



**Transferência de conhecimentos e  
tecnologias sobre veículos aéreos e  
aquáticos para o desenvolvimento  
transfronteiriço das ciências marinhas e das  
pescas**

**(POCTEP 0622-KTTSEADRONES-5-E)**

**Relatório técnico**

**Actividade 3. Aperfeiçoamento e verificação da tecnologia  
com testes subsequentes em pisciculturas, estuários e no  
mar alto.**

**Relatório sobre todos os sensores a integrar na bóia e no  
ROV, capacidade de detecção, armazenamento, transmissão  
e análise da informação registada por ambos os dispositivos**

**Produto final - Acção 3.3B2 30/06/2022**

**Nome de projeto:** KTTSeaDrones - Transferência de conhecimentos e tecnologias sobre veículos aéreos e aquáticos para o desenvolvimento transfronteiriço das ciências marinhas e das pescas

**Código do projeto:** POCTEP 0622-KTTSEADRONES-5-E

Dados do projeto

<b>Localização</b>	Portugal e Espanha		
<b>Data de início</b>	01/10/2017		
<b>Data de conclusão</b>	31/12/2021	<b>Prorrogação até</b>	31/10/2022
<b>Orçamento total</b>	€ 1.120.864,43		
<b>Contribuição UE</b>	€ 840.648,32		
<b>Cofinanciamento UE (%)</b>	75%		

Dados do beneficiário principal (BP)

<b>Beneficiário principal</b>	Universidad de Huelva
<b>Pessoa de contacto</b>	Vicerrector de Investigación y Transferencia
<b>Endereço</b>	C/ Cantero Cuadrado 6, 21004 Huelva
<b>Telefone</b>	+34 959 218013
<b>E-mail</b>	kttseadrones@gmail.com
<b>Página de internet (projeto)</b>	<a href="https://kttseadrones.wixsite.com/kttseadrones">https://kttseadrones.wixsite.com/kttseadrones</a>

Dados do documento

<b>Nome</b>	Relatório sobre todos os sensores a integrar na bóia e no ROV, capacidade de detecção, armazenamento, transmissão e análise da informação registada por ambos os dispositivos
<b>Acção</b>	Acción 3.3B2. Integración de las distintas herramientas y sensores, en función de las distintas misiones para que se diseñará la boya y el ROV. Ensayo en estuarios y piscifactorías.
<b>Autoria</b>	João Parente Silva (UAlg) - bolseiro Ricardo Veiga (UAlg) - bolseiro Jorge Semião (UAlg) Paulo Santos (UAlg)

	Sérgio Jesus (UALg) João Rodrigues (UALg) António João Silva (UALg) Cristiano Cabrita (UALg) Ana Bela Santos (UALg) Roberto Lam (UALg) Paula Laurêncio (UALg)
<b>Equipa Técnica</b>	Jorge Filipe Leal Costa Semião (UALg) Paulo Jorge Maia dos Santos (UALg) Sérgio Manuel Machado Jesus (UALg) João Rodrigues (UALg) António João Silva (UALg) Cristiano Cabrita (UALg) Ana Bela Santos (UALg) Roberto Lam (UALg) Paula Laurêncio (UALg) João Parente Silva (UALg) - bolseiro Ricardo Veiga (UALg) - bolseiro
<b>Chefes das equipas de trabalho dos parceiros</b>	Universidad de Huelva Juan Carlos Gutiérrez Estrada Fernando Gómez Bravo Antonio Peregrín Rubio Universidad de Cádiz Manuel Bethencourt Núñez Luis Barbero González Universidad del Algarve Jorge Semião Ayuntamiento de Isla Cristina Marta González Cabrera
<b>Data</b>	30/06/2022
<b>Versão (nº)</b>	1.0

## **ÍNDICE**

<b>RESUMO .....</b>	<b>5</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>2. MARREAL – INSTALAÇÃO.....</b>	<b>6</b>
<b>3. TESTES .....</b>	<b>12</b>
3.1. CÂMARA E SONAR .....	12
3.2. SENSORES ACÚSTICOS .....	15
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>19</b>
4.1. VÍDEOS FORNECIDOS PELO CCMAR .....	19
4.2. PUBLICAÇÕES .....	21
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>21</b>



## **RESUMO**

Pretende-se com este relatório apresentar um resumo sobre os resultados obtidos até à data do trabalho que tem vindo a ser realizado na Universidade do Algarve, nomeadamente o desenvolvimento de um sistema fixo de monitorização dos recursos marinhos em tempo real, o qual se denominou MARREAL. Apresenta-se na introdução um enquadramento do projeto, para estabelecer os principais objetivos com a construção do sistema. Depois, apresenta-se toda a instalação do sistema de monitorização implementado ao largo de Sagres, nas ilhotas do Martinhal, bem como alguns testes realizados até ao momento com alguns dos sensores do sistema.

### **1. INTRODUÇÃO**

A implementação de um sistema fixo de monitorização dos recursos marinhos em tempo real tem como grande desafio juntar num único sistema várias tecnologias já existentes para que haja um maior aproveitamento de cada uma delas na observação dos oceanos para a sua sustentabilidade, nomeadamente no que toca aos recursos marinhos e pescas.

Este sistema irá permitir fazer a monitorização dos recursos marinhos existentes na área (oceano ou piscicultura), para tal, para além das atividades de observação, pretende-se quantificar a presença ou não de peixes, bem como qualificar os peixes em termos de espécie e tamanho.

Isto irá trazer uma enorme melhoria em termos de sustentabilidade das espécies e dos recursos marinhos, pelas possibilidades que oferece a nível de monitorização em tempo real do efeito de proteção de uma Área Marinha Protegida, da investigação científica a nível do estudo comportamental das espécies marinhas e da influência do ruído acústico e pela possibilidade de disponibilização de dados, da educação ambiental e do aumento da literacia oceânica com potenciais programas de ligação às escolas e de âmbito global e da informação a nível de recrutamento e composição dos recursos pesqueiros, potenciando uma maior eficiência da pesca e uma melhor gestão dos recursos existentes.

Este trabalho não pretende ser só uma mais-valia para a investigação científica e a preservação das pescas, mas também uma forma de permitir ao público em geral, nomeadamente os jovens em idade escolar, interagir e aprender sobre o meio marinho.

