

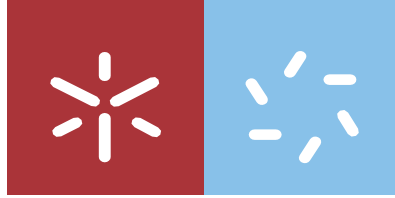


**Universidade do Minho**  
Escola de Ciências

Diana Isabel Mendes Azevedo

**Contributo para a catalogação da geodiversidade submarina ao largo de Viana do Castelo e reconstituição da evolução da linha de costa durante o Holocénico**





**Universidade do Minho**

Escola de Ciências

Diana Isabel Mendes Azevedo

**Contributo para a catalogação da geodiversidade submarina ao largo de Viana do Castelo e reconstituição da evolução da linha de costa durante o Holocénico**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Geociências

Dinâmica Externa e Mudanças Globais

Trabalho realizado sob a orientação do

**Professor Doutor Renato Filipe Faria Henriques**

e do

**Professor Doutor Pedro Alexandre Faria Fernandes**

**Teixeira Gomes**

## **Declaração**

Nome: Diana Isabel Mendes Azevedo

Título da dissertação: Contributo para a catalogação da geodiversidade submarina ao largo de Viana do Castelo e reconstituição da evolução da linha de costa durante o Holocénico.

Orientador: Professor Doutor Renato Filipe Faria Henriques

Coorientador: Professor Doutor Pedro Alexandre Faria Fernandes Teixeira Gomes

Ano de conclusão: 2022

Designação do Mestrado: Mestrado em Geociências - Dinâmica Externa e Mudanças Globais

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, 31 de outubro de 2022

Assinatura:



Diana Isabel Mendes Azevedo

## **Agradecimentos**

Ser admitida no mestrado de Geociências, em particular no ramo de Dinâmica Externa e Mudanças Globais permitiu-me adquirir e desenvolver novos conhecimentos mais ligados à área da geologia. A percepção do que é o tempo geológico foi fascinante e soube que no meu trabalho de dissertação iria querer estudar e descobrir mais sobre o passado. Deste modo, surgiu a oportunidade de através das diversas saídas de barco conseguir obter os meus próprios dados batimétricos e imagens, além da possibilidade de manusear equipamentos de investigação. Adicionalmente, além de ser na zona litoral da cidade de onde sou natural, a verdade é que na comunidade científica corresponde a uma zona com falta de dados atualizados que incidam na matéria geomorfológica.

A realização desta dissertação representa uma grande conquista pessoal e a sua realização apenas foi possível devido à colaboração e ajuda de várias pessoas, às quais dirijo os meus mais sinceros agradecimentos:

Ao Professor Doutor Renato Henriques pelo incentivo em avançar com este trabalho, pela disponibilidade para me ensinar, prontidão em ajudar e debater ideias e sobretudo pela oportunidade que me deu para eu aprender muito sobre o ramo geológico e dinâmico.

Ao Professor Doutor Pedro Gomes que sem nunca me ter lecionado me acolheu a bordo, ajudou, motivou e principalmente proporcionou as saídas de barco indispensáveis à realização deste trabalho. Por todo o conhecimento que me transmitiu no manuseamento dos equipamentos e experiência a bordo, da qual nunca esquecerei os muitos contratemplos pelos quais passamos.

A toda a equipa que por diversas vezes me acompanhou nas saídas de barco em especial ao Doutor Diego Carreira com quem também aprendi muito.

Ao meu pai e mãe, que sempre apoiaram a continuação dos meus estudos e me proporcionaram todas as condições e conforto para que eu seguisse o meu percurso académico.

Aos meus familiares mais próximos e amigas, que me ouviram e ajudaram a ultrapassar desafios, principalmente à Mafalda.

Por fim, agradecer a mim pela perseverança e capacidade de conciliação entre trabalho e dissertação de mestrado.

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto ATLANTIDA (ref. NORTE-01-0145-FEDER-000040), cofinanciado pelo Programa Operacional Regional do Norte (NORTE 2020), através do Portugal 2020 e do FEDER - Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional.

## **DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE**

Eu, Diana Isabel Mendes Azevedo declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Assinatura

Diana Isabel Mendes Azevedo

## **Contributo para a catalogação da geodiversidade submarina ao largo de Viana do Castelo e reconstituição da evolução da linha de costa durante o Holocénico**

### **Resumo**

Atualmente existem diversas áreas de investigação para as quais os mapas batimétricos de área submarina e a evolução do nível do mar no passado são valiosos, como é o caso da arqueologia, história, climatologia, oceanografia, entre outras. Este trabalho pretende aumentar o conhecimento da dinâmica costeira durante o Holocénico, da região de Viana do Castelo, recorrendo à análise do fundo marinho e evolução da linha de costa. A metodologia para a sua realização passou por três fases principais: aquisição direta de dados através de saídas de barco e utilização de veículos subaquáticos remotamente operados, análise das imagens adquiridas e processamento de dados em software. Recorrendo a software de informação geográfica, obtiveram-se produtos cartográficos com cenários morfológicos do nível do mar ao largo de Viana do Castelo para os últimos 21 300 anos, o que permitiu a visualização clara da evolução da sua subida ao longo da plataforma. Na plataforma foi ainda possível gerar mapas batimétricos em 3D e perfis topográficos de zonas específicas. Foi ainda aplicado um modelo de análise morfológica à batimetria da plataforma, permitindo obter a visualização da rede de drenagem que terá funcionado desde o último máximo glaciário até à atualidade; criação de cenários futuros da subida do nível médio do mar e quais as zonas futuramente inundáveis em Viana do castelo; e, os vários sistemas de ilhas que existiram no passado.

As diferentes linhas de costa e curvas do nível do mar geradas de 5 em 5 m desde a cota -140 m permitem a visualização e análise pormenorizada da sua evolução ao longo dos últimos 21 300 anos. A confirmação visual com pontos de amostragem foi apenas possível para cotas superiores a -70 m. Destaca-se: subida lenta do mar até 14 200 anos BP, com inundações entre as profundidades de -130 m e -90 m. Entre há 16 000 e 14 000 anos BP subida rápida do mar em até à cota -60 m. Desde há 14 000 anos BP segue-se uma altura de subida lenta de ~8 mm/ano até há 11 500 anos BP. Por volta dos 12 000 anos BP ocorreu um novo pulso de degelo e o mar subiu mais rapidamente até às cotas de -35 m e 30 m. No período de há 9 600 até 6 000 anos BP a transgressão marinha ocorreu mais lentamente com uma taxa de subida de ~4 mm/ano e verificou-se a existência de vários geoindicadores: depósitos de seixos; um vale inundado; alvéolos de ouriços-do-mar desabitados. Desde há 6 000 anos os restantes 5 metros até à sua cota atual foram conseguidos de forma lenta entre 6 000 e 4 000 anos.

**Palavras-passe:** Depósitos de seixos, Geomorfologia, Holocénico, Subida do nível do mar.

# **Contribution to the cataloging of underwater geodiversity off Viana do Castelo and Reconstitution of the coastline evolution during the Holocene**

## **Abstract**

Currently, there are several areas of investigation for which bathymetric maps of the underwater area and the evolution of sea level in the past are valuable, such as archeology, history, climatology, oceanography, etc. This work intends to increase the knowledge of the Holocene coastal dynamics, in the region of Viana do Castelo, using the analysis of the seabed and the evolution of the coastline. The methodology for carrying out the present work went through three main phases: direct data acquisition through boat trips, use of remotely operated underwater vehicles, analysis of the acquired images and data processing in software. Using geographic information software, cartographic products were produced with morphological scenarios of sea level off Viana do Castelo for the last 21,300 years, which allowed a clear view of the evolution of its ascent along the platform. On the platform it was also possible to generate 3D bathymetric maps and topographic profiles of specific areas. A morphological analysis model was also applied to the bathymetry of the platform, allowing the visualization of the drainage network that will have worked since the last glacial maximum until today; creation of future scenarios of mean sea level rise and which areas will be flooded in the future in Viana do Castelo; and, the various systems of mountain ranges and islands that existed in the past.

The different shorelines and sea level curves generated every 5 m from the -140 m elevation allow the visualization and detailed analysis of its evolution over the last 21,300 years. Visual confirmation with sampling points was only possible for elevations above -70 m. It stands out: slow rise of the sea between 21 300 and 14 200 years BP, with flooding of areas at depths of -130 m and -90 m. Between 16 000 and 14 000 years ago BP rise from the sea by 30 m to depth -60 m. Since 14 000 years BP there has been a slow rise height with a sea rise rate calculated at ~8 mm/year until 11 500 years BP. Around 12,000 years BP, a new pulse of thaw occurred and the sea rose more rapidly to the levels of -35 m and 30 m. In the period from 9 600 to 6 000 years BP the marine transgression occurred more slowly with an increase rate of ~4 mm/year and several geoindicators were verified: pebble deposits; a flooded valley; uninhabited sea urchin alveoli. Since 6,000 years ago, the remaining 5 meters up to its current level were slowly achieved between 6,000 and 4,000 years ago.

**Keywords:** Cobbles deposits, Geomorphology, Holocene, Sea level rise.



## Índice

<b>Agradecimentos.....</b>	<b>iii</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>v</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>vi</b>
<b>Índice de Figuras.....</b>	<b>ix</b>
<b>Índice de Tabelas.....</b>	<b>xii</b>
<b>Acrónimos.....</b>	<b>xiii</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1. Catalogação de geomorfologia submarina .....	2
1.2. Objetivos e Motivação do Trabalho .....	4
1.3. Estrutura do Trabalho.....	5
<b>2. Dinâmica Externa da Terra e Evolução das Zonas Costeiras .....</b>	<b>7</b>
2.1. Dinâmica e Evolução do Clima Terrestre .....	7
2.1.1. Ciclos Milankovitch.....	8
2.1.1.1. Excentricidade da Órbita.....	9
2.1.1.2. Obliquidade.....	9
2.1.1.3. Precessão.....	10
2.1.2. Evolução climática durante o Holocénico no Hemisfério Norte .....	11
2.2. Sedimentação em ambiente de transição e marinho .....	15
2.3 Variações eustáticas e Neotectónica .....	17
<b>3. Enquadramento geográfico, geológico, dinâmico, climático e morfológico da área de estudo .....</b>	<b>21</b>
3.1. Localização da área de estudo e dinâmica costeira.....	21
3.2. Enquadramento geológico e geomorfológico .....	23
3.2.1. Evolução da subida do nível médio do mar nos últimos 18 000 anos.....	29
3.2.2. Evolução da linha de costa portuguesa desde o UMG.....	31
3.3. Enquadramento Climático e Evolução do Nível Médio do Mar Durante o Holocénico .....	33
3.4. Morfologia da Margem Portuguesa .....	35
<b>4. Equipamentos, Metodologia e Processamento de dados .....</b>	<b>38</b>
4.1. Equipamentos.....	38
4.1.1. Ecossonda - HELIX 9 CHIRP DI GPS G2N .....	38
4.1.2. Câmara - <i>Insta360 One X</i> .....	40
4.1.3. Câmara - <i>GoPro Hero 3+</i> .....	41

4.1.4. ROV - <i>CHASING M2</i> .....	41
4.2. Recolha de dados .....	43
4.3. Processamento de dados .....	45
4.3.1. Aplicações utilizadas .....	45
4.3.2. Quantum GIS .....	45
4.3.3. Insta360 Studio .....	46
4.4. Base de dados.....	47
4.5. Processamento em QGIS .....	52
<b>5. Resultados obtidos e Discussão .....</b>	<b>54</b>
5.1. Mapas batimétricos .....	54
5.2. Pontos de Amostragem .....	57
5.2.1. Locais de amostragem provenientes do estudo elaborado pelo CIMA e POLIS Litoral .....	57
5.2.2. Locais de amostragem provenientes das saídas de barco na realização deste trabalho .....	58
5.3. Síntese de resultados .....	59
5.3.1. Cenários da evolução do nível do mar .....	61
5.3.2. Sistemas de Ilhas Identificadas ao Largo .....	92
5.3.3 Evolução da Rede de Drenagem .....	95
5.4. Reconstituição da história dinâmica, morfológica e climática .....	97
5.5. Modelo de Cenário Futuro do Nível do Mar .....	99
<b>6. Conclusão.....</b>	<b>101</b>
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>105</b>
<b>Anexo I.....</b>	<b>109</b>
<b>Anexo II.....</b>	<b>115</b>

## Índice de Figuras

<i>Figura 2.1: Modelos de forçamento de componente único para o Pleistocénico, revela que é provável que uma deglaciação seja desencadeada por um pico da força</i> .....	8
<i>Figura 2.2: Alterações da excentricidade da órbita.</i> .....	9
<i>Figura 2.3: Obliquidade da Terra.</i> .....	10
<i>Figura 2.4: Excerto da Tabela Cronoestratigráfica Internacional do ano 2022. Quaternário em destaque</i> .....	12
<i>Figura 2.5: Evolução da temperatura global da superfície da Terra para os últimos 22 000 anos</i> .....	14
<i>Figura 2.6: Curvas de variação do nível médio relativo do mar, na margem continental portuguesa, desde o último máximo glaciário</i> .....	19
<i>Figura 3.1: Enquadramento geográfico da área de estudo e locais onde foram recolhidas imagens com recurso a ROV para posterior análise</i> .....	21
<i>Figura 3.2: Excerto da Folha 5-A da Carta Geográfica de Portugal, à escala 1/50 000</i> .....	24
<i>Figura 3.3: Fotografias de geossítios de interesse para análise do presente trabalho. Praia de Fornelos, Viana do Castelo</i> .....	27
<i>Figura 3.4: Compartimentação morfológica da superfície isobárica</i> .....	28
<i>Figura 3.5: Curva da flutuação do nível médio do mar nos últimos 20 000 anos, com dados para a margem continental da Galiza e norte de Portugal.</i> .....	31
<i>Figura 3.6: Evolução da linha de costa portuguesa desde o último máximo glaciário, para determinadas datas BP até à atualidade</i> .....	32
<i>Figura 3.7: Posição da frente polar definida por Ruddiman, W. e McIntyre, A. (1981). Evolução da localização da frente polar no Hemisfério Norte. Destacam-se (curvas azuis) as linhas de 20 000 – 13 000 anos BP e 11 000 – 10 000 anos BP, com especial proximidade da Península Ibérica</i> .....	34
<i>Figura 3.8: Mapa batimétrico da zona estudada, com as linhas com espaçamento de 10 m até aos 200 m de profundidade</i> .....	36
<i>Figura 4.1.: A) Embarcação AQUA usada; B) Visualização do perfil vertical de dureza do fundo; C) Tela dividida na horizontal: em cima, percurso do barco e varrimento do fundo para identificar afloramentos rochosos; em baixo, perfil vertical do fundo</i> .....	39
<i>Figura 4.2: Esquema do método inicial do lançamento da câmara a partir da embarcação. Fotografia do processo de lançamento de equipamento. Engenho posteriormente montado em ferro</i> .....	40
<i>Figura 4.3: Fotografia do modelo de câmara utilizado (à esquerda). À direita apresenta-se guia de introdução rápida, retirado do website oficial da marca GoPro</i> .....	41
<i>Figura 4.4: Fotografias do ROV</i> .....	43

<b>Figura 4.5.:</b> Interface da aplicação Insta360 Studio .....	46
<b>Figura 4.6:</b> Capturas de ecrã da base de dados gerada com a informação descrita acima, e presente na Figura 1 do Anexo 1 .....	52
<b>Figura 4.7:</b> Layers utilizadas (à esquerda) no QGIS para a produção de mapas (à direita) ...	53
<b>Figura 5.1:</b> Imagens 2D da batimetria adquirida com recurso ao uso da ecosonda a bordo. Destaque no mapa de dois afloramentos importantes: Sumalhas (a norte); e, Paleo-ilhas nos paralelos das atuais freguesias de Castelo do Neiva e Amorosa .....	55
<b>Figura 5.2:</b> Imagens 3D da batimetria adquirida com recurso ao uso da ecosonda a bordo.....	56
<b>Figura 5.3:</b> Localização dos pontos de amostragem considerados do estudo elaborado pelo CIMA e POLIS LITORAL.....	57
<b>Figura 5.4:</b> Locais selecionados para lançamento do ROV.....	58
<b>Figura 5.5:</b> Alterações do nível do mar desde o Quaternário Superior em Santa Cristina, Brasil, segundo Cooper et al. (2018). Os pontos vermelhos representam as cotas em análise neste trabalho .....	59
<b>Figura 5.6:</b> Plataforma continental ao largo de Viana do Castelo e as suas divisões segundo a Carta Geológica de Portugal: plataforma paleozóica, plataforma plio-pleistocénica e plataforma cretácica. ....	60
<b>Figura 5.7:</b> Cenários morfológicos da evolução do nível do mar desde a cota -140 m até -75 m. Imagens geradas em QGIS. ....	62
<b>Figura 5.8:</b> Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -70 m.....	64
<b>Figura 5.9:</b> Fotografias captadas pelo ROV no local WP686 com depósitos de seixos.....	64
<b>Figura 5.10:</b> Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -65 m.....	65
<b>Figura 5.11:</b> Fotografias captadas pelo ROV no local WP635 com depósitos de seixos.....	65
<b>Figura 5.12:</b> Fotografias captadas pelo ROV no local WP676 com depósitos de seixos entre afloramento rochoso.....	66
<b>Figura 5.13:</b> Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -60 m.....	67
<b>Figura 5.14:</b> Fotografias captadas pelo ROV no local WP687 com vestígios de canal de maré e polimento das rochas. Este polimento assemelha-se ao observado na Figura 3.3 (B e E) a acontecer atualmente.....	67
<b>Figura 5.15:</b> Fotografias captadas pelo ROV nos locais WP684 e WP685 com fundo lodoso e depósitos de seixos, respetivamente .....	68
<b>Figura 5.16:</b> Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -55 m.....	69
<b>Figura 5.17:</b> Fotografias captadas pelo ROV do Reef516: A - pico de afloramento rochoso; B – vale com ondas de areia (Ripple marks). ....	70

<b>Figura 5.18:</b> Fotografias captadas pela GoPro e ROV no local WP669 indicativas de ambiente fluvial. ....	71
<b>Figura 5.19:</b> Fotografias captadas pelo ROV nos locais WP685 e WP634 ambos com depósitos de seixos. ....	71
<b>Figura 5.20:</b> Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -50 m.....	73
<b>Figura 5.21:</b> Fotografias captadas pelo ROV no local Reef528 blocos e calhaus rolados sob afloramento rochoso. ....	74
<b>Figura 5.22:</b> Fotografias captadas pelo ROV no local WP690 com evidência de marmitas de gigante.....	75
<b>Figura 5.23:</b> Fotografias captadas pelo ROV no local WP552 com blocos rolados de grande dimensão. ....	76
<b>Figura 5.24:</b> Fotografias captadas pelo ROV no local WP679 com depósitos de seixos (A) e solapas de erosão (B). ....	76
<b>Figura 5.25:</b> Fotografias captadas pelo ROV no local WP632 com depósitos de seixos entre afloramento. ....	77
<b>Figura 5.26:</b> Ilhas em destaque aquando da inundação na cota -45 m.....	77
<b>Figura 5.27:</b> Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -45 m.....	78
<b>Figura 5.28:</b> Fotografias captadas pelo ROV nos locais WP621 e WP553 com depósitos de blocos. Entre eles existem ondas de areia com fragmentos de conchas.....	79
<b>Figura 5.29:</b> Fotografias captadas pelo ROV no local WP691 com bastantes calhaus rolados.....	80
<b>Figura 5.30:</b> Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -40 m.....	80
<b>Figura 5.31:</b> Ilhas em destaque aquando da inundação na cota -45 m.....	81
<b>Figura 5.32:</b> Fotografias captadas pelo ROV no local WP617 com seixos e rocha alterada...81	
<b>Figura 5.33:</b> Fotografias captadas pelo ROV no local WP688 com canais de maré, seixos e blocos. ....	82
<b>Figura 5.34:</b> Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -35 m.....	83
<b>Figura 5.35:</b> Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -30 m.....	83
<b>Figura 5.36:</b> Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -20 m.....	84
<b>Figura 5.37:</b> Fotografias captadas pelo ROV no local WP397 com depósitos de seixos.....	84
<b>Figura 5.38:</b> Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -20 m.....	85
<b>Figura 5.39:</b> Fotografias captadas pelo ROV no local WP518 com bastantes blocos e parede vertical. ....	86

<b>Figura 5.40:</b> Fotografias captadas pelo ROV no local WP519 com bastantes blocos rocha alterada. ....	86
<b>Figura 5.41:</b> Visualização 3D do vale mencionado.....	87
<b>Figura 5.42:</b> Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -15 m. ....	88
<b>Figura 5.43:</b> Fotografias captadas pelo projeto POLIS nos locais POR_28_8 e POR_28_9 com muitos blocos e calhaus rolados.....	88
<b>Figura 5.44:</b> Fotografias captadas pelo projeto POLIS no local POR_35_9 com alvéolos de ouriços-do-mar desabitados. ....	89
<b>Figura 5.45:</b> Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -10 m. ....	90
<b>Figura 5.46:</b> Fotografias captadas pelo projeto POLIS nos locais POR_33_7 e POR_43_3 com alvéolos de ouriços-do-mar desabitados.....	90
<b>Figura 5.47:</b> Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -5 m.....	91
<b>Figura 5.48:</b> Fotografias captadas pelo projeto POLIS nos locais POR_24 e POR_34 com depósitos de seixos. ....	91
<b>Figura 5.49:</b> Ilha contemporânea ao Nível -90m.....	92
<b>Figura 5.50:</b> Sumalhas na cota -45 m mapa 2D e visualização 3D (mapa desenvolvido em QGIS).....	93
<b>Figura 5.51:</b> Ilha no paralelo de Viana do Castelo aquando dos Níveis -55 m e -50m.....	94
<b>Figura 5.52:</b> Ilha no paralelo da Amorosa aquando do nível -30 m.....	94
<b>Figura 5.53:</b> A- Rede de drenagem de Portugal Continental e da plataforma marinha, deduzida com recurso ao índice de Curvatura Topográfica (A linha a amarelo representa a linha de costa atual). B- Divisão da atual plataforma em paleozóica, plio-pleistocénica e cretácica com base da Figura 5.53-A. As setas a amarelo indicam o paleo-rio Beiralis.....	96
<b>Figura 5.54:</b> Cenários de evolução futura do nível do mar em Viana do Castelo.....	100

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 2.1:</b> Profundidades a que se encontram elementos morfológicos na plataforma submersa, e quais as suas origens prováveis. ....	18
<b>Tabela 2.2:</b> Taxas de variações do nível médio do mar ( $\pm 2$ de desvio padrão) ao longo da costa atlântica europeia, em intervalos de mil anos desde 11 000 anos atrás.....	20
<b>Tabela 4.1:</b> Datas de saídas com lançamentos de câmaras ou ROV. A laranja destacadas as datas que se tem imagem, mas não há coordenadas GPS (perdidas no processo).....	44

## **Acrónimos**

QGIS – Quantum GIS

ROV- Remote Operated Underwater Vehicle

BP- Before Present

UMG – Último Máximo Glaciário

ITCZ – Intertropical Convergence Zone

AA – Anticiclone dos Açores

NAO – North Atlantic Oscillation

SST – Sea Surface Temperature

TSI – Total Solar Irradiance

OSGeo – Open Source Geospatial Foundation

TCI – Topographic Curvature Index

EMOD - European Marine Observation and Data

n.m.m.- Nível Médio do Mar

## 1. Introdução

Os processos de dinâmica costeira constituem atualmente uma preocupação crescente devido à subida do nível médio do mar e carência de sedimento. No entanto, só é possível ter dados fiáveis através do estudo da sua evolução no passado. Além da importância para as comunidades costeiras, existem muitas áreas científicas como a arqueologia, história, geologia, entre outras, para as quais a posição do nível do mar e evolução da linha de costa é um fator importante e para os quais não existe muita informação dos últimos 11 700 anos (época do Holocénico).

Litoral, orla litoral, região litoral, costa, faixa costeira, zona costeira; são conceitos utilizados maioria das vezes de modo indiferenciado pela população no geral e pelos especialistas, para designarem o espaço de interface entre a terra e o mar. Esta zona de transição, está sujeita a uma intensa dinâmica, e o litoral oferece um campo singular para a investigação multidisciplinar, a qual se debruça principalmente sobre os seus aspetos geológicos, geomorfológicos, hidrográficos, orográficos, climáticos, biológicos, ecológicos e oceanográficos. Na zona costeira ocorre perda e incremento de sedimentos condicionada por fatores regionais (tais como a descarga sedimentar, ação das ondas e marés) e globais (tectónica, clima e variações eustáticas). Atualmente, além dos fatores naturais descritos, existe ainda o fator antrópico que por vezes altera a dinâmica costeira.

O estudo dos ambientes de transição é particularmente complexo. Geralmente estes apresentam uma interação profunda entre as variáveis externas de vento, maré, ondulação e caudal fluvial. A sua complexidade torna as zonas costeiras em zonas altamente sensíveis e vulneráveis, sendo que uma pequena alteração em algum dos fatores condicionantes poderá levar a grandes alterações no sistema (Dias, 2005). Tendo em atenção que o sistema tende sempre para o equilíbrio, muitas vezes a resposta a estas alterações é o estreitamento ou alargamento do litoral.

Segundo Pereira *et al.* (2006), o litoral português é “constituído por locais e objetos geológicos que, pelo seu conteúdo excepcional devem ser valorizados e preservados, sendo documentos que testemunham a história da Terra”. Esta história, que deixou as evidências já estudadas à superfície (ex. Carvalhido *et al.*, 2009 e 2014) também se escreve na parte submersa, e encontra-se por estudar e explorar. Assim o foco deste trabalho será o estudo da geodiversidade submarina, cujo tema tem merecido maior atenção por parte da comunidade científica ao longo dos últimos anos, através do aumento de estudos e publicações nesse âmbito. Este crescente interesse pelo estudo e conhecimento das zonas costeiras, atendendo à



atual preocupação com os oceanos e meio ambiente que impulsionaram diversos projetos de estudo.

Em Portugal, o estudo da plataforma continental iniciou-se, segundo Dias (1997), no início do século XX e levou à elaboração das 8 “Cartas Litológicas Submarinas da Costa de Portugal”. No entanto, foi a partir da década de 70 que, seguindo uma tendência mundial, o objetivo dos estudos passou da inventariação para o ramo piscatório para a sua evolução a partir do último máximo glaciário (UMG). Na Europa, em termos de evolução pós-glaciário a zona mais estudada é entre a Grã-Bretanha, Irlanda e França (ex. Brooks *et al.*, 2011). Apesar das simulações computacionais sobre o nível do mar serem bem-sucedidas, a confirmação *in situ* é de extrema importância.

Durante o último máximo glaciário há 18 000 anos, o nível médio do mar situava-se aproximadamente 130 m abaixo da cota atual. Nesta altura muitos cursos de água encontravam-se suspensos devido ao congelamento, enquanto os que ainda seguiam percurso até ao mar aprofundaram bastante o seu leito e desaguavam no fim da plataforma continental. Esta morfologia fluvial particular que se encontra hoje submersa, é ainda possível de identificar em dados batimétricos. Há 16 000 anos deu-se início à deglaciação e conseqüente inundação das zonas costeiras pelo oceano. Com o passar dos anos o nível médio do mar subiu de forma irregular, ou seja, com taxas de subida variáveis (cm/ano), intercalando com períodos estacionários e até de rebaixamento. Em Portugal, existem vários estudos que apontam para a estabilização do nível médio do mar há aproximadamente 3 000 anos (ex. Ramos-Pereira *et al.*, 1994, Dias *et al.*, 2002, Alday *et al.*, 2006), no entanto esta data não é consensual.

## **1.1. Catalogação de geomorfologia submarina**

A catalogação passa pela identificação, descrição e agrupamento de toda a informação adquirida e constitui uma ferramenta fundamental que fornece informação para ser posteriormente estudada. O trabalho de catalogação de geomorfologia submarina e, em específico este trabalho, debruça-se sobre várias matérias como geologia, biologia, geomorfologia, dinâmica externa e alterações climáticas ao longo do tempo geológico, em concreto durante o Holocénico. Pretende-se agrupar, inventariar e classificar tipos de litologia, morfologia de fundo, geoformas, rugosidade de fundo e coberturas sedimentares.

Em Portugal, a região submersa apresenta uma grande área e de forma geral cada vez se investe mais na sua investigação e conhecimento. No entanto, para o período pós-glaciário (na Europa pós Würm ou Würmiano/Laurenciano) ainda há um longo caminho de aquisição e

análise de dados a percorrer e apenas se poderá compreender a zona costeira e processos dinâmicos nela presentes com a colaboração entre investigadores e cientistas de diferentes domínios científicos como oceanografia, geologia, arqueologia, entre outros.

Atualmente a tecnologia e equipamentos que podem ser utilizados para catalogação já é mais acessível, não só para comunidade científica, mas também para o público em geral. Contudo, apesar da maior variedade de instrumentos de medida, o trabalho de pesquisa em meio aquático necessita sempre de material específico e deve ter sempre em conta a existência de potenciais fontes de erro e incerteza, que devem ser tidos em conta aquando da realização de previsões ou projeções de cenários de evolução (Henriques, 2006).

### ***Relevância e Objetivos da Catalogação***

De forma geral, a comunidade científica assume que desde há 3 000 anos o nível do mar se manteve relativamente estável, embora exista incerteza nesta hipótese. Atendendo à falta de conhecimento sobre a evolução costeira portuguesa nos últimos 11 700 anos (Holocénico), é extremamente importante desenvolver trabalhos no sentido de reunir dados para compreender melhor este período. Existem trabalhos de investigação na temática apenas em determinadas zonas, como é o caso do norte da Europa onde a evolução do litoral e linhas de costa pelo menos desde o último máximo glaciário estão bem identificadas. Em Portugal, devido a várias limitações apenas existem alguns estudos sobre a evolução do litoral e catalogação de geomorfologia submarina, com incisão nas zonas centro e sul do país e estudo principal de canhões submarinos. Como exemplos de estudos desenvolvidos sobre este tema salientam-se Serra *et al.* (2020) e Lastras *et al.* (2009).

Em Viana do Castelo, um território rico em Património Natural e Cultural, a catalogação e inventariação permitiu a identificação de 13 monumentos naturais à superfície e assim o Geoparque do Litoral de Viana do Castelo, que perfaz uma área total de 2 832 hectares, está atualmente concluído e devidamente classificado. Atendendo à lei do uniformitarismo, atribuída a James Hutton, e que defende que o passado é a chave para o futuro percebe-se que, através da catalogação/inventariação das geoformas, dinâmica e geomorfologia de fundo é possível contar a história de possíveis litorais durante o Holocénico e que estes poderão ser a chave para prever a evolução futura.

No presente trabalho a catalogação tem o objetivo de descrever e identificar as principais litologias, geoformas e coberturas sedimentares submarinas para posteriormente compilar toda essa informação e estabelecer as diferentes linhas de costa durante o Holocénico.

Destaca-se a identificação de algumas formas relevantes na plataforma marinha próxima, tais como zonas aplanadas, plataformas de abrasão marinha, depósitos de seixos, calhaus rolados, blocos, vales e picos e afloramentos rochosos.

A catalogação da geodiversidade submarina ao largo de Viana do Castelo será essencial para:

- Identificar, quantificar e compreender fatores de dinâmica costeira;
- Estabelecer relação da evolução da linha de costa com fatores climáticos e meteorológicos;
- Promover a reconstituição da geomorfologia da plataforma durante o Holocénico;
- Tentar reconstruir a evolução da linha de costa durante o Holocénico;

## **1.2. Objetivos e Motivação do Trabalho**

Este trabalho realiza-se no âmbito da dissertação científica para a obtenção de grau de mestre em Geociências no ramo de Dinâmica Externa e Mudanças Globais, na Universidade do Minho e visa identificar e caracterizar geodiversidade submarina ao largo de Viana do Castelo e, assim, reconstruir a história climática, morfológica e dinâmica durante o Holocénico. Para isso, realizou-se pesquisa bibliográfica, analisaram-se evidências e registos deixados no ambiente marinho que, através das suas características distintas, originam geoindicadores específicos. De forma sucinta, o objetivo desta dissertação é estudar a história da costa de Viana do Castelo, através da catalogação da geodiversidade submarina ao largo. Para isso traçaram-se os seguintes passos:

- Pesquisa bibliográfica e documental;
- Seleção dos principais locais para adquirir dados *in situ*;
- Relacionar os dados adquiridos com outros já existentes de modo a fazer a reconstituição da história dinâmica, morfológica e climática do Holocénico.
- Estudar a batimetria ao largo de Viana do Castelo;
- Estudar as características morfológicas do fundo marinho através da análise da dureza do solo com recurso a uma ecossonda, e observação, *in situ*, de imagens captadas por câmaras (ROV) lançadas até ao fundo marinho.
- Identificar plataformas e relacionar a sua existência com níveis do mar no passado;
- Identificar geoindicadores;

- Detetar depósitos de seixos e verificar se indicam atividade fluvial ou marinha, através da análise do seu índice de achatamento;
- Redação da dissertação científica.

Em adição aos modelos computacionais existentes de simulação do nível médio do mar nos últimos milhares de anos, obtiveram-se dados locais e atuais batimétricos, topográficos e da dureza de fundo, tendo em vista a produção da reconstituição da linha de costa.

Este trabalho pretende estudar a zona costeira da região de Viana do Castelo, com especial incidência na plataforma marinha. Para tal, através de análise SIG, são determinadas as linhas de costa portuguesa ao longo dos últimos 18 000 anos, tendo em conta os dados existentes da variação do nível do mar durante o Holocénico. Adicionalmente é analisado o relevo residual submerso, existente ao largo de Viana do Castelo. Além de toda a relevância científica pretende-se complementar a informação recolhida no âmbito do trabalho realizado para o Geoparque Litoral de Viana do Castelo. Deste modo, a informação recolhida pode constituir uma âncora da identidade submarina ao largo da costa de Viana, que possa impulsionar a atividade turística, criando oportunidades educativas e uma gestão eficaz para a promoção e fortalecimento do desenvolvimento territorial.

### **1.3. Estrutura do Trabalho**

Este trabalho encontra-se organizado em 6 capítulos. Os capítulos 2 e 3 são focados na dinâmica costeira e enquadramento da área de estudo nas várias temáticas. Os capítulos 4 e 5 centram-se na metodologia usada, análise e apresentação de dados. Por fim, é no capítulo 6 que se encontram as conclusões deste trabalho.

No capítulo 2 é abordado o tema da dinâmica externa da Terra e a evolução da zona costeira ao longo do tempo geológico. São vários os fatores que atuando a diferentes escalas temporais e espaciais, condicionam a evolução da zona costeira. Neste capítulo destacam-se os mais pertinentes como o clima, as variações eustáticas e a neotectónica. Para isso estudam-se os ciclos de Milankovitch, a evolução climática, a sedimentação em ambiente de transição e as variações eustáticas.

No capítulo 3 enquadra-se a área de estudo ao nível geográfico e geológico. Pretende-se fazer um estado de arte acerca da evolução costeira, da linha de costa e climática desde o último máximo glaciário.

No capítulo 4 são apresentados os equipamentos, aplicações e qual a metodologia escolhida para a recolha de dados. Numa segunda parte deste capítulo é descrita a fase de processamento de dados com a criação de uma tabela em Excel, e posterior introdução dos dados em QGIS para produção de mapas e perfis topográficos considerados relevantes.

No capítulo 5, através das imagens conseguidas pela etapa de processamento de dados descrita no capítulo 4 realizou-se a compilação de informação, a sua análise e discussão. No fim do capítulo, faz-se a síntese e a reconstituição da história dinâmica, morfológica e climática

O último capítulo do trabalho é o 6, no qual se apresentam as conclusões e considerações finais.

## **2. Dinâmica Externa da Terra e Evolução das Zonas Costeiras**

Neste capítulo pretende-se abordar os processos e mecanismos naturais envolvidos nas mudanças climáticas globais e quais os seus efeitos no registo geológico, em particular a resposta dos ambientes costeiros às transições entre períodos glaciários e interglaciários. Faz-se um importante enquadramento dos Ciclos de Milankovitch, evolução climática ao longo do Holocénico no Hemisfério Norte, e do desafio do estudo das variações eustáticas.

### **2.1. Dinâmica e Evolução do Clima Terrestre**

Desde a sua formação (há 4.56 milhões de anos) até ao presente, foram vários os eventos geológicos que ocorreram na Terra, e que a alteraram. O movimento contante dos continentes, formação e destruição de crusta oceânica e cordilheiras montanhosas alteraram o aspeto do planeta ao longo do tempo geológico. Esta repetição de processos designa-se por ciclo geológico ou ciclo de Wilson. A combinação da dinâmica interna do planeta com origem principal nos movimentos tectónicos, com a dinâmica externa levam à constante transformação do planeta com especial impacto nas zonas costeiras. A dinâmica externa compreende a ação de agentes externos na superfície terrestre como a água, vento e gelo.

Nos últimos milhares de anos ocorreram vários momentos de transgressão e regressão do nível médio do mar coincidentes com a alternância entre períodos glaciários e interglaciários. Estes eventos têm influência direta e modificam as linhas de costa. Assim, durante os períodos glaciários grandes quantidades de água passam do estado líquido para o estado sólido, levando ao rebaixamento do nível médio do mar. Por sua vez, durante o período interglaciário, quando as temperaturas são mais elevadas, os glaciares derretem e o nível médio do mar sobe. Neste âmbito, são importantes os conceitos de regressão marinha (quando o mar recua) e transgressão marinha (quando o mar avança em direção ao continente).

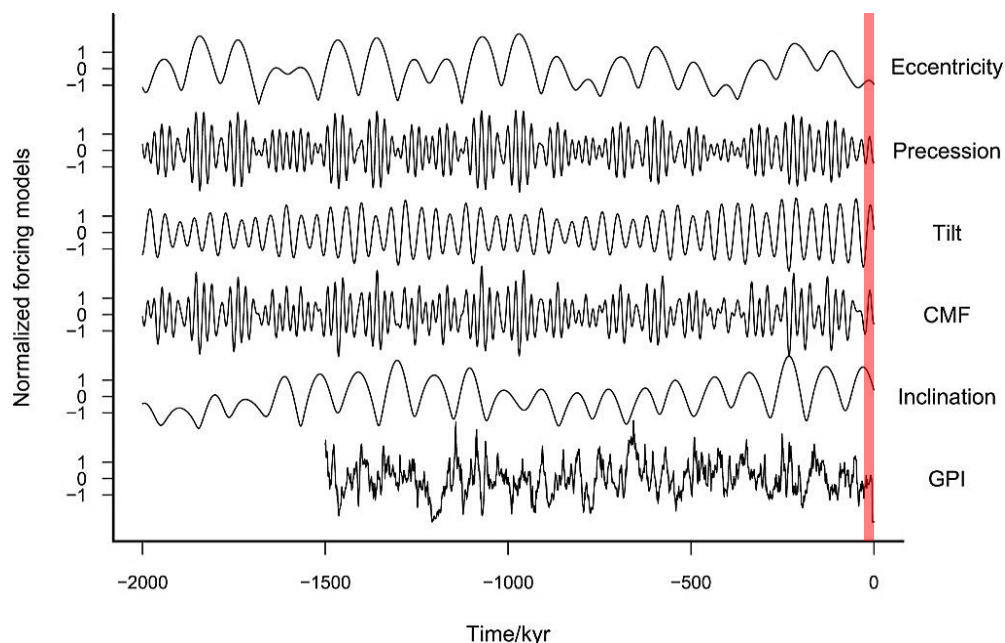
As variações climáticas a que o planeta Terra está sujeito, foram explicadas há 100 anos pelo cientista Milutin Milankovitch que apresentou a hipótese de que o conjunto de alterações da posição da Terra em relação ao Sol são um importante gatilho dos períodos glaciários e interglaciários. Os ciclos de Milankovitch explicam as sequências de milhares de anos entre estes períodos.

### 2.1.1. Ciclos Milankovitch

Se olharmos em volta existem vários episódios que acontecem de forma cíclica: séries de eventos que se repetem de forma semelhante, ao fim de um intervalo temporal (Figura 2.1). Muitos deles acontecem naturalmente como, por exemplo, as estações do ano, as migrações de animais ou o ritmo circadiano, no entanto outros são gerados pelo Homem (por exemplo ritmos musicais ou ciclos económicos). Ora no clima terrestre os ciclos apresentam um papel determinante. Apesar de apoiado por outros investigadores no seu tempo, foi apenas 10 anos após a sua morte em 1958, que a comunidade científica começou a creditar a teoria de Milankovitch. Segundo o mesmo existem 3 tipos de movimentos orbitais da Terra que afetam a quantidade de radiação solar que atinge o topo da atmosfera (insolação):

- Excentricidade da órbita;
- Obliquidade do ângulo do plano axial e plano equatorial;
- Precessão (direção em que o eixo de rotação aponta).

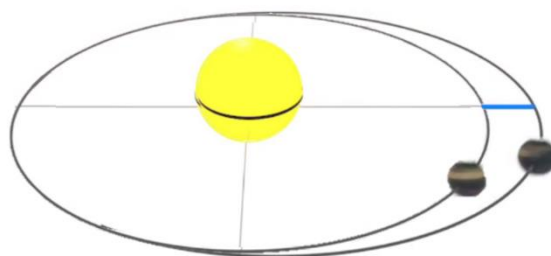
Estas variações cíclicas identificadas alteram a distribuição geográfica e sazonal da insolação, proporcionando longos períodos de formação e fusão de glaciares.



**Figura 2.1:** Modelos de forçamento de componente único para o Pleistocénico, revela que é provável que uma deglaciação seja desencadeada por um pico da força. Os valores de excentricidade, precessão, obliquidade (Tilt) e a força de Milankovitch (CMF) são calculados por Laskar et al. (2004), a inclinação orbital em relação ao plano invariável é dado por Muller e MacDonald (1997), e o GPI é de Channell et al. (2009). A vermelho destaca-se o período desde o último máximo glaciário até à atualidade. Fonte: Feng e Bailer-Jones (2015).

### 2.1.1.1. Excentricidade da Órbita

O percurso que a Terra faz em torno do Sol não é um círculo perfeito, sendo que a principal deformadora desta rota é a influência que a força da gravidade dos grandes planetas gasosos (Júpiter e Saturno), que a torna elíptica em vez de circular (Figura 2.2). Ora, a excentricidade fornece dados sobre se a órbita se aproxima mais da forma circular ou elítica. Segundo Buis (2020), (escritor de ciência do website NASA *Global Climate Change*, do Laboratório de propulsão a jato da NASA) existe uma excentricidade anual na qual o planeta se encontra no periélio (mais próxima do Sol) por volta do dia 3 de janeiro de cada ano, e o afélio aproximadamente no dia 4 de julho. Além deste ciclo anual, é identificado outro ciclo de 100 000 anos (atualmente, a Terra encontra-se com uma órbita bastante circular). Considerando isoladamente este movimento, quando ocorre menor excentricidade favorece glaciação pois ocorre uma diferença menor entre estações e o gelo acumulado no inverno tem menor potencial de derreter no verão. O contrário acontece quando a órbita é mais excêntrica, favorecendo invernos mais frios, mas verões mais quentes no hemisfério que estiver com maior incidência para o sol na altura do periélio. Isto é particularmente importante quando, pela conjugação de todos os movimentos, o Hemisfério Norte coincide com o periélio, decorrente da conjugação com o movimento de precessão.



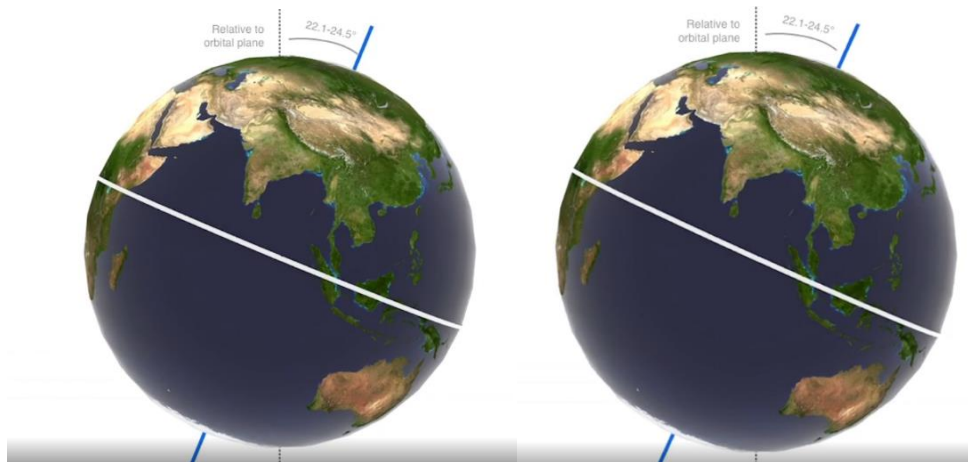
**Figura 2.2:** Alterações da excentricidade da órbita da Terra. Buis (2020). Crédito a NASA/JPL-Caltech.

### 2.1.1.2. Obliquidade

À medida que a Terra viaja em torno do Sol o ângulo do eixo de rotação do planeta varia (Figura 2.3). Segundo Buis (2020), a obliquidade é o motivo pelo qual a Terra tem estações do ano e, quanto maior o ângulo de inclinação axial mais extremas são as estações pois cada hemisfério recebe mais radiação solar durante o verão e menos no inverno. Conforme a obliquidade diminui, as estações ficam mais amenas. Atualmente o eixo da Terra está inclinado aproximadamente  $23,4^\circ$ , e encontra-se a diminuir lentamente num ciclo de 41 000 anos. O último máximo de obliquidade foi há 10 700 anos, e prevê-se que atinga o mínimo



daqui a 9 800 anos gerando invernos mais quentes e verões mais frios. Segundo Milankovitch a obliquidade é considerada o principal ciclo, pois é a que afeta mais a insolação nas regiões de elevada latitude do norte, no verão.



**Figura 2.3:** Obliquidade da Terra. Buis (2020). Crédito a NASA/JPL-Caltech.

### 2.1.1.3. Precessão

Além da excentricidade e obliquidade, a Terra também apresenta um ciclo de precessão, ou seja, a direção para onde o eixo da Terra aponta varia. A principal causa da precessão é força gravitacional que a Lua e Sol têm sobre as marés e que faz a Terra “inchar” no Equador, afetando a sua rotação. A precessão axial intensifica os contrastes sazonais. Atualmente a estrela guia do Hemisfério Norte é a Polaris. No entanto, há alguns milhares de anos (já no tempo da construção das pirâmides do Egito) era Thuban e daqui a 13 500 anos será Vega. Além da precessão axial também existe a precessão absidal (oscilação da elipse orbital devido, maioritariamente à interação gravitacional com Júpiter e Saturno), e a combinação dos ciclos de ambas, origina um ciclo combinado de aproximadamente 23 000 anos. Atualmente, a Terra encontra-se aproximadamente a meio deste ciclo, sendo que daqui a 13 000 anos haverá inversão de sazonalidade entre o hemisfério norte e o hemisfério sul. Como foi indicado anteriormente, a precessão tem implicações na temperatura global pois quando a órbita terrestre tem menor excentricidade e o hemisfério sul coincide com o periélio, esta conjugação favorece a ocorrência de glaciação.

