cruz, T., Castro, J.J., Horta e Costa, B. (2021). Mapeamento de Habitats e de Espécies na Área Marinha do PNSACV. Relatório técnico do Projeto MARSW, Faro. 288p.
- Havron, A., Goldfinger, C., Henkel, S., Marcot, B.G., Romsos, C., Gilbane, L. (2017). Mapping marine habitat suitability and uncertainty of Bayesian networks: a case study using Pacific benthic macrofauna. *Ecosphere* 8(7):e01859.10.1002/ecs2.1859.
- ICES (2020). Working Group on Marine Habitat Mapping (WGMHM). ICES Scientific Reports. 2:50. 59 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.6034> . Acedido em Março de 2023.
- INFOMAR (2023). The Integrated Mapping for the Sustainable Development of Ireland’s Marine Resource (INFOMAR) programme <https://www.infomar.ie/>. Acedido em Março de 2023.
- Kelly, R., Evans, K., Alexander, K., Bettiol, S., Corney, S., Cullen-Knox, C., Cvitanovic, C., de Salas, K., Emad, G. R., Fullbrook, L., Garcia, C., Ison, S., Ling, S., Macleod, C., Meyer, A., Murray, L., Murunga, M., Nash, K. L., Norris, K., Pecl, G. T. (2021). Connecting to the oceans: Supporting ocean literacy and public engagement. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 32(1), 123–143. <https://doi.org/10.1007/s11160-020-09625-9>.

- MAREANO (2023). MAREANO maps depth and topography, sediment composition, contaminants, biotopes and habitats in Norwegian waters. <https://mareano.no/en>. Acedido em Março de 2023.
- McBreen, F. and Askew, N. (2011). Light penetration layer. UKSeaMap 2010. Technical Report 2. JNCC, Peterborough. 7p.
- Melo-Merino, S. M., Reyes-Bonilla, H., & Lira-Noriega, A. (2020). Ecological niche models and species distribution models in marine environments: A literature review and spatial analysis of evidence. *Ecological Modelling*, 415, 108837.
- Mitchell, P. J., Downie, A. L., & Diesing, M. (2018). How good is my map? A tool for semi-automated thematic mapping and spatially explicit confidence assessment. *Environmental Modelling & Software*, 108, 111-122.
- Monteiro, P., Bentes, L., Oliveira, F., Afonso, C., Rangel, M., Alonso, C., Mentxaka, I., Germán Rodríguez, J., Galparsoro, I., Borja, A., Chacón, D., Sanz Alonso, J.L., Guerra, M.T., Gaudêncio, M.J., Mendes, B., Henriques, V., Bajjouk, T., Bernard, M., Hily, C., Vasquez, M., Populus, J., Gonçalves, J.M.S. (2013a). Atlantic Area Eunis Habitats. Adding new habitat types from European Atlantic coast to the EUNIS Habitat Classification. Technical Report No.3/2013 - MeshAtlantic, CCMAR-Universidade do Algarve, Faro, 72 pp..
- Monteiro, P., Bentes, L., Gonçalves, J.M.S. (2013b). Definição espacial de habitats de interesse comunitário da costa continental portuguesa (Directiva Habitat 92/43/CEE). Relatório Técnico MeshAtlantic Nº1/2013 v1.0. Universidade do Algarve, CCMAR, Faro, 11p.
- Monteiro, P., Bentes, L., Oliveira, F., Afonso, C.M.L., Rangel, M.O., Gonçalves, J.M.S. (2015). EUNIS habitat's thresholds for the Western coast of the Iberian Peninsula — A Portuguese case study. *Journal of Sea Research* 100: 22-31, doi:10.1016/j.seares.2014.11.007.
- Moss, D. (2008). EUNIS habitat classification—a guide for users. European Topic Centre on Biological Diversity. 27p.
- Nestorowicz I.-M., Oliveira, F., Monteiro, P., Bentes, L., Henriques, N.S., Aguilar, R., Horta e Costa, B. and Gonçalves, J.M.S. (2021) Identifying Habitats of Conservation Priority in the São Vicente Submarine Canyon in Southwestern Portugal. *Front. Mar. Sci.* 8:672850. doi: 10.3389/fmars.2021.672850.
- NOAA (2023a). How much of the ocean have we explored? Ocean facts. <https://oceanservice.noaa.gov/facts/exploration.html>. Acedido em Março de 2023.