## 2. MARREAL – Instalação

O sistema fixo de monitorização dos recursos marinhos implementado irá estar diretamente ligado a terra por forma a haver uma monitorização do ambiente aquático durante largos períodos e em tempo real. Tal como apresentado no relatório técnico do sistema, este irá ser constituído por uma estação de terra e por uma estação remota de monitorização subaquática, sendo que ambas irão estar ligadas através de um cabo com aproximadamente 1 km de comprimento, composto por cabos elétricos para fornecimento de energia, fibra ótica para transferência de dados e malha entrançada responsável por oferecer uma proteção mecânica ao cabo, tal como é representado na figura 1.

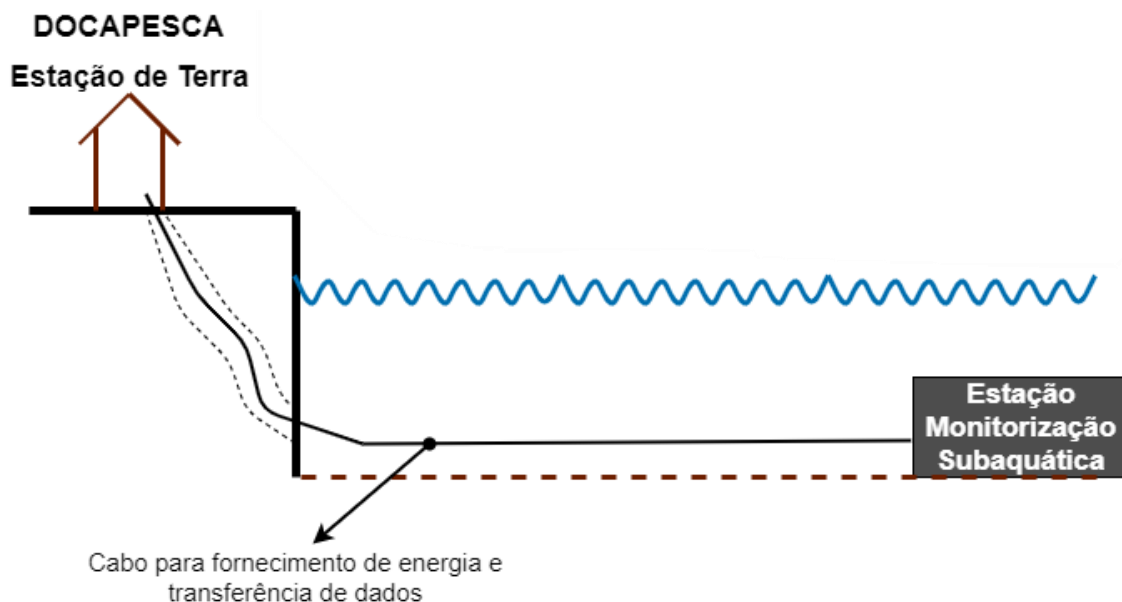


FIGURA 1 - ESBOÇO DA INSTALAÇÃO DO SISTEMA

O sistema de monitorização de recursos marinhos vai ser instalado ao largo de Sagres, na Doca Pesca de Sagres, sendo que a zona de observação do ambiente marinho será perto das ilhotas do Martinhal. A estação de terra vai estar instalada nas instalações secas da Doca Pesca de Sagres, mais concretamente no interior de um contentor marítimo, sendo que esse contentor irá estar ligado diretamente a uma caixa de derivação a meio do quebra-mar, como é representado na figura 2 pelas áreas a verde e cinzento respetivamente. Na caixa de derivação do quebra-mar é onde irá estar ligado o cabo de ligação subaquático de energia e fibra ótica, sendo este depois colocado no fundo do mar até à zona da instalação da estrutura da estação subaquática, tal como é representado na Figura X.



**FIGURA 2 - ESQUEMA DA MONTAGEM DA ESTAÇÃO DE TERRA NAS INSTALAÇÕES DA DOCA PESCA DE SAGRES.**



FIGURA 3 – FOTO DA ESTRUTURA DA ESTAÇÃO SUBAQUÁTICA COM OS VÁRIOS EQUIPAMENTOS.

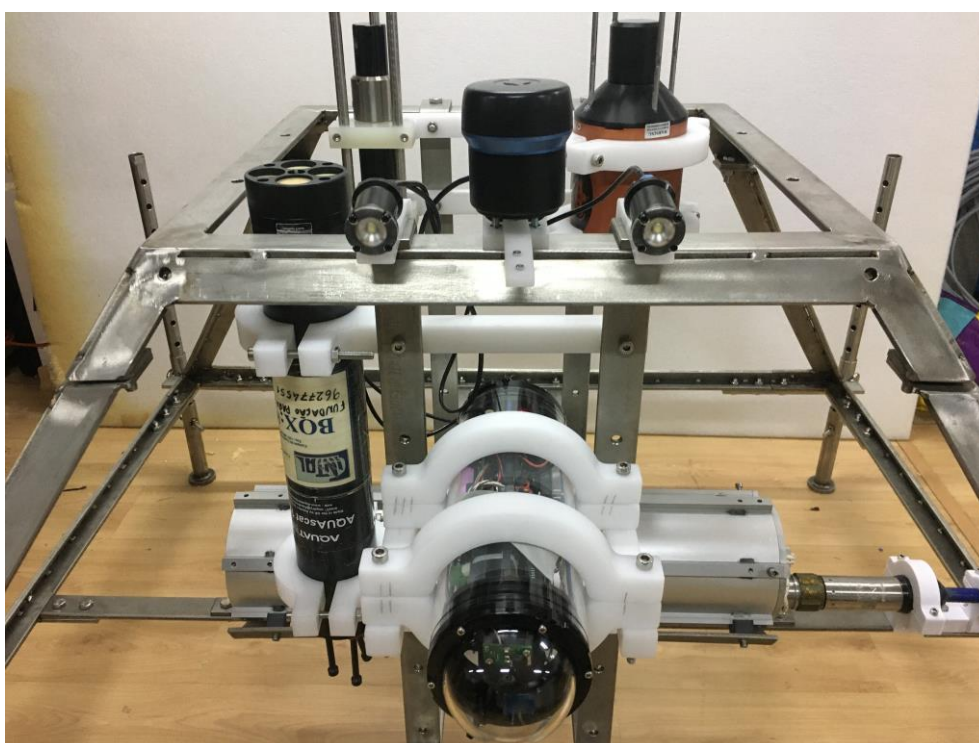


FIGURA 4 – FOTO DA ESTRUTURA DA ESTAÇÃO SUBAQUÁTICA COM DETALHO DOS EQUIPAMENTOS.