### 2.1.2. Evolução climática durante o Holocénico no Hemisfério Norte

Antes do Holocénico, na fase do Pleistocénico Médio e Superior ocorreu o último período glaciário. O máximo glaciário terá sido há volta de 18 000 anos BP e nessa altura seria comum encontrar icebergs à latitude atual da cidade do Porto e talvez até mais para sul (Guillien, 1962), sendo que, existem evidências providenciadas pela presença de clastos estratificados de rochas ígneas desconhecidas na península ibérica, na planície abissal (formações tilóides); e, o *upwelling* costeiro seria mais intenso do que o atual.

O Holocénico corresponde à época mais recente do tempo geológico. Durante vários anos admitiu-se que o atual período interglaciário se tratava de um período climático relativamente estável, no entanto já existem vários estudos de paleoproxies nos sedimentos marinhos com elevada resolução (Cacho *et al.*, 2001; Frigola *et al.*, 2007), registos de poeiras (Jackson *et al.*, 2005) e núcleos de gelo (O'Brien *et al.*, 1995), que relevaram variabilidade climática durante os últimos 11 000 anos (Figura 2.5). Sabe-se agora que, as condições climáticas Holocénicas não foram homogéneas e que ocorreram variações térmicas por vezes bruscas e curtas (Ramos-Pereira *et al.*, 2011). Identificam-se 3 períodos climáticos com características diferentes, no entanto Walker *et al.* (2012) redefiniu as divisões como Holocénico Inferior (11 700 – 8 200 anos BP), Holocénico Médio (8 200 – 4 200 anos BP) e Holocénico Superior (4 200 anos até ao presente). Serão estas as subdivisões temporais da época do Holocénico usadas neste trabalho. Além disso, são estas as divisões temporais admitidas na Tabela Cronoestratigráfica Internacional atual (Figura 2.4). Segundo Cartapanis *et al.* (2022) existe um padrão latitudinal com maiores amplitudes entre anomalias climáticas nos paralelos de 45°S, 45°N e 60°N.

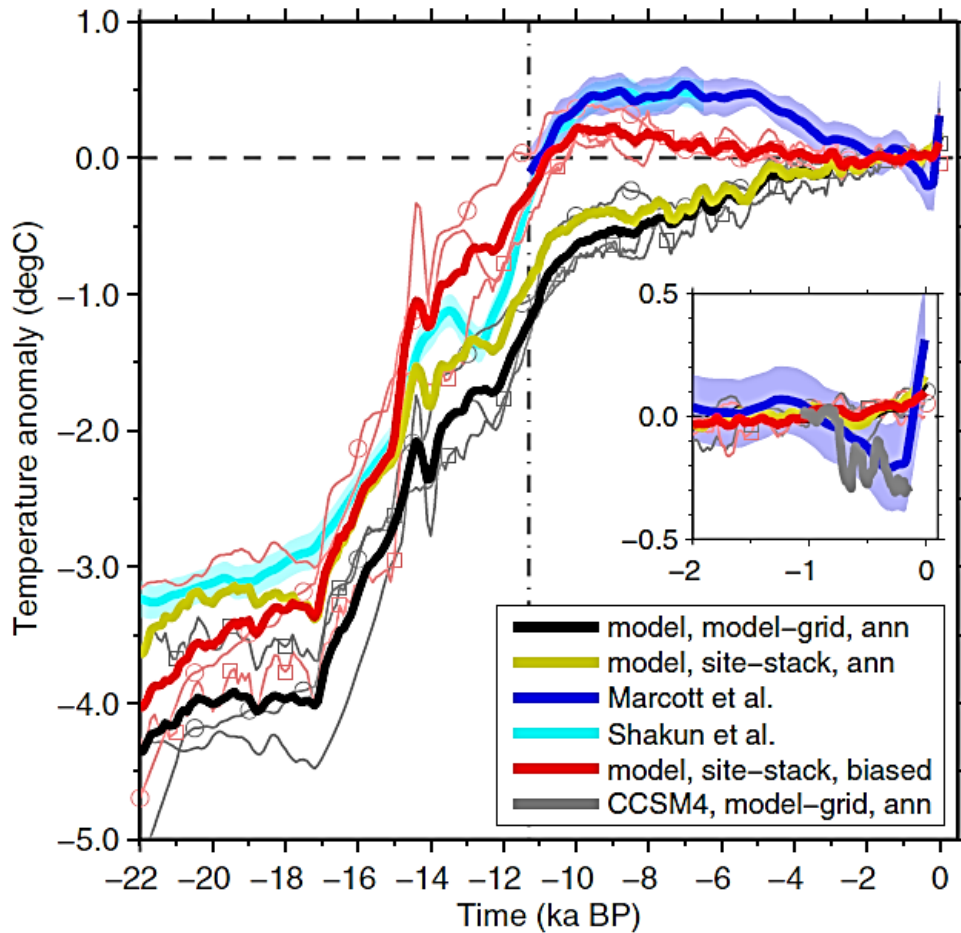
Eonolito	Erático	Sistema	Série / Época	Andar / Idade	Idade (Ma)
Cenozoico	Neogénico	Quaternário	Holocénico	S Megalayano	atualidade
				M Northgrippiano	0.0042
				I Greenlandiano	0.0082
			Pleistocénico	S Superior	0.0117
				M Chibariano	0.129
				I Calabrianiano	0.774
				Gelasiano	1.80
			Pliocénico	S Piacenziano	2.58
				I Zancleano	3.600
			Miocénico	S Messiniano	5.333
				Tortoniano	7.246
				Serravalliano	11.63
				M Langhiano	13.82
				Burdigaliano	15.97
				Aquitaniiano	20.44
				Chattiano	23.03
					27.82

**Figura 2.4:** Excerto da Tabela Cronoestratigráfica Internacional do ano 2022. Quaternário em destaque. Fonte: Cohen et al. (2013, atualizada)

A intensificação da precipitação e o clima húmido que se regista no Holocénico Inferior na Península Ibérica é explicado pela localização mais a norte da ITCZ (sigla internacional para: Zona de Convergência Internaional). Desde o início do Holocénico, todo o conjunto Anticilone dos Açores, Célula de Hadley e ITCZ migraram para sul, até às suas posições atuais. Através dos registos obtidos na caverna Buraca Gloriosa (Thatcher *et al.*, 2020) prova-se que períodos de diminuição (aumento) da irradiância solar total correspondem a condições mais húmidas (secas), indicadas por diminuição (aumento) dos valores estáveis de isótopos de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e de oxigénio ( $\delta^{18}\text{O}$ ). No Holocénico Inferior (11 700 – 8 200 anos BP), segundo a reconstituição de Repschlager *et al.* (2017), o Anticilone dos Açores estaria numa posição média a norte da atual, durante aproximadamente 9 000 – 7 000 anos BP. Assim sendo, têm-se a justificação para o facto do início do Holocénico ser mais húmido comparativamente ao restante. Para o Holocénico Médio (8 200 – 4 200 anos BP) os registos no norte da Ibéria demonstram geralmente condições mais secas. Para o Holocénico Superior (4 200 anos até ao presente) os dados obtidos demonstram condições secas no início do Holocénico Superior, e ligeiramente mais húmido após o pico de aridez de há 4 000 anos.

Segundo Liu *et al.* (2014), a reconstituição climática realizada por Marcott *et al.* (2013), demonstra um período quente do Holocénico Inferior, seguido de uma tendência de arrefecimento no Holocénico Médio. Entre 10 000 até 6 000 anos BP ocorreu o Grande Ótimo Climático, e o posterior arrefecimento culminou na Pequena Idade Do Gelo de há 200 anos. O autor prova com recurso a gráficos, que a tendência de aquecimento no Holocénico é forçada principalmente pela retrogradação dos mantos de gelo e emissão de gases efeito de estufa.

Além das variações de temperatura do ar, ocorreram alterações da temperatura dos oceanos Rodrigues *et al.* (2009), reconstruiu para os últimos 11 500 anos a temperatura superficial do mar, produtividade marinha e caudal fluvial através do estudo de concentrações de alcanonas de 37 átomos de carbono, contagem de cocolitóforos e quantidade de ferro em sequências sedimentares na plataforma interior do estuário do rio Tejo. O seu estudo confirmou uma tendência de descida, dos 19°C há 10 500 anos para 15°C atualmente, sendo que também está registado uma descida dos 18°C do Ótimo Climático Romano e Medieval, para 16°C na Pequena Idade do Gelo. O Pequeno Ótimo Climático do período medieval (séculos XI - XIV), caracteriza-se por um aquecimento global na Península Ibérica, com temperaturas do ar médias, provavelmente 2°C acima da atual (Magalhães, 1999). Posteriormente, existe a alteração para um período mais frio, designado por Pequena Idade do Gelo que afetou várias zonas na Ásia e Europa, incluindo Portugal.



**Figura 2.5:** Evolução da temperatura global da superfície da Terra para os últimos 22 000 anos: as reconstruções de M13 (azul) após 11 300 anos BP e por Shakun et al. (2013) (ciano) antes dos 6 500 anos BP, a temperatura média anual do modelo calculada ao longo dos pontos da grade global (preto) e a temperatura sazonalmente tendenciosa do modelo média dos sites proxy (vermelho). Os modelos são o CCSM3, FAMOUS e LOVECLIM, com a média do conjunto mostrada por linhas sólidas e membros individuais mostrados por linhas finas e claras (LOVECLIM [○] e FAMOUS [□] estão marcados). Cada curva de temperatura é alinhada em mil anos. A temperatura média anual do modelo médio do conjunto calculada em sites proxy também é mostrado (amarelo, modelos individuais para o Holocénico), cuja semelhança com a média da grade do modelo demonstra a insensibilidade da tendência da temperatura ao esquema médio. Parte expandida representa o período pós 2 000 anos. Fonte: Liu et al. (2014).

## 2.2. Sedimentação em ambiente de transição e marinho

A sedimentação envolve a acumulação de sedimentos provenientes da erosão de rochas e/ou materiais biológicos. Estes sedimentos sofrem transporte durante o processo de lixiviação (lavagem da camada superficial do solo), geralmente para rios ou cursos de água. Os sedimentos deslocam-se até atingirem um ambiente pouco dinâmico para se poderem depositar. Existem então ambientes de deposição distintos: continentais (leques aluviais, fluviais, desertos, lagos), de transição (deltas, estuários, lagunas, planícies de maré) e marinhos (costeiros/de águas rasas ou mar profundo). Este trabalho incidirá sobre ambiente de transição e marinho, logo os sedimentos encontrados já sofreram um longo transporte desde montante. Visto que se trata de uma zona que esteve recentemente (em termos geológicos) exposta a clima frio e ambiente glacial, os sedimentos presentes na plataforma continental submersa em análise terão sofrido transporte fluvial, aeólico e provavelmente glacial sendo posteriormente, aquando da subida do nível médio do mar, retrabalhados com as correntes marinhas, de maré e ondulação.

Segundo Loureiro (2006) as variações climáticas ao longo do tempo originaram sucessivos ambientes deposicionais com características próprias, nos quais ficaram registados testemunhos dos climas do passado – os designados geoindicadores. O impacto que estas variações climáticas têm nos processos sedimentares da zona costeira e da plataforma continental é significativo. Mesmo períodos mais curtos como o Ótimo Climático Medieval e a Pequena Idade do Gelo, devido à diferente distribuição sazonal das chuvas, tinham trânsitos sedimentares distintos.

Durante o UMG, há 18 000 anos, os atuais canhões submarinos eram a via de transporte para os sedimentos desde o interior do continente até ao oceano e, o cruzeiro FAEGAS IV (Faugères *et al.*, 1984) revelou uma série deles ao longo da plataforma continental portuguesa. Bao *et al.* (1999) evidencia que há 5 000 - 4 000 anos BP desenvolveram-se barreiras e lagunas coincidindo com a suposta atenuação da subida do nível do mar, e tornaram-se assim zonas dependentes de fatores locais do que das variações eustáticas.

Para séculos mais recentes existe alguma informação de como se processa o fornecimento de sedimentos à zona costeira portuguesa. Drago *et al.* (1995) refere que no século X houve intenso fornecimento de sedimentos à plataforma, e mapas da altura revelaram a existência de uma restinga de areia a sul de espinho, que mais tarde fechou o golfo, e formou a atual Ria de Aveiro. O Ótimo Climático Medieval entre os séculos XI e XV foram marcados por uma diminuição do fornecimento de material detrítico e possivelmente um pequeno

aumento do nível do mar (Dias, 1990). Seguiu-se uma inversão climática entre os séculos XVI e XIX designada por Pequena Idade Do Gelo, e devido às práticas agrícolas e deflorestação o traçado da linha de costa tornou-se dependente do fornecimento de material em vez da variação do nível do mar. Nesta altura, ocorreu a transformação de alguns estuários em lagunas costeiras, como é o caso da Laguna de Óbidos, Albufeira, Melides e Santo André. Além desses, houve a acreção de vários tómbolos na altura, como é o caso de Peniche e Baleal.

A atual tendência de evolução pode ser descrita como uma tendência progressiva/transgressiva, em contrário à última fase de retrogradação que durou até ao fim do século XIX. Ao longo da costa portuguesa existem atualmente vários locais com principal destaque em que as taxas de erosão superficiais anuais são elevadíssimas, e anualmente é visível mesmo por imagem de satélite a quantidade de terreno conquistado pelo mar (ex. Gomes, 2018). Os principais locais no norte e centro do país com extremo recuo da linha de costa são a zona de Esposende, Ofir, Cortegaça, Furadouro e Espinho. O troço Espinho-Cortegaça foi alvo de estudo em 1991 por Ferreira e Dias, onde determinaram um recuo da linha de costa de 4.5 m/ano com valor local máximo de >12 m/ano entre 1980 e 1989. Para o investigador Dias (2000) os principais fatores responsáveis são a tendência secular de subida do nível médio do mar, construção de barragens nos leitos fluviais, canalização dos cursos fluviais, exploração de areia e cascalho nos leitos de rios, estuários, lagunas e praias; assim como dragagens, e por fim alteração da hidrodinâmica costeira e transporte de sedimentos devido a construções de defesa costeira

Devido à limitação da plataforma continental noroeste ibérica os métodos clássicos de estratigrafia aplicados para a elaboração de escalas cronoestratigráficas da transgressão holocénica no NW da Europa, não se aplicam no caso português (Dias, 2000). À superfície, quando o mar se estabilizou a linha de costa era diferente da atual, composta por mais arribas e amplos estuários. Contudo, com o tempo estas geoformas foram suavizadas devido à erosão e exportação de sedimentos dos estuários.

## 2.3 Variações eustáticas e Neotectónica

O desafio sobre o estudo das variações eustáticas consiste no facto de serem eventos não uniformes. O valor do nível médio do mar local pode diferir bastante dos valores médios globais devido à elevação da superfície terrestre como resposta continental ao ajustamento isostático glaciário, tectónica, e/ou dinâmica atmosfera-oceano que afeta a altura da superfície relativa do mar relativamente ao geoide. Além disso, processos locais como a compactação sedimentar e alterações dos regimes e amplitudes mareais causam variabilidade espacial. Assim, as mudanças no nível médio do mar relativamente à superfície continental (n.m.m.) resultam da interação entre movimentos verticais do mar e do continente. Os sistemas sedimentares foram sistematicamente afetados, nos últimos 20 000 anos, pelos movimentos eustáticos e isostáticos pós-glaciário (Rodrigues e Dias, 1989). O glacio-eustatismo é, de facto, a causa mais associada às variações eustáticas, sendo que apenas o degelo de gelo continental pode influenciar o nível do mar. Segundo Loureiro (2006) os fenómenos envolvidos nas variações a longo prazo do nível do mar são: glacio-eustatismo, tectono-eustatismo, sedimentoeustatismo, eustatismo geoidal, subsidência hidro-isostática, termo-eustatismo. No continente pode ocorrer isostasia glaciária, isostasia devida à erosão, movimentos tectónicos e compactação.

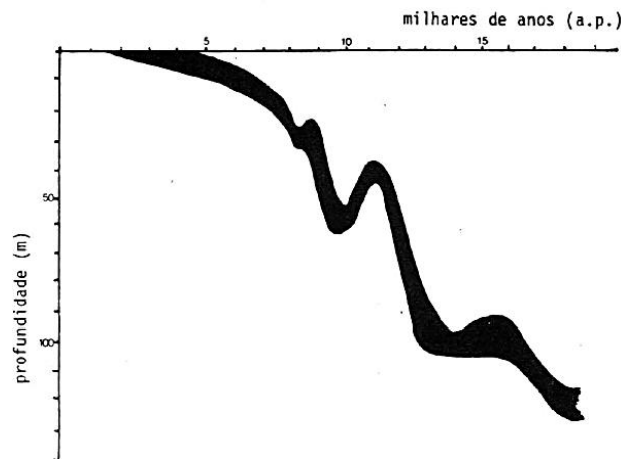
A subida do nível do mar desde o último máximo glaciário não se efetuou de forma constante e homogénea, havendo períodos onde o nível se manteve estacionário ou sofreu mesmo descidas relativas (Rodrigues e Dias, 1989). Assim, a probabilidade de geração de formas perenes é maior do que em fases de elevação rápida. No entanto, as formas morfológicas podem ser eliminadas se, após a sua formação, o nível do mar baixar e deixá-las expostas, ainda que por um pouco período. O período mais favorável à criação de formas costeiras com maior probabilidade de se encontrarem ainda preservadas é entre 14 000 e 11 000 anos BP. Além disso, os autores identificaram quatro principais elementos morfológicos principais da plataforma continental, e determinaram a sua origem provável e a que profundidades ocorrem: terraços, cordões litorais, arribas e ruturas de pendor (Tabela 2.1).



**Tabela 2.1:** Profundidades a que se encontram elementos morfológicos na plataforma submersa, e quais as suas origens prováveis. Fonte: Rodrigues e Dias (1989).

<i>Elementos Morfológicos</i>	<i>Origem Provável</i>	<i>Profundidades (m)</i>
<i>Terraços</i>	Abrasão marinha	40, 60, 100-120
<i>Cordões Litorais</i>	Sedimentar	45, 75, 100-150
<i>Arribas</i>	Abrasão marinha e/ou falha estrutural	100
<i>Ruturas de Pendor</i>	Sedimentar e/ou estrutural	30-40, 50-90, 90-115, 125-145

Todas, à exceção das ruturas de pendor, formam-se em períodos em que o nível médio do mar se manteve relativamente estacionário. No caso das arribas e terraços ocorre modelação por erosão e para os cordões litorais ocorre modelação por acumulação. As arribas e os terraços permitem obter com grande precisão a localização de paleo-litorais. Os autores identificaram arribas apenas a -100.0 m de profundidade, e terraços às profundidades de -40 m, -60 m, -100 m e -120 m (formação em períodos de n.m.m. estacionário). Dias (1985) propôs a primeira curva da subida relativa do nível do mar durante os últimos 18 000 anos, tendo por base a identificação dos elementos morfológicos descritos na Tabela 2.1. A curva por ele realizada teve em consideração a geometria e posicionamento de corpos sedimentares, geoformas e geomorfologia da plataforma e a sua génese e idade relativa, confirmadas em grande parte por datação  $C^{14}$ . Segundo o mesmo, o nível do mar situava-se em -130 m a -140 m durante o UMG. O nível do mar foi progressivamente aumentando até aos -100 m, onde estabilizou/baixou um pouco aproximadamente há 16 000 anos. Desde 13 000 anos BP o nível do mar subiu de forma abrupta, e atingiu os -40 m entre 12 000 e 11 000 anos BP. O autor propõe de seguida uma descida de aproximadamente 20 metros de água como resposta ao evento *Young Dryas*, que foi interrompido por volta de há 10 000 anos por outro período de subida até 8 000 anos BP, quando o n.m.m. atingiu -20 m. Segundo Dias *et al.* (2000) o nível atual do mar foi atingido há 3 500 anos. Quando nos -40 m os estuários atuavam como armadilhas de sedimento e exportavam apenas sedimento mais fino para a plataforma, e é por isso que existe uma falha de geoformas preservadas da plataforma interior.



**Figura 2.6:** Curvas de variação do nível médio relativo do mar, na margem continental portuguesa, desde o último máximo glaciário segundo Rodrigues e Dias (1989).

A carta neotectónica de Portugal refere alguns constrangimentos na sua execução devido à falta de dados geológicos precisos e fiáveis. Isto deve-se a taxas baixas de atividade, longos períodos de recorrência e insuficiência de referências estratigráficas recentes (Moniz *et al.*, 2014). No território continental português as falhas são designadas por falhas lentas, ou seja, com baixa taxa de atividade e longo período de recorrência. As falhas ativas estão relacionadas com a reativação de estruturas antigas, sob uma compressão próxima de NW-SE. Sendo o SW português e ibérico uma área com sismicidade de nível intermédio, já ocorreram sismos com magnitude consideravelmente elevada, sendo os mais recentes nos anos de 1969 com magnitude de 7,9-8,0; 2007 com magnitude de 6,0; e, 2009 com magnitude de 5,5 (Serra *et al.*, 2020). O território português tem na sua proximidade sul o ponto triplo de contacto das placas Euro-Asiática, Norte Americana e Africana. Este posicionamento é responsável pela ocorrência de vários movimentos tectónicos que levaram a deformações recentes na interface continente-oceano e reativação de falhas antigas. Estas deformações tiveram particular importância na geomorfologia litoral do Minho, e o levantamento tectónico na zona terá sido de 0.1 mm/ano a 0.13 mm/ano.

No Cretácico Inferior o centro e norte de Portugal sofreram um empolamento; e posteriormente durante o Eocénico formam-se as bacias terciárias do Mondego e do Baixo Tejo; e, abrem-se as depressões alongadas segundo NE-SW. A compressão bética em Portugal teve o seu auge no Tortoniano com o soergimento da Cordilheira Central Portuguesa e das Montanhas Ocidentais.

No fim do Pleistocénico Médio (durante a última glaciação), grandes mantos de gelos cobriam as regiões de alta latitude, levando à subsidência da terra por baixo dos mantos de gelo e elevação da superfície terrestre ou fundo oceânico nas regiões periféricas. A resposta viscoelástica posterior da Terra ao degelo é invertida, sendo que conforme o gelo derrete as zonas em latitudes elevadas sofrem elevação e as zonas periféricas afundam. Na Europa, os dados de n.m.m. na Grã-Bretanha e Irlanda estão maioritariamente associadas com a resposta de ajustamento isostático ao degelo do manto de gelo *British-Irish*. Tectonicamente a França e Espanha são consideradas como estáveis durante o Holocénico, enquanto a costa portuguesa é conhecida pela sua atividade neotectónica (um exemplo é o evento sísmico de 1755). *García-Artola et al. (2018)*, para a área de estudo (identificada como #11 Galiza sudeste e norte de Portugal, Tabela 2.2) os dados marinhos sugerem que o nível do mar há 10 400 anos estaria a  $-22,7 \pm 1.3$  m, há 7 600 anos estaria a  $-6,7 \pm 0.4$  m, e que há 6 500 anos estaria a  $-5,4 \pm 0.4$  m. Pontos de demonstração do nível relativo do mar no Holocénico Superior indicam que a subida abrandou até à atualidade, registando  $-1,6 \pm 1.1$  m há 2 400 anos e  $-0,2 \pm 0.6$  m há 400 anos.

**Tabela 2.2:** Taxas de variações do nível médio do mar ( $\pm 2$  de desvio padrão) ao longo da costa atlântica europeia, em intervalos de mil anos desde 11 000 anos atrás. Adaptado de *García-Artola, et al. (2018)*.

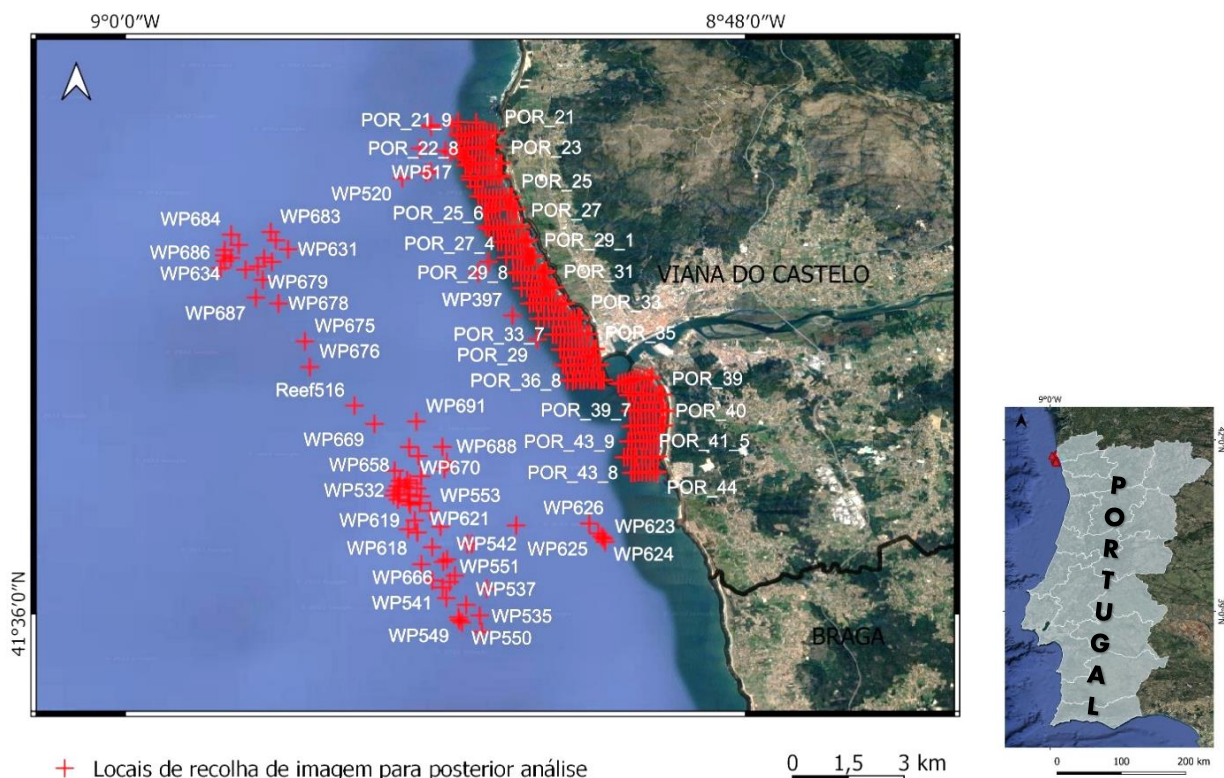
Local	Taxa Média (mm ano <sup>-1</sup> ) desde há 11 000 anos até à atualidade (0 anos)										
	11-10	10-9	9-8	8-7	7-6	6-5	5-4	4-3	3-2	2-1	1-0
#11 Sudeste da Galiza e Norte de Portugal	9,0 ±1,8	8,6 ±1,4	7,1 ±1,1	4,0 ±0,9	1,4 ±0,8	0,3 ±0,8	0,3 ±0,8	0,5 ±0,7	0,3 ±0,7	0,5 ±0,6	0,6 ±1,4
#12 Lisboa e Vale do Tejo	9,2 ±1,6	8,9 ±1,3	7,4 ±1,0	4,2 ±0,7	1,5 ±0,8	0,2 ±0,8	0,0 ±0,7	0,1 ±0,7	-0,2 ±0,7	0,1 ±0,8	0,3 ±1,6

### 3. Enquadramento geográfico, geológico, dinâmico, climático e morfológico da área de estudo

Neste capítulo pretende-se dar a conhecer o máximo de informação descritiva acerca da área de estudo. No fim do capítulo, dá-se particular atenção aos efeitos da última glaciação na área de estudo e alguns dos vestígios morfológicos e sedimentares deixados na plataforma continental.

#### 3.1. Localização da área de estudo e dinâmica costeira

Este trabalho incide sobre a zona norte litoral de Portugal compreendida entre os paralelos  $41^{\circ}35'39,3''\text{N}$  e  $41^{\circ}45'30,456''\text{N}$  e longitudes  $8^{\circ}49'32,424''\text{W}$  e  $8^{\circ}58'9,260''\text{W}$ , ao largo do distrito e concelho de Viana do Castelo (Figura 3.1). O distrito de Viana do Castelo localiza-se na costa ocidental portuguesa e faz fronteira a norte com Espanha e a sul com o distrito de Braga. A zona em estudo cobre uma área de aproximadamente  $104 \text{ km}^2$  e é limitada a Este pela margem continental.



**Figura 3.1:** Enquadramento geográfico da área de estudo e locais onde foram recolhidas imagens com recurso a ROV para posterior análise (coordenadas em WGS84).

### ***Condições Oceanográficas***

A costa portuguesa, e consequentemente a área de estudo, enquadra-se sob domínio de maré mesomareal (amplitudes da onda de maré média entre os 2,0 m e 4,0 m), com marés do tipo semi-diurno normal com 2 preia-mar e 2 baixa-mar diárias, e periodicidade de 12h25 min (Lourenço, 2012). A onda de maré propaga-se de sul para norte.

O regime de ondulação é predominante do quadrante NW (73%) e W (16%), Costa (1994). A média da altura da onda varia conforme a estação do ano, sendo menor no verão (alturas de 1,0 a 3,0 m, período de 11,0 a 13,0 s) do que no inverno.

Quanto a tempestades, a costa portuguesa encontra-se bastante exposta. No entanto, a maioria dos eventos ocorrem durante o inverno, no intervalo dos meses de outubro a março. A cada 3-4 anos ocorre uma tempestade mais violenta que origina ondas frequentemente de 9,0 – 12,0 m de altura.

Segundo Dias *et al.* (2002), localmente o regime de maré e ondulação são altamente energéticas e domina a corrente superficial designada internacionalmente como “*Portugal Current*” (35,8-36 PSU, 14-19°C) com sentido norte-sul. Com elevada significância, existe também uma corrente de fundo que percorre a plataforma continental portuguesa em sentido contrário (sul-norte). Ao longo da costa oeste portuguesa ocorrem frequentemente eventos de *upwelling*, nos quais massas de água mais frias e ricas em nutrientes atingem a superfície, maioritariamente entre os meses de julho a outubro. Este fenómeno é consequência da interação do vento superficial predominante, efeito de *Coriolis* e transporte de *Ekman*. Entre julho e outubro, devido à predominância de ventos de norte (fenómeno designado na gíria como “nortada”) ocorre deslocação da superfície da água. Por efeito de *Coriolis* esta deslocação sofre um desvio na direção de deslocamento da água com uma deflexão teórica de 90° para a esquerda (oeste ou para o largo). Deste modo, gera-se défice de massa de água superficial junto à costa que é compensada pelo afloramento de águas mais profundas e mais frias. Em contrapartida, durante os meses de inverno onde predominam tempestades com ventos de sul ocorre o fenómeno contrário, isto é, *downwelling* que origina águas mais quentes e mais pobres em nutrientes à superfície. É durante estas tempestades que alguns sedimentos mais finos são repostos em deslocação e transportados em direção a norte pela corrente de fundo.

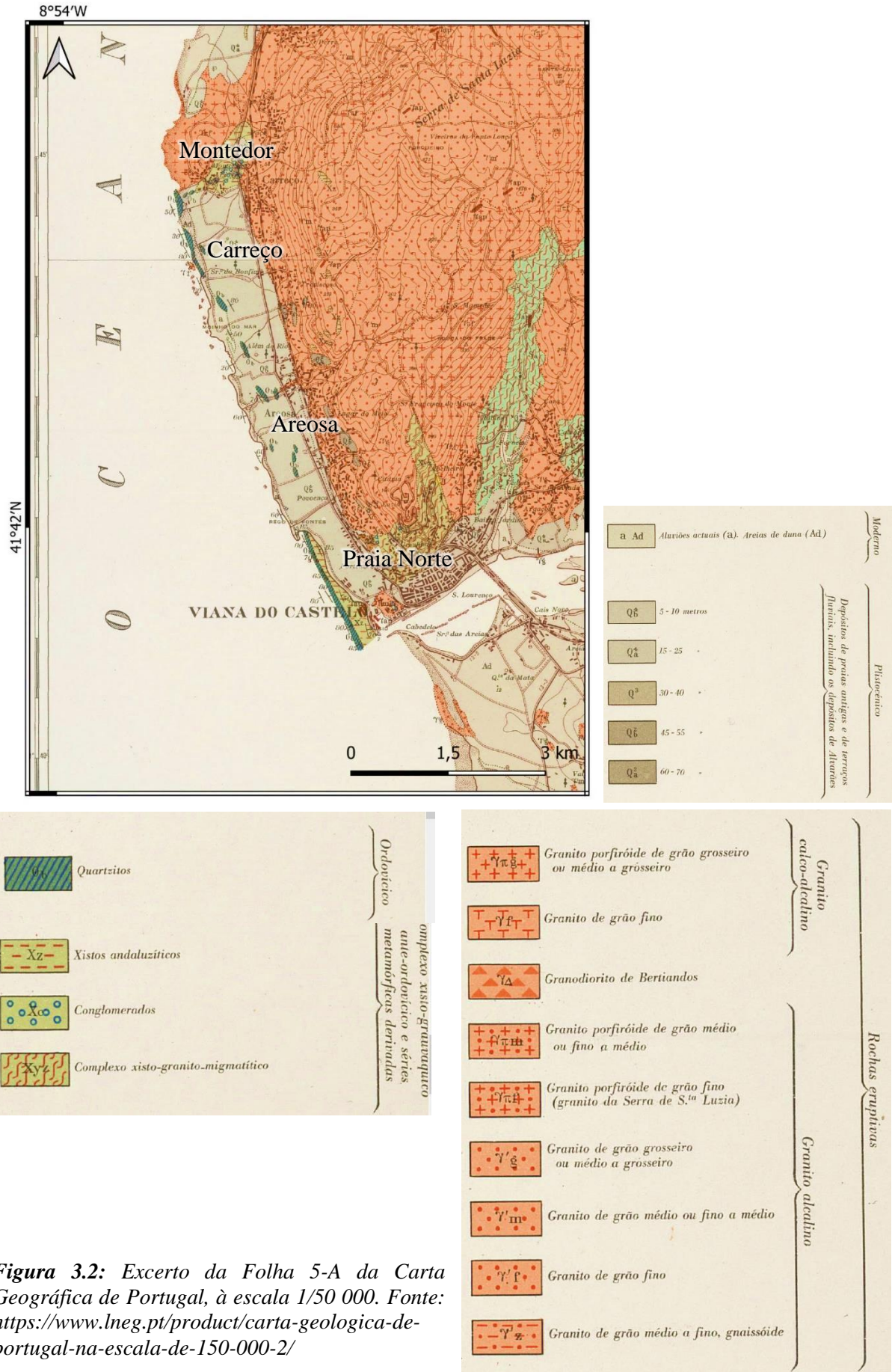
## 3.2. Enquadramento geológico e geomorfológico

### *Geologia à superfície*

O que se sabe da geologia local de Viana do Castelo foi explorado para divulgação científica e turística e, baseia-se em informação de superfície. O mapa geológico de Viana do Castelo, é representado pela Folha 5-A (Viana do Castelo) da Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000 (Figura 3.2), à mesma escala publicada pelo Instituto Geográfico e Cadastral (1963). A base topográfica para os levantamentos geológicos de campo é a Carta Militar de Portugal (folhas 40, Viana do Castelo; 41, Geraz do Lima; 27, Vila Praia de Âncora; e, 28, Ponte de Lima), na escala 1:25 000, do Serviço Cartográfico do Exército. A folha 1 da Cartografia Geológica à escala 1:200 000 (LNEG) inclui a cartografia geológica da plataforma continental, incluindo locais de colheita de sondagens realizadas na plataforma, e pode ser consultada no *website* oficial do LNEG (<https://www.lneg.pt/product/carta-geologica-de-portugal-na-escala-de-1200-000/>).

Foram identificados alguns depósitos de interesse na carta geológica:

- Depósitos de praia e terraços ao longo do litoral;
- Depósitos de praias antigas na planície litoral, em que nalguns locais são calhaus rolados;
- Montedor é um granito de grão fino, sendo que a rocha se encontra bastante alterada. Trata-se de um granito alcalino, moscovítico, com biotite levemente porfiróide;
- Na Praia Norte encontra-se quartzito do Ordovícico e xistos andaluzíticos do complexo xisto-grauváquico ante-Ordovícico;
- Carreço apresenta quartzito do ordovícico, mas dominam os depósitos de praias antigas e de terraços fluviais do Plistocénico, aluviões atuais e areias de duna do Moderno.



**Figura 3.2:** Excerto da Folha 5-A da Carta Geográfica de Portugal, à escala 1/50 000. Fonte: <https://www.lneg.pt/product/carta-geologica-de-portugal-na-escala-de-150-000-2/>

A história geológica da costa de Viana do Castelo é compilada e explicada nos trabalhos realizados no âmbito da criação do Geoparque Litoral de Viana do Castelo. O objetivo da criação do geoparque é mostrar, através do seu património geológico inventariado, os aspetos basilares sobre a forma como o território, que hoje é Viana do Castelo, evoluiu ao longo dos últimos 570 milhões de anos. Registam-se nas suas rochas diversos episódios e foram identificados vários geossítios com valor científico, educativo e turístico.

Destacam-se 3 grandes temas sobre a evolução costeira local:

- ***Abertura do Oceano Rheic (oceano primitivo)***

Há cerca de 540 a 200 milhões de anos, durante a Era Paleozóica existia o megacontinente Pangeia e à sua volta existia um único oceano: Pantalassa. Com a sua fragmentação formaram-se dois supercontinentes: Gondwana (a sul) e Laurásia (a norte); e, o território português estava presente e ambos, sendo que a separação é a atual falha Porto-Tomar-Badajoz. Entre os dois supercontinentes existia o Oceano Rheic do qual existem evidências hidrodinâmicas como marcas de ondulação, rastros de trilobites, estratificação entrecruzada e icnofósseis na atual costa de Viana do Castelo.

- ***Fecho do Oceano Rheic e Evolução das Montanhas Litorais***

O fecho do Oceano Rheic iniciou-se no Devónico Inferior e teve 3 grandes fases de fecho. Posteriormente a essas três fases de fecho, seguiram-se três grandes impulsos, dos quais o segundo e terceiro geraram grandes quantidades de magma que foram responsáveis pela formação das atuais montanhas litorais do norte português. Assim com o passar do tempo geológico, a erosão, tectónica e isostasia colocaram à superfície este magma consolidado a aproximadamente 7 km de profundidade. Após todo este processo, existe um momento de calma, isto é, um momento de arrasamento do relevo e formação da Meseta Ibérica. O ressurgimento de forças que fragmentaram a Pangeia e abriram o Oceano Atlântico ocorreram com o início do Ciclo Alpino (ex. Serra de Santa Luzia).

Na costa litoral vienense, identificou-se a superfície marinha do último período interglaciário (Eemiano, época do Pleistocénico) com traços de icnofósseis. Durante este período a altura da água estaria 30 m acima do atual na região, no entanto, a superfície da praia ancestral encontra-se apenas nos +5 m devido, principalmente, a processos de isostasia.

Segundo Carvalhido *et al.* (2014) durante a Pequena Idade do Gelo ocorreu ocultação



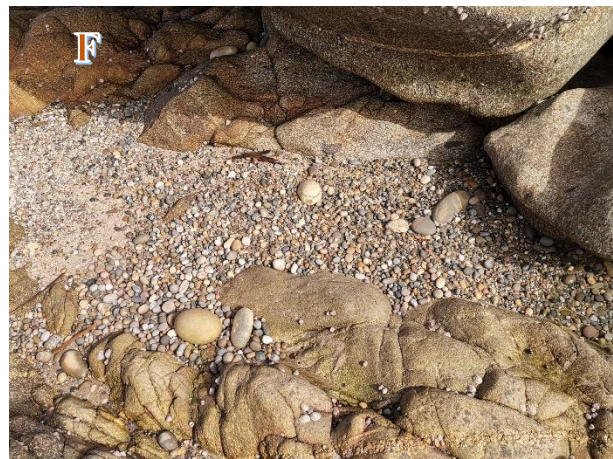
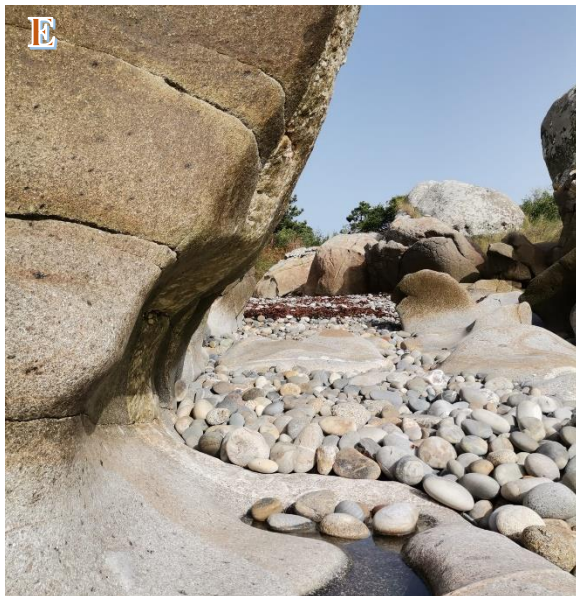
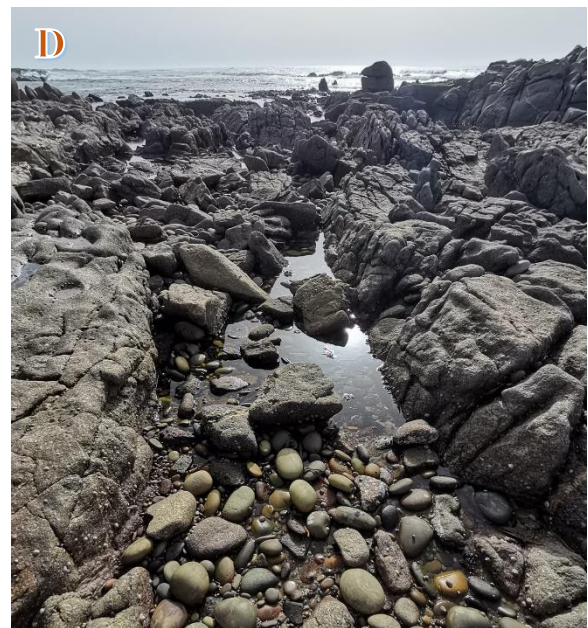
da maioria das formações sedimentares devido ao “desenvolvimento de um extenso cordão dunar”. O autor realizou diversos trabalhos no âmbito do estudo da estratigrafia e sedimentologia ( fácies sedimentares, cor, arquitetura deposicional, etc.) na área exposta do concelho de Viana do Castelo (principalmente). Os seus resultados permitiram identificar 16 unidades litoestratigráficas distribuídas por três terraços principais, ou seja, níveis de praias ancestrais à superfície correspondentes a vários períodos interglaciário passados:

- T1 aos 20-18 m de altitude;
- T2 aos 13 m de altitude;
- T3 aos 8 m de altitude;

Anteriormente, num trabalho realizado por Carvalhido *et al.* (2009), identificam-se e caracterizaram-se locais que permitiram reconstruir a evolução litoral do concelho de Viana do Castelo. Deste modo, foram identificados geossítios que apresentam testemunhos da evolução da linha de costa como resultados da interação de agentes externos, tectónica e substrato rochoso. Um dos locais mais interessantes é a Praia de Fornelos (situada na encosta sul de Montedor), onde é possível encontrar estruturas reveladores de níveis de praia antigas como marmitas de gigante e sapas.

### ***Geoformas encontradas no atual nível de praia***

Numa visita atual à praia de Fornelos foi possível registar em fotografia (Figura 3.3) várias evidências de antigos níveis marinhos e geoformas formadas no decurso do atual que são de particular interesse, visto que na realização deste trabalho se procurou por estes testemunhos também, mas submersos e relativos ao período glaciário e posterior deglaciação. Todos estes ambientes e evidências foram encontrados em profundidade e em diversos locais, como será apresentado no capítulo 5 deste trabalho. O registo de alvéolos de ouriços-do-mar desabitados (Figura 3.3-C) são de particular interesse pois o biótopo coincide com um ambiente intermareal. Por sua vez, as marmitas de gigante (Figura 3.3-A), estruturas de secção circular e fundo côncavo, desenvolvem-se em ambiente submerso. As sapas (Figura 3.3-E), são evidências do processo erosivo da rocha (neste caso lage granítica) quando exposta a meios hidrodinâmicos. A Figura 3.3-B representa um canal de corrente de maré característico de zona costeira.

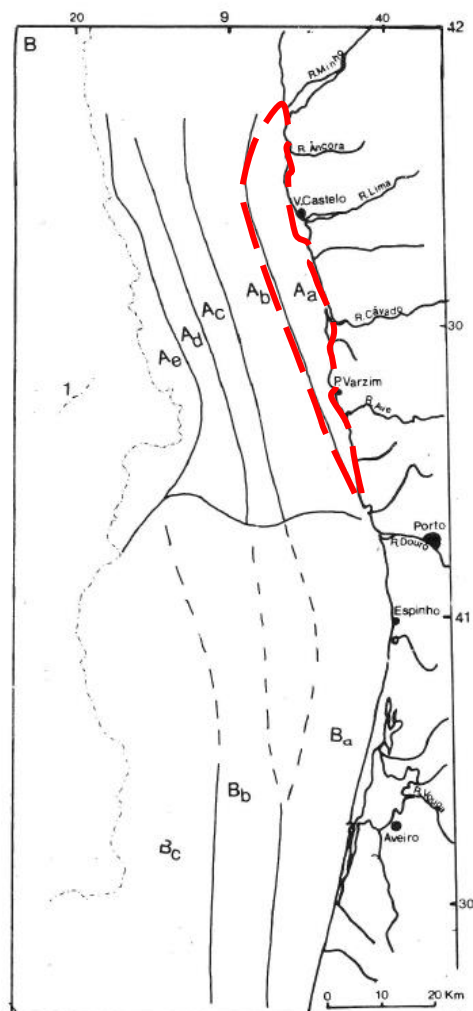


**Figura 3.3:** Fotografias de locais de interesse para análise comparativa no âmbito do presente trabalho. Praia de Fornelos, Viana do Castelo. A) Marmita de gigante, B) Canal de corrente de maré, C) Alvéolos desabitados de ouriços-do-mar, D) Seixos e blocos entre afloramento rochoso, E) Sapa, F) Seixos entre afloramento rochoso.

## ***Geologia submersa***

Em 1989, num trabalho realizado por Rodrigues, Dias e o Instituto Hidrográfico produziram-se imagens com recurso a perfis de reflexão sísmica na bacia a norte do Cabo Mondego. Segundo os seus resultados, não foi possível uma datação absoluta, mas “dadas as características geométricas e geológicas desta bacia” os sedimentos têm idade recente, provável pós-Wurmiana. Segundo Rodrigues (1989), distinguem-se duas zonas em termos morfológicos: a norte e a sul do paralelo do Porto. Para a presente dissertação interessa a análise dos dados retirados a norte do paralelo do Porto onde se diferenciaram 5 zonas (Figura 3.4).

A área de estudo desta dissertação corresponde à zona denominada por Aa (destacada a vermelho na Figura 3.4) que representa a zona mais perto da costa, até ~60 m de profundidade), subparalela à linha de costa, e que se encontra recortada por vários vales. Nesta zona ocorrem afloramentos de formações poli-metamórficas hercínicas que estão limitadas pela fratura Porto-Tomar a oeste. Os vales aí formados terão sido escavados por rios que por aí passavam e transportavam sedimentos ao longo da plataforma interna, então emersa. Destaca-se ainda uma estrutura que fica fora da área de estudo, mas que é de elevada importância local: o Beiral de Viana (Ad na Figura 3.4). Este trata-se de um afloramento do soco hercínico com origem tectónica. Existem ainda evidências de que as falhas continuam ativas (Dias *et al.*, 1992). Este beiral separa a zona a este com 4 depressões importantes que representam locais de confluência de grandes paleo-rios, com um alinhamento correspondente a um acidente estrutural. A oeste do Beiral de Viana verifica-se a existência de uma zona de grande declive correspondente ao início da vertente continental.