- NOAA (2023b). NOAA Ocean Exploration. Exploration Tools, Telepresence Technology. <https://oceanexplorer.noaa.gov/technology/telepresence/telepresence.html>. Acedido em Março de 2023.
- OSPAR (2023). List of Threatened and/or Declining Species & Habitats. <https://www.ospar.org/work-areas/bdc/species-habitats/list-of-threatened-declining-species-habitats>. Acedido em Março de 2023.
- Ovaskainen, O., Roy, D. B., Fox, R., & Anderson, B. J. (2016). Uncovering hidden spatial structure in species communities with spatially explicit joint species distribution models. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(4), 428-436. OSPAR, 2023. <https://www.ospar.org/work-areas/bdc/species-habitats/list-of-threatened-declining-species-habitats>
- Ramiro-Sánchez, B., González-Irusta, J. M., Henry, L. A., Cleland, J., Yeo, I., Xavier, J. R., ... Murton, B. (2019). Characterization and mapping of a deep-sea sponge ground on the Tropic Seamount (Northeast Tropical Atlantic): Implications for spatial management in the high seas. *Frontiers in Marine Science*, 6, 278.
- Rattray, A., Ierodiaconou, D., Monk, J., Laurenson, L. J. B., Kennedy, P. (2014). Quantification of spatial and thematic uncertainty in the application of underwater video for benthic habitat mapping. *Marine Geodesy*, 37(3), 315-336.
- SEABED2030, (2023). The Nippon Foundation-GEBCO Seabed 2030 Project. <https://seabed2030.org/>. Acedido em Março de 2023.
- Schoedinger, S., Cava, F., Strang, C., & Tuddenham, P. (2005). Ocean literacy through science standards. In *Proceedings of OCEANS 2005 MTS/IEEE* (pp. 736-740). IEEE.
- Thompson, A., Sanders, J., Tandstad, M., Carocci, F., Fuller, J. (2016). Vulnerable marine ecosystems: processes and practices in the high seas. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, (595), I.
- Torriente, A. de la, González-Irusta, J. M., Aguilar, R., Fernández-Salas, L. M., Punzón, A., Serrano, A. (2019). Benthic habitat modelling and mapping as a conservation tool for marine protected areas: a seamount in the western Mediterranean. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 29(5), 732-750.
- UNESCO (2023). How much of the Ocean has been explored? Ocean Literacy Portal. <https://oceanliteracy.unesco.org/ocean-exploration/>. Acedido em Março de 2023.

- Vasquez, M., Mata Chacon, D., Tempera, F., O’Keeffe, E. Galparsoro, I., Sanz Alonso, J.L., Gonçalves, J.M.S., Bentes, L., Amorim, P., Henriques, V., McGrath, F., Monteiro, P., Mendes, B., Freitas, R., Martins, R., Populus, J. (2015). Broad-scale mapping of seafloor habitats in the north-east Atlantic using existing environmental data. *Journal of Sea Research*, 100:120-132 doi.org/10.1016/j.seares.2014.09.011
- Vasquez, M., Allen, H., Manca, E., Castle, L., Lillis, H., Agnesi, S., Al Hamdani, Z., Annunziatellis, A., Askew, N., Bekkby, T., Bentes, L., Doncheva, V., Drakopoulou, V., Duncan, G., Gonçalves, J., Inghilesi, R., Laamanen, L., Loukaidi, V., Martin, S., McGrath, F., Mo, G., Monteiro, P., Muresan, M., Nikolova, C., O’Keeffe, E., Pesch, R., Populus, J., Pinder, J., Ridgeway, A., Sakellariou, D., Teaca, A., Tempera, F., Todorova, V., Tunesi, L. and Virtanen, E., (2021). EUSeaMap 2021. A European broad-scale seabed habitat map. D1.13 EASME/EMFF/2018/1.3.1.8/Lot2/SI2.810241– EMODnet Thematic Lot n° 2 – Seabed Habitats EUSeaMap 2021 - Technical Report. <https://doi.org/10.13155/83528>.
- Wieczorek, J., Bloom, D., Guralnick, R., Blum, S., Döring, M., Giovanni, R., Robertson, T., Vieglais, D. (2012) Darwin Core: An Evolving Community-Developed Biodiversity Data Standard. *PLoS ONE* 7(1): e29715. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029715>
- WORMS, (2023). An authoritative classification and catalogue of marine names. <https://www.marinespecies.org/>. Acedido em Março de 2023.