A localização exata e a direção da estrutura da estação de monitorização subaquática é representada na figura 5, onde é possível verificar-se que a ideia é colocar a face lateral da estrutura com a câmara, sonar e luzes apontadas diretamente para a zona rochosa das ilhotas do Martinhal, uma vez que é uma zona onde a quantidade de peixes é maior. Nessa mesma figura é ainda possível verificar-se assinalado por um “X” vermelho, o local aproximado onde vai ser colocado os sensores acústicos, *array* de 4 hidrofones e 1 *vector sensor*, ligeiramente mais afastado cerca de 100m da zona da estação subaquática.

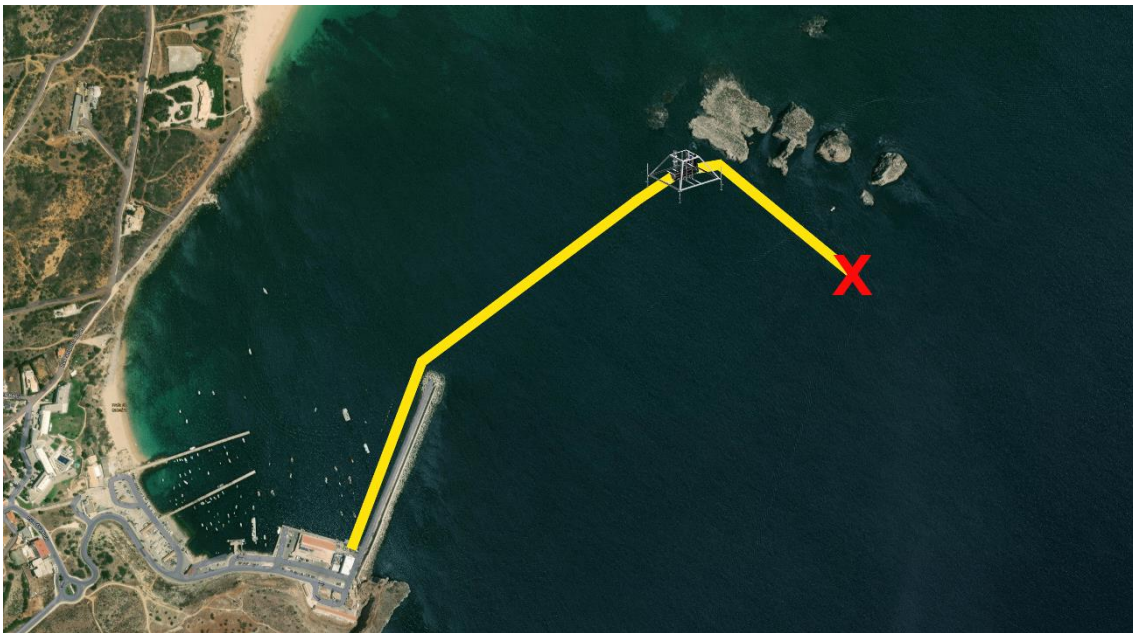


FIGURA 5 – MAPA DA LOCALIZAÇÃO DA ZONA DA INSTALAÇÃO DO SISTEMA EM SAGRES.

A localização para a colocação da estrutura subaquática dista de aproximadamente 900m das instalações da Doca Pesca de Sagres e tem uma profundidade de cerca de 17m, como se pode verificar na figura 8. A batimetria do fundo varia de forma harmoniosa entre as duas estações o que é uma vantagem para a passagem do cabo electro/ótico mostrado na figura 9.