**Figura 3.4:** *Compartimentação morfológica da superfície isobárica. Fonte: Rodrigues e Dias (1989).*

## ***Geomorfologia à superfície***

A região de Viana do Castelo é constituída por relevos elevados separados por vales, dos quais se destaca o vale do Lima, bastante largo, aberto e diagonal. A norte do rio Lima a Serra de Arga, com vertentes íngremes e cimo aplanado aos 800 m de altitude ganha destaque. Na orla costeira destaca-se a arriba fóssil que acompanha a linha de costa, com uma orientação NNW-SSE e atravessa a região norte de Portugal, afundando quando passa para território espanhol, a norte do estuário do Minho. Principalmente para norte de Esposende, destaca-se uma larga planície litoral, limitada no interior pela imponente arriba fóssil, sendo que parte desta planície é coberta por depósitos de praias antigas de antigos períodos interglaciários. Na cidade e junto ao mar destaca-se a serra de Santa Luzia que atinge os 549 m e a sua vertente oeste abrupta (caraterístico de uma arriba fóssil). Esta vertente limita, no interior, a ampla plataforma de abrasão marinha que forma a orla litoral. Esta trata-se de uma região plana regular, com a exceção da interrupção da colina de Montedor.

### **3.2.1. Evolução da subida do nível médio do mar nos últimos 18 000 anos**

De acordo com dados apresentados por Ruddiman (1981) e Rodrigues (1989) foi possível perceber a evolução pós-glaciária geral para a costa portuguesa. Distinguem-se 5 fases com diferentes evoluções do nível médio do mar. Ruddiman e McIntyre (1981) identificaram duas localizações principais da frente polar para os últimos 20 000 anos com base em dados de microplâncton, que sugerem que a frente glaciária atingiu mesmo os 42°N.

- Fase I - Definiram que a primeira fase de deglaciação, entre 18 000 até 16 000 anos BP, o litoral situava-se às cotas de -130 e -140 m, e existiriam na área de estudo os grandes paleo-rios Lima, Âncora e Minho que desaguiariam num golfo estreito e protegido a ocidente pelo Beiral de Viana. Estes três rios eram afluentes de um grande rio, de direção SSE-NNW designado na comunidade científica por Rio Beiralis. Este rio aproveitou a fraque estrutural e instalou-se quase de forma retilínea a oriente do Beiral de Viana. Beiral de Viana estava descoberto.
- Fase II – de 16 000 e 13 000 anos BP. Há 16 000 anos iniciou-se a fusão dos glaciares e grandes quantidades de água foram reintroduzidas nos oceanos. Durante este período o nível do mar subiu para a cota atual de -100 m. O Beiral de Viana ficou parcialmente coberto por água. O rio Beiralis (que corre ao longo da falha do Beiral de Viana) transformou-se num golfo que foi progressivamente invadido pelo mar até

ficar totalmente imerso. Constituiu nesta altura um local privilegiado para a deposição de material. Várias características geomorfológicas podem-se ter desenvolvido nesta altura na plataforma portuguesa como por exemplo plataformas de abrasão, arribas e barras offshore.

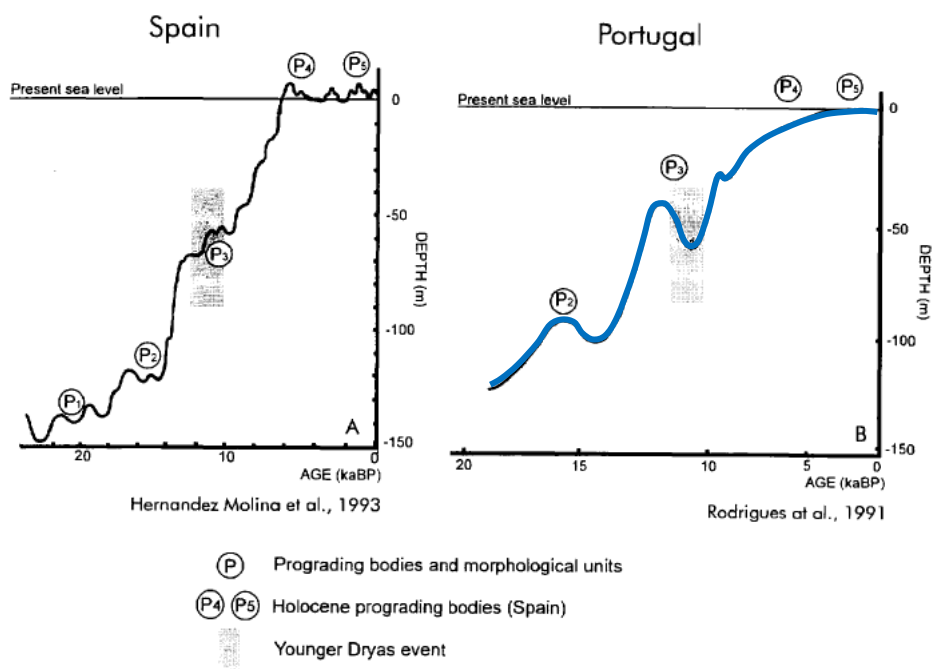
- Fase III – 13 000 a 9 000 anos BP corresponde a um período onde ocorreram grandes alterações das condições paleoambientais e eustáticas

a) Entre há 13 000 e 11 000 anos BP, o nível do mar subiu dos -100 m para os -40 m. Esta subida bastante abrupta resultou em sistemas estuarinos muito assoreados, onde se desenvolveram sistemas pantanosos e lagunares. O reaparecimento da corrente do golfo foi a ignição para o recuo abrupto da frente polar no noroeste europeu.

b) Entre 11 000 e 10 000 anos BP. Há aproximadamente 11 000 anos verificou-se um arrefecimento generalizado, o qual promoveu novamente o crescimento da frente polar em latitude o que levou a que na plataforma continental portuguesa o nível do mar rebaixasse de -40 m para -60 m. Esta descida do n.m.m. terá origem eustática, forte sedimentação litoral e compressão isostática. Os autores identificaram terraços marinhos às cotas de -40 e -60 m. Pensa-se que o n.m.m. terá ficado nos -60 m aproximadamente 1 000 anos. Aqui o litoral era definido pelo afloramento do soco hercínico, quanto que a sul do rio Ave era traçado de acordo com os vales dos grandes rios. Este evento é associado ao *Younger Dryas*.

c) Entre 10 000 e 9 000 anos BP. Aproximadamente há 10 000 anos ocorreu um aquecimento generalizado. Estima-se que as taxas de subida tenham sido superiores a 2 cm/ano, tendo-se elevado 40 m em 2 000 anos, ou seja, terá passado do nível -60 m para -20m da cota atual. Esta subida, segundo os autores, não demonstra muitas evidências morfológicas na plataforma continental, pois terá sido compensada com ajustamentos isostáticos. Na zona norte do país, ao largo de Viana do Castelo e, como existem estruturas transversais à plataforma e permitiu o ajustamento rápido ao movimento, o que justifica anomalias de profundidade, de depósitos e de acidentes morfológicos na área.

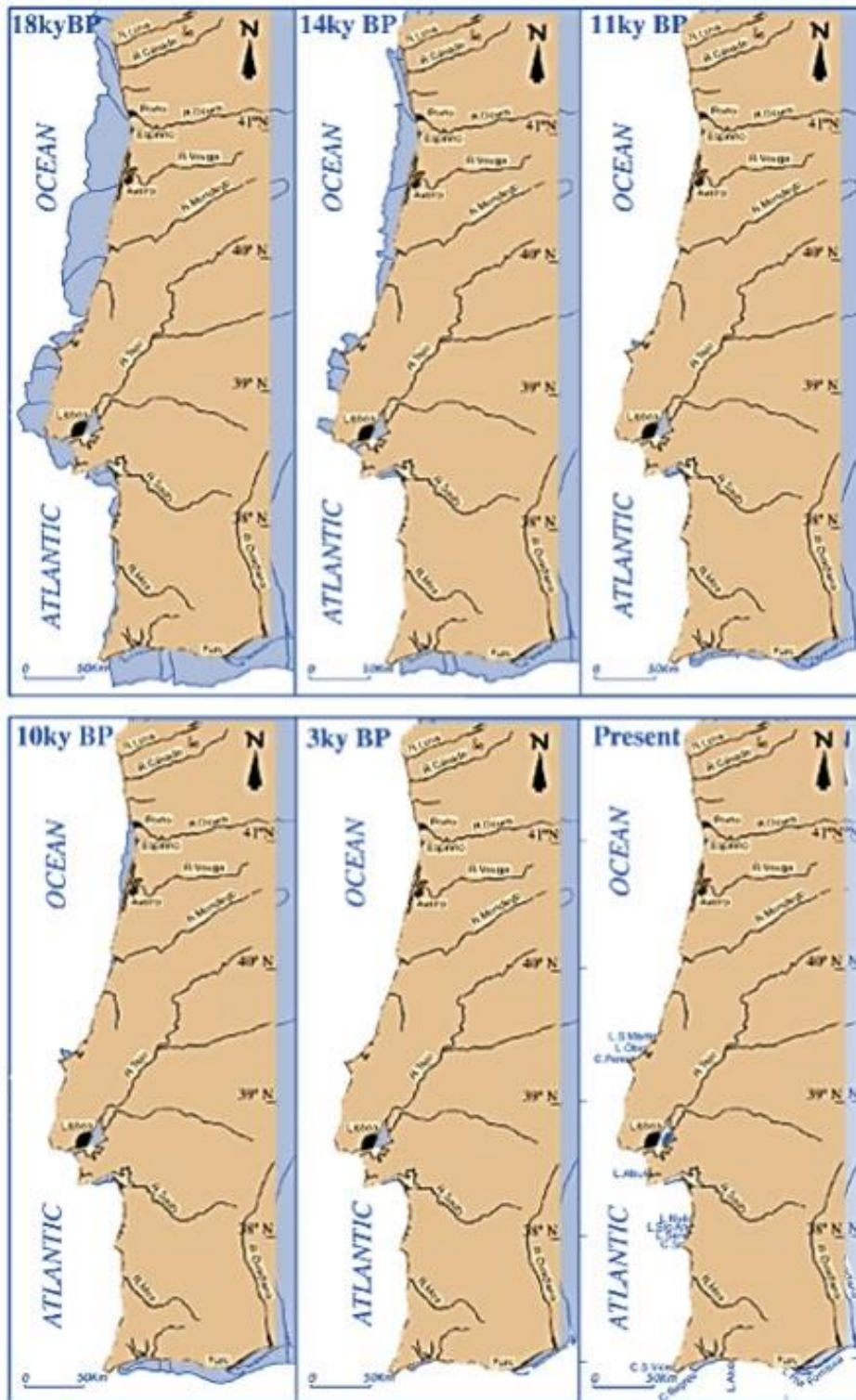
- Fase IV – entre 9 000 e 6 000 anos BP, os autores não consideram haver vestígios morfológicos desta altura na plataforma continental portuguesa.
- Fase V – de 6 000 anos BP até a atualidade. “na plataforma continental portuguesa o nível do mar atingiu a sua posição atual entre os 5000 e 3 000 anos BP” a partir do qual se assume que estabilizou.



**Figura 3.5:** Curva da flutuação do nível médio do mar nos últimos 20 000 anos, com dados para a margem continental da Galiza e norte de Portugal. Curva elaborada por Zazo et al. (1996).

### 3.2.2. Evolução da linha de costa portuguesa desde o UMG

A evolução da linha de costa resulta da combinação da sobreposição de vários processos como erosão costeira, alterações climáticas, variações das taxas de fornecimento de sedimento, impactos antrópicos recentes e variações eustáticas. Segundo Dias *et al.* (2000), desde o último máximo glaciário até há 8 200 anos BP (Holocénico Médio) o aumento do nível do mar terá sido o principal fator na delineação da linha de costa; sendo que, a partir dessa altura terá sido substituído pelo fornecimento de sedimento terrígeno e da dinâmica de barreiras. Na perspetiva do mesmo autor a partir do século XV foram as atividades antrópicas as principais modeladoras da costa com a deflorestação e práticas agrícolas. A Figura 3.6 apresenta a evolução da linha de costa portuguesa desde há 18 000 anos.



**Figura 3.6:** Evolução da linha de costa portuguesa desde o último máximo glaciário, para determinadas datas BP até à atualidade. Adaptada da publicada por, Dias et al. (2000).

### 3.3. Enquadramento Climático e Evolução do Nível Médio do Mar Durante o Holocénico

O clima corresponde a uma descrição estatística do tempo meteorológico, com um período temporal que pode variar de meses a milhões de anos. A Organização Mundial de Meteorologia definiu que o período clássico a ser considerado será de 30 anos, onde se avalia principalmente as variações de temperatura superficial, precipitação e vento, além de outras. Visto a Terra não se tratar de um sistema fechado e estável, o clima ao longo do tempo geológico está em constante mutação.

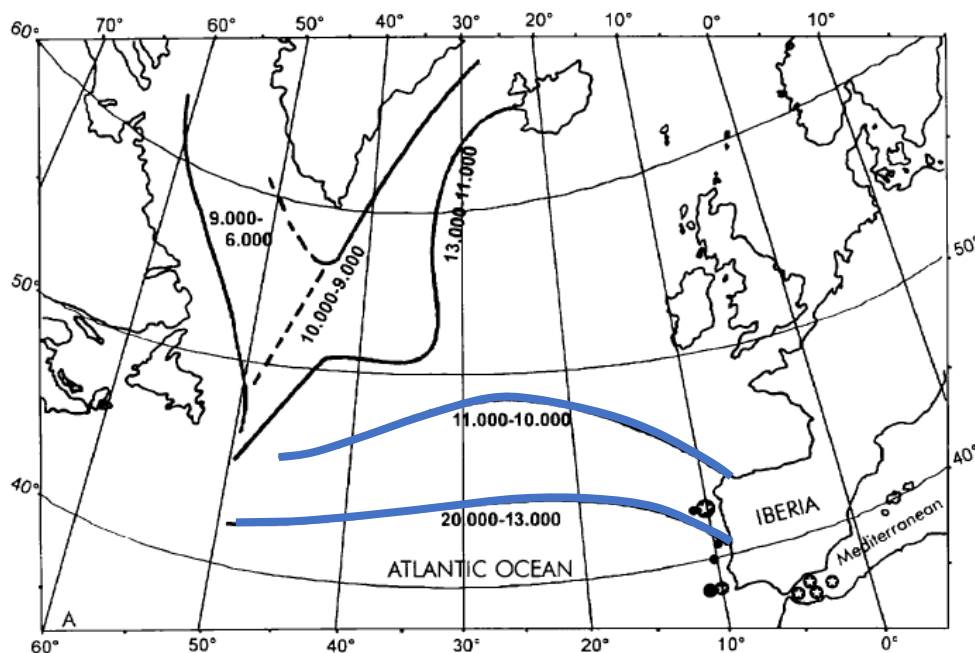
A Península Ibérica está localizada numa zona de influência de clima mediterrâneo, aridez africana e clima temperado e húmido da Europa Central, contudo é de particular importância para o clima português o centro de altas pressões, denominado por Anticiclone dos Açores (AA). Este corresponde ao nodo sul da Oscilação do Atlântico Norte (NAO).

Um estudo de estalagmites da caverna da Buraca Gloriosa (Thatcher *et al.*, 2020) apresenta os primeiros dados de alta resolução e precisão terrestres com informação do clima Holocénico no centro oeste ibérico. Os resultados revelaram que a aridez no oeste português aumentou secularmente desde 9 000 anos BP até à atualidade. A principal causa apontada pela autora serão as alterações do ângulo do eixo terrestre (fenómeno físico denominado por precessão) que leva à diminuição da insolação no verão. De um modo geral, os dados sugerem condições mais secas do Holocénico Médio ao Superior, através do aumento dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{18}\text{O}$ , isto é, desde há 9 000 anos até ao presente. O estudo desses registos permite uma melhor compreensão de quais os impulsionadores mais importantes do clima à escala milenar e centenária nesta região: insolação, SSTs do Atlântico (temperatura superficial do mar), TSI (irradiância solar total) e variabilidade atmosférica, incluindo a NAO. Os dados confirmam a tese do deslocamento para sul da ITCZ durante o Holocénico, que provavelmente teve implicações na configuração da Circulação Hadley.

Segundo Zazo *et al.* (1996), a alteração da posição da frente polar (Figura 3.6 entre 20 000 e 6 000 mil anos BP teve respostas climáticas diferentes na Península Ibérica, nomeadamente a norte e sul do paralelo dos 40°N. A maior/menor área da frente polar pode ter tido maior/menor impacto na corrente do Golfo, o que originou provavelmente condições climáticas diferentes entre o litoral da Cantábria e o sul na Península Ibérica. Comparando as curvas de evolução do nível médio do mar para a costa da Galiza e norte de Portugal durante os últimos 20 000 mil anos, existe um elevado grau de similaridade, contudo destaca-se uma



importante diferença: a descida do nível médio do mar durante os Younger Dryas apenas se regista na costa portuguesa. Entre 20 000 e 15 000 anos BP as condições climáticas eram de muito frio e humidade. Durante o *Younger Dryas* o clima frio deu lugar a um clima temperado na região.



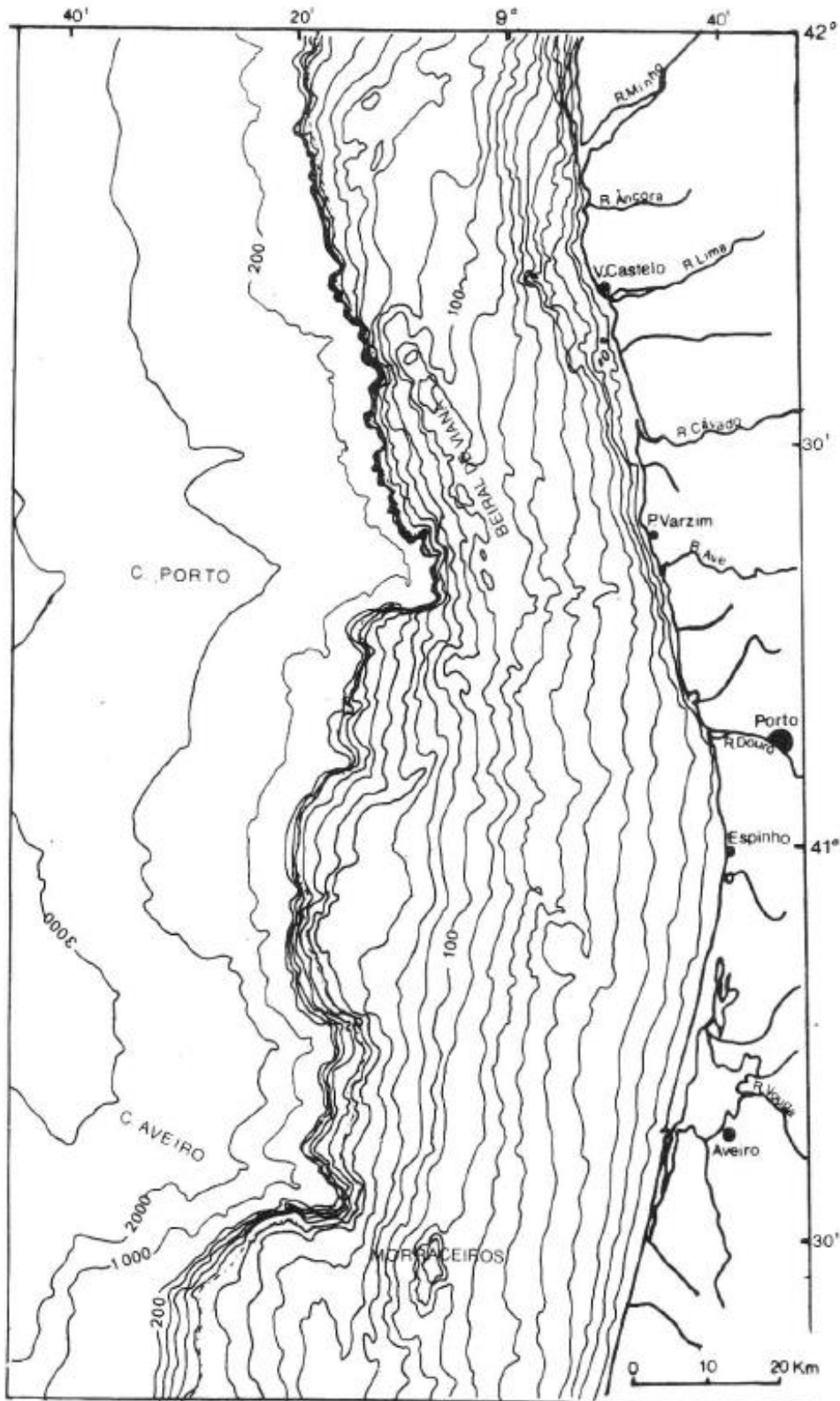
**Figura 3.7:** Posição da frente polar definida por Ruddiman e McIntyre (1981). Evolução da localização da frente polar no Hemisfério Norte. Destacam-se (curvas azuis) as linhas de 20 000 – 13 000 anos BP e 11 000 – 10 000 anos BP, com especial proximidade da Península Ibérica.

Vários fatores como os agentes de transporte, a natureza da rocha mãe e as condições climáticas em terra condicionam a composição e proporções das quantidades individuais de minerais de argila nos sedimentos marinhos nas latitudes médias. Estes minerais argilosos podem proporcionar importantes informações para as reconstruções climáticas. Segundo Martins *et al.* (2013), amostras de argila da ria de Vigo caracterizam-se pela dominância de ilite, alguma presença de caulinita e menores quantidades de clorite, revelam um clima tipicamente temperado na região nos últimos pelo menos 3 000 anos, no core base. As camadas lamacentas (*muddy layers*) com ilite e caulinite, são associadas a períodos mais frios como o do Holocénico Superior (~2 900 anos BP), a *Dark Ages* entre 2 200 – 1 200 anos BP e a Pequena Idade do Gelo há aproximadamente 700 - 200 anos BP.

### 3.4. Morfologia da Margem Portuguesa

A margem oeste portuguesa trata-se de uma margem continental não vulcânica. O desenvolvimento desta margem está associado ao histórico da placa tectónica, incluindo as reativações de falhas com sentido ENE-NW (Lastras *et al.*, 2009). De um modo geral, a plataforma portuguesa apresenta um declive suave desde a zona de transição até à quebra para planície abissal, sendo apenas interrompida por alguns canhões submarinos como o do Porto, Aveiro, Nazaré, Cascais, Setúbal-Lisboa e São Vicente. Estes canhões submarinos dividem a margem oceânica portuguesa em 6 sub-margens. A zona em estudo enquadra-se na sub-margem mais norte de Portugal com plataforma continental de declive suave e sem a presença de canhões até ao Porto.

Segundo Dias *et al.* (2000), Portugal tornou-se um dos primeiros países a obter uma cartografia completa da plataforma continental, sendo que entre os anos de 1913 e 1928 foram publicadas 8 cartas de litologia submarina da costa portuguesa. Este inventário era destinado à comunidade piscatória. Na Figura 3.8 está representado o mapa batimétrico da zona estudada (segundo Rodrigues e Dias, 1989).



**Figura 3.8:** Mapa batimétrico da zona estudada, com as linhas com espaçamento de 10 m até aos 200 m de profundidade (segundo Rodrigues e Dias, 1989).

### *Distribuição sedimentar na plataforma Galiza-Minho*

As plataformas continentais são locais de transição entre os continentes e as bacias oceânicas e são sistemas altamente complexos. Encontram-se cobertas por sedimentos terrígenos, ou seja, provenientes da erosão continental, no entanto, maioria dos sedimentos presentes foram depositados durante a última glaciação, quando o nível médio do mar estava 120 m abaixo do nível atual. Outra característica da sedimentação nas plataformas continentais é a granulometria dos sedimentos diminuir conforme aumenta a distância à costa, no entanto isto não se verifica em muitas zonas. A sua distribuição pode ser totalmente irregular e isso é geralmente associado ao tipo de fornecimento sedimentar (descargas fluviais, erosão costeira) e forças físicas (regime mareal, correntes, *up-* e *down-welling*) que atuam como processos distributivos (McManus, 1975). Dias *et al.* (2002) é o primeiro estudo que permitiu uma análise sedimentológica e batimétrica da plataforma continental no setor Galiza-Minho. Este verificou que, a zona norte e sul da plataforma Galiza-Minho apresenta um grande contraste em termos sedimentológicos e batimétricos, sendo a zona da Galiza caracterizada pela presença de grãos finos e a zona sul por areias e cascalho.

O fornecimento de sedimentos, ambiente oceanográfico (correntes e tempestades) e a morfologia/estrutura tectónica da plataforma estão na origem desta diferença. No norte da plataforma as Rias Baixas (Galiza) atuam como armadilhas de sedimento, e o principal fornecedor de sedimentos a esta plataforma é o rio Douro. Os sedimentos mais grosseiros junto à costa são transportados em direção a sul pela corrente de deriva litoral superficial, e o material fino depositado na zona mais afastada da costa é colocado novamente em suspensão pela ondulação de tempestade, com maior amplitude, que causa arredondamento dos sedimentos e, nas zonas mais profundas pode ser transportado em direção a norte pela corrente de fundo em direção ao polo. Na plataforma Galiza-Minho existem duas frações de sedimento muito fino/silte que formam dois depósitos de grandes dimensões: *Galicia Mud Patch* e *Douro Mud Patch* estes bancos argilosos são facilmente identificados usando a escala de Shepard (1954) (sendo 90% inferior a 63 µm). Estes situam-se entre os -120 e -100 m da cota atual e são controlados pela hidrodinâmica e morfologia local. A plataforma do Beiral de Viana localiza-se a oeste do *Douro Mud Patch*, que atua como uma barreira da deslocação do sedimento fino para oeste.

## 4. Equipamentos, Metodologia e Processamento de dados

Neste capítulo foram identificados e caracterizados os equipamentos utilizados para a recolha de dados nas saídas de barco e a metodologia escolhida para o processamento de dados. Visto tratar-se de um meio aquático foi necessário usar equipamento tecnológico específico e aplicações informáticas compatíveis, tendo em vista a aquisição, visualização, processamento e posterior interpretação dos dados recolhidos.

### 4.1. Equipamentos

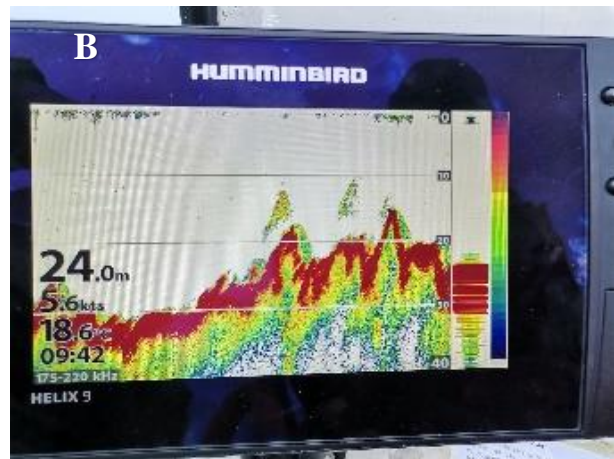
O conjunto de equipamentos físicos necessários para a recolha de dados em meio aquático e realização da presente dissertação, além da embarcação, foram os seguintes:

- Ecossonda *HELIX 9 CHIRP DI GPS G2N*;
- Câmara *Insta360 One X*;
- Câmara *GoPro*;
- Veículo submarino operado remotamente *CHASING M2*.

Todos os equipamentos usados são de fácil manuseamento e funcionamento. Possuem elevada autonomia, fiabilidade, simples programação, *download* rápido e fácil dos dados e pequeno erro relativo. Durante as várias saídas os vários instrumentos satisfizeram as necessidades pretendidas e os dados foram adquiridos corretamente.

#### 4.1.1. Ecossonda - HELIX 9 CHIRP DI GPS G2N

A bordo da embarcação está a ecossonda *Helix 9 Chirp DI GPS G2N* (Figura 4.1). Trata-se de uma ecossonda projetada e desenvolvida para uso piscatório que apresenta mapas de profundidade, vegetação e dureza do fundo. Além de conter a unidade de Cartografia *Humminbird Basemap* integrada, possui uma tela de 9 polegadas com luz de fundo LED, *CHIRP Down Imaging* e *CHIRP Digital Sonar*. A principal vantagem deste equipamento reconhecida para este trabalho é a possibilidade de criar mapas em tempo real dos locais de interesse através do *AutoChart Live*. Durante as saídas de barco além do fácil manuseamento, permite vários tipos de visualizações e fornece várias informações em direto como a dureza, batimetria, dados de profundidade, temperatura da água, etc. Outras importantes características são: o GPS de elevada precisão, e descarregamento e processamento de dados muito rápido e fácil.

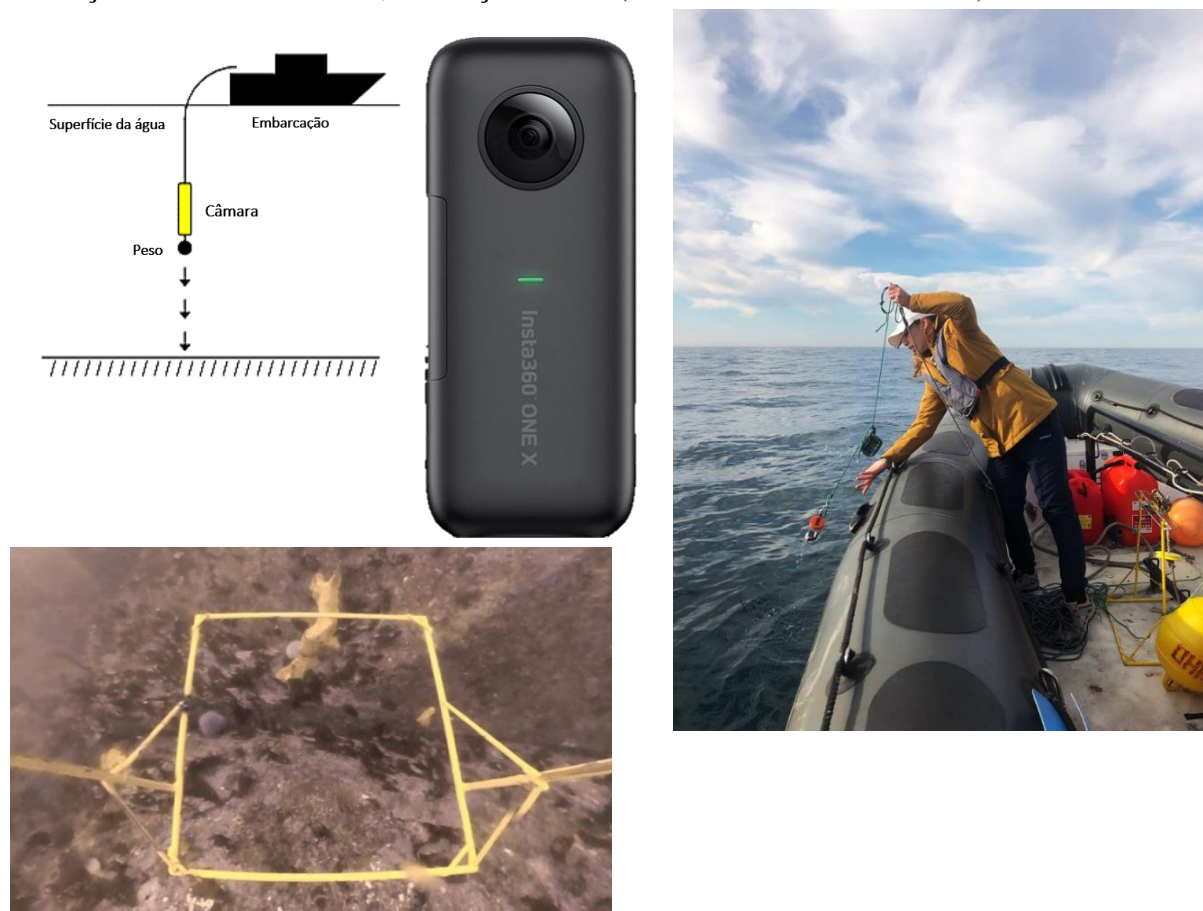


**Figura 4.1.:** A) Embarcação AQUA usada; B) Visualização do perfil vertical de dureza do fundo; C) Tela dividida na horizontal: em cima, percurso do barco e varrimento do fundo para identificar afloramentos rochosos; em baixo, perfil vertical do fundo.

#### 4.1.2. Câmara - *Insta360 One X*

Uma das câmaras de ação utilizadas foi a *Insta360 One X* (Figura 4.2). Esta câmara tem resolução máxima de vídeo de 5,7 K a 30 fps, elevada capacidade de estabilização e é composta por duas câmaras de modo a abranger toda a área circundante. Os seus lançamentos nos locais escolhidos eram inicialmente realizados recorrendo ao lançamento com peso até ao fundo. Era usada também uma boia por baixo da câmara para que o peso ficasse no fundo e a câmara ficasse aproximadamente 50 cm acima do solo, e assim permitir uma visão circundante completa.

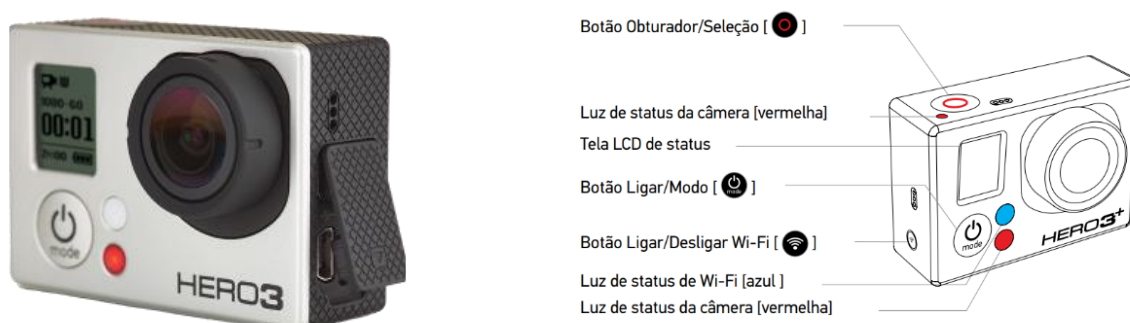
Posteriormente, construiu-se uma estrutura em ferro onde se encaixou a câmara com lanternas, com o objetivo de criar uma escala nas imagens guardadas e melhor luminosidade em locais mais profundos. A exportação e visualização dos vídeos é muito fácil bastando abri-los com recurso à aplicação correspondente: *Insta360 Studio 2021* no computador. Infelizmente devido a um erro de exportação de dados perdeu-se a informação GPS de todos os lançamentos desta câmara, à exceção de um (dia 9 de novembro de 2021).



**Figura 4.2.:** Esquema do método inicial do lançamento da câmara a partir da embarcação. Fotografia do processo de lançamento de equipamento. Engenho posteriormente montado em ferro (Fotografia da Insta360 no dia 07/10/2021)

### 4.1.3. Câmara - *GoPro Hero 3+*

As câmaras GoPro são consideradas por muitos das melhores câmaras a nível mundial. A sua versatilidade é uma das principais características, sendo possível usar em terra ou água. É leve, compacta, apresenta estabilização de imagem, maior ângulo de visão, fácil conectividade e possibilidade de controlo remoto. a câmara usada nas saídas foi a versão GoPro Hero 3+ (Figura 4.3), que prime por todas as características descritas anteriormente. O seu uso foi pensado como complemento à imagem gravada pelo ROV (capítulo 4.1.4.), visto ter maior ângulo de imagem e diferente gama RGB, além da estabilidade de imagem de vídeo. Por vezes, em vez do modo de vídeo, colocou-se em modo time-lapse para captura de imagens. Adaptou-se para ser colocada no topo do ROV.



**Figura 4.3.:** Fotografia do modelo de câmara utilizado (à esquerda). À direita apresenta-se guia de introdução rápida, retirado do website oficial da marca GoPro Ambas foram retiradas do website oficial da marca GoPro, consultado a 03/09/2022 (<https://gopro.com/>).

### 4.1.4. ROV - *CHASING M2*

No segundo ano de aquisição de dados (2022) foi utilizado um veículo submarino operado remotamente, conhecido na comunidade científica por ROV. O equipamento adquirido é o *Chasing M2 Rov* (Figura 4.4) que pode atingir profundidades de até 100 metros. A sua velocidade máxima é de 1,5 m/s e o intervalo de temperatura em que opera corresponde ao intervalo de -10° C até +45° C.

Uma das principais vantagens deste equipamento é a transmissão em tempo real a bordo, possibilidade de gravação de vídeo e guardar fotografias. Todos os ficheiros ficam guardados num cartão de memória SD removível. Adicionalmente, para otimização do tempo no mar foram adquiridas duas baterias, sendo que cada possibilitava aproximadamente 5 mergulhos de 10 minutos com motores a 70%.

Ao aparelho é conectado um cabo de 200 m enrolado a bordo da embarcação (Figura

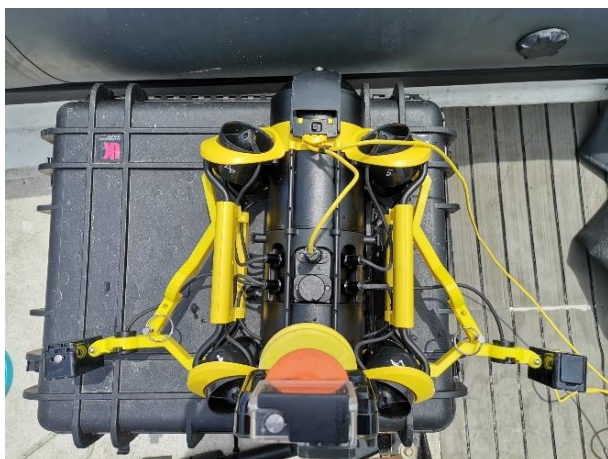


4.4.-C) e sempre que é lançado à água é necessário verificar a segurança do mesmo e se as juntas continuam bem apertadas. À bobine de cabo conecta-se o comando de controlo do equipamento com botões que permitem subir, descer, andar para a frente e para trás, virar a direção, virar a câmara, ligar e desligar luzes e *on/off* do dispositivo. Ao comando de controlo é conectado, através de um cabo, o telemóvel com a aplicação *Chasing GO1* já instalada que permite a visualização em tempo real.

Os restantes elementos a bordo podiam ver também nos seus telemóveis sem qualquer interferência nos comandos do dispositivo. Adicionalmente ao piloto, era necessário que alguém estivesse sempre a controlar o cabo do ROV para que este não fizesse o chamado efeito “vela” ou se enrolasse no motor do barco, além de controlar a quantidade de cabo usada para que este não acabasse.

Pelas fotografias tiradas a bordo é possível perceber uma série de adições feitas ao ROV. No topo foram adicionadas uma lanterna e a câmara GoPro. Dos lados esquerdo e direito adicionaram-se mais 2 lanternas, pois muitas vezes atingimos profundidades de -60 m ou mais e é necessária bastante luz para que seja visível e perceptível o ambiente e fundo submerso. Depois do uso, retiramos do barco e passamos todo o equipamento e componentes por água doce.

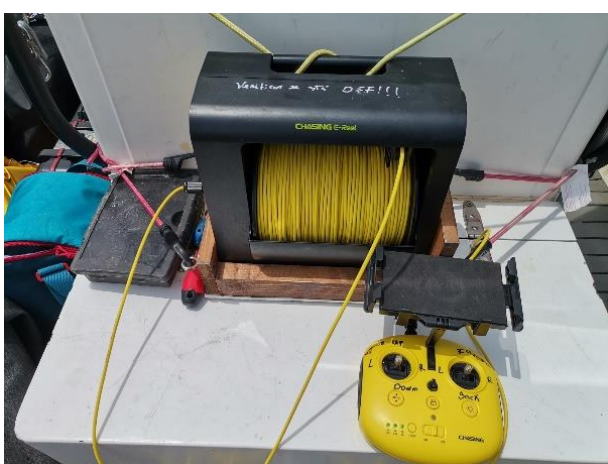
A)



B)



C)



D)



**Figura 4.4.:** Fotografias do ROV. A) ROV visto de cima com cabo de segurança colocado; B) Frente do ROV com duas lanternas laterais, uma no topo e a câmara GoPro; C) Bobine com o cabo de 200 m do equipamento; D) Comando de controlo do ROV ligado ao telemóvel onde se visualiza em tempo real e se pode alterar as definições além de começar/parar gravações.

## 4.2. Recolha de dados

O trabalho de campo ao largo de Viana do Castelo foi realizado entre julho de 2021 e setembro de 2022, e estima-se um total de aproximadamente 185 horas a bordo em 29 dias de saída com lançamento de equipamento (ROV e Câmara 360). Além das datas mencionadas na Tabela 4.1, houve mais saídas de barco, no entanto não havia condições para lançar os equipamentos (câmaras e ROV) à água devido por exemplo, à forte corrente ou turvação; pelo que, aproveitámos igualmente a viagem para adiantar a parte cartográfica. As saídas realizaram-se sempre que havia disponibilidade da equipa além da necessidade de garantir a

existência de condições meteoceanográficas favoráveis. Foram sempre realizadas, em média, entre as 9h e as 14h. Não se estabeleceu um momento de maré específico para os lançamentos pois através do uso do componente harmónico *Xtide*, a altura da onda de maré é corrigida. As saídas de barco correram de forma geral bem, mas também marcaram pelas inúmeras aventuras como precipitação e nevoeiro intensos e inesperados, perda de uma câmara *Insta360 One X*, perda de várias âncoras da embarcação por ficarem presas entre rochas em profundidade. Outros sustos ocorreram com o ROV quando ficava preso em redes de pesca, cabos e rochas e eram necessárias várias tentativas e trabalho de equipa para o recuperar.

**Tabela 4.1:** *Datas de saídas com lançamentos de câmaras ou ROV. A laranja destacadas as datas que se tem imagem, mas não há coordenadas GPS (perdidas no processo).*

Dias de saídas de barco no ano 2021		Dias de saídas de barco no ano 2022	
1 julho	8 outubro	27 de abril	13 de julho
20 julho	11 outubro	29 de abril	14 de julho
2 setembro	12 outubro	5 de maio	15 de julho
3 setembro	8 novembro	26 de maio	28 de julho
6 setembro	9 novembro	27 de maio	29 de agosto
7 outubro		7 de junho	30 de agosto
		14 de junho	31 de agosto
		15 de junho	1 de setembro
		22 de junho	2 de setembro
Filmagem com câmara <i>Insta360 OneX</i> e cartografia		Filmagens com o ROV e cartografia	

### 4.3. Processamento de dados

Neste subcapítulo serão descritos os detalhes do processamento de dados e das representações que serão analisadas no próximo capítulo. Na parte de análise de imagem estima-se um total de 18,44 horas de vídeo produzido e analisado para a escrita do presente trabalho, perfazendo um total de 185 horas no barco. Adicionalmente a esses vídeos, ainda foram analisados os do projeto POLIS (à frente descrito).

#### 4.3.1. Aplicações utilizadas

Quanto às aplicações informáticas usadas para visualização e processamento de dados foram:

- *Quantum GIS*;
- *Insta360Studio*;
- *ReefMaster* – processamento dos dados da ecosonda;
- *VisorXeo Tv* – reprodução dos vídeos restritamente adquiridos pelo projeto Viana POLIS.

#### 4.3.2. Quantum GIS

O QGIS é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de código aberto licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU, e trata-se de um projeto oficial da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo). Funciona nos diversos sistemas operativos Linux, Unix, Mac OSX, Windows e Android e suporta inúmeros formatos de vetores, *rasters* e bases de dados.

O QGIS disponibiliza um número de funcionalidades em constante crescimento através das funções originais e de complementos (*plug-ins*). As principais funcionalidades são visualizar, gerir, editar, analisar dados, e criar mapas para posterior impressão. A possibilidade de agrupar e sobrepor informação em diferentes camadas (*layers*) e o facto de ser de livre acesso são as funções mais atrativas da aplicação.

Neste trabalho representou uma ferramenta essencial para a representação dos locais de lançamento de câmaras, sobreposição de modelos batimétricos e elaboração de arranjos específicos para visualização e gerar a posição da linha de costa ao longo do Holocénico a partir da subida do nível médio do mar. Foram também usados módulos para o cálculo do índice de curvatura topográfica da plataforma (TCI).

### 4.3.3. Insta360 Studio

O software *Insta360 Studio* é uma aplicação que permite a visualização e edição dos vídeos das câmaras *Insta360 One X*. Para reproduzir os vídeos gravados a bordo com a câmara depois de já ter a aplicação instalada basta fazer duplo clique no vídeo. Esta aplicação é muito completa, basta arrastar com o cursor do rato para ver visualizar os diferentes ângulos de filmagem, e aumentar ou diminuir o zoom. Possui também visualizações pré-definidas, tais como: *tiny planet*, *crystal ball*, *default*, *natural view* e *flat*. Edição de vídeos permite ajustar o tamanho e quais os *frames* a incluir, ajustar a velocidade do vídeo, gravar o progresso e voltar à edição mais tarde até estar pronto a ser exportado.

No presente trabalho foi muito importante para se conseguir ver o fundo do mar em 360°, colocar em pausa e fazer zoom para analisar certos aspetos em pormenor. A definição de “*water view*” permitiu a análise dos afloramentos rochosos com mais rigor (Figura 4.5).



**Figura 4.5.:** Interface da aplicação Insta360 Studio. Exemplo de uma imagem do vídeo captura em 9 de novembro de 2021, às 10h01.

#### 4.4. Base de dados

Foi criada uma base de dados completa (Figura 4.6), criada a partir de duas independentes contendo a descrição geomorfológica do fundo marinho na área de estudo: “Base de dados Viana Polis” e “Base de dados Tese Diana”.

A primeira foi baseada na recolha de dados a partir de conteúdos recolhidos no âmbito do programa POLIS. O estudo realizado pelo CIMA e POLIS Portugal teve como objetivo caracterizar os habitats da faixa costeira do litoral norte português, através de cartografia submarina. Para a execução desse trabalho, os seus autores usaram exploração visual remota do fundo marinho através de mergulhos ao longo de uma série de trajetos transversais à costa. A segunda foi baseada na recolha de dados realizada no presente trabalho de tese. Para ambas usou-se os mesmos campos e condições para que a descrição seja coerente e os resultados sejam viáveis. Segue-se uma breve descrição dos campos estipulados, respetivas condições e o motivo pelo qual foram selecionados (Tabela 1, Anexo 1 apresenta toda a informação).

*Coluna 1 (A): id (Identificação do Local)*

Para cada local de lançamento de equipamento foi dado um nome que atua como a sua identidade para que seja facilmente identificável e localizado se necessário. Nos locais adquiridos pelo projeto Viana POLIS manteve-se o id de origem (POR\_21, POR\_21\_1, ..., POR\_44\_7)

*Coluna 2 (B): w (Coordenada Longitude)*

*Coluna 3 (C): n (Coordenada Latitude)*

*Coluna 4 (D): z (Profundidade em metros)*

*Coluna 5 (E): subs (Substrato)*

O sistema de coordenadas usado é o WGS84  
(EPSG: 4326).

Visto tratar-se do primeiro campo de descrição geomorfológica do local é conveniente fazer o enquadramento da base geológica e a respetiva distinção entre ambientes com o substrato consolidado, não consolidado e até mesmo os que em que ambos coincidem. As condições criadas para este campo são:

- Consolidado; locais onde existem afloramentos rochosos e/ou blocos.
- Não Consolidado; locais onde existem seixos grandes ou pequenos, areia e/ou fragmentos de concha.
- Ambos: A condição ambos é originada pela presença de mais de um tipo de substrato que é posteriormente identificado nas colunas imediatamente a seguir.

*Coluna 6 (F): lit1 (Litologia 1)*

Tendo em consideração a carta geológica e a litologia característica da zona emersa da área de estudo as condições criadas para descrever a litologia local foram:

- Xisto: rocha metamórfica
- Quartzito: rocha metamórfica
- Quartzito: Rocha ígnea
- Xisto e Granito: quando se verifica a coexistência destas duas litologias.
- Não Identificável: Locais onde se realizou lançamento das câmaras ou ROV e a imagem devido a turbidez da água, grande quantidade de flora ou fauna e/ou grande distância do substrato não permitiu a identificação, por percepção e visualização, da litologia presente.

O campo “lit1” é referente à litologia predominante no local.

*Coluna 7 (G): cobsed1 (Cobertura Sedimentar 1)*

As condições selecionadas para a coluna G tem por base a coluna E. Através de estimativa observacional identificaram-se e criaram-se as condições de:

- Rocha: carece de substrato consolidado ou ambos.
- Blocos: carece de substrato consolidado ou ambos.
- Seixos grandes: carece de substrato não consolidado ou ambos.
- Seixos pequenos: carece de substrato não consolidado ou ambos.
- Areia grosseira: carece de substrato não consolidado ou ambos.
- Areia média a fina: carece de substrato não consolidado ou ambos.
- Argila: carece de substrato consolidado ou ambos.
- Fragmentos de conchas: carece de substrato não consolidado ou ambos.

Importante referir que *cobsed1* representa a cobertura sedimentar dominante no local. A distinção da granulometria da areia é feita através de percepção visual, visto que nem todos os lançamentos possuem um referencial para escala.

As condições são usadas para as colunas:

Coluna 10 (J): *cobsed2* (Cobertura Sedimentar 2) – com base na coluna I

Coluna 13 (M): *cobsed3* (Cobertura Sedimentar 3) – com base na coluna L

*Coluna 8 (H): dimpart1 (Dimensão das Partículas 1)*

Campo dedicado à medição das partículas que integram o local. Seria um campo de potencial interesse, no entanto para este trabalho não se reuniram sempre as condições necessárias para a sua realização, pelo que se optou por deixar a coluna sem dados. As

condições para este campo teriam por base a coluna E. O mesmo ocorre para as colunas:

Coluna 11 (K): dimpart2 (Dimensão das Partículas 2) – com base na coluna I

Coluna 14 (N): dimpart3 (Dimensão das Partículas 3) – com base na coluna L

*Coluna 9 (I): lit2 (Litologia 2)*

As condições de “lit2” são iguais às criadas para lit1, no entanto esta refere-se à segunda litologia/cobertura predominante. Associada a si tem as colunas 10 (J) e 11 (K) que têm as mesmas definições do que as colunas G e H, respetivamente.

*Coluna 12 (L): lit3 (Litologia 3)*

As condições de “lit3” são iguais às criadas para lit1, no entanto esta refere-se à terceira litologia/cobertura predominante. Associada a si tem as colunas 13 (M) e 14 (L) que têm as mesmas definições do que as colunas G e H, respetivamente.

*Coluna 15 (O): seixos*

Condições criadas de s (sim) e n (não), para a existência ou não de seixos no local de lançamento da câmara, respetivamente.

*Coluna 16 (P): blocos*

Condições criadas de s (sim) e n (não), para a existência ou não de blocos no local de lançamento da câmara, respetivamente.

*Coluna 17 (Q): rugfundo (Rugosidade de Fundo)*

As condições criadas para “rugfundo” pretendem descrever o que apresenta no geral a superfície do fundo marinho do local analisado.

- Rocha lisa
- Areia entre afloramento
- Ondas de areia: ondulações de sedimento não coeso com distância e altura superior a 10 cm;
- Afloramento coberto por areia;
- Carreiros de seixos;
- Empilhamento de blocos;
- Afloramento rochoso irregular;
- Seixos em areia;
- Estruturas biogénicas;
- Ripples: ondulações de sedimento não coeso com distância entre picos de ~5-10 cm;
- Seixos e afloramento rochoso;
- None.



*Coluna 18 (R): relevo (Relevo)*

As condições criadas para “relevo” pretende descrever a variação da inclinação da superfície do fundo marinho.

- Plano;
- Irregular;
- Inclinado;
- Parede vertical.

*Coluna 19 (S): geoformas (Geoformas)*

As condições criadas para “geoformas” pretendem identificar estruturas específicas encontradas no fundo marinho

- Afloramento rochoso;
- Blocos;
- Seixos;
- Buracos de ouriço;
- Encosta vertical;
- Ondas de areia;
- Ripples;
- Bioturbação;
- Afloramento rochoso e ripples;
- None.

*Coluna 20 (T): dinamica (Dinâmica)*

Condições criadas com base na imobilidade do substrato e mobilidade do sedimento.

- Substrato móvel: atribuído em locais rochosos e/ou com blocos;
- Substrato imóvel: atribuído sempre que a cobertura sedimentar não é rocha ou blocos;
- Ambos: atribuído em locais onde coexiste rocha/blocos com outras coberturas sedimentares.

*Coluna 21 (U): flora (Flora Dominante)*

- Laminárias;
- Sabelária alveolata;
- Gracilaria spp;
- Algas frondosas;

- Algas incrustantes;
- None;
- Não identificável.

*Coluna 22 (V): fauna (Fauna Dominante)*

- *Peixe pequeno*
- Anémonas
- Esponjas
- Esponjas e equinodermes;
- Esponjas e anémonas;
- Esponjas e poliquetas;
- Poliquetas;
- Equinodermes;
- Gorgónias;
- None;
- Não identificável.

*Coluna 23 (W): estpar (Estruturas das Partículas)*

*Coluna 24 (X): %sedimentos (Porcentagem de Sedimentos)*

*Coluna 25 (Y): obs (Observações)*

*Coluna 26 (Z): local (Local do Lançamento do Equipamento)*

*Coluna 27 (AA): data (Data da Aquisição de Dados)*

*Coluna 28 (AB): nomefich (Nome do Ficheiro)*

*Coluna 29 (AC): pastafich (Pasta da Imagem Principal)*

*Coluna 30 (AD): camara (Câmara Usada no Local)*

*Coluna 31 (AE): fontedata (Fonte dos Dados)*

- Diana
- Viana Polis

*Coluna 32 (AF): timefr (Time frame)*

Tempo do vídeo onde capturei a imagem para análise principal

*Coluna 33 (AG): layer*

Base WGS84

ID	W	N	C	D	Subs	lit	cobesd1	dimpant1	lit2	cobesd2	dimpant2	lit3	cobesd3	dimpant3	selecao	blocos	refundido	relevo	geomorf	dinamica	flora	fauna	estrutpart	persedim	obs	local	data	nomefich	pastafich
1	POR_21	-8.8838484	41.7549882	-4.5	Não consolidado	Área média e fina									n	n	Ripides	Plano	None	Substrato n None	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
2	POR_21	-8.8831864	41.7549889	-6	Não consolidado	Área média e fina									n	n	Ripides	Plano	None	Substrato n None	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
3	POR_21	-8.8835333	41.7550962	-6	Não consolidado	Área média e fina									n	n	Ripides	Plano	None	Substrato n None	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
4	POR_21_3	-8.8840951	41.7550532	-8	Consolidado	Não identifi Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	Espones e poliquetes				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
5	POR_21_4	-8.8831949	41.7548732	-9	Consolidado	Não identifi Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
6	POR_21_5	-8.8869	41.7548166	-10	Consolidado	Não identifi Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	Peixe pequeno				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
7	POR_21_6	-8.883167	41.7551235	-14	Consolidado	Quartzito Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
8	POR_21_7	-8.8862467	41.7545652	-11	Consolidado	Não identifi Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
9	POR_21_8	-8.8904489	41.7543399	-9	Consolidado	Não identifi Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
10	POR_21_9	-8.89217	41.7549069	-10	Ambos	Não identifi Rocha				Área média e fina					n	n	Área entre	Plano irreg	Afforment	Ambos	Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim	
11	POR_21_10	-8.893005	41.7543382	-14	Consolidado	Quartzito Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
12	POR_21	-8.8910177	41.7550666	-5	Consolidado	Granito Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Algas inofus	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
13	POR_21_1	-8.883895	41.7554125	-6	Não consolidado	Área média e fina									n	n	Ripides	Plano	Ripides	Substrato n None	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
14	POR_21_2	-8.8823217	41.7550432	-5	Não consolidado	Área média e fina									n	n	Ripides	Plano	Ripides	Substrato n None	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
15	POR_21_3	-8.883183	41.7550533	-9	Ambos	Não identifi Rocha				Área média e fina					n	n	Área entre	Plano irreg	Afforment	Ambos	Algas inofus	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim	
16	POR_21_4	-8.88446	41.7550263	-7	Consolidado	Não identifi Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
17	POR_21_5	-8.8858799	41.7550532	-11	Não consoli	Granito Rocha				Serco pequenos					n	n	Serco e afi	Plano	Afforment	Substrato n Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
18	POR_21_6	-8.886273	41.7550265	-9	Consolidado	Diversa Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
19	POR_21_7	-8.888185	41.7550232	-9	Consolidado	Quartzito Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
20	POR_21_8	-8.889367	41.7492400	-11	Consolidado	Quartzito Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
21	POR_21_9	-8.8907267	41.7498032	-10	Consolidado	Quartzito Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
22	POR_21_10	-8.8923066	41.7493249	-14	Ambos	Granito Rocha				Área média e fina					n	n	Área entre	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
23	POR_21	-8.8786266	41.7451362	-2.5	Não consolidado	Área média e fina									n	n	Ripides	Plano	Ripides	Substrato n None	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
24	POR_21_1	-8.8779683	41.7450749	-4	Ambos	Não identifi Rocha				Área média e fina					n	n	Área entre	Plano irreg	Afforment	Ambos	Gracilaria s None					Montedor	16/10/2010	Tes/Lim	
25	POR_21_2	-8.8810217	41.7452090	-6	Consolidado	Não identifi Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
26	POR_21_3	-8.882235	41.7452048	-6	Não consolidado	Área média e fina									n	n	Ripides	Plano	Ripides	Substrato n None	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
27	POR_21_4	-8.8834217	41.7450849	-5	Ambos	Área média e fina				Não identifi Rocha					n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Ambos	Não identifi	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim	
28	POR_21_5	-8.8846244	41.7451448	-8	Consolidado	Não identifi Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
29	POR_21_6	-8.8858384	41.7450832	-7	Consolidado	Não identifi Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
30	POR_21_7	-8.887117	41.7450802	-8	Consolidado	Quartzito Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
31	POR_21_8	-8.8881333	41.7452025	-12	Consolidado	Quartzito Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
32	POR_21_9	-8.8894466	41.7447182	-15	Ambos	Área média e fina				Não identifi Rocha					n	n	Área entre	Plano irreg	Afforment	Ambos	Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim	
33	POR_21_10	-8.8903787	41.7451833	-19	Ambos	Quartzito Rocha				Área média e fina					n	n	Área entre	Plano irreg	Afforment	Ambos	Laminárias	Equipodomes				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim	
34	POR_21	-8.8778866	41.7451889	-4	Não consolidado	Área média e fina				Serco grandes					n	n	Serco em a	Plano	Ondas de a	Substrato n None	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
35	POR_21_1	-8.87901	41.7450507	-4	Consolidado	Não identifi Rocha									n	n	Afforment	Inclinado	Afforment	Substrato n Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
36	POR_21_2	-8.8799136	41.7450916	-8	Consolidado	Não identifi Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	Espones				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
37	POR_21_3	-8.88118	41.7450749	-7	Consolidado	Quartzito Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
38	POR_21_4	-8.882367	41.7450849	-6	Consolidado	Quartzito Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
39	POR_21_5	-8.8835333	41.7450739	-8	Consolidado	Não identifi Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
40	POR_21_6	-8.884705	41.7450399	-10	Consolidado	Não identifi Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
41	POR_21_7	-8.8860617	41.7450416	-15	Ambos	Não identifi Rocha				Área média e fina					n	n	Área entre	Plano irreg	Afforment	Ambos	Laminárias	Peixe pequeno				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim	
42	POR_21_8	-8.8877	41.7499249	-19	Consolidado	Quartzito Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	Andromas				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
43	POR_21	-8.875458	41.7452832	-4	Consolidado	Não identifi Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Laminárias	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
44	POR_21_1	-8.8761284	41.7452862	-6	Consolidado	Não identifi Rocha									n	n	Afforment	Plano irreg	Afforment	Substrato n Algas inofus	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
45	POR_21_2	-8.8773433	41.7451982	-9	Não consolidado	Área média e fina									n	n	Ripides	Plano	Ripides	Substrato n None	None				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim		
46	POR_21_3	-8.8776217	41.7452248	-10	Ambos	Área média e fina				Rocha					n	n	Afforment	Plano	Ripides	Ambos	None	Equipodomes				Montedor	16/10/2010	Tes/Lim	

Figura 4.6: Captura de ecrã da base de dados gerada com a informação descrita acima. Para vista completa consultar Figura 1 do Anexo 1.

### 4.5. Processamento em QGIS

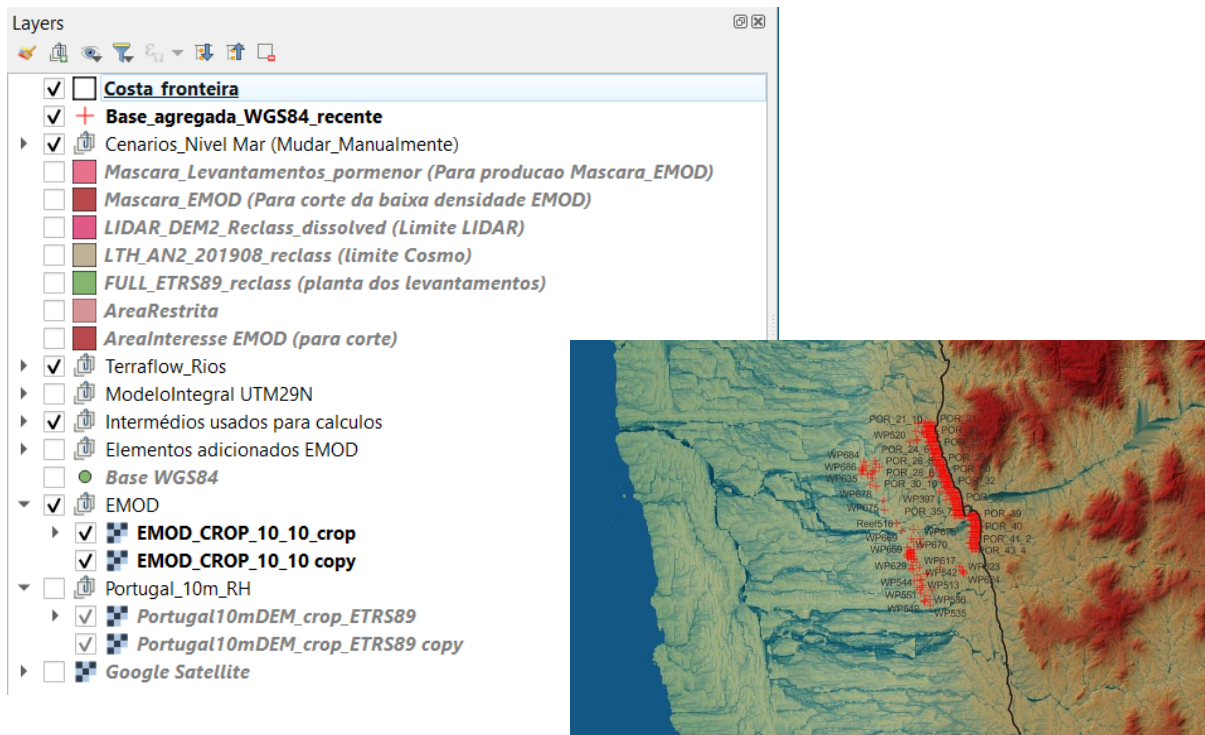
A aplicação QGIS foi central neste trabalho pois permitiu processar, organizar e sobrepor toda a informação bem como proceder aos processamentos que culminaram nos produtos finais deste trabalho.

Depois de reunidas todas as fontes de batimetria existentes, nomeadamente EMOD, Programa COSMO, LIDAR APA 2011 e a batimetria recolhida neste trabalho, o QGIS foi usado para produzir uma camada (*layer*, Figura 4.7) com toda a informação agregada. Estabeleceu-se prioridade de substituição de informação pelo critério da resolução das fontes originais. Deste modo a informação mais detalhada, proveniente do programa COSMO e do trabalho realizado nesta tese, tiveram prioridade sobre o LIDAR de 2011 da APA. A última prioridade foi dada à informação EMOD que é a que tem menor distância de amostragem (aproximadamente 100 m/pixel). A camada final resultante foi designada por “EMOD+Portugal” que resultou da junção de todas as fontes de batimetria disponíveis a um modelo altimétrico de Portugal (área emersa) com 10 metros de distância de amostragem, preparado pelo Prof. Renato Henriques. Deste modo foi obtido um modelo integral altimétrico que inclui Portugal continental e a plataforma marinha.

A camada “EMOD+Portugal” foi reclassificada tendo em conta os intervalos de cota correspondentes a diversos níveis de mar no passado. Iniciou-se com a cota -140m, que terá

vido o nível mínimo teórico atingido pelo mar no último máximo glaciário, tendo sido depois feitos incrementos de 5 metros até à cota 0m (nível do mar atual). Para tal foi reclassificada toda a camada raster para assumir valores de 1 abaixo do nível desejado (-140 m, -135 m, -130m, etc.) e valor de 0 acima do nível desejado. A *layer raster* resultante foi depois convertida em formato vetorial para reduzir o espaço de armazenamento. Estas *layers* permitiram reconstruir a evolução do nível do mar no presente interglaciário por sobreposição à layer EMOD+Portugal original e suprimida da visualização o valor 0.

Finalmente foram usados vários módulos de processamento para determinação do índice de curvatura topográfica (*Topographic Curvature Index* ou TCI). Este índice baseia-se na convergência cumulativa de pixéis a partir do seu declive. Pixéis com baixo valor são aqueles para os quais ocorre pouca convergência dos pixéis vizinhos ou mesmo divergência. O alinhamento de pixéis com valor TCI elevado, normalmente, corresponde a zonas de talvegue. O alinhamento de pixéis com valor muito baixo, corresponde a zonas de interflúvio. Por sua vez pixéis de elevado valor correspondem a zonas para as quais ocorre muita convergência. A aplicação deste índice à camada EMOD+Portugal permitiu não só determinar a rede de drenagem de Portugal continental atual como também determinar a potencial rede de drenagem da plataforma, resultante da atividade fluvial do passado e que hoje existe como relíquia morfológica desta atividade.



**Figura 4.7:** Layers utilizadas (à esquerda) no QGIS para a produção de mapas (à direita).

## 5. Resultados obtidos e Discussão

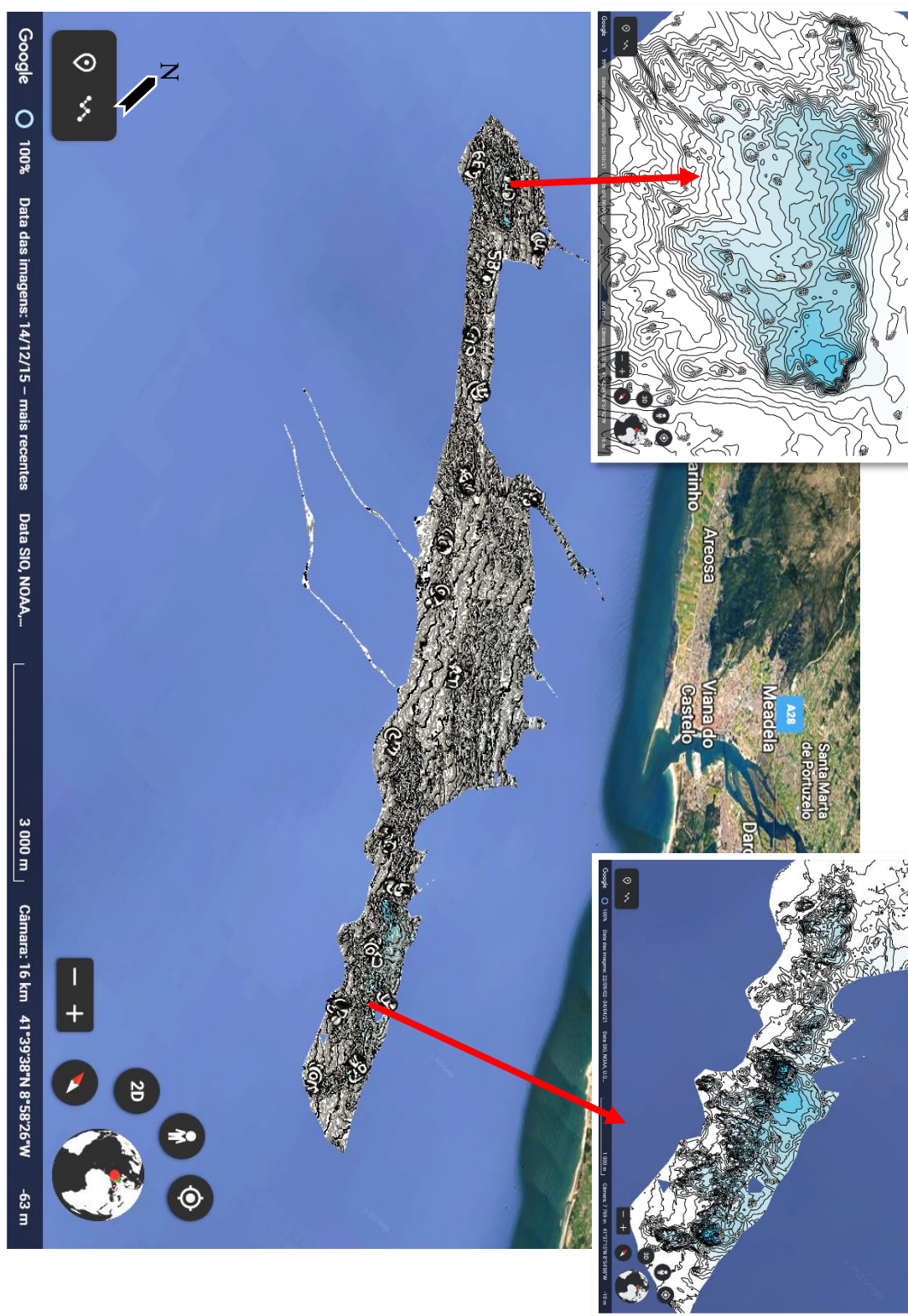
Este capítulo destina-se à apresentação e discussão dos resultados obtidos. Deste modo, foi subdividido em 5 subcapítulos fundamentais. O primeiro incide na apresentação e análise dos mapas batimétricos desenvolvidos; e, no segundo subcapítulo segue-se a confrontação dos dados batimétricos e cenários da evolução do nível do mar com imagens reais captadas *in situ*. O subcapítulo 5.3. demonstra a evolução da rede de drenagem ao longo da plataforma submersa ao largo de Viana do Castelo. Por fim, o subcapítulo 5.4. é de máxima relevância, pois apresenta a reconstituição, em modo síntese, da evolução da linha de costa, nível do mar, com as respetivas datas aproximadas durante o Holocénico. No último subcapítulo 5.5 propõe-se, com base no modelo de subida do nível do mar usado, qual a evolução das áreas inundáveis no concelho de Viana do Castelo desde o nível atual até mais 7 m.

### 5.1. Mapas batimétricos

O trabalho de campo começou pelo varrimento batimétrico de alguns locais ao largo de Viana do Castelo. Inicialmente optou-se pela faixa mais próxima da costa atual (nos paralelos das freguesias da Areosa e Carreço) no entanto, foi posteriormente estabelecido prosseguir-se o trabalho mais ao largo, com o objetivo de encontrar ambientes com maior interesse e mais geoindicadores. Após se detetarem possíveis estruturas de interesse, como vales e picos submersos optou-se por verificar a veracidade dos dados através do lançamento de equipamento, nomeadamente o ROV, *in situ*. Após muitas dezenas de horas a bordo geraram-se mapas batimétricos com elevado nível de pormenorização, apenas possível através do uso da ecosonda *HELIX 9 CHIRP DI GPS G2N* a bordo, mencionada no capítulo 4.1.1 do presente trabalho. As Figuras 5.1 e 5.2 demonstram mapas batimétricos locais elaborados através dos dados adquiridos apenas pela ecosonda e expressam claramente a morfologia de fundo marinho em algumas zonas da plataforma submersa de Viana do Castelo. Esta batimetria foi elaborada com orientação geral NW-SE ao longo de uma série de afloramentos rochosos com bastantes geoindicadores. Pela análise dos mapas, em particular nos 3D (Figura 5.2) confirma-se a existência de uma crista rochosa com orientação NW-SE. No seu extremo NW (até onde foram adquiridos dados) encontra-se a montanha submarina no paralelo da freguesia da Areosa designada por Sumalhas. No extremo SE do mapa desenvolvido existe uma série de picos rochosos nos paralelos das freguesias de Castelo do Neiva e Amorosa. O centro desta crista é aplanado e corresponde a uma zona por onde o paleo-rio Lima passava aquando do último

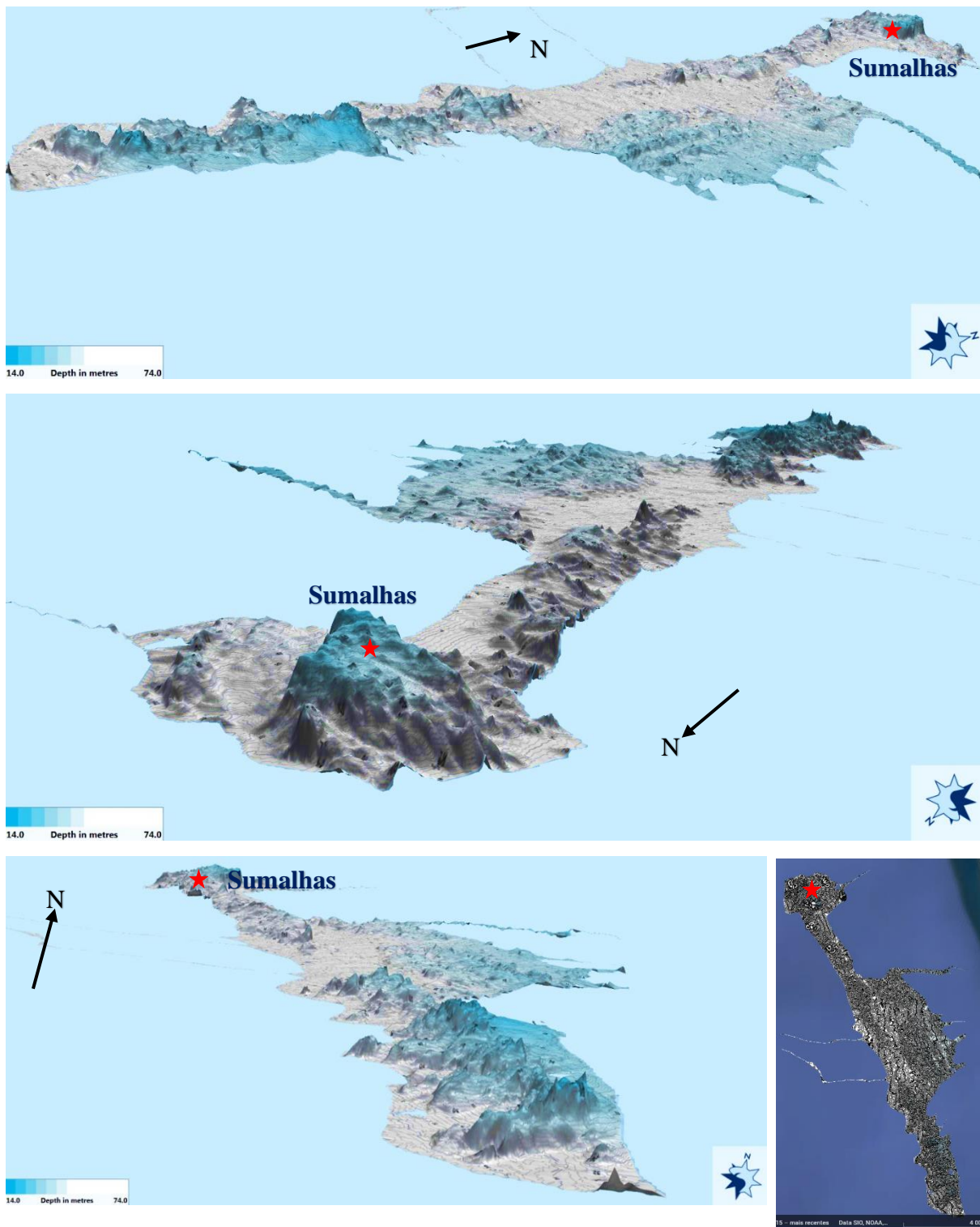
período glaciário.

### *Mapa batimétrico global 2D desenvolvido no ReefMaster e projetado no Google Earth*



**Figura 5.1:** *Imagens 2D da batimetria adquirida com recurso ao uso da ecossonda a bordo. Destaque no mapa de dois afloramentos importantes: Sumalhas (a norte); e, Paleo-ilhas nos paralelos das atuais freguesias de Castelo do Neiva e Amorosa.*

**Mapa batimétrico global 3D desenvolvido no ReefMaster**

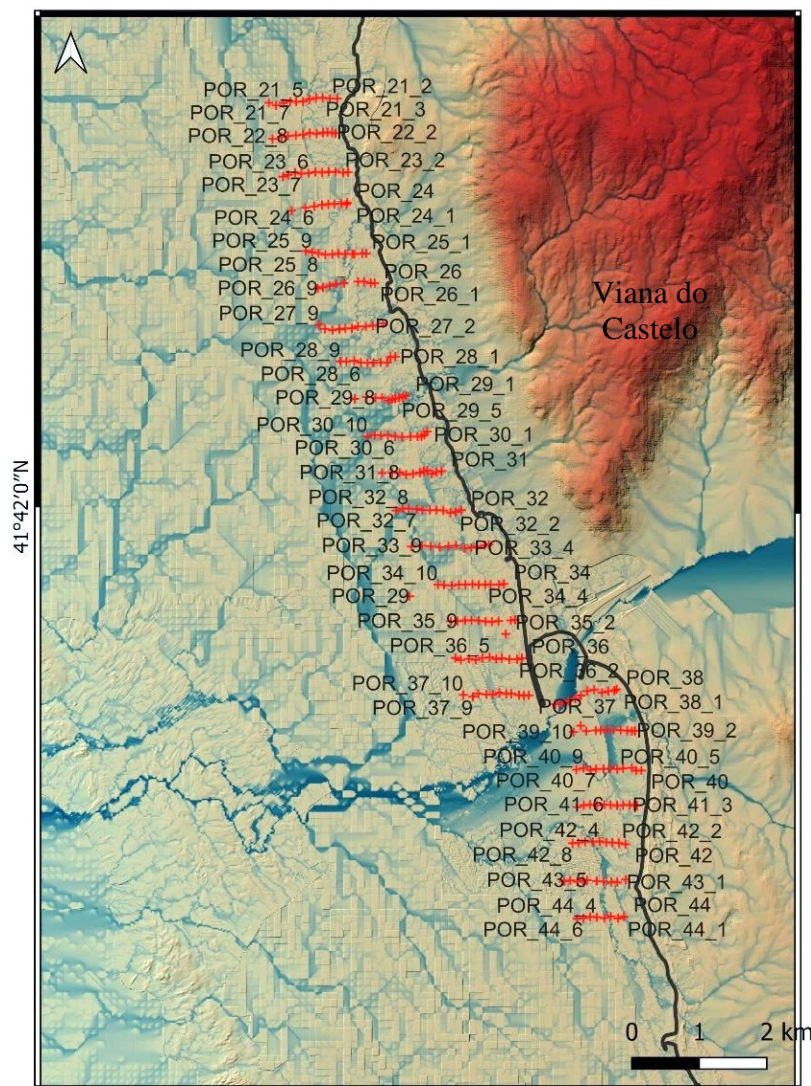


**Figura 5.2:** *Imagens 3D da batimetria adquirida com recurso ao uso da ecossonda a bordo.*

## 5.2. Pontos de Amostragem

### 5.2.1. Locais de amostragem provenientes do estudo elaborado pelo CIMA e POLIS Litoral

Na Figura 5.3 estão representados os pontos de amostragem do estudo promovido pela POLIS Viana que foram usados no presente trabalho. Estes abrangem, aproximadamente, a área entre as latitudes em estudo, e perfazem no total 24 trajetos perpendiculares à costa, com 252 pontos de amostragem. No presente trabalho a principal vantagem do uso desta informação é a complementação de dados mais ao largo com estes dados junto à praia atual. É possível consular na Tabela 1 do Anexo 2 a informação geral de cada um destes locais (coordenada longitude, coordenada latitude, profundidade e data da realização do vídeo).

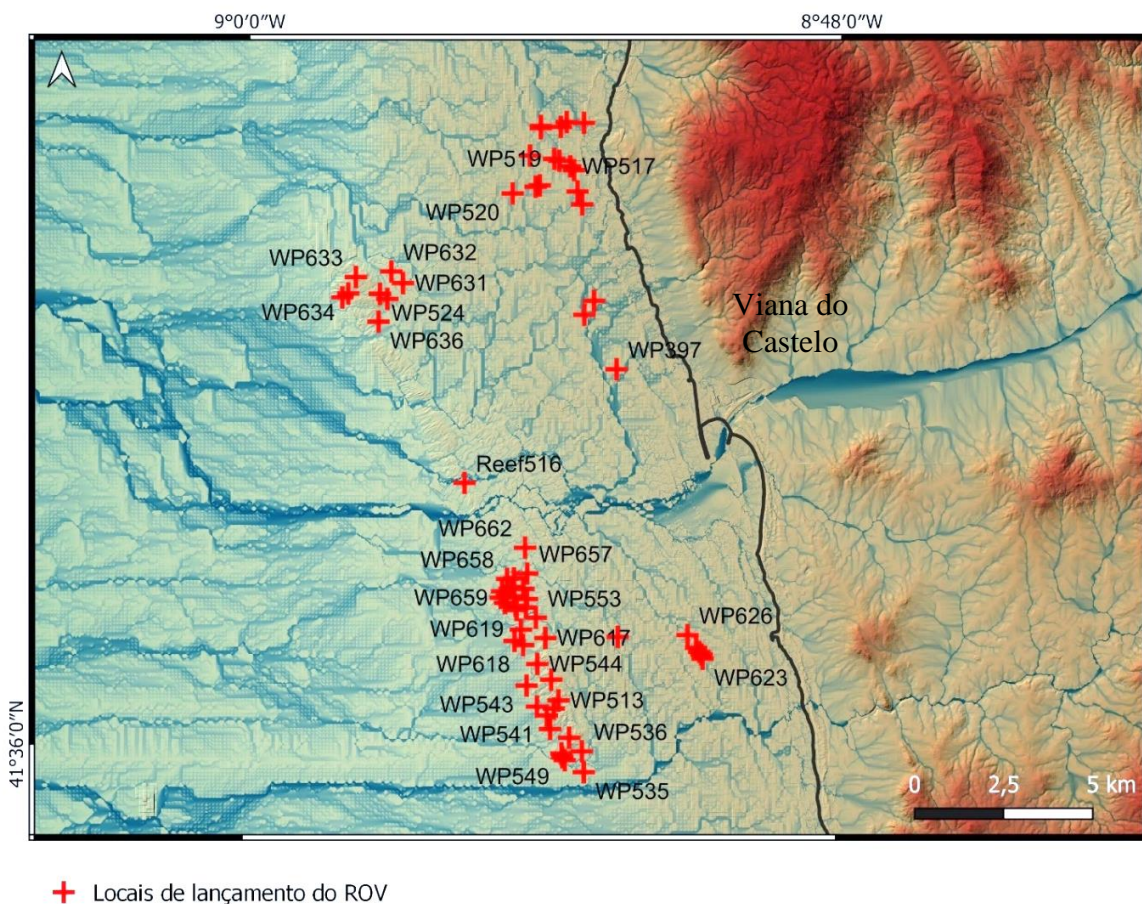


**Figura 5.3:** Localização dos pontos de amostragem considerados do estudo elaborado pelo CIMA E POLIS LITORAL.



## 5.2.2. Locais de amostragem provenientes das saídas de barco na realização deste trabalho

Depois do varrimento batimétrico descrito no capítulo 5.1., houve locais que se destacaram e que foram posteriormente selecionados para lançamento do ROV e captura de imagem para verificação *in situ* da informação. Através da Figura 5.4. é possível localizar os lançamentos do equipamento e é perceptível que se teve particular interesse em afloramentos que ocorrem ao longo do que parece ser uma crista rochosa com orientação NW-SE. É possível consultar na Tabela 2 do Anexo 2 a informação geral de cada um destes locais (coordenada longitude, coordenada latitude, profundidade e data da realização do vídeo).

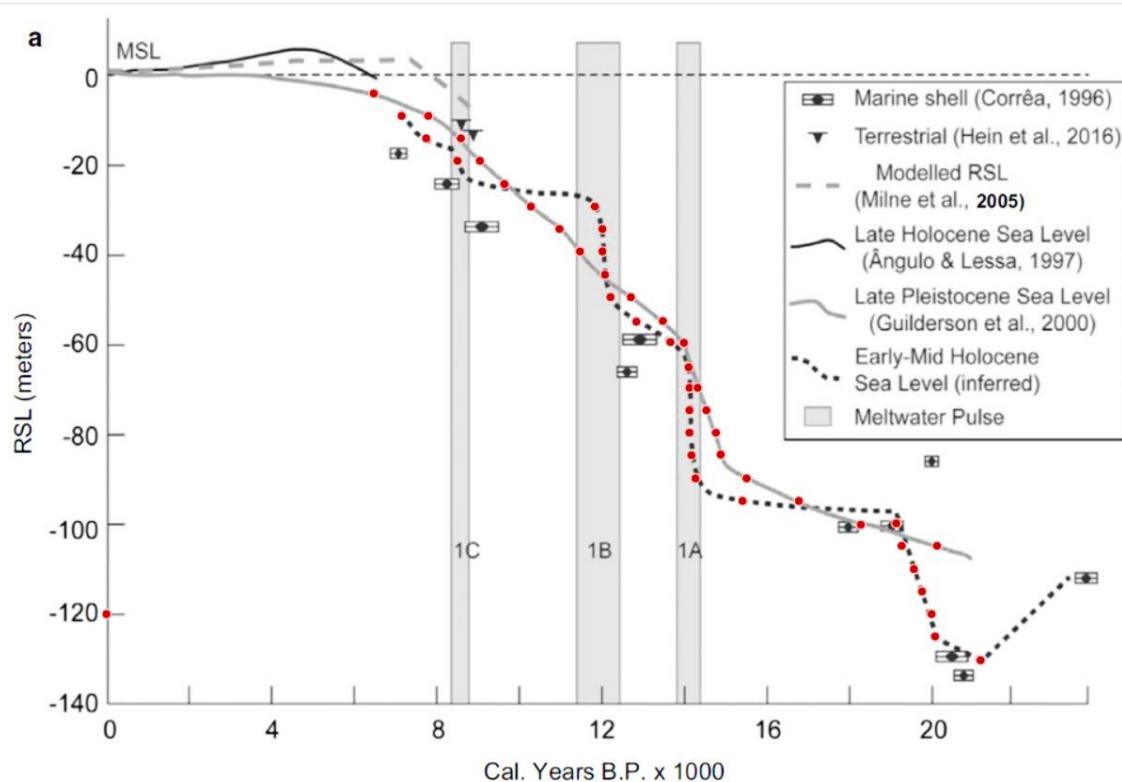


**Figura 5.4:** Locais selecionados para lançamento do ROV.

### 5.3. Síntese de resultados

Pela aplicação do modelo, nomeadamente pelo índice de convergência topográfica (TCI) foi possível reconstituir morfologicamente o relevo que ficou como relíquia morfológica do passado de drenagem fluvial em ambiente emerso. Através dos cenários de curvas do nível do mar desde o início do degelo, procuraram-se pontos de amostragem perto do nível de praia, numa margem de aproximadamente 200 metros para montante e jusante. Assim, além da análise primária morfológica da evolução costeira foi possível complementar com a análise *in situ* de imagens reais e, confirmar a existência (ou não) de vestígios caraterísticos de ambiente de praia como por exemplo a presença de depósitos de seixos e formas erosivas costeiras: solapas de erosão, marmitas de gigantes e alvéolos de ouriços-do-mar desabitados.

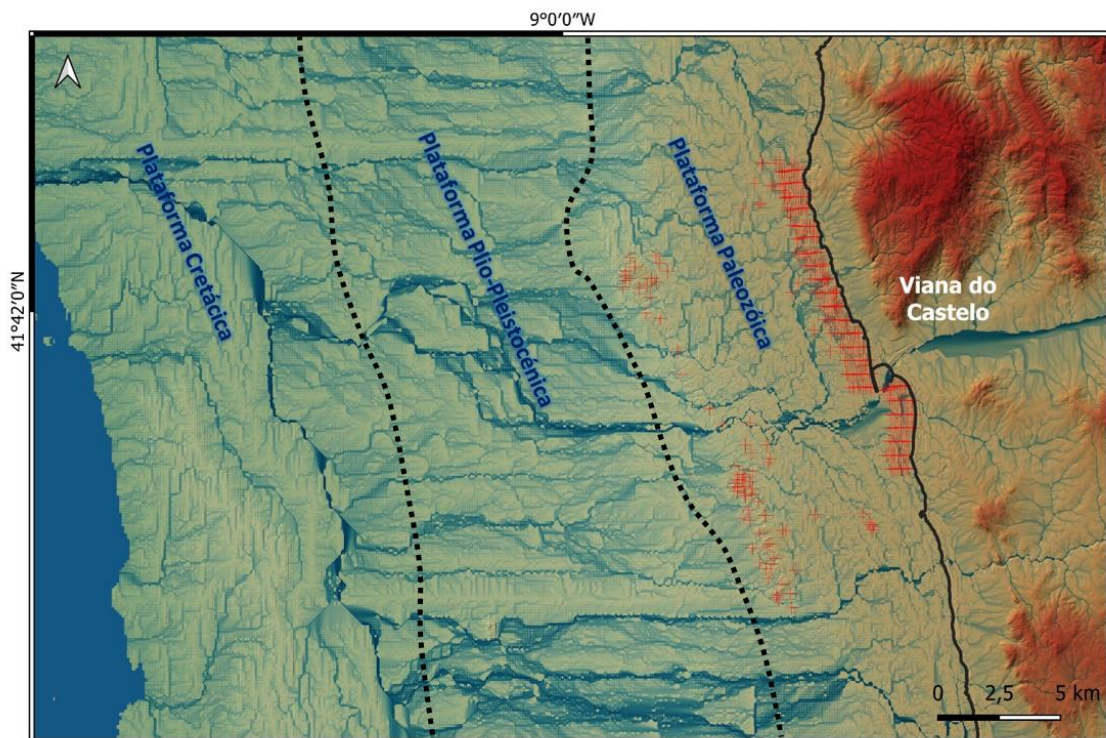
Geraram-se cenários da evolução do nível do mar com incrementos de 5 metros desde os 140 m de profundidade até ao nível atual (0 m) e através dos dados obtidos pelo estudo na região costeira de Santa Cristina, Brasil (Cooper *et al.*, 2008) foi possível associar as cotas do nível do mar a uma idade aproximada da altura em que dada linha de costa existiu (Figura 5.5). As interseções entre linha de costa e pontos de amostragem começam aproximadamente na cota -70 m até ao nível atual do mar.



**Figura 5.5:** Alterações do nível do mar desde o Quaternário Superior em Santa Cristina, Brasil, segundo Cooper *et al.* (2018). Os pontos vermelhos representam as cotas em análise neste trabalho.

Pela análise da Figura 5.5 percebe-se a clara subida do nível médio do mar desde há 20 000 anos até ao presente, com períodos em que as taxas de subida são mais elevadas do que noutros. São considerados os intervalos temporais entre o modelo inferido para o nível do mar no Holocénico Inferior e Médio e o modelo de Guiderson *et al.* (2000), para o Holocénico Superior. Entre as respetivas curvas existem 2 períodos onde os autores discordam na cota - 30 m e -90 m. O gráfico confirma a ocorrência de pulsos de degelo sendo que ambos autores acordam que o de há ~14 000 anos e ~12 000 anos induzem taxas de subida significativas nos anos seguintes.

Pela carta geológica, a atual plataforma continental ao largo de Viana do Castelo divide-se em 3 principais, desde a costa até ao talude continental (Figura 5.6). Perto da linha de costa atual e até uma profundidade de aproximadamente 70 m, encontra-se a plataforma Paleozóica caracterizada por um pendor moderado. De seguida, para jusante segue-se a plataforma denominada por Plio-Pleistocénica, caracterizada por um pendor suave. Mais ao largo, e já perto do talude continental localiza-se a plataforma cretácica.



**Figura 5.6:** Plataforma continental ao largo de Viana do Castelo e as suas divisões segundo a Carta Geológica de Portugal: plataforma paleozóica, plataforma plio-pleistocénica e plataforma cretácica.

### 5.3.1. Cenários da evolução do nível do mar

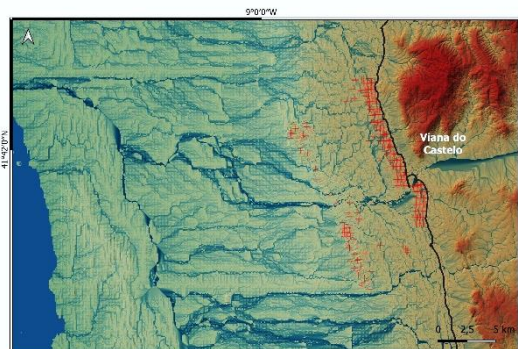
Geraram-se cenários de subida do nível médio do mar de 5 em 5 metros desde a cota -140 m até ao nível médio do mar atual. Na Figura 5.7 estão representados os primeiros 14 níveis (-140 m, -135 m, -130 m, -125 m, -120 m, -115 m, -110 m, -105 m, -100 m, -95 m, -90 m, -85 m, -80 m, -75 m) que não interseam nenhum dos locais de amostragem. Aqui a análise é do tipo morfológica sem imagens comprovativas *in situ*, no entanto a base de dados contempla vários modelos (LIDAR, EMOD, COSMO, LIDAR APA 2011, Modelos de convergência topográfica) que permitem a reconstituição morfológica dos diversos níveis do mar e a antiga rede de drenagem em ambiente emerso. O principal avanço neste intervalo de níveis do mar é entre os -115 m e -105 m, ou seja, entre os anos 20 200 e 19 300 BP pois o mar inicia o contorno da elevação da plataforma cretácica (conhecido como Beiral de Viana).