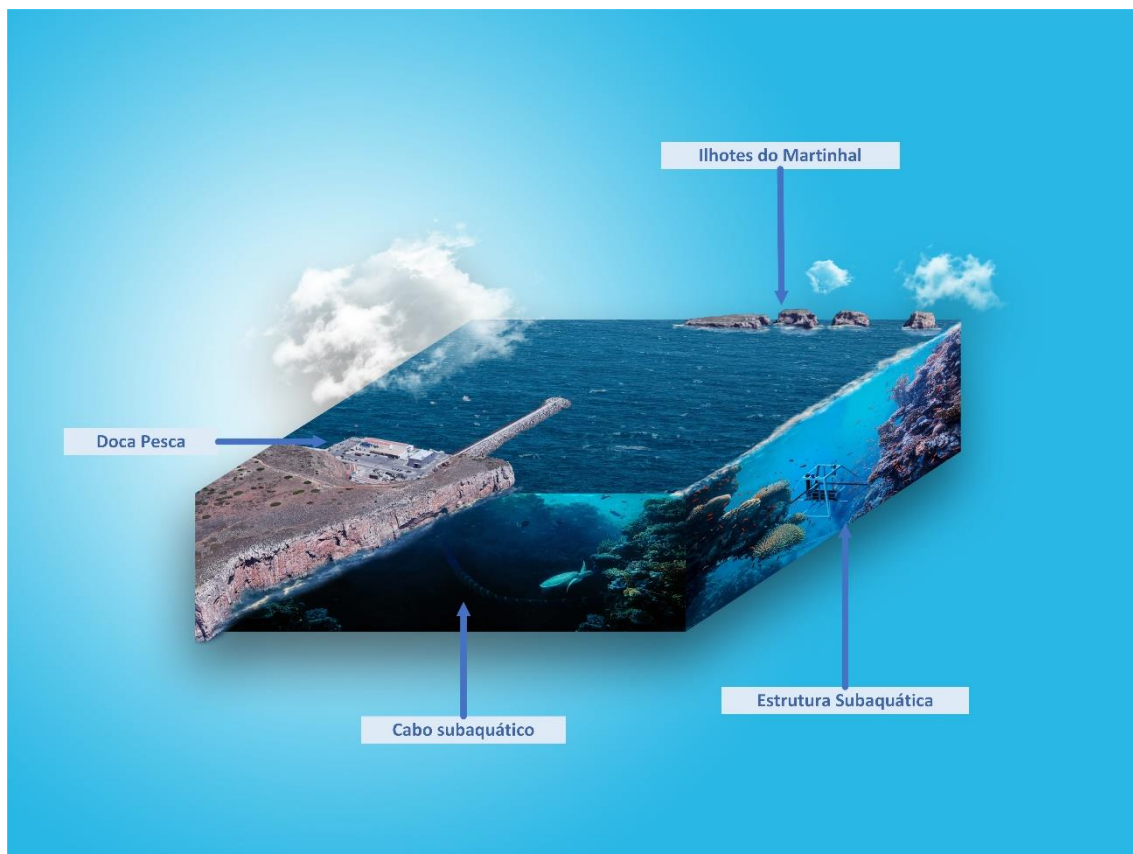


FIGURA 6 – ESQUEMA DA MONTAGEM DO SISTEMA EM SAGRES.

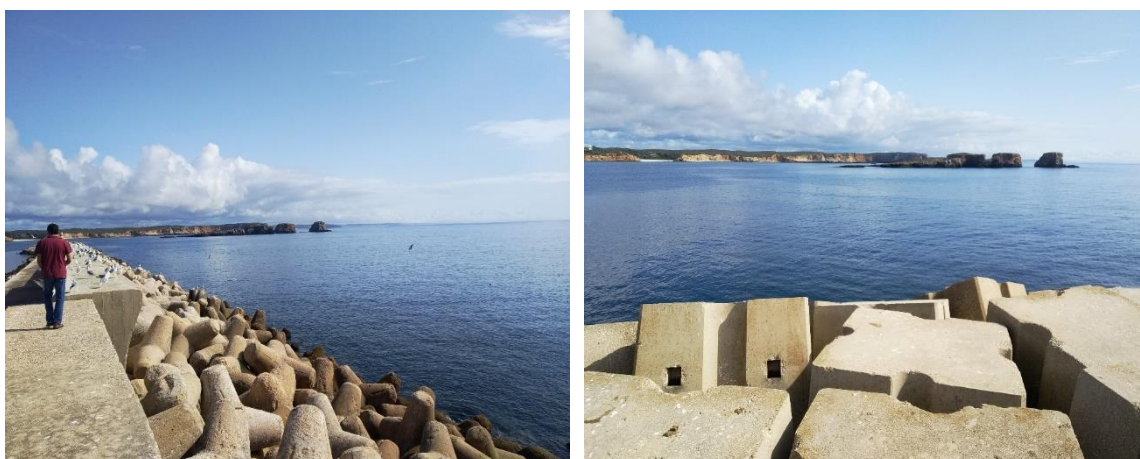
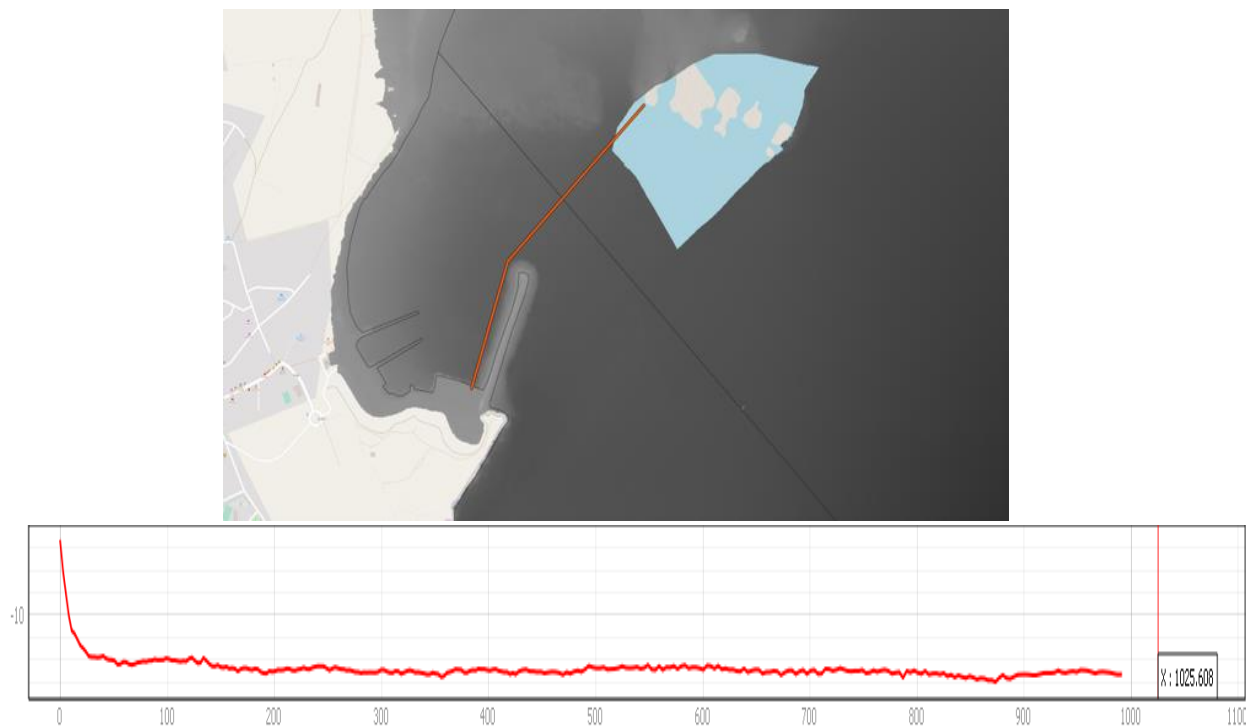


FIGURA 7 - FOTOS DE VISITA ÀS INSTALAÇÕES DA DOCA PESCA EM SAGRES (AO FUNDO AS ILHOTAS DO MARTINHAL).