As datas aproximadas de cada linha de costa com base no gráfico da Figura 5.5 são:

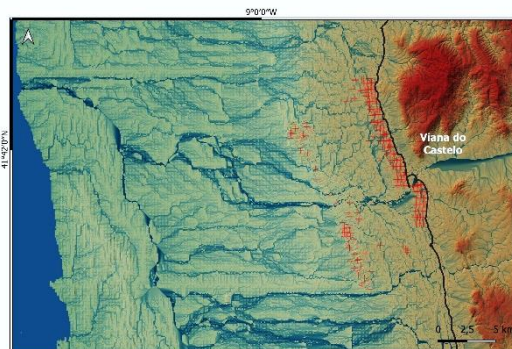
- Nível do mar à cota -140 m > 21 300 anos BP
- Nível do mar à cota -135 m > 21 300 anos BP
- Nível do mar à cota -130 m - aproximadamente há 21 300 anos BP
- Nível do mar à cota -125 m - aproximadamente há 20 100 anos BP
- Nível do mar à cota -120 m - aproximadamente há 20 000 anos BP
- Nível do mar à cota -115 m - aproximadamente há 19 700 anos BP
- Nível do mar à cota -110 m - aproximadamente há 19 600 anos BP
- Nível do mar à cota -105 m - aproximadamente entre 19 300 e 20 200 anos BP
- Nível do mar à cota -100 m - aproximadamente entre 18 300 e 19 200 anos BP
- Nível do mar à cota -95 m - aproximadamente entre 15 400 e 16 800 anos BP
- Nível do mar à cota -90 m - aproximadamente entre 14 200 e 15 600 anos BP
- Nível do mar à cota -85 m - aproximadamente entre 14 200 e 14 900 anos BP
- Nível do mar à cota -80 m - aproximadamente entre 14 100 e 14 800 anos BP
- Nível do mar à cota -75 m - aproximadamente entre 14 100 e 14 600 anos BP

A figura 5.7 ilustra visualmente cada um destes cenários.

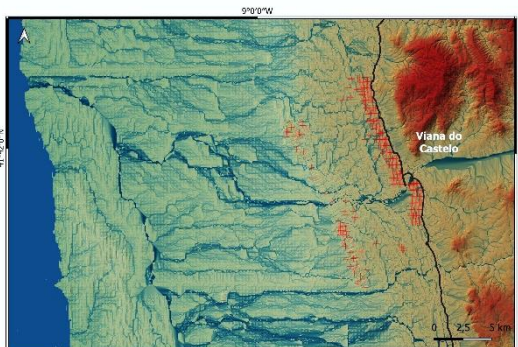
**Nível -140 m**



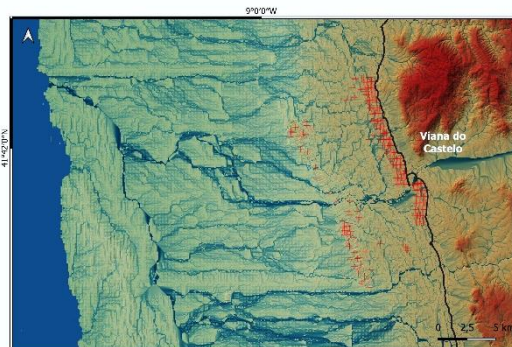
**Nível -135 m**



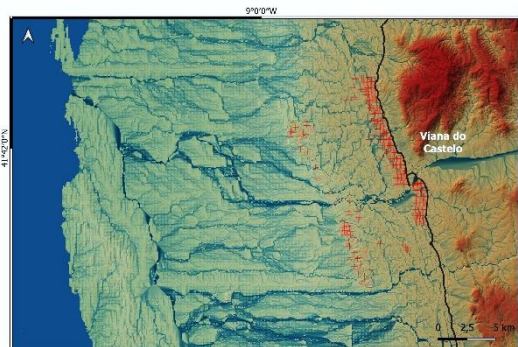
**Nível -130 m**



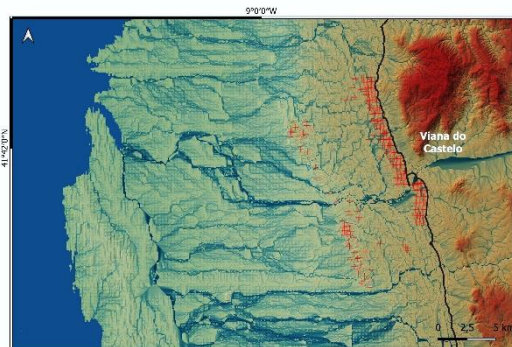
**Nível -125 m**



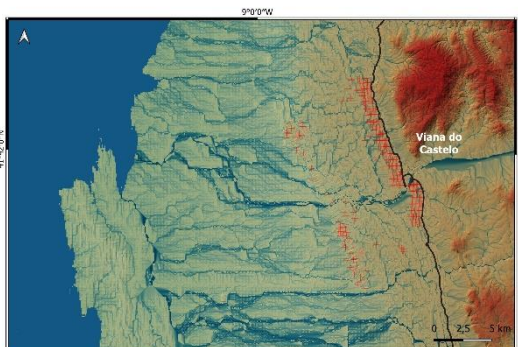
**Nível -120 m**



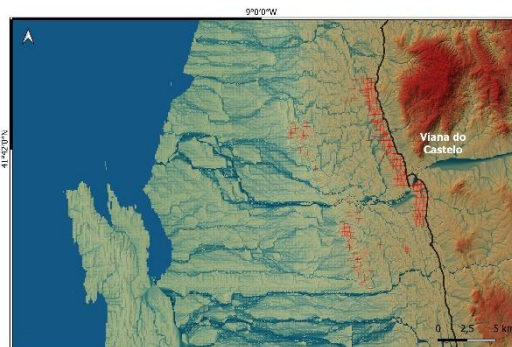
**Nível -115 m**



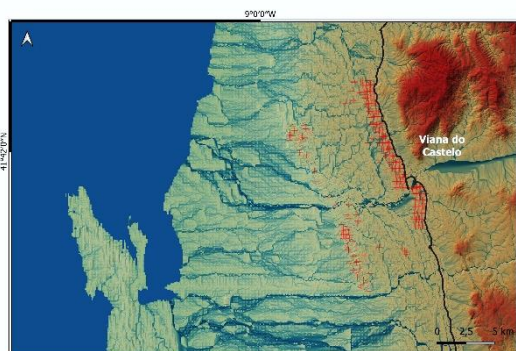
**Nível -110 m**



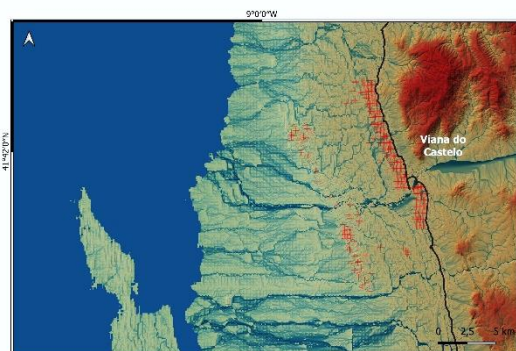
**Nível -105 m**



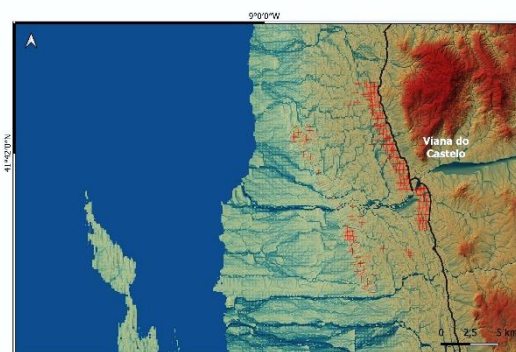
Nível -100 m



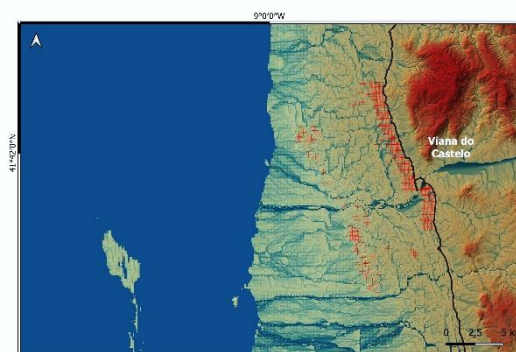
Nível -95 m



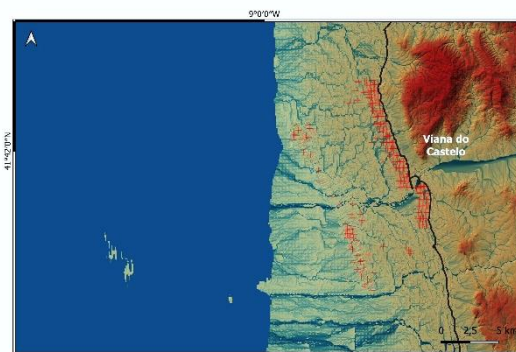
Nível -90 m



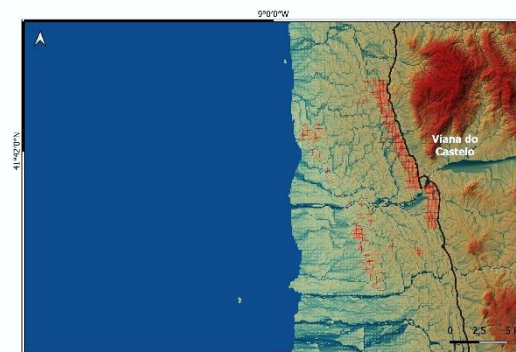
Nível -85 m



Nível -80 m



Nível -75 m

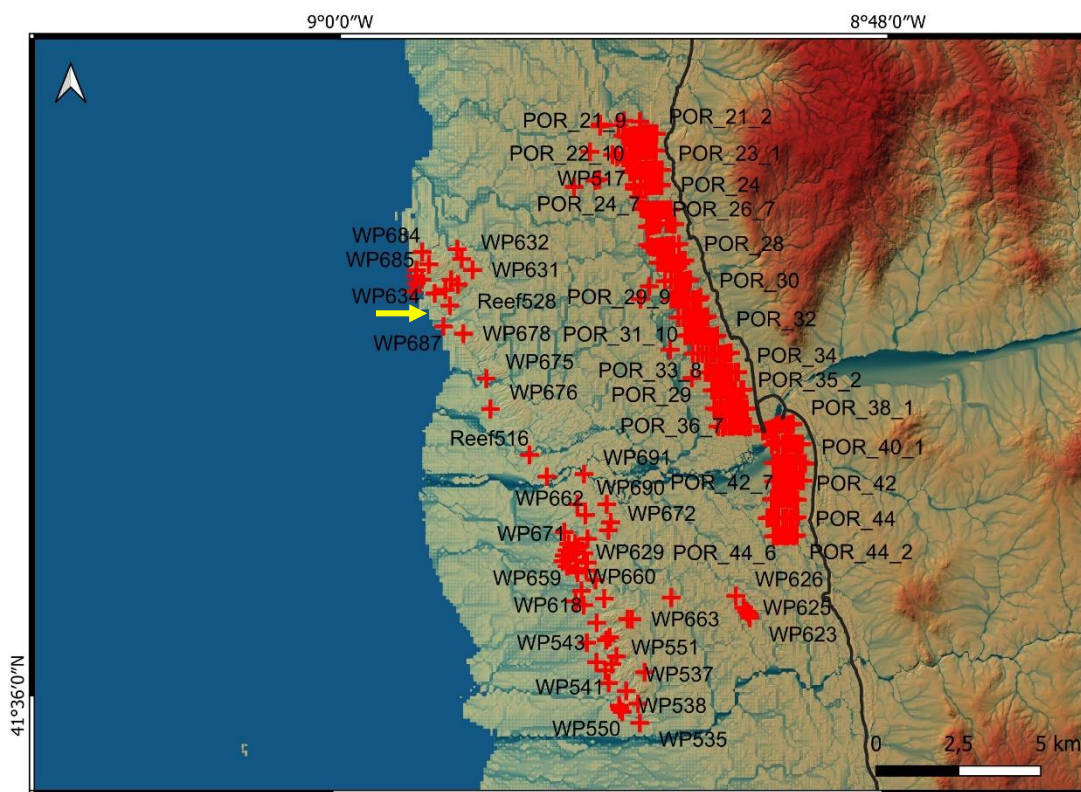


**Figura 5.7:** Cenários morfológicos da evolução do nível do mar desde a cota -140 m até -75 m. Imagens geradas em QGIS.

**Nível -70 m** – aproximadamente entre 14 200 e 14 300 anos BP

Na Figura 5.8 está representada a linha de costa quando o mar estava 70 m abaixo do nível atual, onde a mesma intersecta um dos locais de amostragem do ROV (WP686):

<b>WP686</b>	-8,969240	41,711370	-72,5	01/09/2022
--------------	-----------	-----------	-------	------------



**Figura 5.8:** Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -70 m.

**WP686** – A Figura 5.9 apresenta fotografias reais *in situ* onde é possível encontrar neste ponto de amostragem vestígios caraterísticos de ambiente de praia através da presença de depósitos de seixos bem arredondados em fundo que aparenta ser lodoso, provavelmente já resultante de preenchimento posterior à submersão.

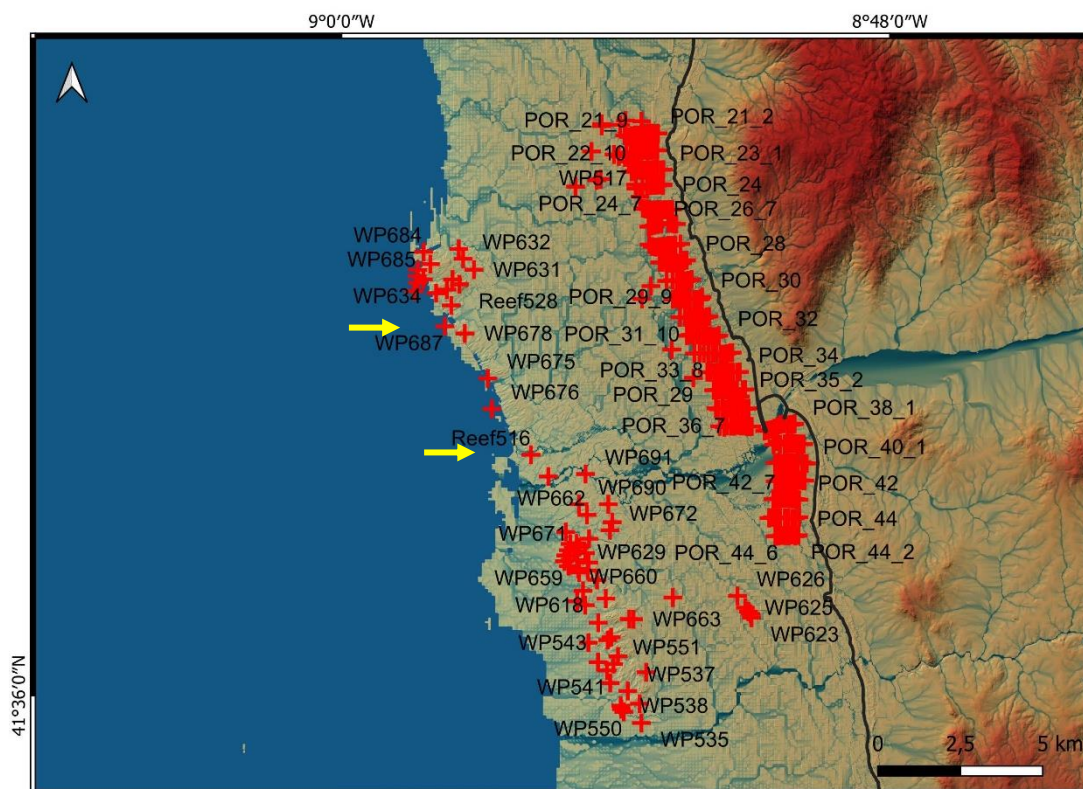


**Figura 5.9:** Fotografias captadas pelo ROV no local WP686 com depósitos de seixos.

### Nível -65 m - aproximadamente há 14 100 anos BP

Na Figura 5.10 é possível visualizar a linha de costa aquando do nível do mar nos -65 m. Ao longo da mesma identificaram-se dois locais de amostragem com evidências de praia (WP 635 e WP676).

<b>WP635</b>	-8,967930	41,713660	-66,9	15/07/2022
<b>WP676</b>	-8,940500	41,679500	-65,2	31/08/2022



**Figura 5.10:** Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -65 m.

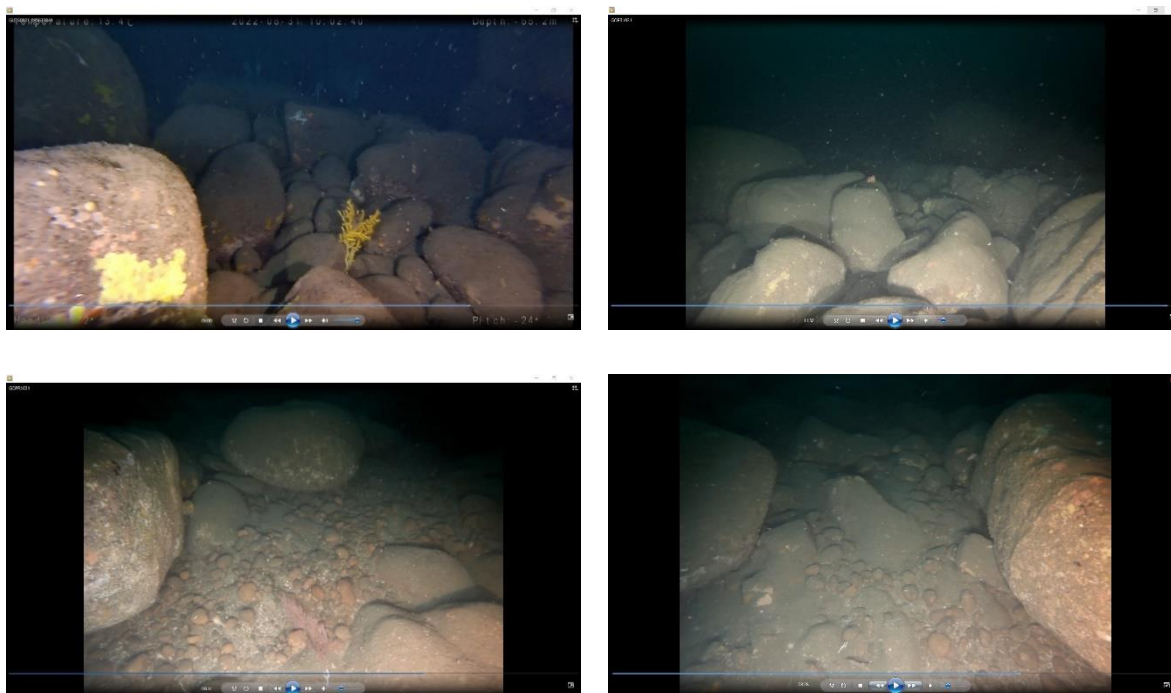
**WP635** – As fotografias presentes na Figura 5.11 apresentam os depósitos de seixos em areia do local.



**Figura 5.11:** Fotografias captadas pelo ROV no local WP635 com depósitos de seixos.



**WP676:** Local com cobertura sedimentar variada: rocha, blocos, seixos grandes e pequenos (Figura 5.12). A presença de seixos entre o afloramento rochoso confirma a hipótese de zona de praia.

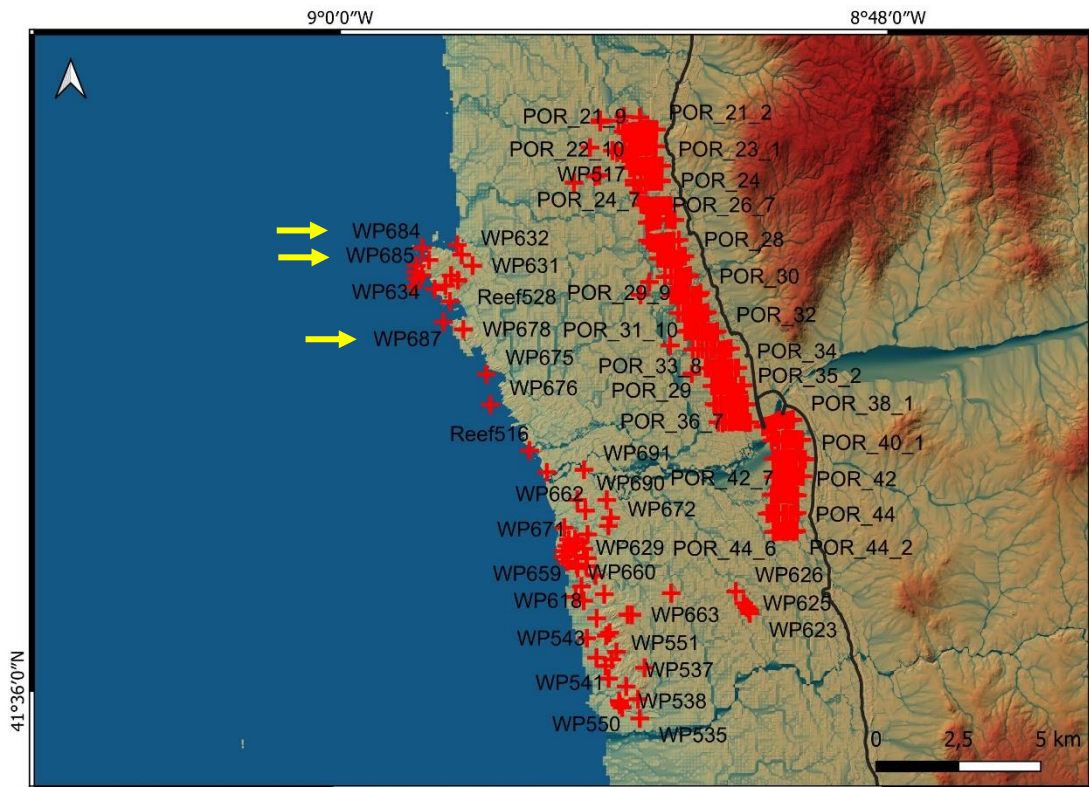


**Figura 5.12:** Fotografias captadas pelo ROV no local WP676 com depósitos de seixos entre afloramento rochoso.

### **Nível -60 m - aproximadamente entre 13 700 e 14 000 anos BP**

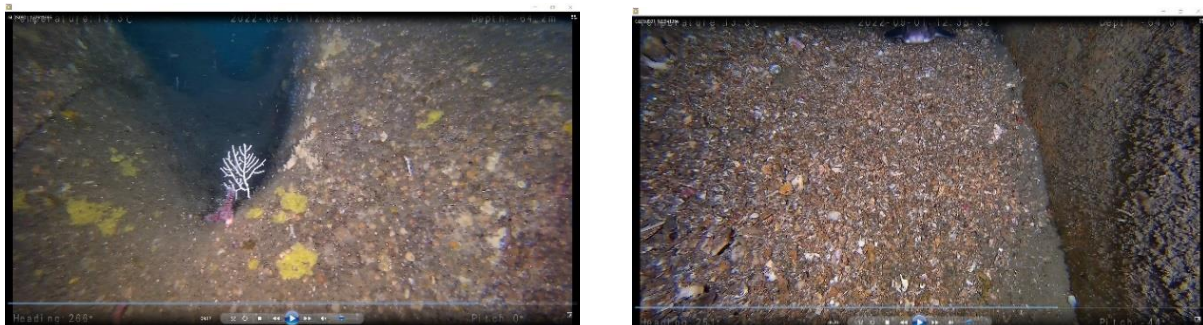
Na Figura 5.13 está representada a linha de costa quando o mar estava -60 m abaixo do nível atual. A mesma interseta três dos locais de amostragem do ROV (WP687, WP684 e WP685) dos quais a se destaca a presença de canal de maré e depósitos de seixos.

<b>WP687</b>	-8,957900	41,701900	-64,2	01/09/2022
<b>WP684</b>	-8,965880	41,722150	-67,6	01/09/2022
<b>WP685</b>	-8,968160	41,715500	-60,7	01/09/2022



**Figura 5.13:** Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -60 m.

**WP687** - Trata-se de um local muito interessante com vestígios de canal de maré na rocha e muitas conchas fragmentadas de grande dimensão (Figura 5.14). A existência de um canal de maré evidencia que o local foi praia durante um período mais alargado, provavelmente de algumas centenas a um milhar de anos, o que se veio a confirmar pelo modelo em QGIS que o local esteve com esta dinâmica até a cota do mar atingir os -50 m.



**Figura 5.14:** Fotografias captadas pelo ROV no local WP687 com vestígios de canal de maré e polimento das rochas. Este polimento assemelha-se ao observado na Figura 3.3 (B e E) a acontecer atualmente.

**WP684** - Este local apresenta um vale a NW onde se encontrou o fundo marinho com depósito lodoso (Figura 5.15).



**WP685** - Este local apresenta depósitos de seixos

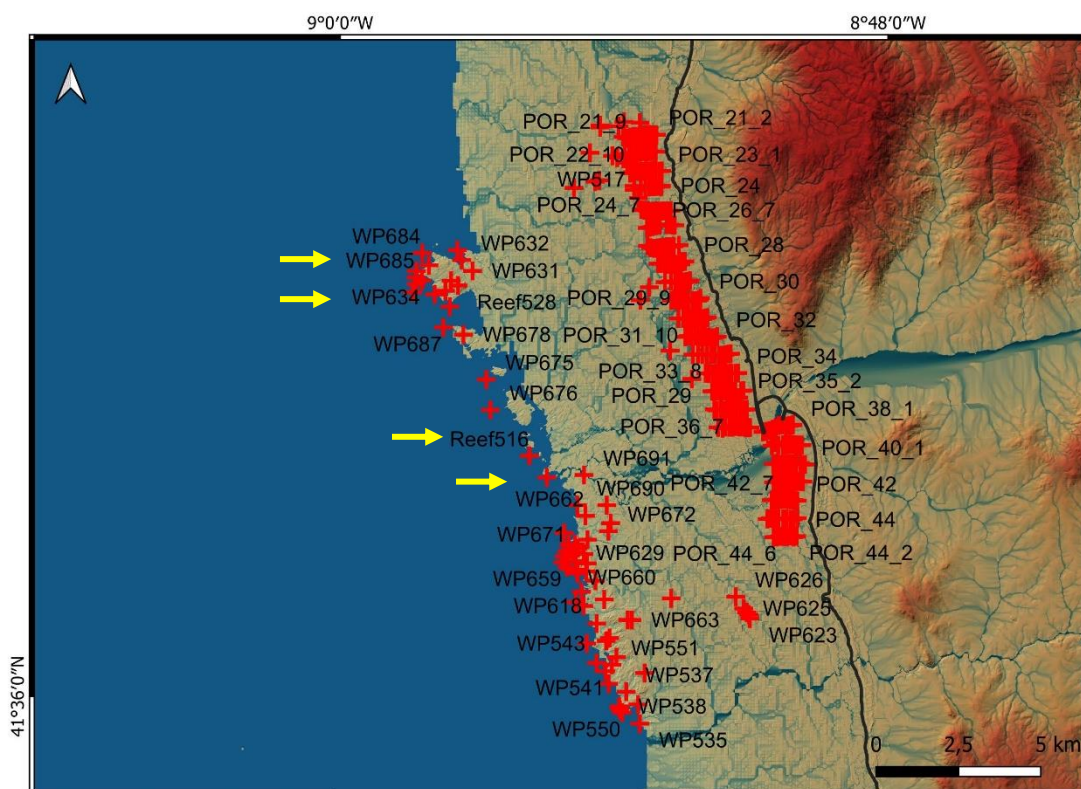


**Figura 5.15:** Fotografias captadas pelo ROV nos locais WP684 e WP685 com fundo lodoso e depósitos de seixos, respetivamente.

**Nível -55 m** - aproximadamente entre 12 800 e 13 500 anos BP

Na altura em que o nível do mar sobe dos -60 m para os -55 m a costa fica com alinhamento mais complexo (Figura 5.16). Estima-se com base no gráfico da Figura 5.7 que esta configuração terá ocorrido entre aproximadamente 12 800 e 13 500 anos BP. Originam-se pequenas ilhas costeiras (locais WP549, WP545 e Reef516) e existem vários locais de amostragem que coincidem com a linha de costa nesta cota (Reef516, WP669, WP634 e WP685):

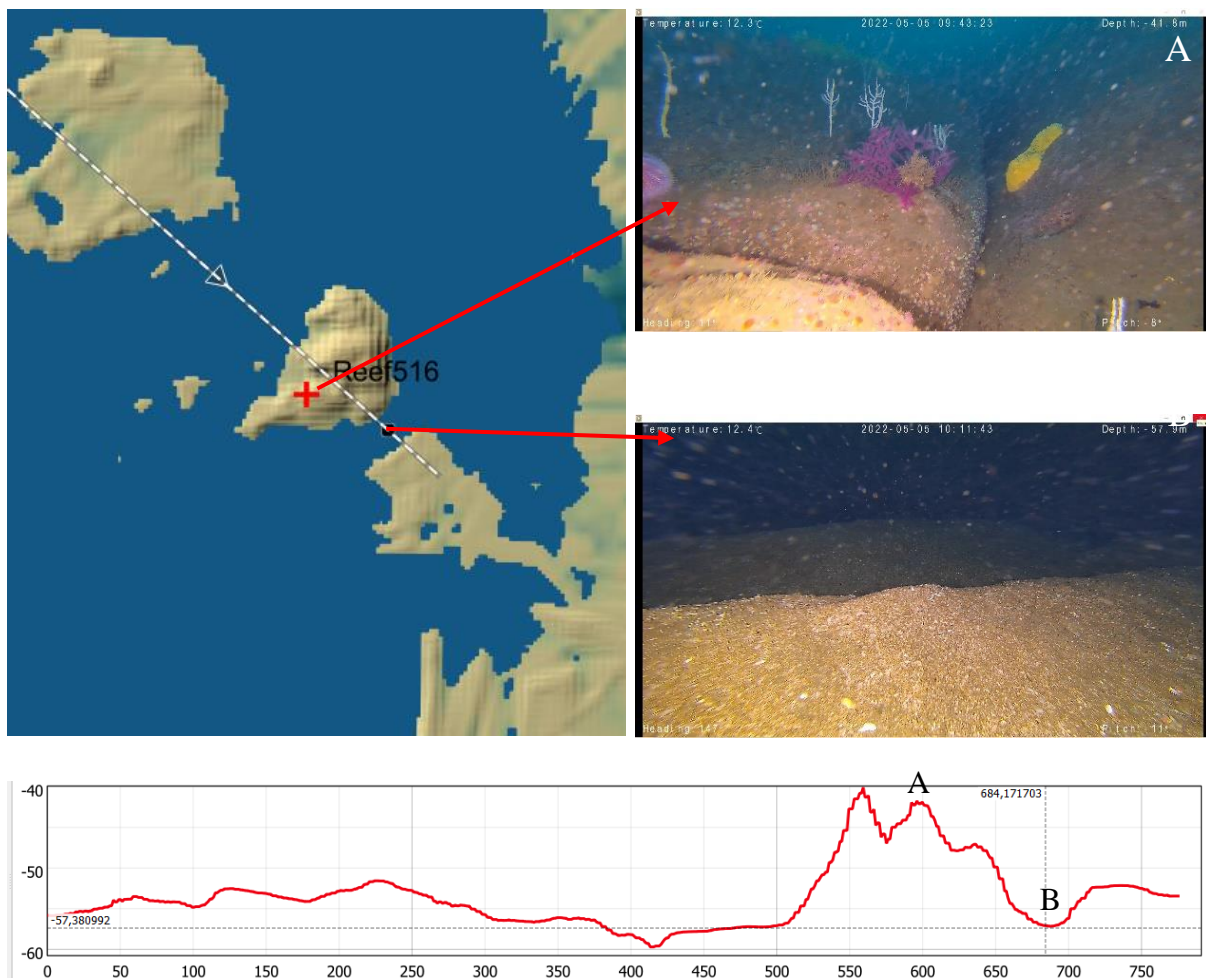
<b>Reef516</b>	-8,926120	41,667090	-41,2	05/05/2022
<b>WP669</b>	-8,919700	41,661200	-57,1	30/08/2022
<b>WP634</b>	-8,965940	41,714650	-57,4	15/07/2022
<b>WP685</b>	-8,968160	41,715500	-60,7	01/09/2022



**Figura 5.16:** Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -55 m.

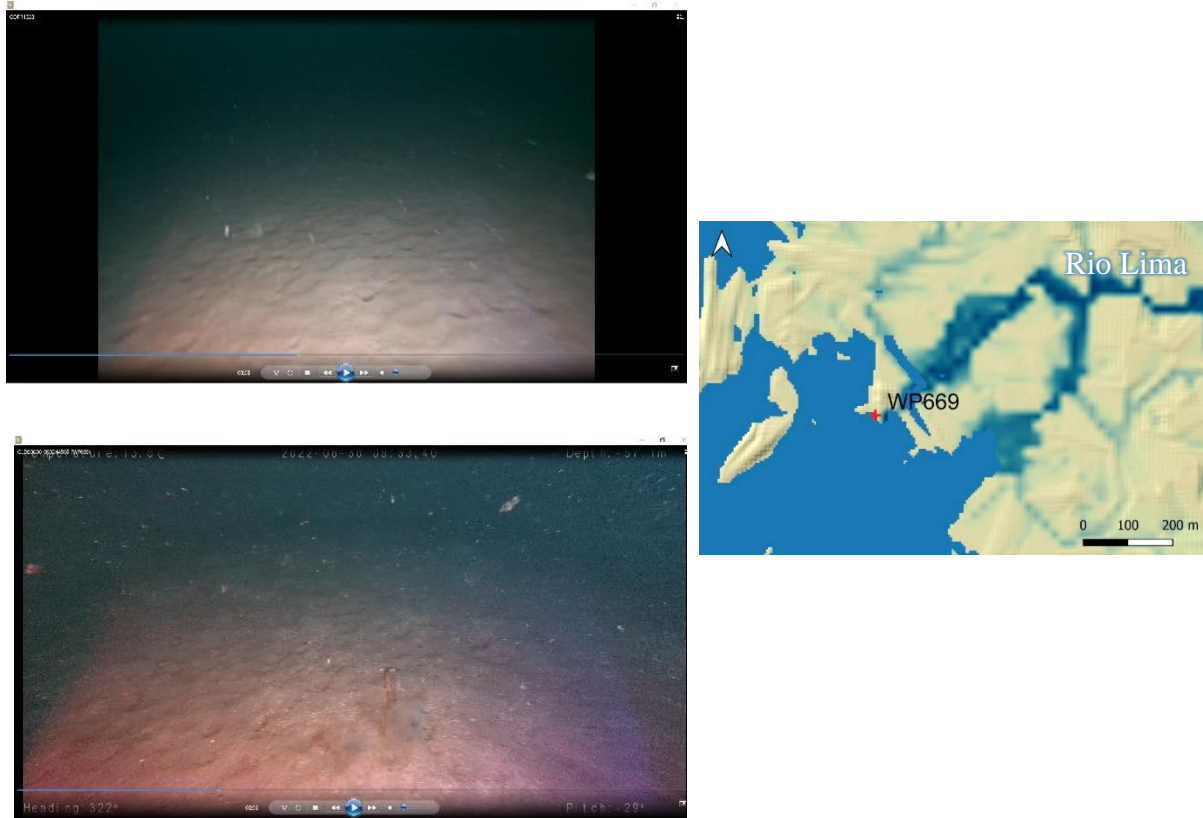
## Reef516

O ROV foi lançado no topo do afloramento, que aparenta ser granítico, aproximadamente nos -41,8 m e base (canal de areia) nos -57 m. Neste local realizou-se um longo mergulho em volta do afloramento, sendo que no final se desceu do lado SE e encontraram-se ondas de areia com fragmentos de conchas (Figura 5.17-B). Visto que o mergulho seguiu direção SE, a zona de ondas de areia com fragmentos de concha corresponde ao canal entre os afloramentos.



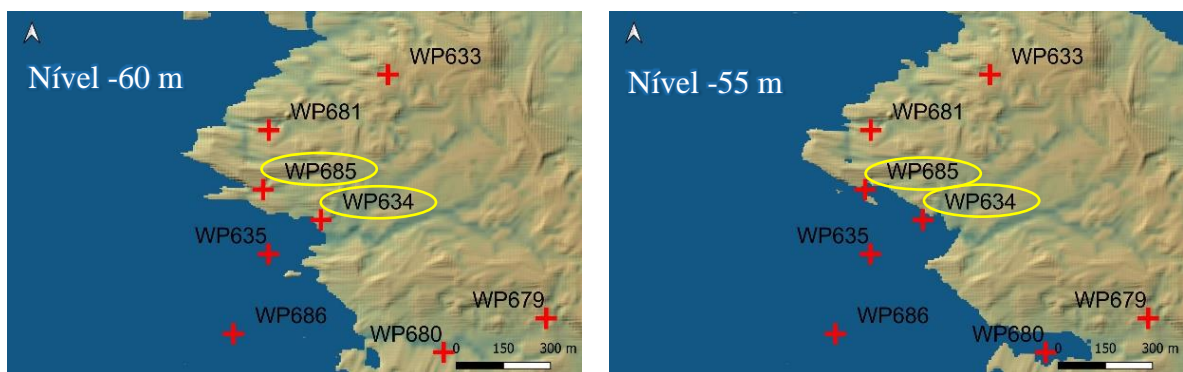
**Figura 5.17:** Fotografias captadas pelo ROV do Reef516: A - pico de afloramento rochoso; B – vale com ondas de areia (Ripple marks).

**WP669** - Neste local o fundo marinho está coberto por lodo (Figura 5.18), característico com ambiente de fundo fluvial e que pelo cenário coincide com o canal do rio Lima para cotas inferiores a -50 m e a uma das suas embocaduras à cota -55 m. Atualmente este curso fluvial continua a apresentar fundo predominantemente lodoso.



**Figura 5.18:** Fotografias captadas pela GoPro (em cima) e ROV (em baixo) no local WP669 indicativas de ambiente fluvial.

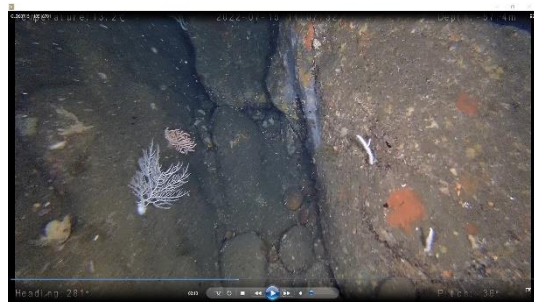
**WP685 e WP634** - São locais relativamente perto e que apresentam cobertura sedimentar correspondente a ambiente de praia com a presença de depósitos de seixos (Figura 5.19). Segundo o cenário de subida do nível do mar estes pontos são praia para as cotas -60 e -55 m.



**WP685**



**WP634**

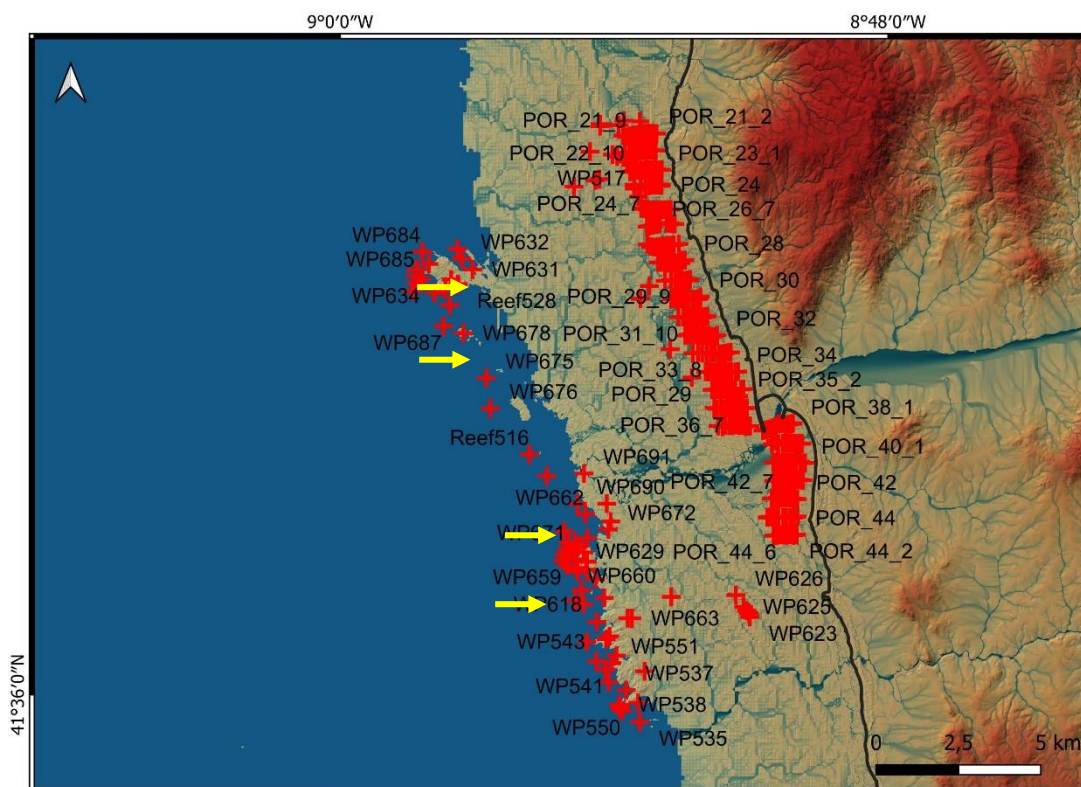


**Figura 5.19:** *Fotografias captadas pelo ROV nos locais WP685 e WP634 ambos com depósitos de seixos.*

**Nível -50 m** - aproximadamente entre 12 000 e 12 700 anos BP

É possível verificar na Figura 5.20 o cenário do nível do mar para a profundidade de 50 m. Este apresenta intersecção com vários pontos de amostragem (Reef528, WP552, WP632, WP679 e WP690) nos quais se encontraram por exemplo marmitas de gigantes e depósitos de seixos:

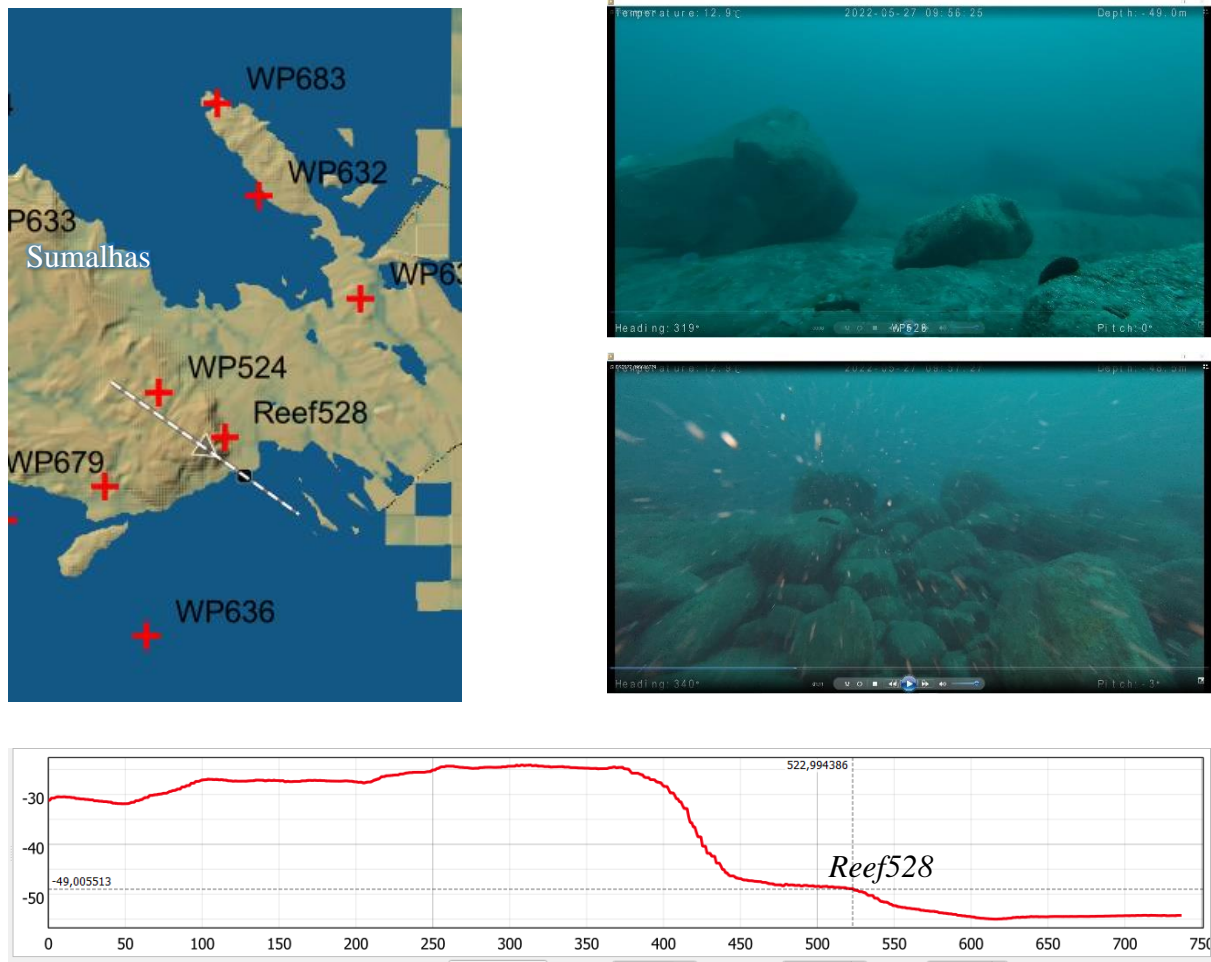
<b>Reef528</b>	-8,95273	41,71337	-49,0	27/05/2022
<b>WP552</b>	-8,90670	41,63013	-53,3	22/06/2022
<b>WP632</b>	-8,95147	41,72033	-47,2	15/07/2022
<b>WP679</b>	-8,95730	41,71190	-46,7	31/08/2022
<b>WP690</b>	-8,90848	41,65374	-45,8	02/09/2022



*Figura 5.20: Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -50 m.*

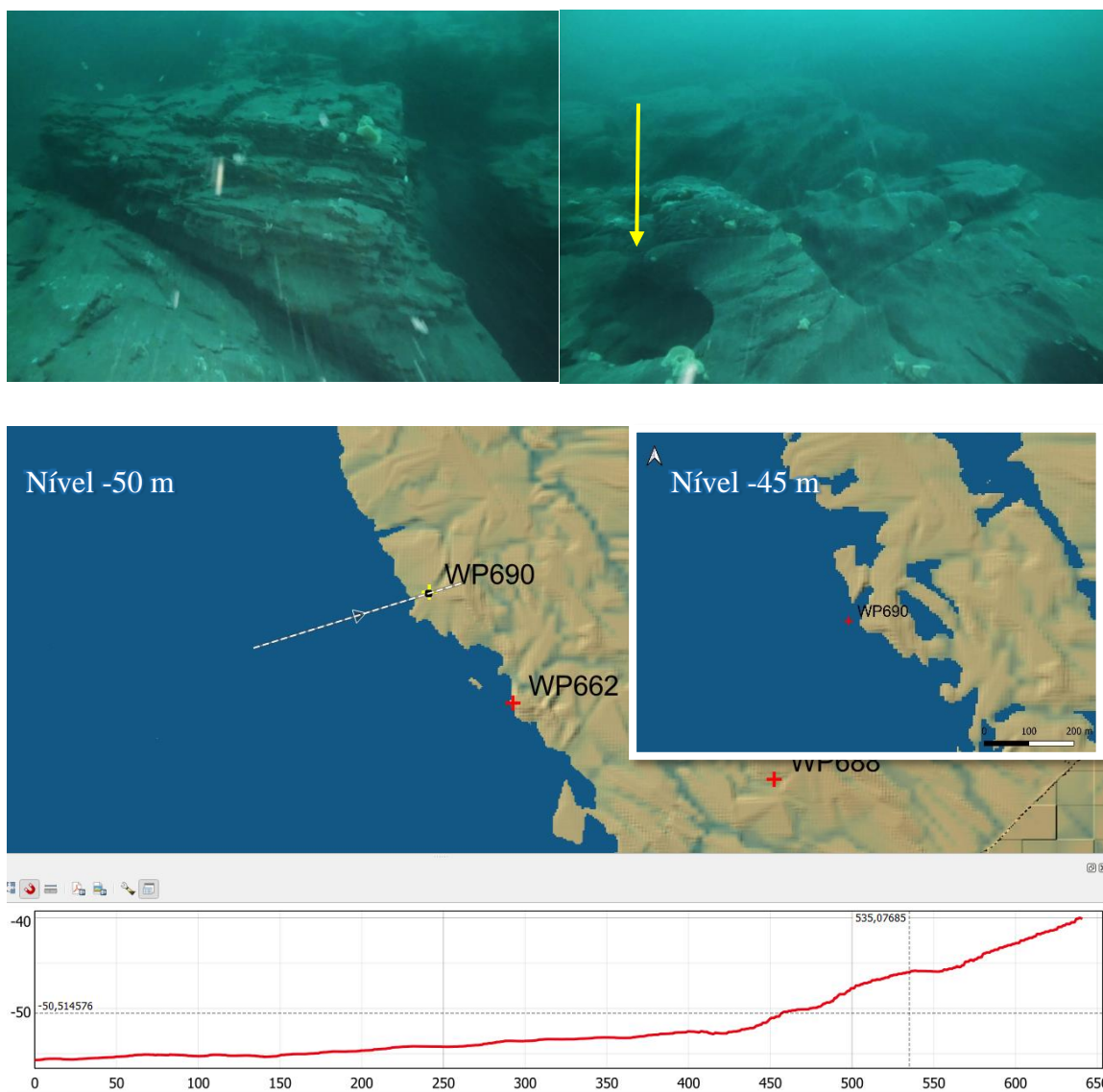


**Reef528** - Este local encontra-se no extremo SE de um enorme afloramento rochoso designado por Sumalhas (Figura 5.21). O ROV foi lançado na base à profundidade de aproximadamente 49 m. Aí foi possível encontrar muitos blocos e calhaus rolados pousados na rocha, devido provavelmente a derrocadas da encosta.