**FIGURA 8 - ESBOÇO DA COLOCAÇÃO DO CABO DA ESTAÇÃO DE TERRA À ESTAÇÃO SUBAQUÁTICA E RESPECTIVA BATIMETRIA**



**FIGURA 9 - CABO DE LIGAÇÃO DE FIBRA ÓTICA E ENERGIA**



### 3. Testes

Devido a fatores externos, não foi possível avançar-se com a instalação da estação subaquática durante o período do projeto, estando a mesma agendada para setembro de 2022. Contudo, efetuou-se testes técnicos, seja a nível de sensores ou do módulo de processamento local.

O sistema desenvolvido está preparado para guardar e publicar os dados puros dos diferentes sensores para a comunidade científica, sendo que os dados processados serão publicados dinamizando a educação ambiental e o aumento da literacia oceânica.

#### 3.1. Câmara e Sonar

Este teste foi efetuado apenas com a câmara e o sonar, para facilidade de logística não se levaram as luzes, uma vez que estas já tinham sido validadas a sua operacionalidade em vários testes realizados no laboratório. Os outros sensores presentes no módulo de processamento local também já tinham sido testados e validados no laboratório previamente.



FIGURA 10 - ESTRUTURA COM A CÂMARA E O SONAR DURANTE O TESTE REALIZADO NA RIA FORMOSA.

O teste foi realizado na Ria Formosa no cais do Clube Náutico da Praia de Faro. Sendo que os mesmos não representam condições idênticas à instalação final da estação subaquática devido a falta de profundidade adicional, tendo sido testado então as

POCTEP 0622-KTTSEADRONES-5-E

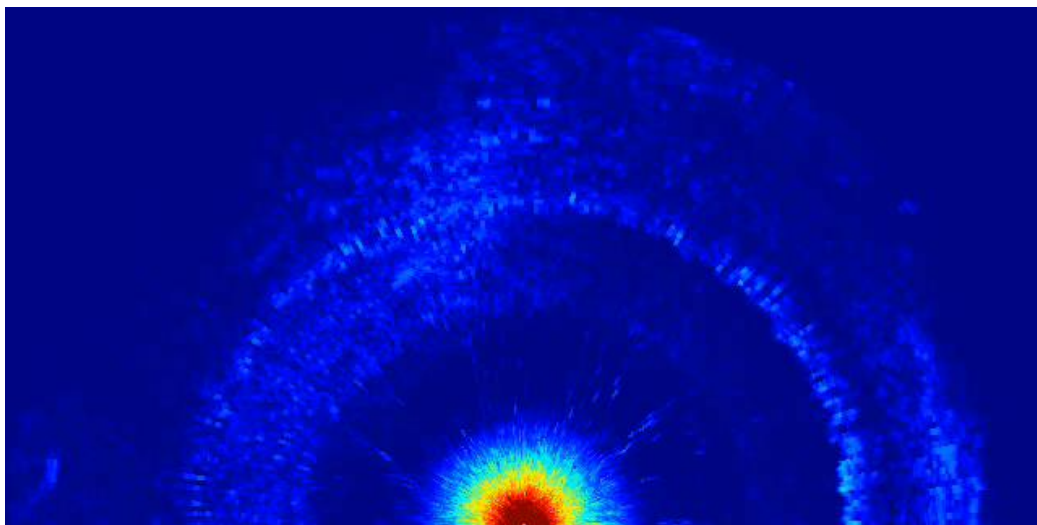


condições visuais da câmara, a qualidade do sinal do sonar, e a estanquicidade. Foram também obtidas filmagens e os dados do sonar para processamento futuro.



**FIGURA 11 – BATERIAS DE ALIMENTAÇÃO E PLC DE COMUNICAÇÃO COM O MÓDULO DA CÂMARA DURANTE O TESTE.**

Neste teste foi possível concluir-se que em termos de comunicação e estanquicidade, o módulo de processamento local encontra-se preparado para a instalação no fundo do mar. Não tendo apresentado nenhuma infiltração, ou condensação interna, o que impediria uma boa captura de imagens.



**FIGURA 12 – EXEMPLO DE UMA DA IMAGEM DE 180° GERADA A PARTIR DO SONAR.**

POCTEP 0622-KTTSEADRONES-5-E

Sendo que os anteriores testes do sonar foram efetuados no ambiente limitado do laboratório, onde é impossível averiguar-se a performance do mesmo a médias e longas distâncias, era necessário comprovar a sua versatilidade para o objetivo do projeto. Infelizmente, não conseguimos reunir as devidas condições para uma análise de deteção mais claro, visto a nossa estrutura de testes ser demasiado baixa, o que originou uma orla de reflexão devida ao ângulo vertical de operação do sonar, como é possível observar-se na figura 12. Verificou-se também a necessidade de se limitar tanto a amplitude, quanto o ângulo de foco, do sonar no sentido de diminuir o tempo necessário de varrimento. Este ajuste só poderá ser efetuado localmente após a instalação da estação subaquática, visto estar diretamente associado às condições locais, sendo o mesmo efetuado pelo interface desenvolvido durante este projeto. Contudo, verificamos que poderá ser necessário a aplicação de uma cunha ajustável que permita alterar-se a posição angular do sonar, de forma a evitar-se as reflexões do fundo do mar na zona de deteção.



**FIGURA 13 – EXEMPLO DE UMA IMAGEM CAPTADA PELA CÂMARA.**

A câmara neste teste demonstrou a capacidade de captar imagens nítidas quando existe pouco movimento aquático, sendo que estas imagens foram captadas na Ria Formosa, onde não existe o efeito direto da ondulação dos oceanos. As capacidades adicionais disponibilizadas no hardware da câmara permitiram ajustar-se localmente a retro-luminosidade, e especificações adicionais para se obter uma imagem com uma boa

qualidade, seja em termos de alcance, seja em termos de distribuição de cores e definição, como podemos observar na figura 13. Observou-se também que o ajuste automático da câmara não produziu os melhores resultados, possivelmente devido à área limitada de captura dos peixes, em termos de proporção para a resolução da câmara.

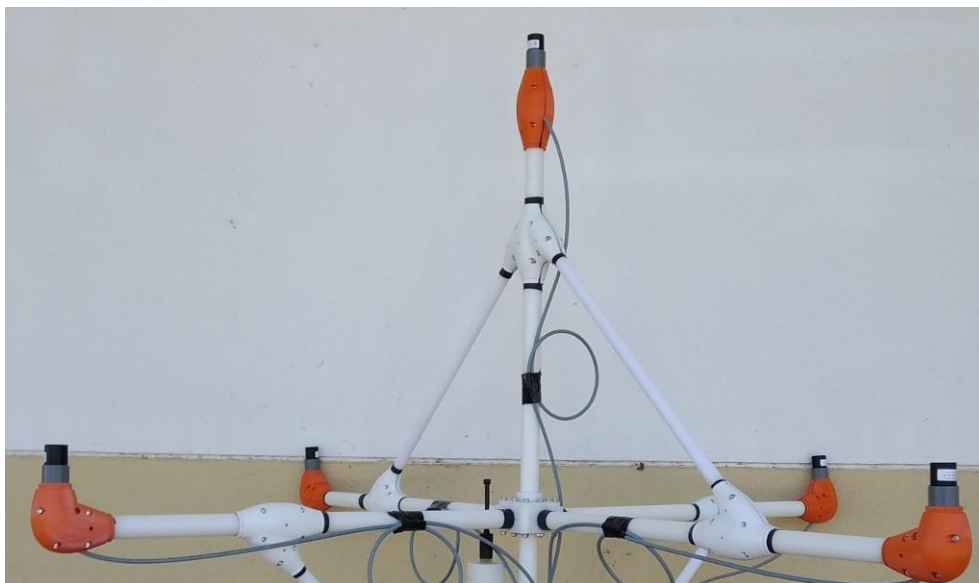
Em termos de aplicabilidade dos modelos previamente treinados, comprovou-se a necessidade de retreinar os mesmos utilizando o método desenvolvido durante este projeto, visto os mesmos produzirem demasiados falso positivos na localização do teste, sendo que a mesma difere da localização da instalação final. No entanto, é possível verificar-se na figura 14, que o modelo consegue detetar os peixes existentes na imagem.



FIGURA 14 – EXEMPLO DO MODELO DE DETEÇÃO PREVIAMENTE TREINADO A AVALIAR OS VÍDEOS DO TESTE.

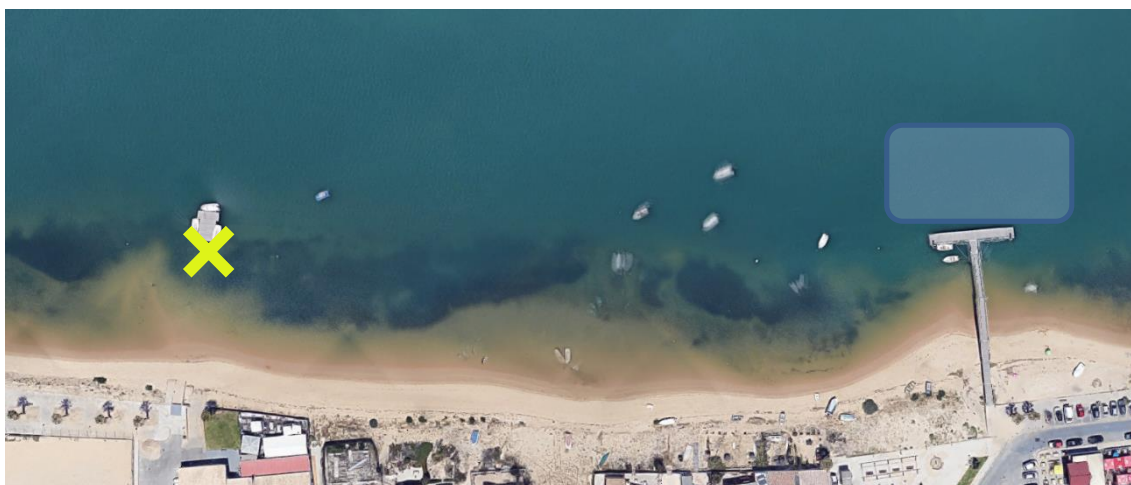
### 3.2. Sensores acústicos

Os sensores acústicos são constituídos por um conjunto de quatro hidrofones e um sensor de velocidade de partículas (*vector sensor*), em que a disposição dos sensores irá ser semelhante ao exemplo apresentado na figura 15, isto é, o array formado pelos 4 hidrofones terá uma forma de um “X”, sendo os hidrofones colocados nas extremidades e no centro o sensor de velocidade de partículas.



**FIGURA 15 - ARRAY COM 4 HIDROFONES E 1 VECTOR SENSOR.**

Realizaram-se alguns testes com os sensores acústicos na Ria Formosa, no cais do Clube Náutico da Praia de Faro com o principal objetivo de gravar algum ruído proveniente de embarcações presentes na zona, tal como se pode verificar nas seguintes fotos.

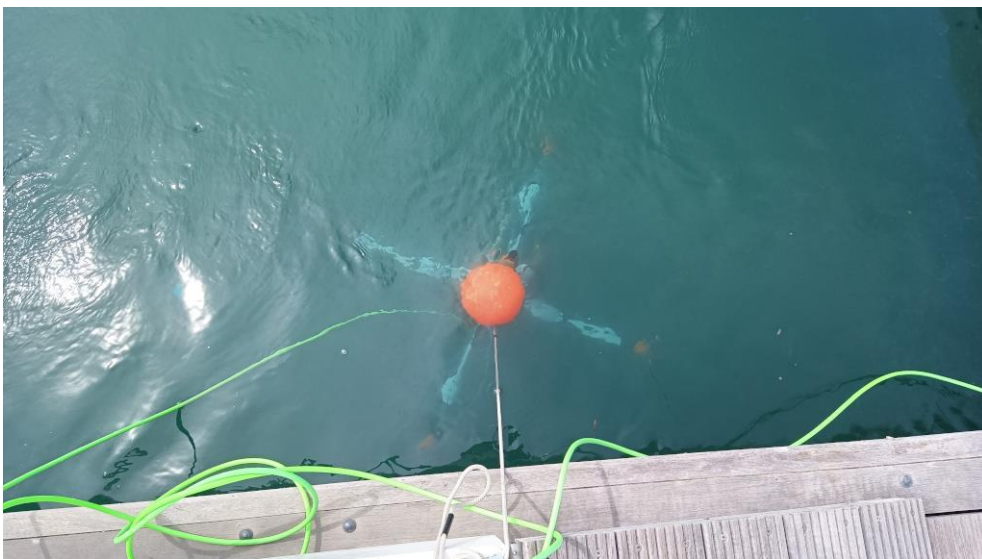


**FIGURA 16 - LOCALIZAÇÃO DO TESTE REALIZADO COM OS SENSORES ACÚSTICOS (CRUZ AMARELO A ZONA DE COLOCAÇÃO DO ARRAY, ÁREA AZUL A ZONA ONDE HAVIA EMBARCAÇÕES EM MOVIMENTO).**