**Figura 5.21:** Fotografias captadas pelo ROV no local Reef528 blocos e calhaus rolados sob afloramento rochoso.

**WP690** - Este local terá sido praia quando o nível do mar estava na cota -50 m. Encontraram-se evidências incontestáveis através da presença de marmitas de gigantes na rocha (Figura 5.22). Segundo o cenário de subida do nível do mar este ponto deverá ter tido ambiente de praia durante aproximadamente 1000 anos (entre os níveis -50 m e -45 m), o que permitiu formar estas geoformas. A formação de geoformas como as marmitas de gigante pressupõe a existência de ambiente aéreo inundado a sub-aéreo, com elevada velocidade de corrente, compatível com ambiente fluvial ou de praia.



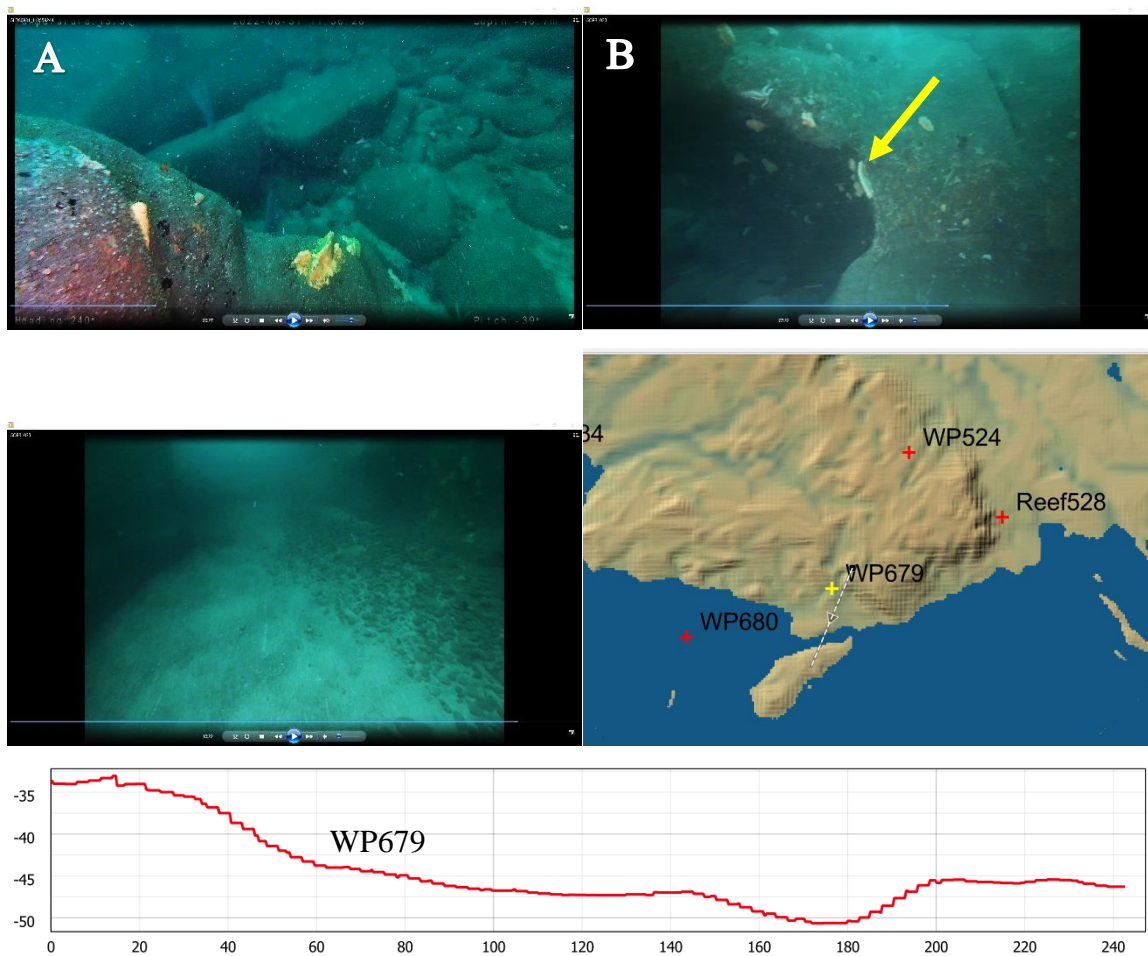
**Figura 5.22:** Fotografias captadas pelo ROV no local WP690 com evidência de rocha alterada e marmita de gigante.

**WP552:** Neste local verificou-se a existência de muita acumulação de blocos rolados de grande dimensão (Figura 5.23).



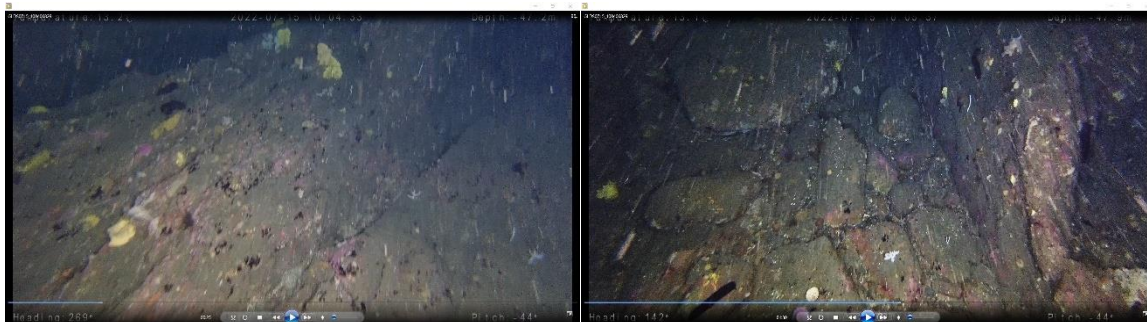
**Figura 5.23:** Fotografias captadas pelo ROV no local WP552 com blocos rolados de grande dimensão.

**WP679** - Trata-se de um local com um grande afloramento rochoso e uma encosta onde se encontraram vários vestígios de praia: depósitos de seixos e solapas de erosão (Figura 5.24).



**Figura 5.24:** Fotografias captadas pelo ROV no local WP679 com depósitos de seixos (A) e solapas de erosão (B).

**WP632** – Neste local destaca-se a presença de seixos entre o afloramento rochoso (Figura 5.25). Trata-se de um local de grande interesse por evidenciar ambiente claro de praia, e pode-se estabelecer paralelo com o local da praia de Fornelos representada na Figura 3.3-F.



**Figura 5.25:** Fotografias captadas pelo ROV no local WP632 com depósitos de seixos entre afloramento

### **NÍVEL -45 m** - aproximadamente há 12 000 anos BP

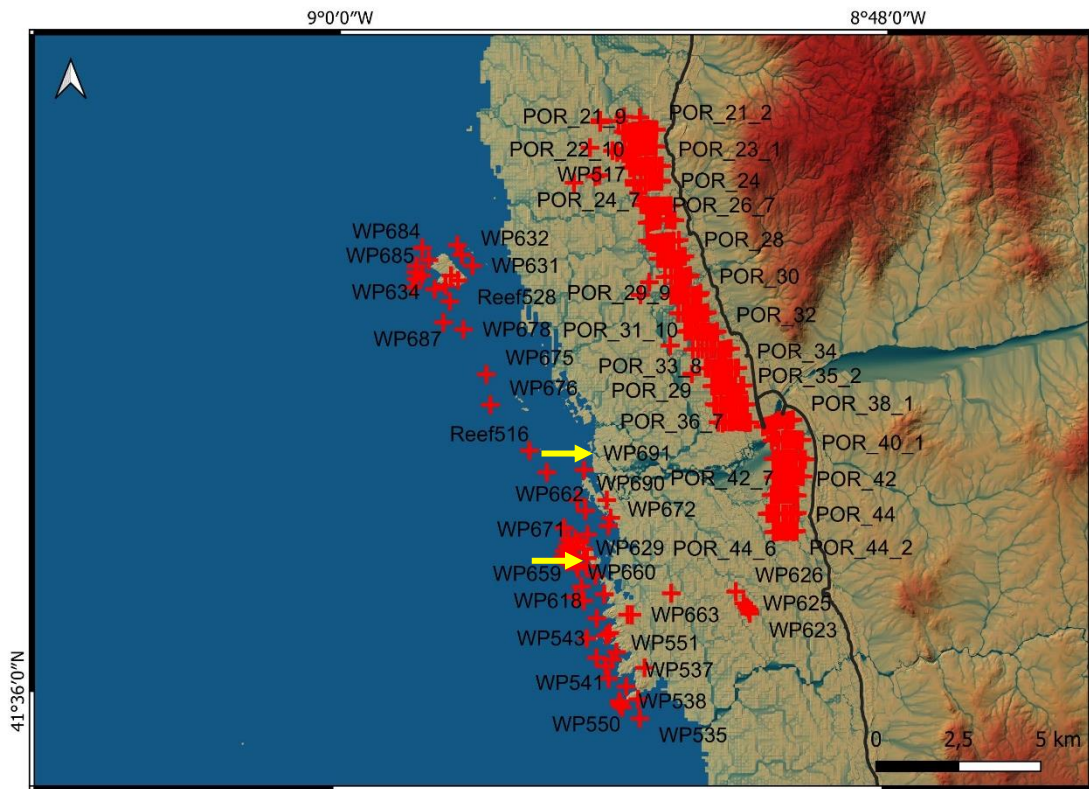
A subida do mar dos -50 m para os -45 m constituiu uma importante inundação da zona costeira. Nesta cota o mar avançou a crista rochosa que se mantinha a descoberto com direção NW-SE e formou várias ilhas a descoberto ao largo como as Sumalhas (Figura 5.26) no paralelo atual da freguesia de Areosa cujos pontos de amostragem exemplo são WP684 e WP634; e, a ilha no paralelo da atual freguesia da Amorosa (a sul; pontos de amostragem exemplo são WP671 e WP659).



**Figura 5.26:** Ilhas em destaque aquando da inundação na cota -45 m.

Para a confirmação de que o nível dos -45 m correspondeu a um ambiente de praia destacam-se três locais de amostragem que interseam a linha de costa deste nível (Figura 5.27):

<b>WP553</b>	-8,90166	41,63316	-43,5	22/06/2022
<b>WP621</b>	-8,90505	41,63571	-54,7	13/07/2022
<b>WP691</b>	-8,90617	41,66197	-45,0	02/09/2022



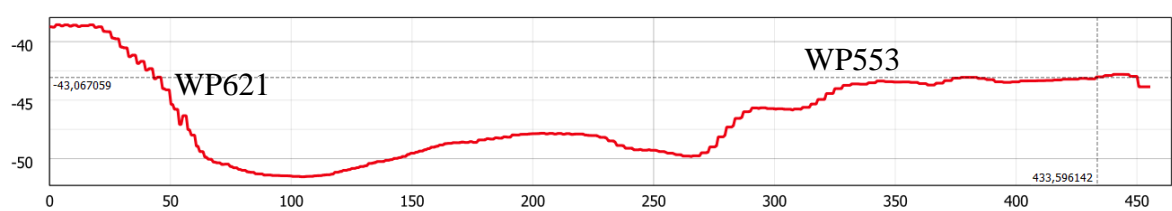
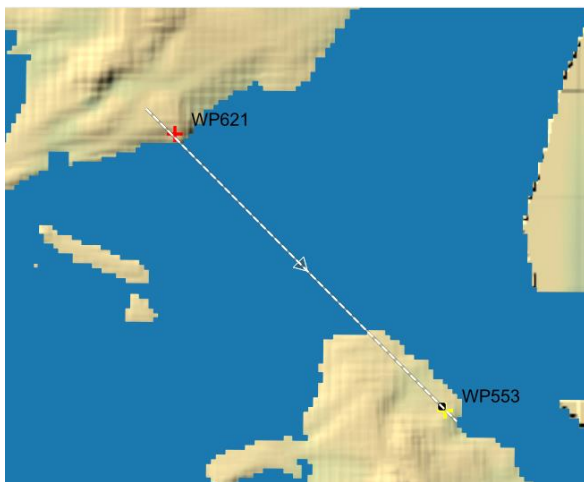
**Figura 5.27:** Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -45 m.

**WP553 e WP621** - Locais separados pela inundação do vale existente entre ambos. É possível encontrar nos dois locais a presença de muitos blocos (Figura 5.28). Perto do local WP621 verificaram-se ondas de areia com presença de muitos fragmentos de conchas.

**WP553**



**WP621**



**Figura 5.28:** Fotografias captadas pelo ROV nos locais WP621 e WP553 com depósitos de blocos. Entre eles existem ondas de areia com fragmentos de conchas.

**WP691** – Segundo o modelo gerado em QGIS este local encontra-se no leito do rio lima, sendo que neste período de há ~12 000 anos atrás correspondia à embocadura do mesmo.

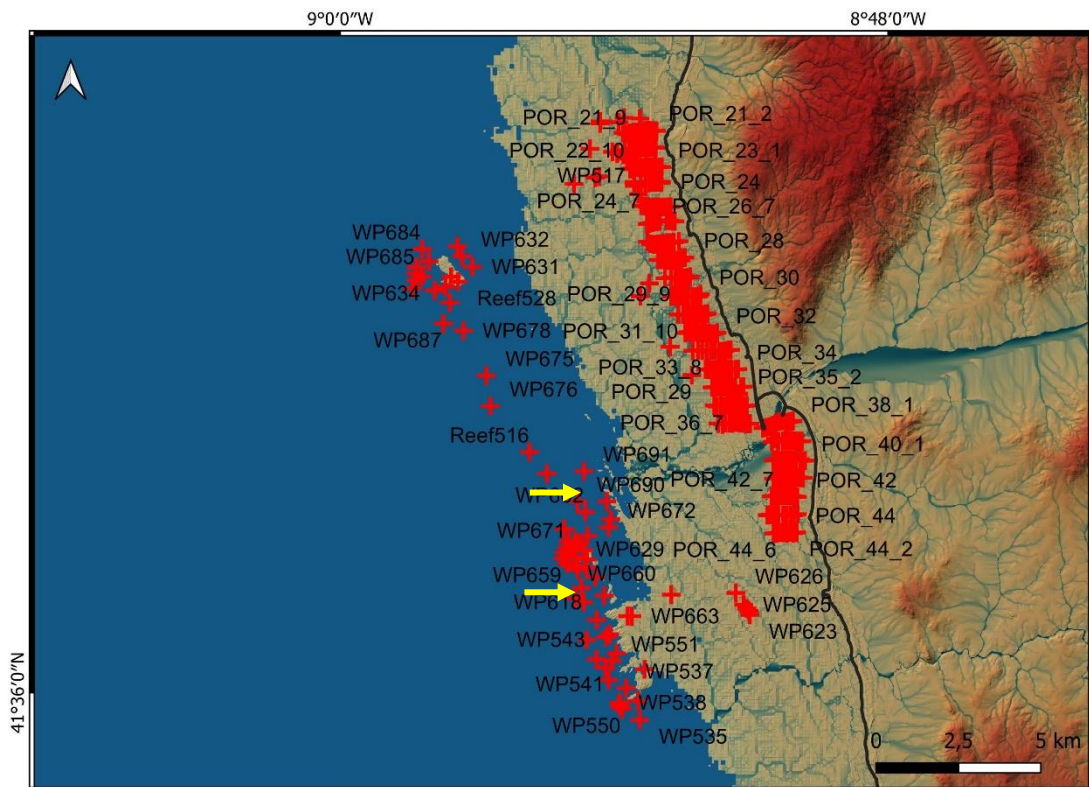


**Figura 5.29:** Fotografias captadas pelo ROV no local WP691 com bastantes calhaus e seixos rolados.

**Nível -40 m** - aproximadamente entre 11 500 e 12 000 anos BP

Os locais de amostragem que confirmam ambiente de praia à cota de -40 m são WP617 e WP688 através da presença de blocos, seixos e canal de maré (Figura 5.30).

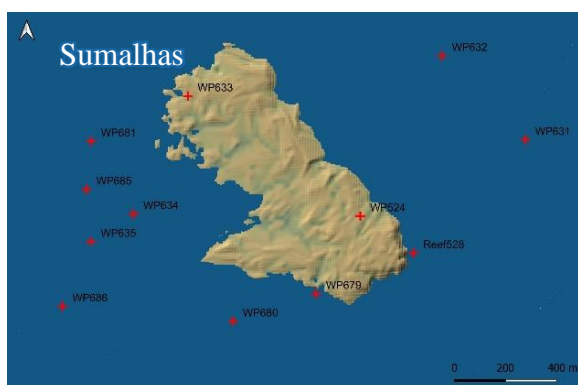
<b>WP617</b>	-8,89841	41,62807	-39,6	13/07/2022
<b>WP688</b>	-8,89632	41,64891	-40,6	02/09/2022



**Figura 5.30:** Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -40 m.

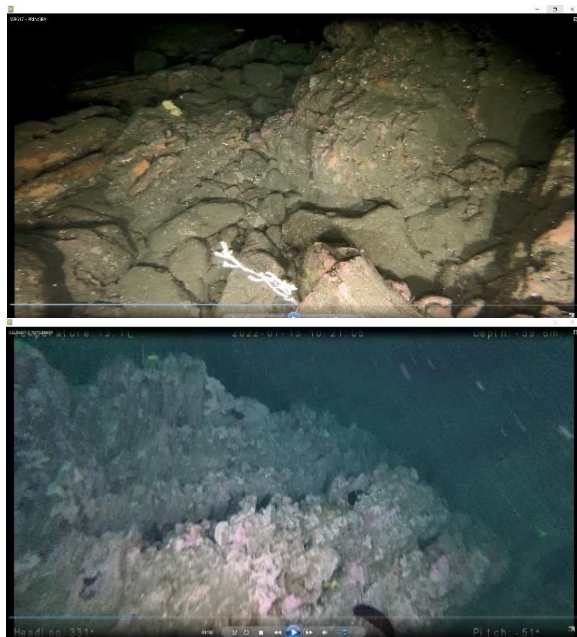
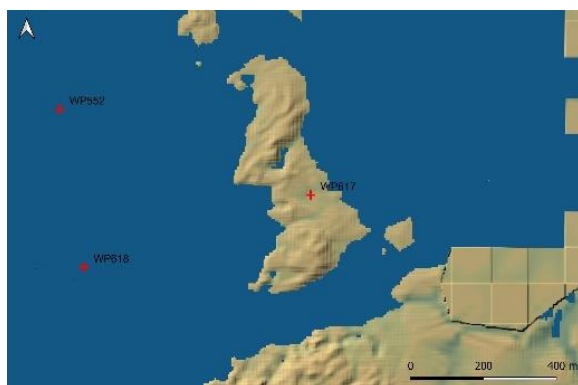
Na Figura 5.31 é possível verificar o aspeto das ilhas formadas na inundação dos -45

m:



**Figura 5.31:** Ilhas em destaque aquando da inundação na cota -45 m.

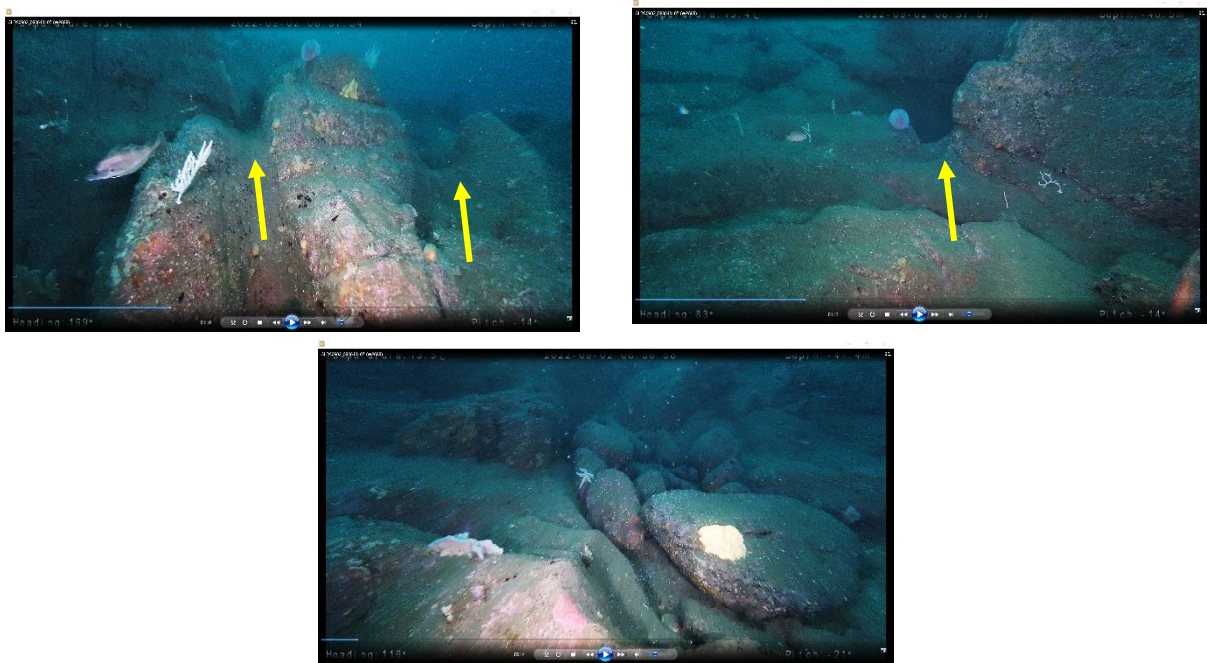
**WP617** – Este local representa um sítio muito interessante do ponto de vista dinâmico. Apresenta um afloramento rochoso de xisto muito alterado. Este deveria corresponder a um pico que facilmente era coberto de água em altura de preia-mar e que, por estar numa zona intermareal sofria muita erosão eólica e pela ondulação (Figura 5.32).



**Figura 5.32:** Fotografias captadas pelo ROV no local WP617 com seixos e rocha alterada.



**WP688** – Através das fotografias apresentadas na Figura 5.33 é possível perceber o ambiente complexo que este local apresenta com presença de muitos blocos, depósitos de seixos e canais de maré.



**Figura 5.33:** Fotografias captadas pelo ROV no local WP688 com canais de maré, depósitos de seixos e blocos.

## Nível -35 m e Nível -30 m - aproximadamente entre 10 300 e 12 000 anos BP

Para estas profundidades não se efetuaram muitos levantamentos com ROV e por isso existem poucos pontos de amostragem comprovativos de ambiente de praia nas cotas -35 e -30 m. No entanto, esta subida do nível do mar corresponde a uma inundação importante pois as pequenas ilhas a descoberto ao largo anteriormente mencionadas (Sumalhas e Ilha ao largo da Amorosa) ficaram praticamente submersas. Destaca-se o local de amostragem WP542 (Figuras 5.34 e 5.35) que pelo modelo do cenário de subida do nível do mar desenvolvido, coincide com zona de praia para ambas as cotas, no entanto se trata de um bom indicador visto que se trata de uma zona apenas com rocha e sem geoindicadores.

WP542	-8,89632	41,61755	-28,5	15/06/2022
-------	----------	----------	-------	------------

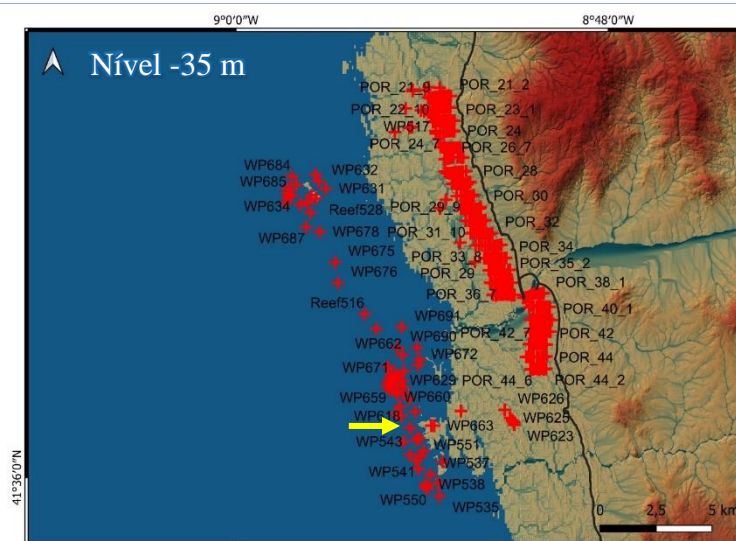


Figura 5.34: Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -35 m.

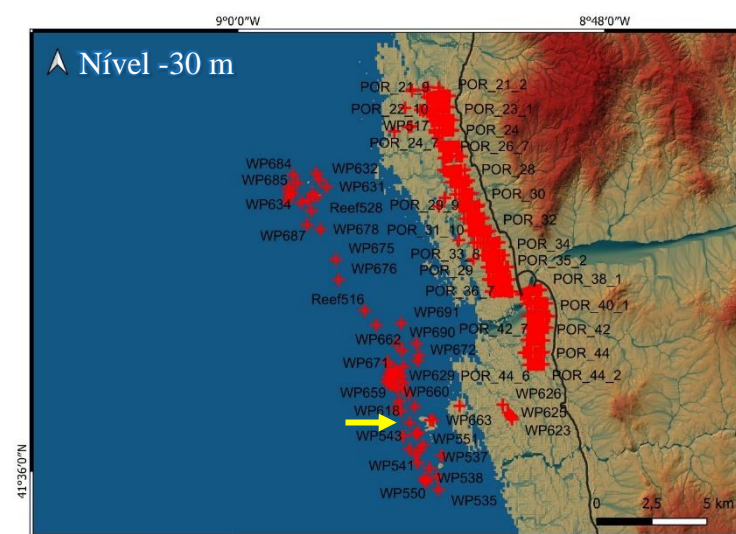
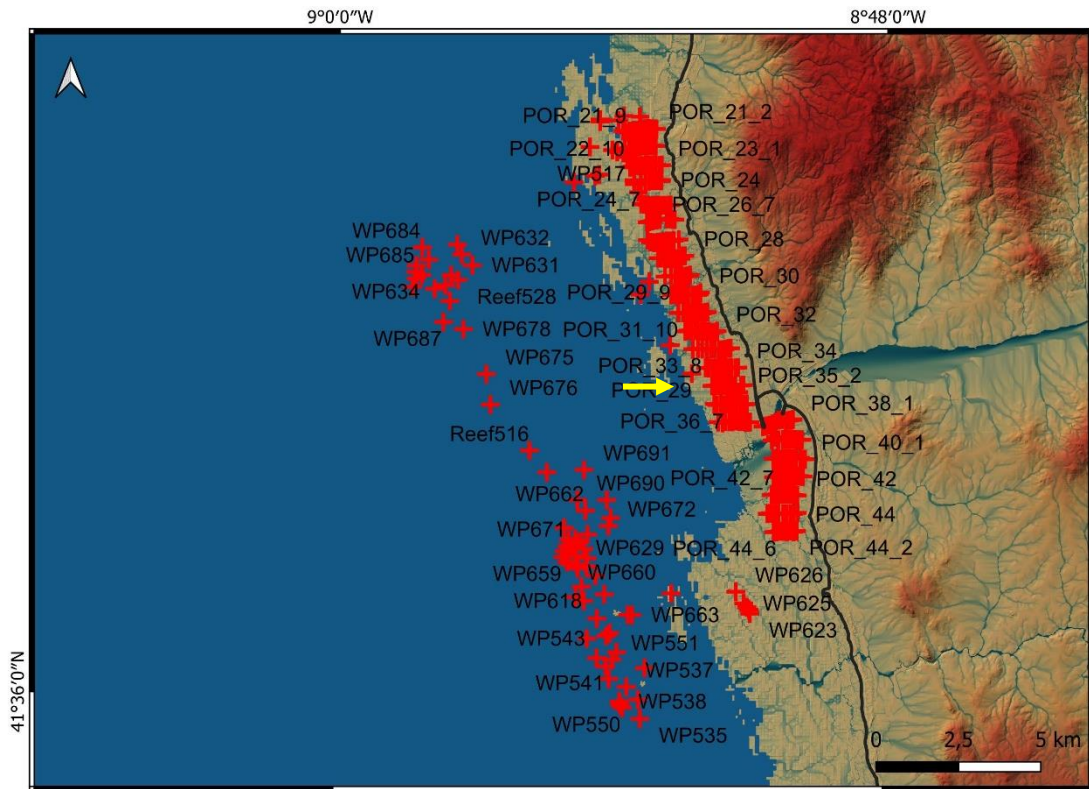


Figura 5.35: Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -30 m.

## Nível -25 m - aproximadamente há 9 600 anos BP

A linha de costa de há 9 600 anos está representada na Figura 5.36. Como evidência de praia na cota -25 m destaca-se o local de amostragem WP397:

<b>WP397</b>	-8,875178	41,696107	-25,0	27/04/2022
--------------	-----------	-----------	-------	------------



*Figura 5.36: Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -25 m.*

**WP397** - Este local é caracterizado pela presença constante de depósitos de seixos e pequenos blocos (Figura 5.37).

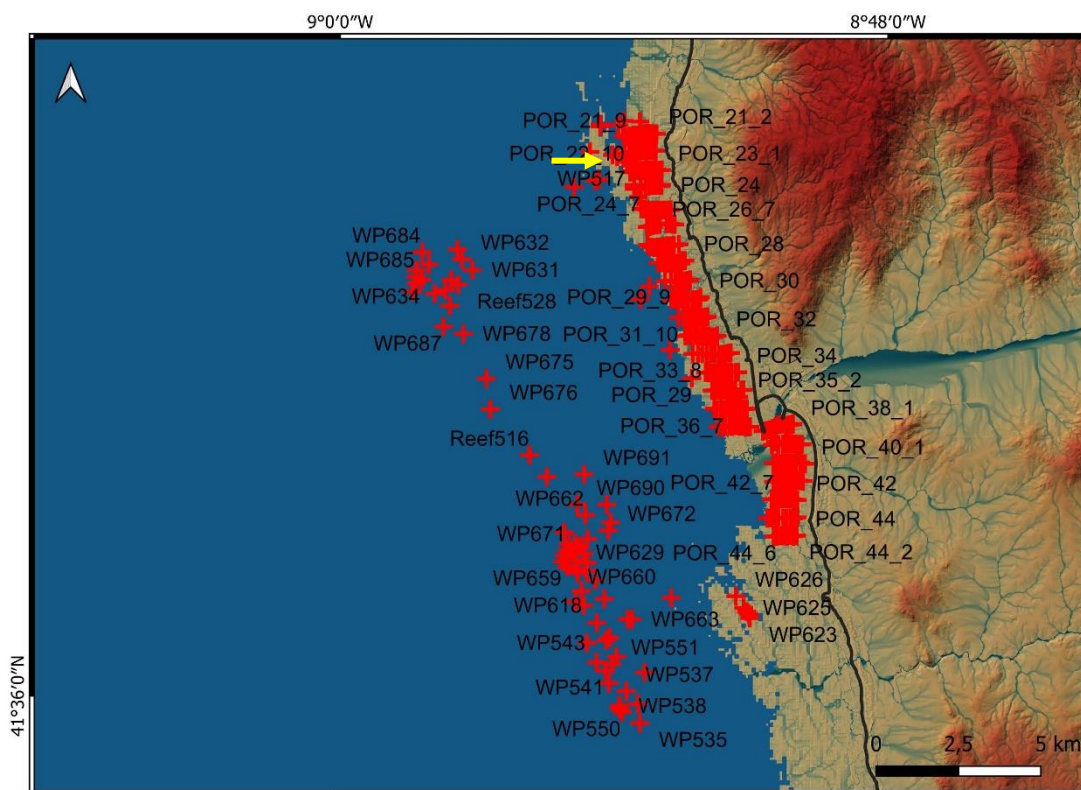


*Figura 5.37: Fotografias captadas pelo ROV no local WP397 com depósitos de seixos.*

**Nível -20 m** - aproximadamente entre 8 500 e 9 000 anos BP

O ponto WP397 referido como geoindicador do nível -25 m também o é do nível -20 m, pois manteve-se ambiente de praia perto da costa conforme o modelo apresentado (Figura 5.38). Os locais WP518 e WP519 correspondem às encostas este e oeste, respetivamente, de um vale com características muito interessantes encontrado no paralelo do monte de Montedor, Carreço. No centro do vale encontram-se ripples de areia.

<b>WP397</b>	-8,8751780	41,6961070	-25,0	27/04/2022
<b>WP518</b>	-8,8951174	41,7486647	-24,0	29/04/2022
<b>WP519</b>	-8,8968330	41,7491400	-24,4	29/04/2022



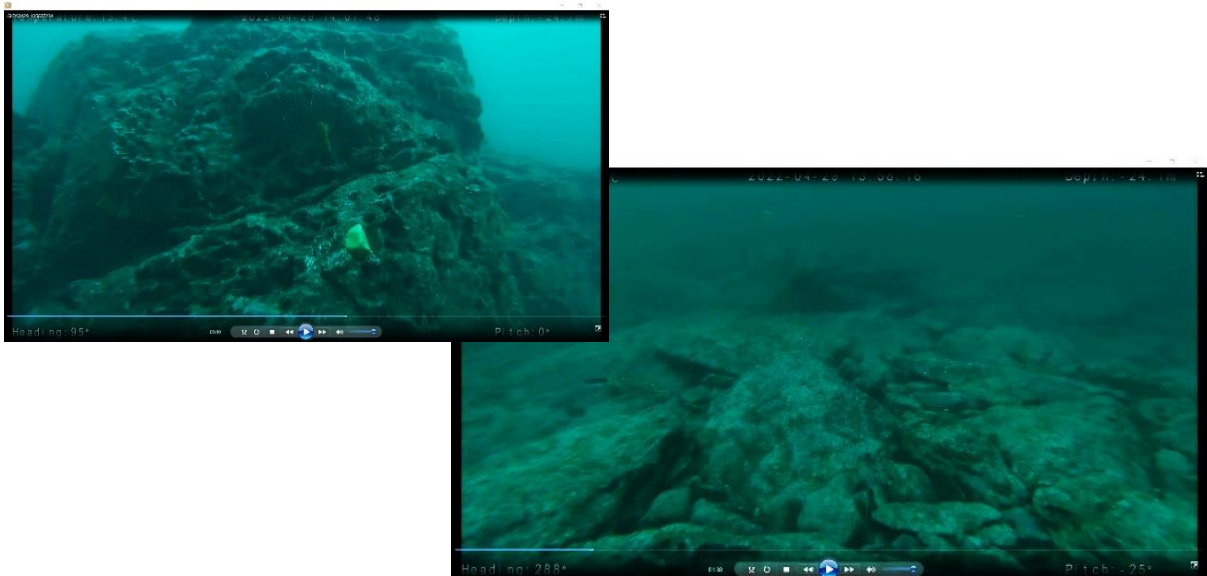
**Figura 5.38:** Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -20 m.

**WP518** – Local de amostragem localizado no lado Este do vale (Figura 5.41) no qual a base da encosta apresenta depósitos de seixos (Figura 5.39) e o meio do vale está coberto por areia.

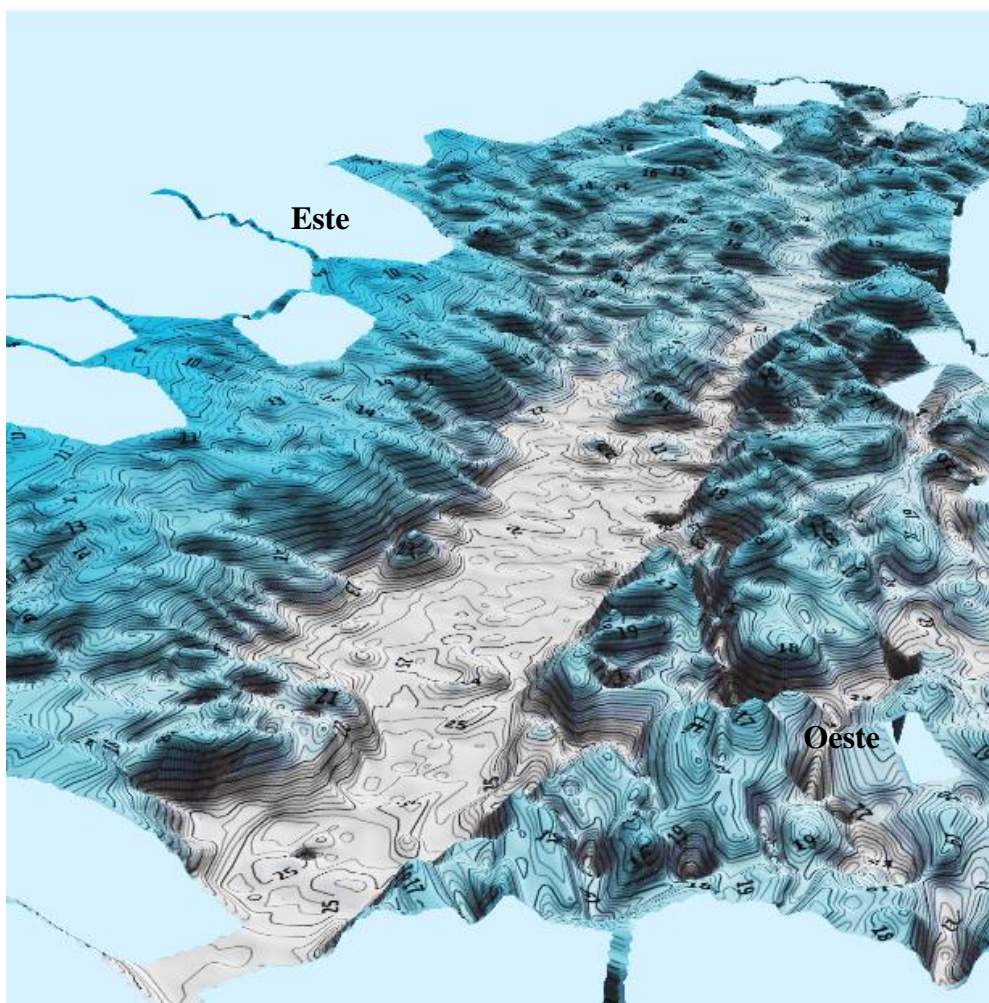


**Figura 5.39:** Fotografias captadas pelo ROV no local WP518 com bastantes seixos e blocos e parede vertical.

**WP519:** Local de amostragem situado na base da encosta Oeste do vale e, que também apresenta bastantes depósitos de seixos rolados e rocha muito alterada (xisto).



**Figura 5.40:** Fotografias captadas pelo ROV no local WP519 com bastantes depósitos de seixos e rocha alterada.

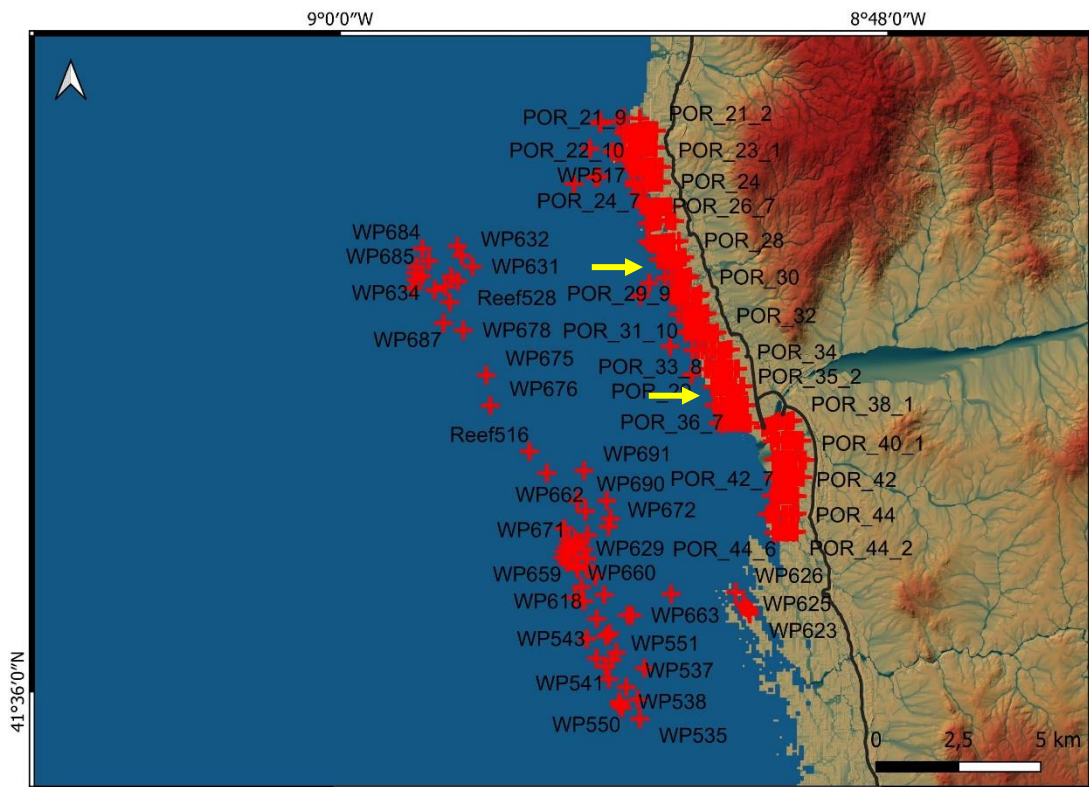


**Figura 5.41:** Visualização 3D realizado no software Reefmaster de um vale identificado ao largo do monte de Montedor, Carreço. A profundidade média no seu centro é de 27 m, e após o lançamento das câmaras encontram-se evidências de praia tanto nas paredes este e oeste do mesmo (WP518 e WP519).

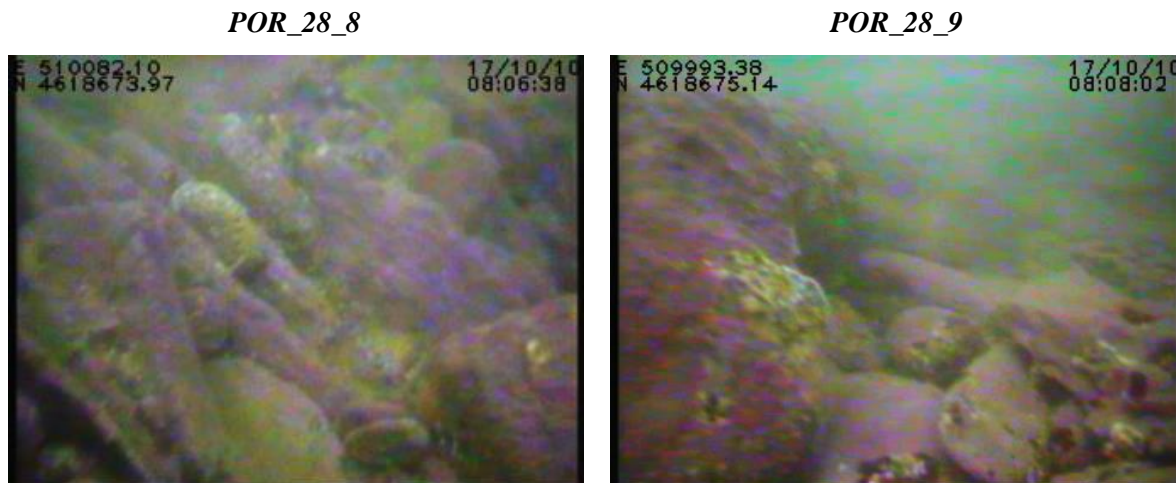
### **Nível -15 m - aproximadamente entre 7 800 e 8 600 anos BP**

A linha de costa aquando do nível -15 m está representada na Figura 5.42 e as evidências de ambiente de praia aparecem em três pontos de amostragem do projeto POLIS (Figuras 5.43 e 5.44):

<b>POR_28_8</b>	-8,8787817	41,7198182	-16,0	16/10/2010
<b>POR_28_9</b>	-8,8798583	41,7198132	-20,0	16/10/2010
<b>POR_35_9</b>	-8,8586083	41,6851616	-15,0	17/10/2010



**Figura 5.42:** Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -15 m.



**Figura 5.43:** Fotografias captadas pelo projeto POLIS nos locais POR\_28\_8 e POR\_28\_9 com muitos blocos e calhaus rolados.

**POR\_35\_9:** Neste ponto de amostragem é possível encontrar alvéolos de ouriços-do-mar desabitados, aproximadamente à profundidade de 15 m.



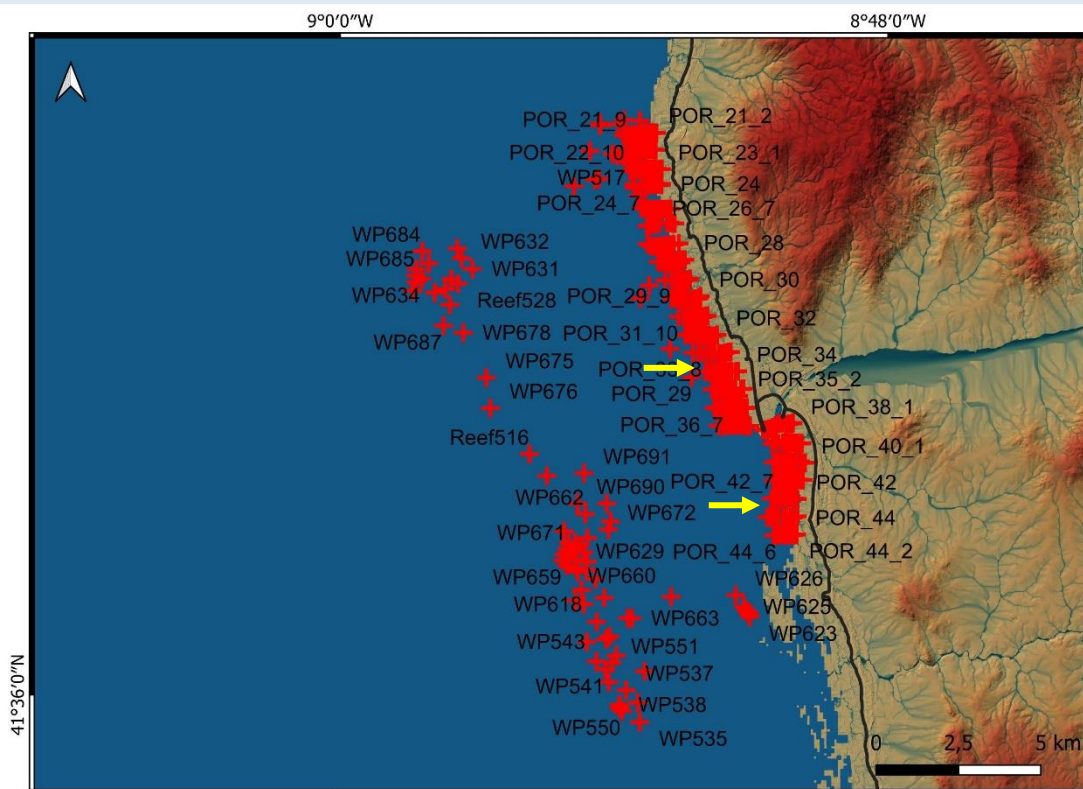
**Figura 5.44:** Fotografias captadas pelo projeto POLIS no local POR\_35\_9 com alvéolos de ouriços-do-mar desabitados.



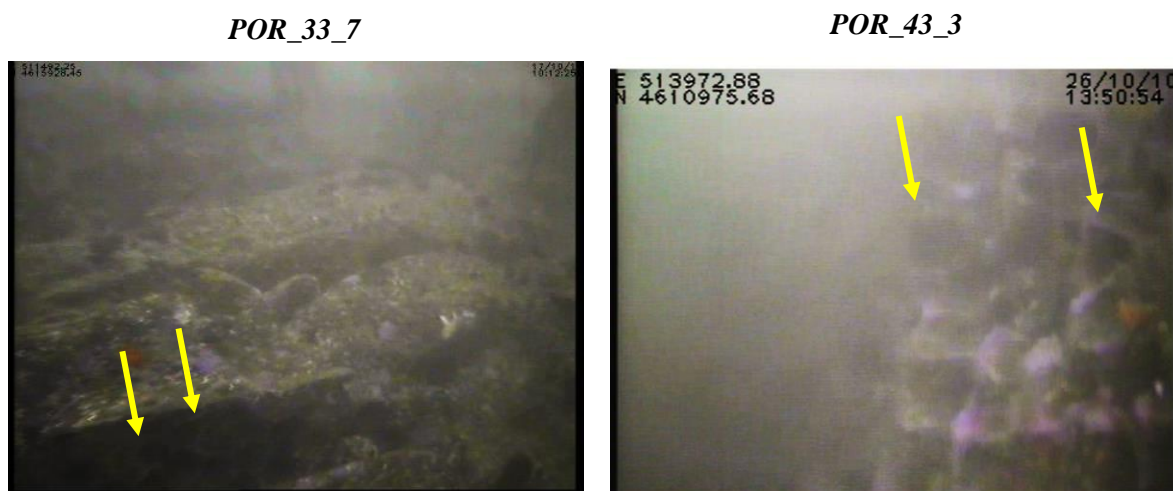
**Nível -10 m** - aproximadamente entre 7 200 e 7 800 anos BP

Há 7 800 anos a linha de costa já se aproximava bastante da sua localização atual (Figura 5.45). A principal evidência de praia na cota -10 m é a existência de locais com alvéolos de ouriços-do-mar desabitados (Figura 5.46):

<b>POR_33_7</b>	-8,8618917	41,6950532	-14,0	17/10/2010
<b>POR_43_3</b>	-8,8322516	41,6504683	-5,0	26/10/2010



**Figura 5.45:** Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -10 m.



**Figura 5.46:** Fotografias captadas pelo projeto POLIS nos locais POR\_33\_7 e POR\_43\_3 com alvéolos de ouriços-do-mar desabitados.

## Nível -5 m - aproximadamente há 6 000 anos BP

Há 6 000 anos a linha de costa produzida pelo modelo é demonstrada na Figura 5.47. A maioria dos locais de amostragem nesta profundidade contém rocha, no entanto encontraram-se dois que apresentam depósitos de seixos (Figura 5.48) aos -4 m (POR\_24) e -1,5 m (POR\_34). No entanto, como a costa de Portugal se encontra sob domínio mesomareal e a amplitude da altura da onda varia entre 2 e 4 m significa que o fundo é facilmente remisturado e alterado em alturas de marés vivas e de tempestade na cota de -5 m pelo que estes pontos não serão considerados para validação da localização da linha de costa aos -5 m.

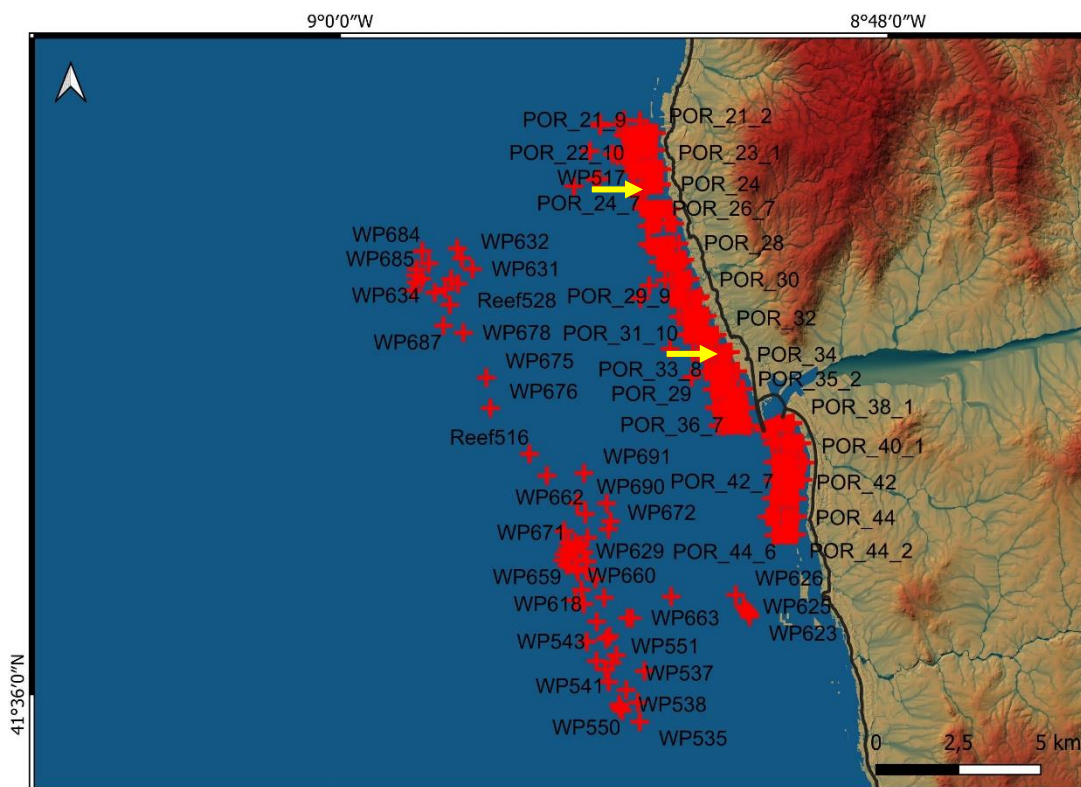


Figura 5.47: Cenário da linha de costa quando o nível do mar se encontrava à cota -5 m.

**POR\_24**



**POR\_34**



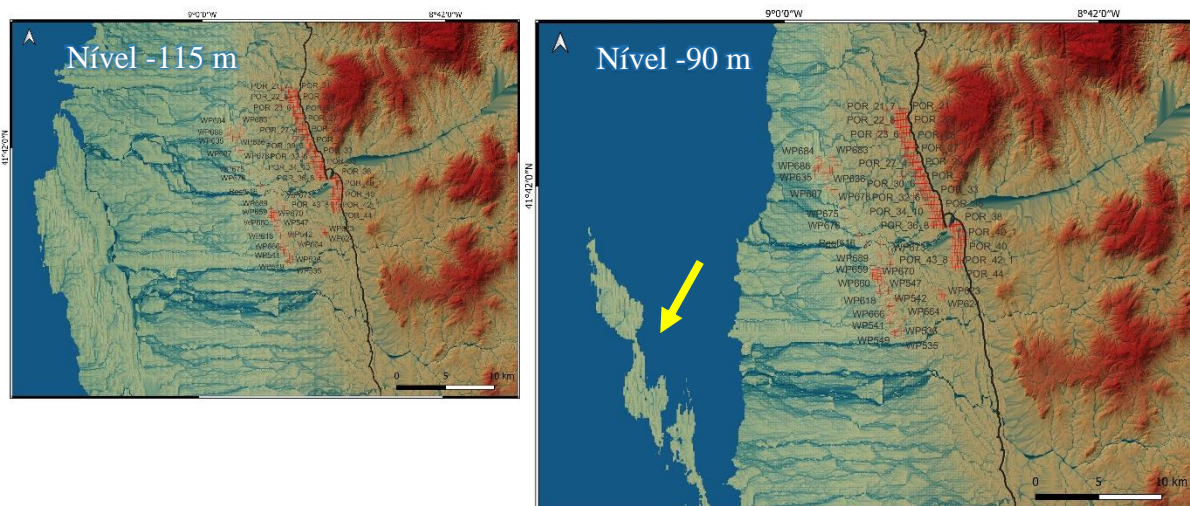
Figura 5.48: Fotografias captadas pelo projeto POLIS nos locais POR\_24 e POR\_34 com depósitos de seixos.

### 5.3.2. Sistemas de Ilhas Identificadas ao Largo

Conforme se correu o modelo em QGIS para a visualização dos cenários da subida do nível do mar, destacaram-se vários sistemas que ao longo dos últimos milhares de anos formavam ilhas descobertas ao largo, como se constata a partir da visualização das várias imagens anteriores (Figuras 5.17, 5.26, 5.31 e 5.32).

#### *Ilha contemporânea ao Nível -90m*

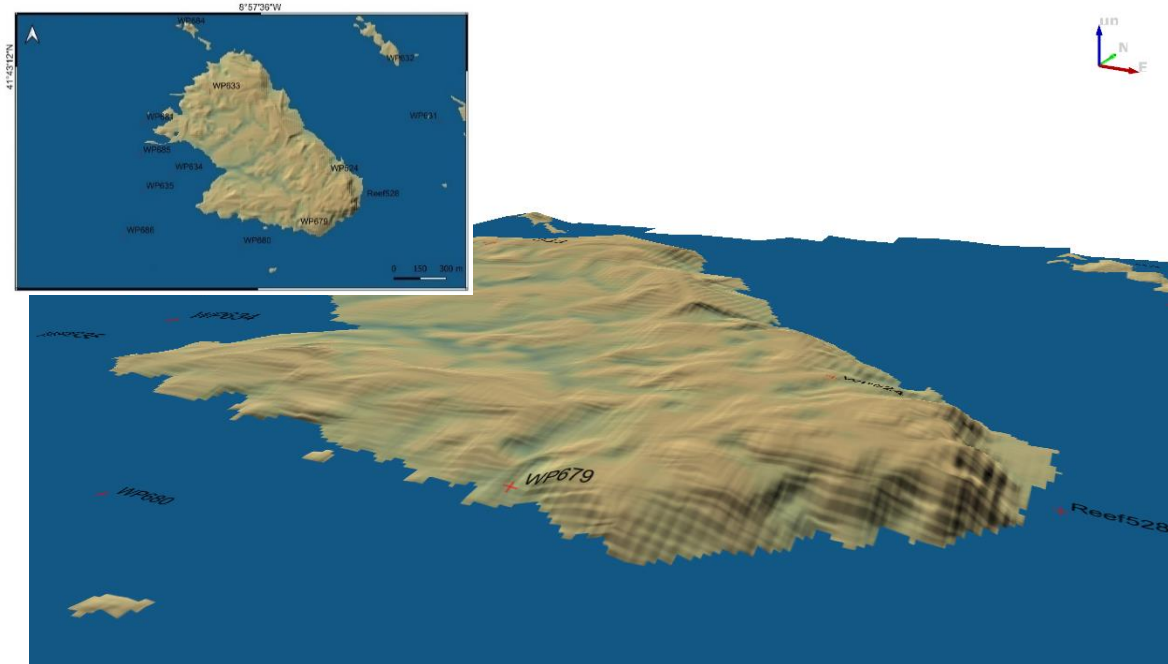
A ilha constituída por formações do Cretácico encontrava-se totalmente a descoberto quando o mar estava na cota -140 m e conforme ocorreu a inundação progressiva até à cota -90 m (Figura 5.49) passou a configurar um sistema de ilhas ao largo com orientação NW-SE e comprimento de 12 km (aproximadamente entre 14 200 e 15 600 anos BP).



**Figura 5.49:** Ilha com formato bastante alongado contemporânea ao nível -90 m. Aproximadamente entre 14 200 e 15 600 anos BP.

### ***Ilha contemporânea ao Nível -45 m: Sumalhas***

Há 12 000 anos quando o mar se encontrava abaixo 45 m do nível atual destacou-se a ilha das Sumalhas, no paralelo da atual freguesia da Areosa, previamente identificada na Figura 5.26. A Figura 5.50 apresenta uma visualização 3D da mesma, gerada em QGIS.



***Figura 5.50: Sumalhas na cota -45 m mapa 2D e visualização 3D (mapa desenvolvido em QGIS).***

***Ilha no paralelo de Viana do Castelo aquando dos Níveis -55 m e -50m*** - conjunto de ilhas com aproximadamente 1 km de comprimento que mantém a orientação NW-SE característica das formações locais. Este sistema encontrava-se como ilha/promontório quando o mar se encontrava nas cotas -50 m e -45 m (entre 12 000 e 12 700 anos BP).

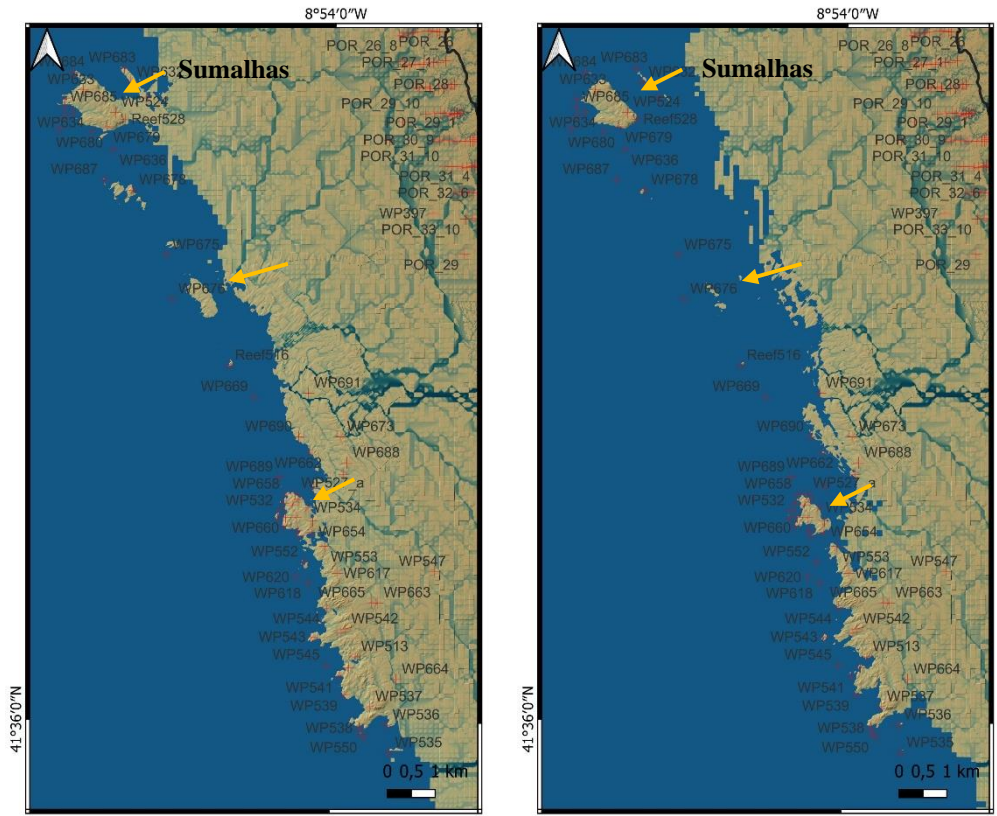


Figura 5.51: Ilha no paralelo de Viana do Castelo aquando dos Níveis -50 m e -45m

Ilha no paralelo da Amorosa aquando do Nível -30 m (10 300 anos BP):

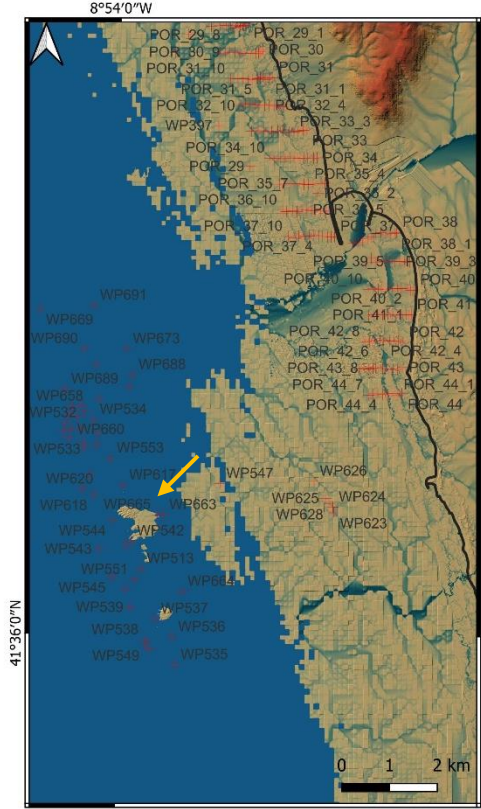
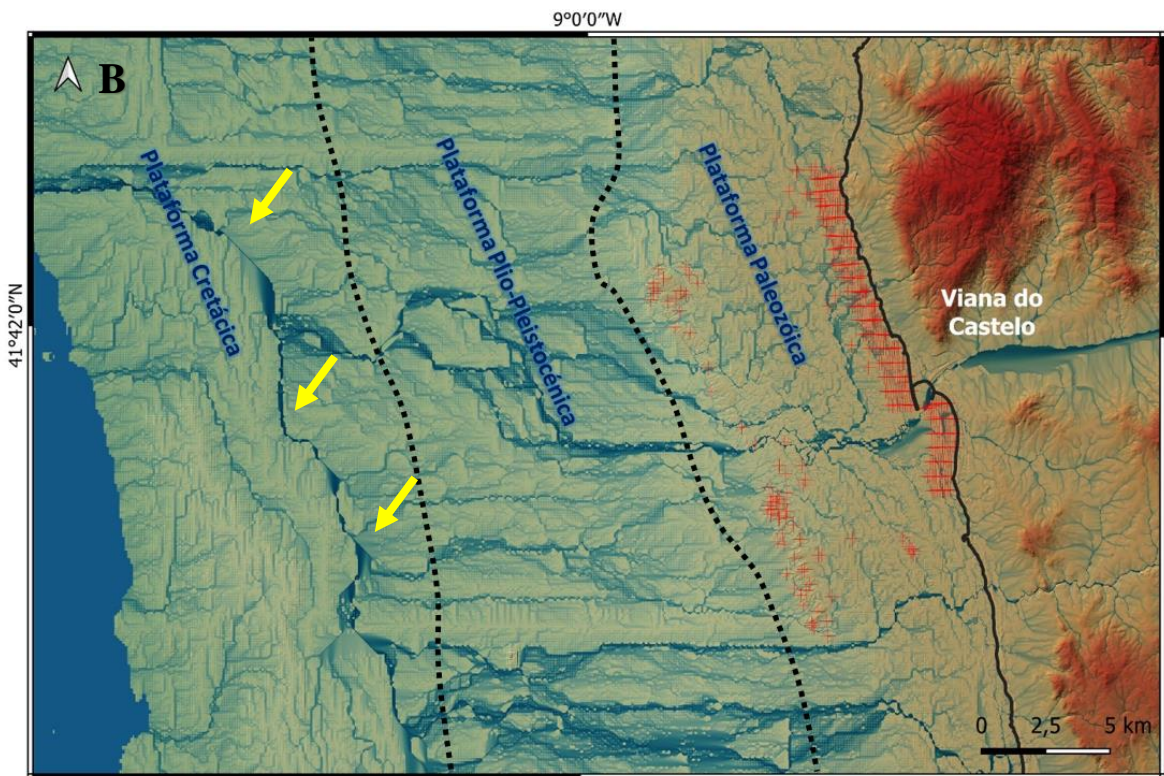
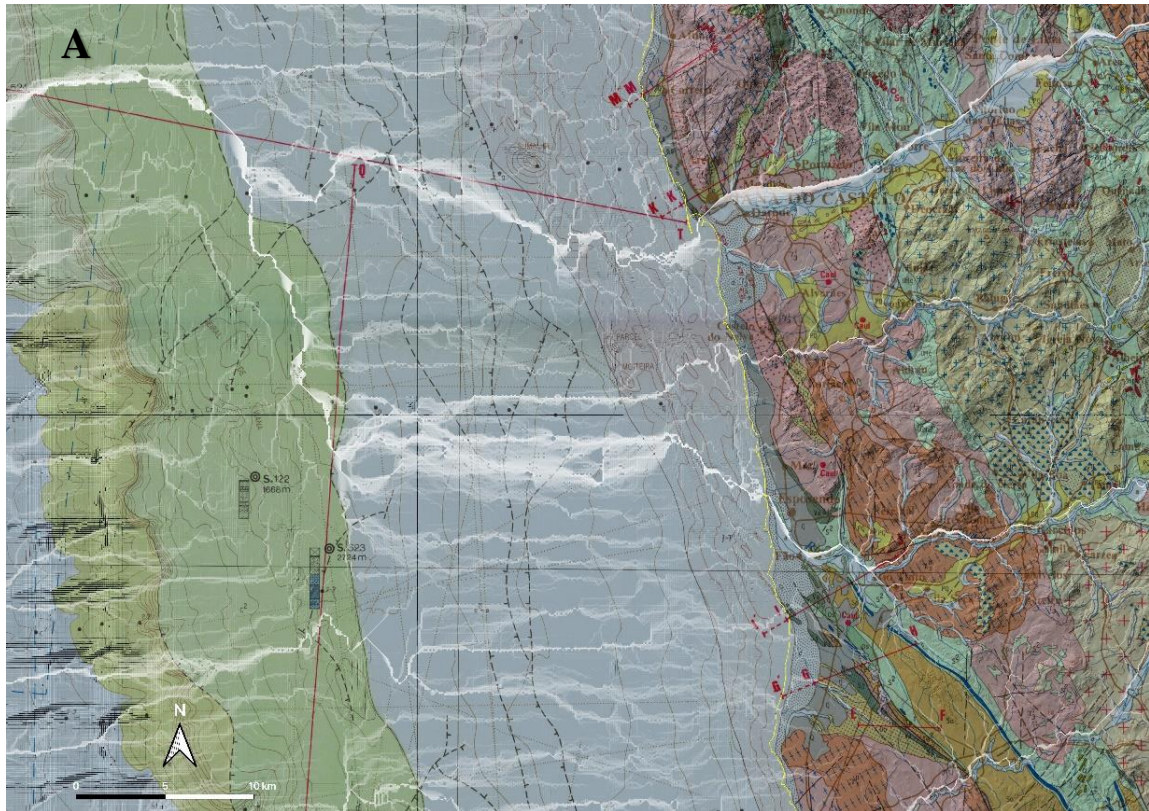


Figura 5.52: Ilha no paralelo da Amorosa aquando do nível -30 m.

### **5.3.3 Evolução da Rede de Drenagem**

A rede de drenagem é composta por vários canais de água conectados entre si. Com origem principalmente na precipitação ou degelo (dependendo do local) a água à superfície pode-se infiltrar ou escorrer (induzidas pela gravidade) até chegar a uma zona de acumulação como lagos e lagoas ou oceanos e mares. Através da interpolação de modelos (EMOD + Portugal 10m) usado para cartografar a parte submersa ao largo de Viana do Castelo ficou clara a rede de drenagem ao longo da plataforma que esteve em funcionamento até aos -140 m de profundidade. A Figura 5.53 representa o possível traçado das redes de drenagem. Estas apresentam de forma geral orientação E-W, sendo que as aproximadamente 20 km da linha de costa atual adquiriam direção S-N, subparalelo à linha de costa, para contornar a montanha em rochas cretácicas ao largo, confirmando a descrição de Rodrigues e Dias (1989) anteriormente citada. Na base dessa encosta os vários rios locais formavam apenas um grande rio que Rodrigues e Dias (1989) denominaram por Beiralis.



**Figura 5.53:** A- Rede de drenagem de Portugal Continental e da plataforma marinha, deduzida com recurso ao índice de curvatura topográfica (A linha a amarelo representa a linha de costa atual). B- Divisão da atual plataforma em paleozóica, plio-pleistocénica e cretácica com base da Figura 5.53-A. As setas a amarelo indicam o paleo-rio Beiralis.

Verifica-se que os rios, mais ao largo, confluíam todos para um mesmo canal que contorna uma elevação topográfica do Cretácico. Durante o processo de inundação é esta zona a primeira a constituir um conjunto de ilhas ao largo. Nesta altura, haveria esta longa ilha constituída por formações do Cretácico, que funcionava como intercetor topográfico das linhas de água e as canalizava para norte.

Até há 14 000 anos, quando ocorreu o primeiro grande pulso de degelo os cursos de água encontravam-se quase suspensos devido ao congelamento, enquanto os que ainda seguiam percurso até ao mar aprofundaram bastante o seu leito e desaguavam no fim da plataforma continental. Esta morfologia fluvial particular que se encontra hoje submersa, é ainda possível de identificar em dados batimétricos.

#### **5.4. Reconstituição da história dinâmica, morfológica e climática**

A reconstituição da evolução da plataforma continental portuguesa ao largo da atual cidade de Viana do Castelo (norte de Portugal) foi realizada através de modelos de subida do nível do mar desde a profundidade de 140 m e com o apoio do gráfico da Figura 5.5 foi possível realizar uma datação aproximada de cada nível do mar a partir das curvas de variação do nível do mar. Entre os anos 22 000 e 14 200 BP a subida do mar desde a cota -140 m para -90 m marcou um avanço significativo sobre a elevação em rochas cretácicas situada a Este do talude continental.

Os pontos de amostragem permitiram verificação através de imagens reais *in situ* a partir da cota -70 m. pelo mapa dos cenários do mar realizado em QGIS foi possível identificar os locais nas proximidades de cada linha de costa em análise. De modo geral os geoindicadores procurados nos locais foram principalmente depósitos de seixos, alvéolos de ouriços-do-mar desabitados, solapas de erosão, marmitas de gigante, blocos e canais de maré na rocha.

Quando o nível médio do mar se encontrava 130 m abaixo do atual decorria o último período glaciário e data-se há aproximadamente 21 300 anos BP. Nesta altura a bacia hidrográfica e rede de drenagem era bastante extensa pois o limite da plataforma e consequente linha de costa encontravam-se vários quilómetros a oeste da atual (aproximadamente 40 km). No entanto, é de notar que devido ao congelamento praticamente constante a montante, os cursos de água estariam grande parte do ano suspensos e eram ativos no período primaveril induzido pelo degelo glaciário. Eram estas quantidades de água com caudal substancial traziam os blocos e seixos desde montante para jusante, ou seja, os rios apresentavam bastante mais carga sólida do que atualmente. Com base nos dados do LIDAR, EMOD, LIDAR APA 2011 e



a batimetria colhida neste trabalho, foi possível gerar uma base morfológica viável que permitiu que a partir dos mesmos traços morfológicos o estudo da rede de canais, vales e encostas. É interessante perceber que os estuários atuais, enfatizando o do Lima, na altura era apenas o curso fluvial e afluente de um rio maior: o Beiralis.

A inundação costeira desde a profundidade -130 até aos -90 d -se de forma lenta ao longo de 6 000 anos (~6,0 mm/ano) e na área de estudo forma uma ilha alongada por aproximadamente 12 km, com orienta o NW-SE ao largo da linha de costa da altura. A eleva o em rochas cretácicas fica parcialmente coberta e o grande rio começa a ser invadido pelas águas oceânica ao longo da sua extensão S-N.

O pulso de degelo que se iniciou entre 16 000 e 14 000 anos BP, marcou uma altura de intenso caudal fluvial e rápida subida do nível do mar para a desde a cota -90 m até -60 m. Deste modo o mar terá subido 30 m em praticamente 1000 anos (~3,0 cm/ano).

Segundo o gráfico apresentado de subida do nível do mar na Figura 5.5 desde 14 000 aos 11 500 anos BP a taxa de subida diminuiu e este período coincidiu com praias nas cotas -60 m e -40 m (~8,0 mm/ano). Isto significa que, teoricamente, deveria haver bastantes evidências de ambiente de praia entre as cotas correspondentes a estas idades visto que o mar subiu de forma lenta marcando a morfologia local. Através do lançamento do ROV foi possível confirmar a hipótese, e foram de facto encontradas caraterísticas muito interessantes como por exemplo canais de maré a -64,2 m no local WP687; depósitos de seixos nos locais WP685 e WP634 nos -57,4 m e -60,7 m; marmita de gigante no local WP690   profundidade de -45,8 m; solapas de erosão no local WP679 a -46,7 m; e, muitos canais de maré em WP688 a -40,6 m.

Há 12 000 anos BP deu-se o segundo pulso de degelo que terá gerado um aumento da taxa de subida do nível do mar até há 10 000 anos BP. NA realidade, não conseguimos com este trabalho encontrar geoindicadores que afirmassem o contrário, pois não se realizaram muitos lançamentos do ROV nas profundidades correspondentes destas idades: -35 m e -30 m. além dos autores do gráfico da Figura 5.5, têm os autores Rodrigues e Dias (1989) atestam a teoria de uma rápida subida do mar por volta dos 10 000 anos BP que atribuem têm a causa de um aquecimento generalizado na Europa.

Depois do grande influxo de águas no oceano pelo degelo glacial gera-se um período de subida calma desde as profundidades de -25 m até -10 m, ou seja, desde há 9 600 anos até 6 000 anos BP. Esta teoria   têm apoiada pelos autores Rodrigues e Dias (1989) que afirmam não haver vestígios morfológicos na plataforma continental deste período, no entanto

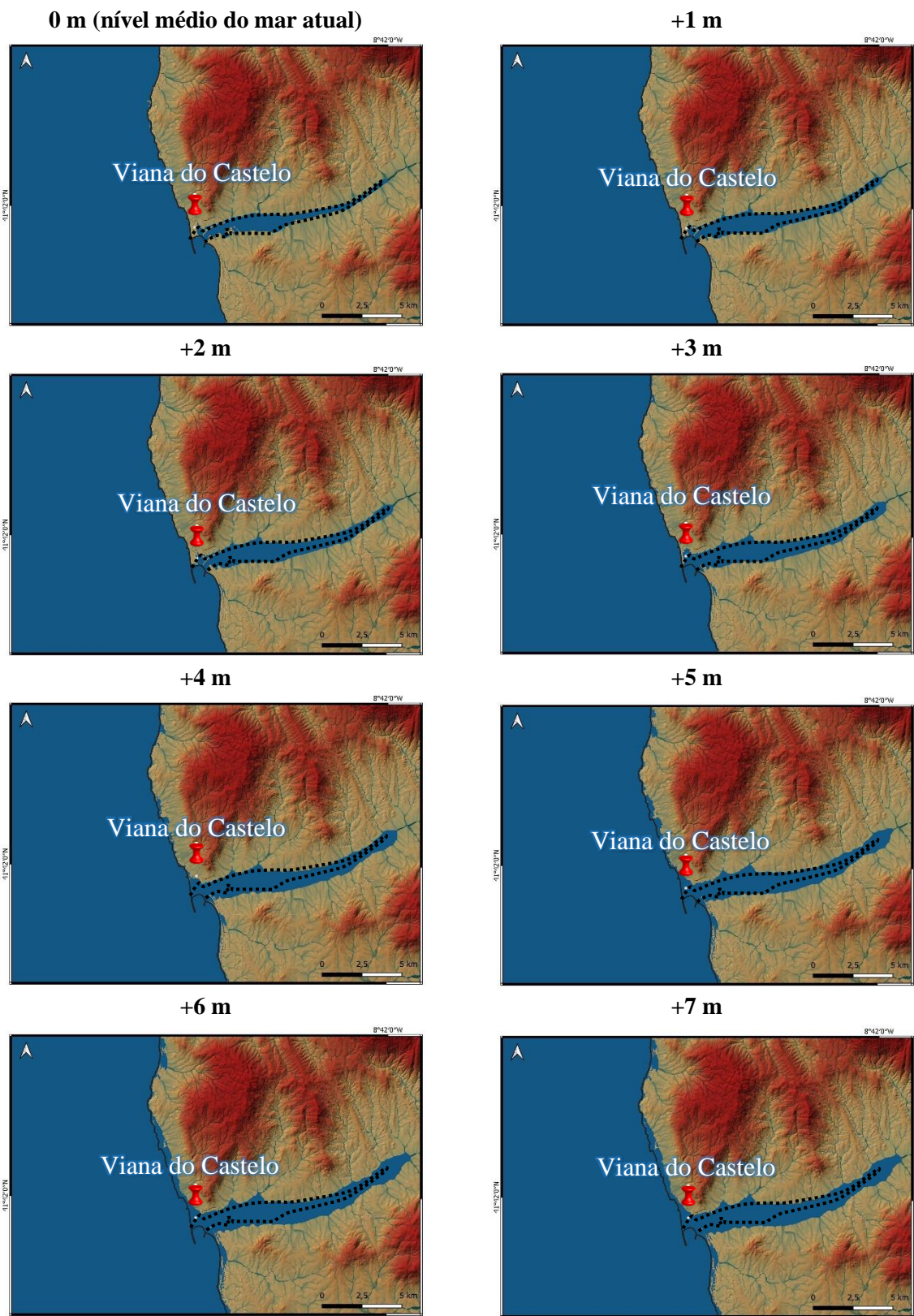
através da datação dos níveis do mar e análise visual in situ, encontrou-se: depósitos de seixos no local WP397 a -25 m; um vale inundado (WP518 e WP519); alvéolos de ouriços-do-mar desabitados à profundidade de -15 m (POR\_35\_9), -14 m (POR\_33\_7) e -5 m (POR\_43\_3). Estas evidências comprovam a calma da taxa de subida do nível do mar neste intervalo de tempo, pois estes organismos apenas sobrevivem em ambiente intermareal, e apenas deixavam a sua marca se estivessem tempo suficiente no local. Isto só é possível se os níveis do mar não subirem rapidamente.

Desde há 6 000 anos era assumido na comunidade científica que o nível médio do mar se estabilizou na cota atual. Segundo o gráfico da Figura 5.5 os restantes 5 metros até à sua cota atual foram conseguidos de forma lenta entre 6 000 e 4 000 anos, ou seja, com uma taxa de subida do mar de ~2,5 mm/ano. Tratando-se de uma profundidade que sofre atualmente influência da ondulação não se conseguiu encontrar evidências que atestem ou clarifiquem a subida nos últimos 5 m de água.

## **5.5. Modelo de Cenário Futuro do Nível do Mar**

Existe atualmente uma preocupação crescente com a subida do nível médio do mar devido às alterações ambientais decorrentes em curso no atual interglaciário. As temperaturas médias apresentam uma tendência crescente em muitos locais e existem por exemplo previsões centimétricas da subida dos mares até ao ano 2050 para, sobretudo, adaptação/combate à nova realidade. Dentro do intervalo de tempos em que o presente trabalho foi elaborado, ou seja, milhares de anos, resolveu-se através do modelo da progressão do nível do mar usado, construir um cenário de previsão futura da evolução da costa na zona de Viana do Castelo. Atribuíram-se níveis do mar com intervalos métricos acima do atual: +1 m, +2 m, +3 m, +4 m, +5 m, +6 m e +7 m.

Numa análise geral verificou-se que até aos +3 m de subida das águas a zona mais afetada é a circundante ao estuário do rio Lima, onde as áreas baixas e de forma geral aplanadas ficarão submersas. A partir da cota +4 m destaca-se a submersão da zona central da cidade de Viana do Castelo (que ficará totalmente submersa na cota +7 m) assim como a plataforma litoral oeste do concelho. Deste modo, desde o local atual de praia até à base da montanha litoral a norte da cidade corresponderá a uma zona marinha de águas rasas, e fará a montanha funcionar como arriba, tal como já aconteceu durante o Eemiano. O litoral a sul do estuário apresenta cobertura da área por água a partir da cota +5 m.



*Figura 5.54: Cenários de evolução futura do nível do mar em Viana do Castelo.*

## 6. Conclusão

O objetivo principal deste trabalho é estudar a história da costa de Viana do Castelo, através da catalogação da geodiversidade submarina ao largo. Em adição aos modelos computacionais existentes de simulação do nível médio do mar nos últimos milhares de anos, obtiveram-se dados locais e atuais batimétricos, topográficos e da dureza de fundo, tendo em vista a produção da reconstituição da linha de costa. Este trabalho pretende ter impacto na comunidade científica que estuda as zonas costeiras, determinando as linhas de costa portuguesa e reformulando a curva de variação do nível do mar durante o Holocénico. Adicionalmente, o relevo residual submerso encontrado ao largo de Viana do Castelo trata-se de um acontecimento único na plataforma portuguesa, com exceção das Berlengas. Além de toda a relevância científica pretende-se que o trabalho complemente o Geoparque Litoral de Viana do Castelo, e assim constituir uma âncora da identidade submarina, e que possa impulsionar a atividade turística, criando oportunidades educativas e uma gestão eficaz para a promoção e fortalecimento do desenvolvimento territorial. Este trabalho além de contribuir para o aumento do conhecimento científico dos locais analisados e, costa submersa de Viana do Castelo, também contribui para conhecimento da metodologia e equipamento utilizado.

A realização deste trabalho é assim fundamental tanto para o ramo em que se insere de dinâmica externa e mudanças globais, mas também para o de catalogação da geodiversidade.

No presente trabalho a metodologia passou por três fases principais: aquisição direta de dados através de saídas de barco e lançamento de equipamento à água, análise das imagens adquiridas e processamento de dados em software. O equipamento usado nas saídas para mar foi crucial para associar à análise morfológica, gerada pela ecossonda a bordo, uma análise visual, através do ROV. O ROV (veículo remotamente operado) proporcionou um grande *update* com a transmissão ao vivo a bordo de imagem que permitia logo avaliar os locais como de interesse para continuar o mergulho ou sem grande interesse para o estudo. Adicionalmente, os vídeos apresentam informação da profundidade, direção do mergulho, temperatura da água, data e hora em tempo real. Estima-se um total de horas no mar, entre o período de julho 2021 – setembro 2022, de aproximadamente 185 horas cheias de desafios e contratempos.

Seguiu-se a segunda parte dos métodos com a análise dos vídeos e mapas batimétricos adquiridos. Procuraram-se geoindicadores específicos nos vídeos que apresentassem evidências

de zona de praia nos diferentes locais, tais como depósitos de seixos, solapas de erosão, marmitas de gigante, canais de maré e alvéolos de ouriços-do-mar desabitados. Calcula-se um total de 18,44 horas de vídeo produzido e analisado à procura de geoindicadores específicos. Em termos de cobertura sedimentar o grande destaque vai para os depósitos de seixos pois estes são caraterísticos de um ambiente de transição com influência da ondulação que os retrabalha e espalha. é importante frisar que para uma complementação do trabalho foi utilizado alguns dados do estudo Rodríguez *et al.* (2013). Promovido pela POLIS Litoral. Deste recolheu-se informação visual de vários locais que o mesmo analisou em transeptos transversais à costa de Viana do Castelo desde muito perto da praia atual até sensivelmente 20 m de profundidade. O principal objetivo do seu uso é para haver pontos de amostragem mais próximo da linha de costa atual.

Do ponto de vista do processamento de dados, o QGIS revelou-se um software bastante eficiente e à altura da realização dos mapas e figuras pretendidas. Criaram-se vários temas, no entanto o destaque vai para o de cenário do nível do mar que permitiu a visualização clara da evolução da sua subida ao longo da plataforma ao largo de Viana do Castelo para os últimos 21 300 anos. Na plataforma foi ainda possível gerar mapas batimétricos em 3D e perfis topográficos de zonas particulares. Existiu ainda um bónus com o uso deste software que permitiu a visualização clara da rede de drenagem aquando do último máximo glaciário (mesmo que nessa altura estaria parcialmente suspensa devido à retenção de água nos glaciares) e a sua evolução; criação de cenários futuros da subida do nível médio do mar e quais as zonas futuramente inundáveis em Viana do castelo. Adicionalmente detetou-se a existência de formação vários sistemas de ilhas que existiram ao longo dos últimos 14 000 anos.

As diferentes linhas de costa/curvas do nível do mar geradas de 5 em 5 m desde a cota - 140 m permitem a visualização e análise pormenorizada da sua evolução ao longo dos últimos 21 300 anos. Infelizmente não houve possibilidade em termos de tempo e equipamento para obter pontos de amostragem para estas profundidades, tendo sido obtidos pontos apenas acima dos 70 m. Deste modo, através da junção entre análise morfológica, análise visual e cenários do nível do mar resultaram um total de 27 locais de amostragem com geoindicadores de ambiente de praia desde a profundidade de -70 m até -5 m.

Quanto à reconstituição da linha de costa e evolução da subida do nível do mar comprovou-se:

- A subida lenta do mar entre há 21 300 até 14 200 anos BP, com inundação das áreas nas profundidades de -130 m e -90 m. Aquando do mar na cota -90 m destacou-se uma ilha com cerca de 12 km ao largo da costa, e orientação NW-SE.
- Pulso de degelo entre há 16 000 e 14 000 anos BP, que provocou subida do mar em 30 m até à profundidade -60 m.
- Posteriormente segue-se uma altura de subida lenta com taxa de subida do mar calculada em ~8 mm/ano até há 11 500 anos BP. Entre as profundidades de -60 m e -40 m encontraram-se evidências deixadas como relíquias, comprovativas de ambiente de praia nestas cotas, tais como, canais de maré a -64,2 m no local WP687; depósitos de seixos nos locais WP685 e WP634 nos -57,4 m e -60,7 m; marmita de gigante no local WP690 à profundidade de -45,8 m; solapas de erosão no local WP679 a -46,7 m; e, muitos canais de maré em WP688 a -40,6 m.
- Por volta dos 12 000 anos BP ocorreu um novo pulso de degelo e o mar subiu mais rapidamente até 10 000 anos BP. Isto corresponde às linhas de costa entre -35 m e -30 m, para as quais não conseguimos obter muitos pontos de amostragem comprovativos ou não desta teoria.
- No período de há 9 600 até 6 000 anos BP a transgressão marinha ocorreu mais lentamente com uma taxa de subida de ~4 mm/ano e verificou-se a existência de vários geoindicadores: depósitos de seixos no local WP397 a -25,0 m; um vale inundado (WP518 e WP519); alvéolos de ouriços-do-mar desabitados à profundidade de -15,0 m (POR\_35\_9), -14,0 m (POR\_33\_7) e -5,0 m (POR\_43\_3).
- Desde há 6 000 anos e segundo o gráfico usado os restantes 5 metros até à sua cota atual foram conseguidos de forma lenta entre 6 000 e 4 000 anos. Tratando-se de uma profundidade que sofre atualmente influência da ondulação não se conseguiu encontrar evidências que atestem ou clarifiquem a subida nos últimos 5 m de água.

Morfologicamente verificou-se que na plataforma paleozóica, de maior declive, as linhas de água corriam encaixadas e com tendência para ter algumas porções do seu curso a assumir direção SW-NE, por controle do alinhamento principal das estruturas geológicas deste período. Na plataforma plio-pleistocénica, de menor declive, a drenagem torna-se mais linearizada e alinhada E-W. A complexidade da drenagem sobre esta plataforma sugere que os rios seriam predominantemente do tipo entrançado (*Braided*) com uma componente sedimentar em circulação

predominantemente de cascalho. Ao chegar à plataforma cretácica, em que ocorrem elevações importantes, a maior parte dos cursos de água é interceptada e passa a correr com direção S-N desaguando para a plataforma mais profunda a norte do Beiral de Viana.

### ***Limitações***

É importante salientar que este trabalho de catalogação e reconstituição geodinâmica do Holocénico não está completo, carece de refinamento e pode mesmo ser alvo de reinterpretação assim que for refinada a imensa quantidade de dados recolhida. Foram realizadas observações descontínuas e discretas, com base na escolha de locais aparentemente interessantes, sobretudo ao longo da crista quartzítica ao largo. Contudo a informação recolhida fornece dados inestimáveis para a compreensão da evolução da plataforma marinha durante o Holocénico.

A escala espacial apresenta algum erro pois quando o equipamento fica submerso as coordenadas usadas são as superficiais. O sistema todo move-se (barco e equipamento), no entanto através da estimativa da velocidade média do ROV e direção do mergulho conseguimos posicioná-lo sem grande dificuldade. Com base nos resultados visuais e batimétricos este provou não ser um erro que prejudicasse a qualidade da informação.

### ***Futuro***

Futuramente seria interessante fazer mais lançamentos nas profundidades de -35 e -30 m para tentar constatar se o nível do mar permaneceu pouco tempo nestes níveis como sugerido no trabalho, além de procurar mais evidências abaixo da cota -70 m. É importante referir que existe a limitação da resistência do equipamento, contudo o ROV usado ainda consegue atingir os -100 m de profundidade. Devido à elevada incisão fluvial desde a plataforma paleozóica, passando pela plio-pleistocénica até à cretácica, deverá existir na costa de Viana do Castelo um elevado registo sedimentar desde há 20 000 anos, tendo sido parte desse registo levantado com as imagens de ROV obtidas neste trabalho.