**FIGURA 17 – FOTO DO ARRAY DE HIDROFONES DURANTE TESTE REALIZADO NA RIA FORMOSA.**

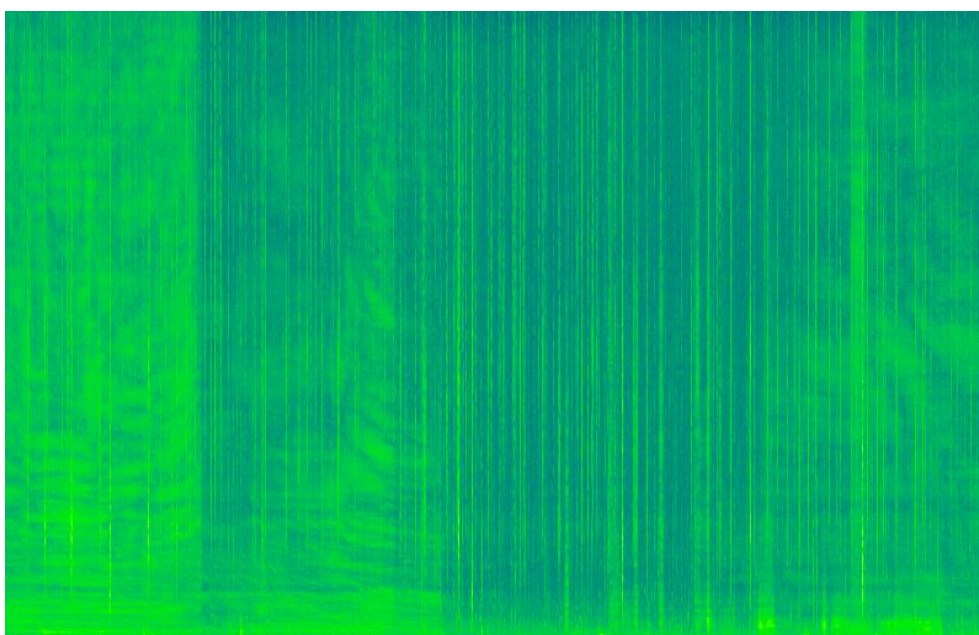


**FIGURA 18 – FOTO DO ARRAY DE HIDROFONES DURANTE TESTE REALIZADO NA RIA FORMOSA.**



**FIGURA 19 - ALIMENTAÇÃO E COMUNICAÇÃO COM O ARRAY DURANTE O TESTE NA RIA FORMOSA.**

Na figura 20 é possível verificar o exemplo de um espectrograma de ruído acústico proveniente de uma embarcação em movimento na área assinalada na figura 16, tratando-se de uma zona em águas interiores, isto é, com uma profundidade de cerca de 3/4 metros. Esta embarcação estava distanciada a cerca de 200m do local onde estava colocado o array. Este ruído mostrado na figura 20, proveniente da embarcação em questão foi gravado por um dos hidrofones do sistema.



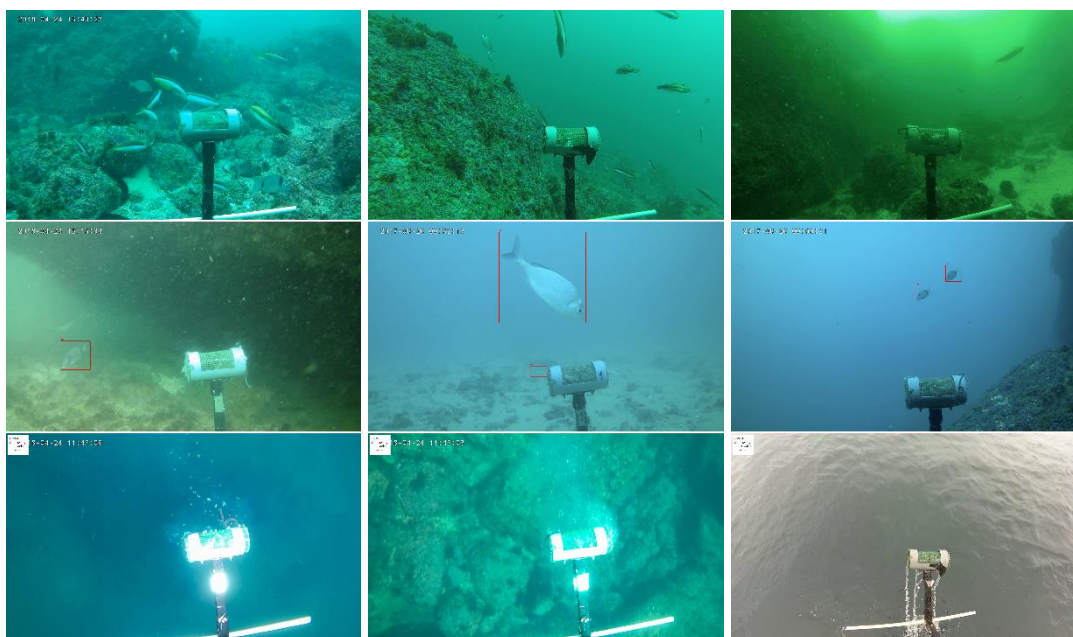
**FIGURA 20 - ESPECTROGRAMA DE RUÍDO ACÚSTICO DE EMBARCAÇÃO.**

## 4. Resultados

Como não foi ainda possível proceder-se à instalação da estação subaquática devido a fatores externos, sendo que a instalação da mesma está agendada para setembro de 2022, não nos foi possível obter ainda resultados dos diversos sensores, câmara e sonar disponíveis. No entanto, os dados dos mesmos serão disponibilizados para a comunidade científica puder utilizar, de onde devem resultar variadas investigações científicas, publicações e resultados.