Em suma, o trabalho atingiu o seu objetivo e apresentou resultados reais da reconstituição da linha de costa durante o Holocénico ao largo de Viana do Castelo (norte de Portugal), que era o objetivo principal deste trabalho.

## Referências Bibliográficas

Alday, M., Cearreta, A., Cachão, M., Freitas, M., Andrade, C., Gama, C., (2006). Micropalaeontological record of Holocene estuarine and marine stages in the Corgo do Porto rivulet (Mira River, SW Portugal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66: 532 -543.

Andrade, C., (1991). O ambiente de barreira da Ria Formosa (Algarve, Portugal). Tese de Doutoramento. Departamento de Geologia. Faculdade de ciências da Universidade de Lisboa. 642pp.

Bao, R., Freitas, M., Andrade, C., (1999). Separating eustatic from local effects: A Late-Holocene record of coastal change in Albufeira Lagoon, Portugal. *The Holocene* 9, 341-352.

Brooks, A., Bradley, S., Edwards, R., Goodwyn, N. (2011) The palaeogeography of Northwest Europe during the last 20,000 years, *Journal of Maps*, 7:1, 573-587.

Buis, A. (2020). Milankovitch (Orbital) cycles and their role in earth's climate. Disponível em <https://Climate.Nasa.Gov/News/2948/Milankovitch-Orbital-Cycles-And-Their-Role-In-Earths-Climate/>. Consultado a 20 Setembro 2022.

Cacho, I., Grimalt, M. Canals, L. Sbaffi, N. J. Shackleton, J. Schönfeld, And R. Zahn (2001), Variability of the western mediterranean sea surface temperature during the last 25,000 years and its connection with the northern hemisphere climatic changes, *Paleoceanography*, 16, 40–52.

Cartapanis, O., Jonkers, L., Moffa-Sanchez, P., Jaccard, S. L., & de Vernal, A. (2022). Complex spatio-temporal structure of the Holocene Thermal Maximum. *Nature Communications*, 13(1), 1-11.

Channell, J., Xuan, C., Hodell, D., (2009). Stacking paleointensity and oxygen isotope data for the last 1.5 myr (Piso-1500). *Earth Planet Science Letter*. 283 (1), 14-23.

Cohen, K. M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. e Fan, J.-X. (2013, atualizada). The ICS International Commission on Stratigraphy (IUGS).

Costa, M. (1994). Dados direccionais de agitação marítima na costa portuguesa. Relatório final da tarefa A1-5. Report PO-WA VES 5/94-A.

Cunha, P.; Martins, A. (2004) Principais aspectos geomorfológicos de Portugal central, sua relação com o registo sedimentar e a importância do controlo tectónico. Encontro sobre a Geomorfologia do Noroeste Peninsular (Resumos), 11-13

Dias, A., Rodrigues, A., Abreu, L., Araújo, F., Cunha, J., Drago, T., Nuno, D., Fatela, F., Keil, P., Laranjeiro, M., Lourenço, N., Mimoso, P., Oliveira, A., Reis, R., Ribeiro, L., Saldanha, M, Santos, F. (1992). Geologia da plataforma continental entre Espinho e Caminha: resultados preliminares do cruzeiro Geomar 92.

Dias, J., Boski, T., Rodrigues, A., Magalhaães, F. (2000). Coast line evolution in Portugal since the last glacial maximum until present - a synthesis. *Marine Geology*, 170(177), 186.

Dias, J., Gonzalez, R., Garcia, C., Diaz-del-Rio, V. (2002). Sediment distribution patterns on the Galicia-Minho continental shelf. *Progress in Oceanography*, 52(2-4), 215-231.

Dias, J., Jouanneau, J., Gonzalez, R., Araújo, M., Drago, T., Garcia, C., Oliveira, A., Rodrigues, A., Vitorino, J., Weber, O. (2002). Present day sedimentary processes on the northern Iberian



shelf. *Progress in Oceanography*, 52(2-4), 249-259.

Dias, J. (2005). Evolução da zona costeira portuguesa: forçamentos antrópicos e naturais. *Tourism & Management Studies*, 1, 7-27.

Drago, T., Jouanneau, J.M., Dias, J.M.A., Prud'Homme, R., (1995). Os factores condicionantes da existência e alimentação do complexo silto-argiloso situado a oeste do Douro. *Memórias Do Mus. Lab. Min. Geol. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto* 41, 917-921.

Faugères, J.C., Gonthier, E., Pujol, C., Devaux, M., Phillips, I., 1984. La mission Faegas IV: premiers resultats sur les seâdiments profonds de la marge Ouest-ibeârique, du golfe de Cadix et de la mer daâ lboran. *Bull. Inst. Geol. d'Aquitaine* 36, 67-83.

Feng, F., Bailer-Jones, C. A. (2015). Obliquity and precession as pacemakers of Pleistocene deglaciations. *Quaternary Science Reviews*, 122, 166-179.

Ferreira, O, Dias, J., Taborda, R., (1990). Sea level rise, sediment input and shoreline retreat: the case of Aveiro-Cabo Mondego (Portugal). *Littoral 1990, Symp. Intern. EUROCOAST, Marseille*. 314-318.

Frigola, J., Moreno, I. Cacho, M. Canals, F., Sierro, J., Flores, J. O. Grimalt, D., Hodell, And J. Curtis (2007), Holocene climate variability in the western mediterranean region from a deepwater record, *Paleoceanography*, 22

García-Artola, A., Stéphan, P., Cearreta, A., Kopp, R., Khan, N., Horton, B. (2018). Holocene sea-level database from the atlantic coast of europe. *Quaternary Science Reviews*, 196, 177-192.

Gomes, A. (2018). Monitorização e modelação da morfodinâmica costeira através de veículos aéreos não tripulados (VANT): Casos de estudo nas Praias de Belinho, Fieiro Alto e Cepães. *Dissertação de Mestrado. Univerdidade do Minho*.

Guillien, Y., (1962). Neôglaciaire et Tardiglaciaire: Geâochimie, Palynologie, Preâhistoire. *Annu. Geâograph*. 383, 1-35.

Jackson, M., N. Oskarson, R. G. Trønnes, J. F. Mcmanus, D. Oppo, K. Gro'Veld, S. R. Hart, And J. P. Sachs (2005), Holocene loess deposition in iceland: evidence for millennial scale atmosphere-ocean coupling in the North-Atlantic. *Geology*, 33, 509–512.

Laermanns, H., Pint, A., Bellanova, P., Feist, L., Wagner, B., Frank, S., Mathes-Schmidt, M., Scheder, J., Teichner, F., Reicherter, K., Brückner, H. (2021). The Santo André lagoon at the atlantic coast of Portugal - Holocene evolution and event history. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 571, 110366.

Laskar, J., Robutel, P., Joutel, F., Gastineau, M., Correia, A., Levrard, B., et al. (2004). A long-term numerical solution for the insolation quantities of the earth. *Astronomy & Astrophysics*. 428 (1), 261-285.

Lastras, G., García-Arzola, R., Masson, D., Wynn, R. B., Huvenne, V. A. I., Hühnerbach, V., Canals, M. (2009). Geomorphology and sedimentary features in the Central Portuguese submarine canyons, Western Iberian margin. *Geomorphology*, 103(3), 310-329.

Liu, Z., Zhu, J., Rosenthal, Y., Zhang, X., Otto-Bliesner, B., Timmermann, A., Smith, R., Lohmann, G., Zheng, W., Timm, O. (2014). The Holocene temperature conundrum. *Proceedings of the national academy of sciences*, 111(34).

- Loureiro, E. (2006). Indicadores geomorfológicos e sedimentológicos na avaliação da tendência evolutiva da zona costeira: aplicação ao concelho de Esposende. Tese de doutoramento. Universidade do Minho. 352p.
- Lourenço, C. (2012). Dinâmica da duna frontal em função das intervenções humanas Dissertação de mestrado. Universidade de Aveiro, Departamento de Ambiente e Ordenamento. 186p.
- Magalhães, F. (1999). Os sedimentos da plataforma continental portuguesa: contrastes espaciais, perspectiva temporal, potencialidades Económicas. Tese de doutoramento, Universidade de Lisboa, 289p.
- Marcott, S., Shakun, J., Clark, P., Mix, A. (2013) A reconstruction of regional and global temperature for the past 11,300 Years. *Science* 339(6124):1198–1201.
- Martins, V., Rocha, F., Sequeira, C., Martins, P., Santos, J., Dias, J., Weber, O., Jouanneau, J., Rubio, B., Rey, D., Bernabeu, A., Silva, E., Laut, L., Figueira, R. (2013). Late Holocene climatic oscillations traced by clay mineral assemblages and other palaeoceanographic proxies in Ria De Vigo (NW Spain). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 22(3), 398-413.
- Mcmanus, D. (1975). Modern versus relict sediments on continental shelves. *Geological Society of America Bulletin*, 86, 1154–1160.
- Moniz, C., Cabral, J., Dias, R. (2014). Repositório de falhas activas de Portugal Continental, base de dados da Ibéria (QAFI) - vantagens e dificuldades. Segunda reunião Ibérica sobre fallas activas y paleosismología, Iberfault.
- Muller, R., Macdonald, G., (1997). Glacial cycles and astronomical forcing. *Science* 277:5323, 215-218.
- Nonn, H., (1966). *Les Réglions Coâtieáres De La Galice (Espagne)*, Strasbourg, 591p.
- O'Brien, S., Mayewski, P., Meeker, L., Meese, D., Twickler, M., Whitlow, S. (1995), Complexity of Holocene climate as reconstructed from a greenland ice core, *Science*, 270, 1962 – 1964.
- Pereira, P. (2006). Património geomorfológico: conceptualização, avaliação e divulgação: aplicação ao parque natural de Montesinho. Tese de doutoramento da Universidade do Minho, 395 p.
- Ramos -Pereira, A., Dias, J., Laranjeira, M., (1994). Variações holocénicas da linha de costa na Baía de Lagos. Contribuições para a Geomorfologia e Dinâmica Litorais em Portugal, Centro de Estudos Geográficos, Linha de Acção de Geografia Física, Lisboa, 35: 75 -90.
- Ramos-Pereira, A., Ramos, C., Trindade, J., Araújo-Gomes, J., Rocha, J., Granja, H., Gonçalves, L., Monge-Soares, A., Matos Martins, J. (2011). FMI 5000: um projecto sobre mudanças ambientais holocénicas. *Finisterra*, 46(91), 99-106.
- Raynal, R., (1985). Répartition géôgraphique des héritages peâriglaciairesquaternaires au Portugal et aá Madeáre. *Biuletyn Peryglacialny*. 31
- Repschlagel, J., Garbe-Schonberg, D., Weinelt, M., et al. (2017) Holocene evolution of the North Atlantic subsurface transport. *Climate of the past* 13: 333–344.
- Rodrigues, A. & Dias, J. (1989). Evolução pós-glaciária da plataforma continental portuguesa a norte do cabo mondego. *Anais Instituto Hidrográfico*, 10, 39-50.

- Rodrigues, T., Grimalt, J., Abrantes, F., Flores, J., Lebreiro, S. (2009). Holocene interdependences of changes in sea surface temperature, productivity, and fluvial inputs in The Iberian continental shelf (canyons mud patch). *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 10(7).
- Rodríguez, M, Ó Monterroso, J.Z. Costa, C. Duran, E. Ramos, O. Perez, R. Riera (2013). Estudo de caracterização dos habitats da faixa costeira do Litoral Norte de Portugal. CIMA S.L. - Informe Técnico 77: 72 pp.
- Rognon, 1980 (Rognon, P., 1980. Une extension des déserts (Sahara et moyen-orient) au cours du tardiglaciaire (18,000±10,000 Ans BP). *Rev. Geol. Dyn. Geogr. Phys.* 22 (4/5), 313-328.
- Ruddiman, W., McIntyre, A. (1981). The North Atlantic Ocean during the last deglaciation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 35, 145-214.
- Runnman, W.F. & A. McIntyre (1981): The North Atlantic Ocean during the last deglaciation. *Palaeogeography., Palaeoclimatology., Palaeoecology.* 35, 145-214.
- Serra, C., Martínez-Loriente, S., Gràcia, E., Urgeles, R., Vizcaino, A., Perea, H., Zitellini, N. (2020). Tectonic evolution, geomorphology and influence of bottom currents along a large submarine canyon system: The São Vicente Canyon (SW Iberian margin). *Marine Geology*, 426, 106219.
- Shepard, F. (1954). Nomenclature Based on Sand-Silt-Clay Ratios. *Journal of Sedimentary Research*, 24(3), 151-158.
- Thatcher, D., Wanamaker, A., Denniston, R., Asmerom, Y., Polyak, V., Fullick, D., Ummerhofer, C., Gillikin, D., Haws, J. (2020). Hydroclimate variability from western Iberia (Portugal) during the Holocene: Insights from a composite stalagmite isotope record. *The Holocene*, 30(7), 966-981.
- Van Der Hamen, T., Wijmstra, T.A., Zagwijn, W.H., (1971). The oral record of the late Cenozoic of Europe. In: Turekian, K.K. (Ed.). *The Late Cenozoic Glacial Ages*, Yale University Press, Newâa Haven, Pp. 391-424.
- Vieira, J., Pinho, J. (2010). Distribuição Salina Na Embocadura E Estuário Do Rio Lima Em Diferentes Regimes Hidrodinâmicos. *Recursos Hídricos*, 31(2), 10p
- Walker, M., Berkelhammer, M., Björck, S., Cwynar, L., Fisher, D., Long, A., Lowe, J., Newnham, R. Rasmussen, S., Weiss, H. (2012) Formal subdivision of the Holocene series/epoch: a discussion paper by a working group of intimate (integration of ice-core, marine and terrestrial records) and the subcommission on Quaternary stratigraphy (Internation Commission On Stratigraphy). *Journal Of Quaternary Science* 27: 649–659.
- Zazo, C., Goy, J., Lario, J., Silva, P. (1996). Littoral zone and rapid climatic changes during the last 20,000 years. The iberia study case. *Zeitschrift fur Geomorphologie Supplementband*, 119-134.

## Anexo I

*Tabela 1: Resumo dos campos e condições criados para descrição dos pontos de amostragem em Excel.*

Coluna	Código	Campo	Condições
A	id	Identificação do ficheiro e local	d1,...,dn
			p1,...,pn
B	w	Coordenada longitude	
C	n	Coordenada latitude	
D	z	Profundidade	
E	subs	Substrato	Consolidado
			Não consolidado
			Ambos
F I L	lit1 lit2 lit3	Litologia 1 Litologia 2 Litologia 3	Xisto
			Quartzito
			Quartzo
			Xisto e granito
			Não identificável
G J M	cobsed1 cobsed2 cobsed3	Cobertura Sedimentar 1 Cobertura Sedimentar 2 Cobertura Sedimentar 3	Rocha
			Blocos
			Seixos grandes
			Seixos pequenos
			Areia grosseira
			Areia média a fina
			Argila
			Fragmentos de conchas
H K N	dimpart1 dimpart2 dimpart3	Dimensão das partículas 1 Dimensão das partículas 2 Dimensão das partículas 3	
O	seixos	Seixos	s
			n
P	blocos	Blocos	s
			n
Q	rugfundo	Rugosidade de fundo	Rocha lisa
			Areia entre afloramento
			Ondas de areia
			Afloramento coberto por areia
			Carreiros de seixos
			Empilhamento de blocos
			Afloramento rochoso irregular
			Seixos em areia
			Estruturas biogénicas – tocas
			Ripples
			Seixos e afloramento rochoso
			None
R	relevo	Relevo	Plano

			Plano irregular
			Inclinado
			Parede vertical
<b>S</b>	geoformas	Geoformas	Afloramento rochoso
			Blocos
			Seixos
			Buracos de ouriços
			Encosta vertical
			Ondas de areia
			Ripples
			Bioturbação
			Afloramento rochoso e ripples
			None
<b>T</b>	dinamica	Dinâmica	Substrato móvel
			Substrato imóvel
			Ambos
<b>U</b>	flora	Flora dominante	Laminárias
			Sabellaria alveolata
			Gracilaria spp
			Algas frondosas
			Algas incrustantes
			None
Não identificável			
<b>V</b>	fauna	Fauna dominante	Peixe pequeno
			Anémonas
			Esponjas
			Esponjas e equinodermes
			Esponjas e anémonas
			Esponjas e poliquetas
			Poliquetas
			Equinodermes
			Gorgónias
			None
Não identificável			
<b>W</b>	estpart	Estrutura das partículas	
<b>X</b>	% sedimentos	Percentagem de sedimentos	
<b>Y</b>	obs	Observações	
<b>Z</b>	local	Local do lançamento do equipamento	Pormenores pessoais acerca do ficheiro de imagem do local em análise
<b>AA</b>	data	Data da aquisição dos dados	
<b>AB</b>	nomefich	Nome do ficheiro de imagem	
<b>AC</b>	pastafich	Pasta da Imagem Principal	
<b>AD</b>	camara	Câmara usada	
<b>AE</b>	fontedata	Fonte de dados	
<b>AF</b>	timeframe	Instante do vídeo que fiz print	





Excel interface showing a spreadsheet with columns A through AB and rows 184 to 230. The spreadsheet contains data for various items, including identification numbers, descriptions, and dates. The interface includes a menu bar (Ficheiro, Base, Inserir, Esquema da Página, Fórmulas, Dados, Rever, Ver, Ajuda) and a ribbon with various toolbars (Calibri, Fontes, Formatação, etc.).

Coluna	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230
A	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230

Excel interface showing a spreadsheet with columns A through AB and rows 231 to 274. The spreadsheet contains data for various items, including identification numbers, descriptions, and dates. The interface includes a menu bar (Ficheiro, Base, Inserir, Esquema da Página, Fórmulas, Dados, Rever, Ver, Ajuda) and a ribbon with various toolbars (Calibri, Fontes, Formatação, etc.).

Coluna	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274
A	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274





## Anexo II

*Tabela 1: Informação geral dos pontos de amostragem escolhidos do projeto Viana POLIS analisados. Informação de coordenada de longitude, coordenada de latitude, profundidade e data da realização do vídeo.*

<b>ID</b>	<b>W</b>	<b>N</b>	<b>z</b>	<b>Data</b>
<b>POR_21</b>	-8,8808484	41,7549882	-4,5	16/10/2010
<b>POR_21_1</b>	-8,8821366	41,7549899	-6,0	16/10/2010
<b>POR_21_2</b>	-8,8834533	41,7550982	-6,0	16/10/2010
<b>POR_21_3</b>	-8,8845951	41,7550532	-8,0	16/10/2010
<b>POR_21_4</b>	-8,885745	41,7548732	-9,0	16/10/2010
<b>POR_21_5</b>	-8,8869	41,7545816	-10,0	16/10/2010
<b>POR_21_6</b>	-8,8881167	41,7545216	-14,0	16/10/2010
<b>POR_21_7</b>	-8,8892467	41,7545632	-11,0	16/10/2010
<b>POR_21_8</b>	-8,8904649	41,7543399	-9,0	16/10/2010
<b>POR_21_9</b>	-8,89172	41,7540049	-10,0	16/10/2010
<b>POR_21_10</b>	-8,893005	41,7543582	-14,0	16/10/2010
<b>POR_22</b>	-8,8810717	41,7503666	-5,0	16/10/2010
<b>POR_22_1</b>	-8,881695	41,7504215	-6,0	16/10/2010
<b>POR_22_2</b>	-8,8825317	41,7504582	-5,0	16/10/2010
<b>POR_22_3</b>	-8,883315	41,7504016	-5,0	16/10/2010
<b>POR_22_4</b>	-8,88446	41,7502683	-7,0	16/10/2010
<b>POR_22_5</b>	-8,8856799	41,7503632	-11,0	16/10/2010
<b>POR_22_6</b>	-8,8868733	41,7501265	-9,0	16/10/2010
<b>POR_22_7</b>	-8,888165	41,7500232	-9,0	16/10/2010
<b>POR_22_8</b>	-8,8895567	41,7499249	-11,0	16/10/2010
<b>POR_22_9</b>	-8,8907267	41,7498032	-10,0	16/10/2010
<b>POR_22_10</b>	-8,8923066	41,7495249	-14,0	16/10/2010
<b>POR_23</b>	-8,8788016	41,7451582	-2,5	16/10/2010
<b>POR_23_1</b>	-8,8796683	41,7450749	-4,0	16/10/2010
<b>POR_23_2</b>	-8,8810217	41,7452049	-6,0	16/10/2010
<b>POR_23_3</b>	-8,882235	41,7452048	0,0	16/10/2010
<b>POR_23_4</b>	-8,8834017	41,7450849	-5,0	16/10/2010

<b>POR_23_5</b>	-8,8846234	41,7451448	-8,0	16/10/2010
<b>POR_23_6</b>	-8,8858384	41,7449832	-7,0	16/10/2010
<b>POR_23_7</b>	-8,8871117	41,7449082	-8,0	16/10/2010
<b>POR_23_8</b>	-8,8881933	41,7450265	-12,0	16/10/2010
<b>POR_23_9</b>	-8,8894466	41,7447182	-15,0	16/10/2010
<b>POR_23_10</b>	-8,8903767	41,7444815	-19,0	16/10/2010
<b>POR_24</b>	-8,8788866	41,7410899	-4,0	16/10/2010
<b>POR_24_1</b>	-8,87901	41,7408507	-4,0	16/10/2010
<b>POR_24_2</b>	-8,8799116	41,7409416	-8,0	16/10/2010
<b>POR_24_3</b>	-8,88118	41,7408749	-7,0	16/10/2010
<b>POR_24_4</b>	-8,8822617	41,7408449	-6,0	16/10/2010
<b>POR_24_5</b>	-8,8833733	41,7407398	-8,0	16/10/2010
<b>POR_24_6</b>	-8,884765	41,7405399	-10,0	16/10/2010
<b>POR_24_7</b>	-8,8863617	41,7403416	-15,0	16/10/2010
<b>POR_24_8</b>	-8,88877	41,7399249	-19,0	16/10/2010
<b>POR_25</b>	-8,875415	41,7342832	-4,0	16/10/2010
<b>POR_25_1</b>	-8,8761284	41,7342882	-6,0	16/10/2010
<b>POR_25_2</b>	-8,8775433	41,7341982	-9,0	16/10/2010
<b>POR_25_3</b>	-8,8779017	41,7342248	-10,0	16/10/2010
<b>POR_25_4</b>	-8,879145	41,7341749	-10,0	16/10/2010
<b>POR_25_5</b>	-8,8803534	41,7342565	-12,0	16/10/2010
<b>POR_25_6</b>	-8,8814784	41,7341432	-13,0	16/10/2010
<b>POR_25_7</b>	-8,882715	41,7340732	-15,0	16/10/2010
<b>POR_25_8</b>	-8,8839267	41,7342632	-13,0	16/10/2010
<b>POR_25_9</b>	-8,8850651	41,7343965	-15,0	16/10/2010
<b>POR_25_10</b>	-8,8862084	41,7345449	-18,0	16/10/2010
<b>POR_26</b>	-8,87389	41,7303482	-3,0	16/10/2010
<b>POR_26_1</b>	-8,8745767	41,7303415	-6,0	16/10/2010
<b>POR_26_2</b>	-8,8757717	41,7305115	-11,0	16/10/2010
<b>POR_26_3</b>	-8,8768284	41,7305032	-12,0	16/10/2010
<b>POR_26_5</b>	-8,8793533	41,7302949	-14,0	16/10/2010
<b>POR_26_6</b>	-8,880705	41,7301915	-15,0	16/10/2010

<b>POR_26_7</b>	-8,8818583	41,7299282	-14,0	16/10/2010
<b>POR_26_8</b>	-8,88311	41,7297065	-18,0	16/10/2010
<b>POR_26_9</b>	-8,8839967	41,7295515	-20,0	16/10/2010
<b>POR_27</b>	-8,8723184	41,7249182	-4,0	16/10/2010
<b>POR_27_1</b>	-8,874165	41,7246265	-6,0	16/10/2010
<b>POR_27_2</b>	-8,8753834	41,7245049	-7,0	16/10/2010
<b>POR_27_3</b>	-8,8767967	41,7245082	-8,0	16/10/2010
<b>POR_27_4</b>	-8,8778667	41,7242499	-13,0	16/10/2010
<b>POR_27_5</b>	-8,8790133	41,7242199	-14,0	16/10/2010
<b>POR_27_6</b>	-8,8800834	41,7241332	-18,0	16/10/2010
<b>POR_27_7</b>	-8,88134	41,7239932	-15,0	16/10/2010
<b>POR_27_8</b>	-8,8826934	41,7241515	-18,0	16/10/2010
<b>POR_27_9</b>	-8,8837467	41,7247149	-19,0	16/10/2010
<b>POR_28</b>	-8,8700883	41,7204999	-2,5	16/10/2010
<b>POR_28_1</b>	-8,87092	41,7204649	-2,0	16/10/2010
<b>POR_28_2</b>	-8,8714983	41,7197165	-6,0	16/10/2010
<b>POR_28_3</b>	-8,8726767	41,7197366	-9,0	16/10/2010
<b>POR_28_4</b>	-8,8739683	41,7196649	-12,0	16/10/2010
<b>POR_28_5</b>	-8,8750367	41,7196332	-13,0	16/10/2010
<b>POR_28_6</b>	-8,876225	41,7196633	-13,0	16/10/2010
<b>POR_28_7</b>	-8,8773916	41,7199265	-14,0	16/10/2010
<b>POR_28_8</b>	-8,8787817	41,7198182	-16,0	16/10/2010
<b>POR_28_9</b>	-8,8798583	41,7198132	-20,0	16/10/2010
<b>POR_29</b>	-8,867209	41,6884436	-3,0	17/10/2010
<b>POR_29_1</b>	-8,8681334	41,7152799	-6,0	17/10/2010
<b>POR_29_2</b>	-8,8687351	41,7150849	-8,0	17/10/2010
<b>POR_29_3</b>	-8,8693499	41,7150265	-9,0	17/10/2010
<b>POR_29_4</b>	-8,87002	41,7148998	-11,0	17/10/2010
<b>POR_29_5</b>	-8,8705834	41,7148116	-11,0	17/10/2010
<b>POR_29_6</b>	-8,8712083	41,7146449	-15,0	17/10/2010
<b>POR_29_7</b>	-8,8723916	41,7149849	-14,0	17/10/2010
<b>POR_29_8</b>	-8,8735733	41,7149782	-15,0	17/10/2010

<b>POR_29_9</b>	-8,87513	41,7150615	-17,0	17/10/2010
<b>POR_29_10</b>	-8,8772383	41,7148165	-20,0	17/10/2010
<b>POR_30</b>	-8,8642967	41,7105099	-2,0	17/10/2010
<b>POR_30_1</b>	-8,8648100	41,7100782	-4,0	17/10/2010
<b>POR_30_2</b>	-8,8653184	41,7098515	-5,0	17/10/2010
<b>POR_30_3</b>	-8,8660167	41,7098315	-5,0	17/10/2010
<b>POR_30_4</b>	-8,8672400	41,7098166	-8,0	17/10/2010
<b>POR_30_5</b>	-8,8687466	41,7097582	-12,0	17/10/2010
<b>POR_30_6</b>	-8,8700383	41,7098182	-17,0	17/10/2010
<b>POR_30_7</b>	-8,8712966	41,7099732	-17,0	17/10/2010
<b>POR_30_8</b>	-8,8725283	41,7099515	-19,0	17/10/2010
<b>POR_30_9</b>	-8,8736650	41,7099899	-19,0	17/10/2010
<b>POR_30_10</b>	-8,8749050	41,7097965	-19,0	17/10/2010
<b>POR_31</b>	-8,8616883	41,7052348	-3,0	17/10/2010
<b>POR_31_1</b>	-8,8625700	41,7051132	-4,0	17/10/2010
<b>POR_31_2</b>	-8,8634067	41,7048449	-6,0	17/10/2010
<b>POR_31_3</b>	-8,8642333	41,7052898	-8,0	17/10/2010
<b>POR_31_4</b>	-8,8648400	41,7051849	-9,0	17/10/2010
<b>POR_31_5</b>	-8,8655417	41,7050049	-11,0	17/10/2010
<b>POR_31_6</b>	-8,8667451	41,7048415	-11,0	17/10/2010
<b>POR_31_7</b>	-8,8679816	41,7047199	-16,0	17/10/2010
<b>POR_31_8</b>	-8,8691334	41,7049766	-16,0	17/10/2010
<b>POR_31_9</b>	-8,8704816	41,7049699	-17,0	17/10/2010
<b>POR_31_10</b>	-8,8722717	41,7049099	-20,0	17/10/2010
<b>POR_32</b>	-8,8580950	41,7000349	-1,5	17/10/2010
<b>POR_32_1</b>	-8,8591284	41,6997848	-5,0	17/10/2010
<b>POR_32_2</b>	-8,8600484	41,6996749	-7,0	17/10/2010
<b>POR_32_3</b>	-8,8613150	41,6999582	-8,0	17/10/2010
<b>POR_32_4</b>	-8,8625417	41,7000166	-12,0	17/10/2010
<b>POR_32_5</b>	-8,8636733	41,6999798	-17,0	17/10/2010
<b>POR_32_6</b>	-8,8650451	41,7000066	-17,0	17/10/2010
<b>POR_32_7</b>	-8,8660484	41,7001099	-16,0	17/10/2010

<b>POR_32_8</b>	-8,8674750	41,7001932	-18,0	17/10/2010
<b>POR_32_9</b>	-8,8685383	41,7001466	-19,0	17/10/2010
<b>POR_32_10</b>	-8,8697033	41,6999182	-19,0	17/10/2010
<b>POR_33</b>	-8,8531566	41,6954266	-1,3	17/10/2010
<b>POR_33_1</b>	-8,8539050	41,6953549	-2,0	17/10/2010
<b>POR_33_2</b>	-8,8551966	41,6951465	-5,0	17/10/2010
<b>POR_33_3</b>	-8,8562800	41,6949932	-6,0	17/10/2010
<b>POR_33_4</b>	-8,8574367	41,6949532	-8,0	17/10/2010
<b>POR_33_5</b>	-8,8590200	41,6952632	-9,0	17/10/2010
<b>POR_33_6</b>	-8,8603367	41,6951948	-10,0	17/10/2010
<b>POR_33_7</b>	-8,8618917	41,6950532	-14,0	17/10/2010
<b>POR_33_8</b>	-8,8634950	41,6951499	-17,0	17/10/2010
<b>POR_33_9</b>	-8,8650467	41,6952199	-18,0	17/10/2010
<b>POR_33_10</b>	-8,8669151	41,6950883	-17,0	17/10/2010
<b>POR_34</b>	-8,8504166	41,6901849	-1,5	17/10/2010
<b>POR_34_1</b>	-8,8512783	41,6900965	-3,0	17/10/2010
<b>POR_34_2</b>	-8,8527933	41,6901149	-3,0	17/10/2010
<b>POR_34_3</b>	-8,8537433	41,6900865	-7,0	17/10/2010
<b>POR_34_4</b>	-8,8549067	41,6900515	-9,0	17/10/2010
<b>POR_34_5</b>	-8,8560151	41,6901215	-10,0	17/10/2010
<b>POR_34_6</b>	-8,8572550	41,6900749	-11,0	17/10/2010
<b>POR_34_7</b>	-8,8584301	41,6900583	-13,0	17/10/2010
<b>POR_34_8</b>	-8,8596783	41,6899149	-14,0	17/10/2010
<b>POR_34_9</b>	-8,8610783	41,6899782	-17,0	17/10/2010
<b>POR_34_10</b>	-8,8621667	41,6900149	-18,0	17/10/2010
<b>POR_35</b>	-8,8483850	41,6854149	-3,0	17/10/2010
<b>POR_35_1</b>	-8,8491251	41,6853082	-6,0	17/10/2010
<b>POR_35_2</b>	-8,8500109	41,6834901	-6,0	17/10/2010
<b>POR_35_3</b>	-8,8513284	41,6852087	-10,0	17/10/2010
<b>POR_35_4</b>	-8,8524834	41,6851215	-11,0	17/10/2010
<b>POR_35_5</b>	-8,8536200	41,6851549	-17,0	17/10/2010
<b>POR_35_6</b>	-8,8548333	41,6852632	-18,0	17/10/2010

<b>POR_35_7</b>	-8,8561317	41,6852815	-19,0	17/10/2010
<b>POR_35_8</b>	-8,8572717	41,6852599	-19,0	17/10/2010
<b>POR_35_9</b>	-8,8586083	41,6851616	-15,0	17/10/2010
<b>POR_35_10</b>	-8,8598167	41,6851232	-16,0	17/10/2010
<b>POR_36</b>	-8,8470800	41,6802749	-6,0	17/10/2010
<b>POR_36_1</b>	-8,8479966	41,6801132	-8,0	17/10/2010
<b>POR_36_2</b>	-8,8493216	41,6800999	-7,0	17/10/2010
<b>POR_36_3</b>	-8,8506750	41,6802532	-9,0	17/10/2010
<b>POR_36_4</b>	-8,8516634	41,6801365	-9,0	17/10/2010
<b>POR_36_5</b>	-8,8528400	41,6803732	-14,0	17/10/2010
<b>POR_36_6</b>	-8,8541400	41,6802616	-15,0	17/10/2010
<b>POR_36_7</b>	-8,8553284	41,6800049	-19,0	17/10/2010
<b>POR_36_8</b>	-8,8564933	41,6801349	-14,0	17/10/2010
<b>POR_36_9</b>	-8,8579766	41,6799699	-18,0	17/10/2010
<b>POR_36_10</b>	-8,8589300	41,6802248	-17,0	17/10/2010
<b>POR_37</b>	-8,8458283	41,6753266	-8,0	17/10/2010
<b>POR_37_1</b>	-8,8467150	41,6752682	-10,0	17/10/2010
<b>POR_37_2</b>	-8,8475484	41,6753165	-10,0	17/10/2010
<b>POR_37_3</b>	-8,8489217	41,6754832	-13,0	17/10/2010
<b>POR_37_4</b>	-8,8498350	41,6754682	-14,0	17/10/2010
<b>POR_37_5</b>	-8,8510567	41,6756132	-16,0	17/10/2010
<b>POR_37_6</b>	-8,8522233	41,6753732	-19,0	17/10/2010
<b>POR_37_7</b>	-8,8533650	41,6753949	-18,0	17/10/2010
<b>POR_37_8</b>	-8,8548017	41,6754532	-17,0	17/10/2010
<b>POR_37_9</b>	-8,8557967	41,6750565	-17,0	17/10/2010
<b>POR_37_10</b>	-8,8574816	41,6752865	-20,0	17/10/2010
<b>POR_38</b>	-8,8302000	41,6762099	-1,0	17/10/2010
<b>POR_38_1</b>	-8,8305817	41,6760232	-1,0	17/10/2010
<b>POR_38_2</b>	-8,8317051	41,6759466	-3,0	17/10/2010
<b>POR_38_3</b>	-8,8327900	41,6757648	-4,0	17/10/2010
<b>POR_38_4</b>	-8,8341867	41,6761332	-5,0	17/10/2010
<b>POR_38_5</b>	-8,8354266	41,6759432	-7,0	17/10/2010

<b>POR_38_6</b>	-8,8365283	41,6753316	-8,0	17/10/2010
<b>POR_38_7</b>	-8,8375450	41,6749149	-9,0	17/10/2010
<b>POR_38_8</b>	-8,8387783	41,6745732	-10,0	17/10/2010
<b>POR_38_9</b>	-8,8399334	41,6743566	-10,0	17/10/2010
<b>POR_38_10</b>	-8,8410900	41,6741515	-9,0	17/10/2010
<b>POR_39</b>	-8,8268800	41,6706699	-2,0	17/10/2010
<b>POR_39_1</b>	-8,8274450	41,6706048	-3,0	17/10/2010
<b>POR_39_2</b>	-8,8282534	41,6706866	-3,0	17/10/2010
<b>POR_39_3</b>	-8,8294199	41,6707333	-4,0	17/10/2010
<b>POR_39_4</b>	-8,8306850	41,6707799	-7,0	17/10/2010
<b>POR_39_5</b>	-8,8319133	41,6707449	-8,0	17/10/2010
<b>POR_39_6</b>	-8,8329549	41,6707115	-10,0	17/10/2010
<b>POR_39_7</b>	-8,8338483	41,6706782	-10,0	17/10/2010
<b>POR_39_8</b>	-8,8355384	41,6705649	-10,0	17/10/2010
<b>POR_39_9</b>	-8,8365283	41,6712965	-10,0	17/10/2010
<b>POR_39_10</b>	-8,8378000	41,6704332	-12,0	17/10/2010
<b>POR_40</b>	-8,8256734	41,6653715	-1,0	17/10/2010
<b>POR_40_1</b>	-8,8265701	41,6653366	-2,0	17/10/2010
<b>POR_40_2</b>	-8,8273916	41,6657148	-3,0	17/10/2010
<b>POR_40_3</b>	-8,8289417	41,6656215	-6,0	17/10/2010
<b>POR_40_4</b>	-8,8299600	41,6655348	-7,0	17/10/2010
<b>POR_40_5</b>	-8,8311617	41,6656015	-8,5	17/10/2010
<b>POR_40_6</b>	-8,8324284	41,6655366	-9,0	17/10/2010
<b>POR_40_7</b>	-8,8337384	41,6654982	-11,0	17/10/2010
<b>POR_40_8</b>	-8,8347316	41,6653682	-11,0	17/10/2010
<b>POR_40_9</b>	-8,8359900	41,6656215	-12,0	17/10/2010
<b>POR_40_10</b>	-8,8372533	41,6654049	-12,0	17/10/2010
<b>POR_41</b>	-8,8263850	41,6606749	-1,0	17/10/2010
<b>POR_41_1</b>	-8,8269133	41,6606533	-3,0	17/10/2010
<b>POR_41_2</b>	-8,8277150	41,6607516	-4,0	17/10/2010
<b>POR_41_3</b>	-8,8288749	41,6606983	-6,0	17/10/2010
<b>POR_41_4</b>	-8,8299549	41,6606682	-6,0	17/10/2010



<b>POR_41_5</b>	-8,8310950	41,6607166	-5,0	17/10/2010
<b>POR_41_6</b>	-8,8322600	41,6607549	-10,0	17/10/2010
<b>POR_41_7</b>	-8,8336000	41,6606382	-12,0	17/10/2010
<b>POR_41_8</b>	-8,8347783	41,6607349	-12,0	17/10/2010
<b>POR_41_9</b>	-8,8358850	41,6606498	-12,0	17/10/2010
<b>POR_41_10</b>	-8,8370833	41,6603899	-12,0	17/10/2010
<b>POR_42</b>	-8,8284066	41,6554582	-4,0	26/10/2010
<b>POR_42_1</b>	-8,8295633	41,6556282	-7,0	26/10/2010
<b>POR_42_2</b>	-8,8307283	41,6556782	-10,0	26/10/2010
<b>POR_42_3</b>	-8,8318284	41,6557049	-11,0	26/10/2010
<b>POR_42_4</b>	-8,8330083	41,6558249	-10,0	26/10/2010
<b>POR_42_5</b>	-8,8341799	41,6557649	-12,0	26/10/2010
<b>POR_42_6</b>	-8,8355766	41,6557549	-7,0	26/10/2010
<b>POR_42_7</b>	-8,8367784	41,6556065	-12,0	26/10/2010
<b>POR_42_8</b>	-8,8378317	41,6555516	-10,0	26/10/2010
<b>POR_43</b>	-8,8283216	41,6507332	-3,0	26/10/2010
<b>POR_43_1</b>	-8,8297801	41,6503632	-4,0	26/10/2010
<b>POR_43_2</b>	-8,8308316	41,6503848	-8,0	26/10/2010
<b>POR_43_3</b>	-8,8322516	41,6504683	-5,0	26/10/2010
<b>POR_43_4</b>	-8,8334734	41,6505016	-7,0	26/10/2010
<b>POR_43_5</b>	-8,8351850	41,6506199	-10,0	26/10/2010
<b>POR_43_6</b>	-8,8358983	41,6505766	-11,0	26/10/2010
<b>POR_43_7</b>	-8,8369200	41,6504116	-13,0	26/10/2010
<b>POR_43_8</b>	-8,8381667	41,6505616	-13,0	26/10/2010
<b>POR_43_9</b>	-8,8392633	41,6504199	-20,0	26/10/2010
<b>POR_44</b>	-8,8285633	41,6457716	-2,0	26/10/2010
<b>POR_44_1</b>	-8,8295950	41,6455366	-2,0	26/10/2010
<b>POR_44_2</b>	-8,8309050	41,6457932	-5,0	26/10/2010
<b>POR_44_3</b>	-8,8320767	41,6455549	-5,0	26/10/2010
<b>POR_44_4</b>	-8,8333866	41,6456665	-10,0	26/10/2010
<b>POR_44_5</b>	-8,8345934	41,6457032	-13,0	26/10/2010
<b>POR_44_6</b>	-8,8357917	41,6455232	-11,0	26/10/2010

POR\_44\_7      -8,8368983      41,6454399      -16,0      26/10/2010

**Tabela 2:** Informação geral dos pontos de amostragem do ROV. Informação de coordenada de longitude, coordenada de latitude, profundidade e data da realização do vídeo.

<b>ID</b>	<b>W</b>	<b>N</b>	<b>z</b>	<b>Data</b>
<b>WP397</b>	-8,8751780	41,696107	-25,0	27/04/2022
<b>WP517</b>	-8,8914100	41,747300	-12,0	29/04/2022
<b>WP518</b>	-8,8951174	41,748664	-24,0	29/04/2022
<b>WP519</b>	-8,8968330	41,749140	-24,4	29/04/2022
<b>WP520</b>	-8,9107540	41,740309	-27,6	29/04/2022
<b>Reef516</b>	-8,9261200	41,667090	-41,8	05/05/2022
<b>Reef528</b>	-8,9527300	41,713370	-49,0	27/05/2022
<b>WP524</b>	-8,9552500	41,714650	-24,4	27/05/2022
<b>WP532</b>	-8,9131400	41,639750	-58,6	07/06/2022
<b>WP533</b>	-8,9121100	41,636820	-52,5	07/06/2022
<b>WP534</b>	-8,9059600	41,640420	-49,0	07/06/2022
<b>WP535</b>	-8,8850700	41,594250	-55,1	14/06/2022
<b>WP536</b>	-8,8857700	41,599500	-54,9	14/06/2022
<b>WP537</b>	-8,8901100	41,602930	-39,6	14/06/2022
<b>WP538</b>	-8,8926300	41,598910	-45,8	14/06/2022
<b>WP539</b>	-8,8965300	41,605070	-49,1	14/06/2022
<b>WP541</b>	-8,8977000	41,608490	-45,2	15/06/2022
<b>WP542</b>	-8,8963200	41,617550	-28,5	15/06/2022
<b>WP543</b>	-8,9045900	41,616000	-42,6	15/06/2022
<b>WP544</b>	-8,9010700	41,621480	-45,9	15/06/2022
<b>WP545</b>	-8,9010400	41,610720	-56,4	15/06/2022
<b>WP547</b>	-8,8740100	41,628500	-31,4	15/06/2022
<b>WP513</b>	-8,8937900	41,612330	-32,4	15/06/2022
<b>WP549</b>	-8,8923680	41,597974	-59,8	22/06/2022
<b>WP550</b>	-8,8914890	41,597234	-51,7	22/06/2022
<b>WP551</b>	-8,8953900	41,610280	-48,6	22/06/2022

<b>WP552</b>	-8,906700	41,630130	-53,3	22/06/2022
<b>WP553</b>	-8,901660	41,633160	-43,5	22/06/2022
<b>WP617</b>	-8,898410	41,628070	-39,6	13/07/2022
<b>WP618</b>	-8,905860	41,626240	-54,7	13/07/2022
<b>WP619</b>	-8,908190	41,635120	-52,4	13/07/2022
<b>WP620</b>	-8,908810	41,627260	-50,6	13/07/2022
<b>WP621</b>	-8,905050	41,635710	-54,7	13/07/2022
<b>WP623</b>	-8,845360	41,623190	-19,8	14/07/2022
<b>WP624</b>	-8,845700	41,624240	-19,9	14/07/2022
<b>WP625</b>	-8,847580	41,625920	-21,6	14/07/2022
<b>WP626</b>	-8,850500	41,629110	-20,3	14/07/2022
<b>WP628</b>	-8,846490	41,624870	-21,7	14/07/2022
<b>WP629</b>	-8,908530	41,636140	-48,0	14/07/2022
<b>WP631</b>	-8,947510	41,71740	-50,5	15/07/2022
<b>WP632</b>	-8,951470	41,720330	-47,2	15/07/2022
<b>WP633</b>	-8,963430	41,718820	-37	15/07/2022
<b>WP634</b>	-8,965940	41,714650	-57,4	15/07/2022
<b>WP635</b>	-8,967930	41,713660	-66,9	15/07/2022
<b>WP636</b>	-8,955640	41,707600	-56,5	15/07/2022
<b>WP654</b>	-8,904730	41,637880	-41,7	28/07/2022
<b>WP655</b>	-8,909010	41,638510	-42,1	28/07/2022
<b>WP656</b>	-8,909930	41,640890	-42,1	28/07/2022
<b>WP657</b>	-8,904690	41,644340	-47,8	28/07/2022
<b>WP658</b>	-8,911490	41,642900	-46,1	28/07/2022
<b>WP659</b>	-8,913570	41,638150	-56,7	28/07/2022
<b>WP660</b>	-8,911570	41,638560	-50,4	28/07/2022
<b>WP662</b>	-8,905510	41,650840	-43,3	28/07/2022
<b>WP665</b>	-8,889790	41,622550	-32,3	29/08/2022
<b>WP666</b>	-8,897560	41,616780	-39,7	29/08/2022
<b>WP663</b>	-8,888250	41,622520	-35,3	29/08/2022
<b>WP664</b>	-8,883500	41,608100	-42,9	29/08/2022
<b>WP669</b>	-8,919700	41,661200	-57,1	30/08/2022

<b>WP670</b>	-8,908180	41,642020	-48,5	30/08/2022
<b>WP671</b>	-8,912120	41,641170	-49,4	30/08/2022
<b>WP672</b>	-8,897110	41,646730	-42,7	30/08/2022
<b>WP673</b>	-8,897800	41,653800	-43,4	30/08/2022
<b>WP675</b>	-8,942100	41,687800	-57,0	30/08/2022
<b>WP676</b>	-8,940500	41,679500	-65,2	31/08/2022
<b>WP678</b>	-8,950600	41,700000	-52,7	31/08/2022
<b>WP679</b>	-8,957300	41,711900	-46,7	31/08/2022
<b>WP680</b>	-8,961200	41,710900	-57,5	31/08/2022
<b>WP681</b>	-8,967960	41,717200	-55,6	31/08/2022
<b>WP683</b>	-8,953100	41,723000	-48,6	01/09/2022
<b>WP684</b>	-8,965880	41,722150	-67,6	01/09/2022
<b>WP685</b>	-8,968160	41,715500	-60,7	01/09/2022
<b>WP686</b>	-8,969240	41,711370	-72,5	01/09/2022
<b>WP687</b>	-8,957900	41,701900	-64,2	01/09/2022
<b>WP688</b>	-8,896320	41,648910	-40,6	02/09/2022
<b>WP689</b>	-8,913210	41,646120	-59,0	02/09/2022
<b>WP690</b>	-8,908480	41,653740	-45,8	02/09/2022
<b>WP691</b>	-8,906170	41,661970	-45,0	02/09/2022