### 4.1. Vídeos fornecidos pelo CCMAR

Durante o projeto obteve-se filmagens do fundo do mar da costa do Algarve, tendo sido as mesmas graciosamente cedidas pelo CCMAR. Embora as condições destes vídeos sejam diferentes da aplicação final, os mesmos serviram como base para o desenvolvimento dos algoritmos de deteção, rastreamento, e classificação dos peixes da nossa costa.



**FIGURA 21 – EXEMPLO DE IMAGENS DOS VÍDEOS DO CCMAR: NÃO ANOTADAS, ANOTADAS PELO BIÓLOGO MARINHO, E AMOSTRA NEGATIVA.**

O algoritmo de aprendizagem auto-supervisionada desenvolvido recorrendo a estes vídeos permite uma rápida readaptação a novos locais e auxilia na monitorização de vídeos recolhidos em diferentes áreas na costa algarvia. No entanto, tal como foi referido nos testes efetuados, não é possível obter-se um modelo que tenha uma elevada taxa de precisão e que generalize eficientemente. Durante o desenvolvimento



dos algoritmos deste projeto constatou-se esta relação e, visto o objetivo final ser uma estação subaquática estática, optou-se por treinar-se modelos que tivessem uma elevada precisão para a especificidade dos locais e espécies.

**TABELA 1 – RESULTADOS OBTIDOS DOS MODELOS TREINADOS COM BASE DE DADOS GERADA AUTOMATICAMENTE - CCMAR.**

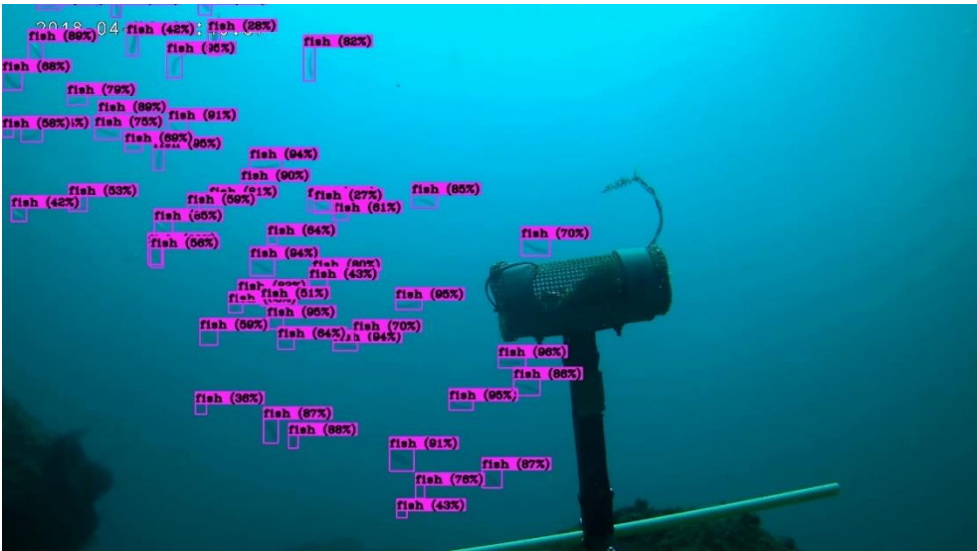
Método	Dados	Resolução	#Imagens <sup>1</sup>	#Anotações <sup>1</sup>	mAP <sub>50</sub>	mAP <sub>75</sub>	IoU <sup>2</sup>	Precisão <sup>2</sup>	Exatidão <sup>2</sup>
YOLOv4	OzFish	608	1 753	43 572	68.46%	25.94%	59.28%	79%	65%
YOLOv4	OzFish+AN <sup>3</sup>	608	3 506	43 572	72.93%	35.93%	66.96%	86%	66%
YOLOv4-tiny	CCMAR	416	35 510	113 886	85.00%	45.33%	68.74%	87%	71%
YOLOv4-tiny-3l	CCMAR	608	35 510	113 886	89.66%	61.02%	73.69%	90%	73%
YOLOv4	CCMAR	608	35 510	113 886	93.11%	74.70%	75.10%	89%	84%

<sup>1</sup> # significa número de.

<sup>2</sup> Para um limiar de IoU de 50%.

<sup>3</sup> Imagens da *amostra negativa*.

Com o modelo de deteção de peixes treinado conseguiu-se obter muito bons resultados, como se pode observar na tabela 1, seja a nível de modelos com vários ou pouco parâmetros, modelos para dispositivos *edge* ou *cloud*, respetivamente. Estes modelos conseguem garantir uma monitorização autónoma da fauna local, o que representa um acesso a informação em tempo-real da quantidade local de determinadas espécies de peixes na nossa costa, não obstante a deteção de espécies invasoras.



**FIGURA 22 – EXEMPLO DE UMA DETEÇÃO DE PEIXES.**

Embora o teste efetuado tenha sido numa localização que difere das condições dos vídeos fornecidos pelo CCMAR, o algoritmo desenvolvido pode ser readaptar-se a uma nova localização se obtiver filmagens suficientes do local, o que não nos é possível



efetuar durante um teste móvel. Sendo possível então gerar novos modelos localizados para novos locais que obtenham resultados semelhantes aos observados na figura 22 e tabela 2.

Os modelos de classificação treinados obtiveram uma taxa de precisão de 91,01% no conjunto de dados gerado automaticamente pelo CCMAR, e 83,59% nas imagens de outras localizações das mesmas espécies.

**TABELA 2 – RESULTADOS DOS MODELOS FACE A IMAGENS DE DIFERENTE LOCALIZAÇÕES.**

<b>Método</b>	<b>Resolução</b>	<b>mAP<sub>50</sub></b>	<b>mAP<sub>75</sub></b>	<b>IoU<sup>1</sup></b>	<b>Precisão<sup>1</sup></b>	<b>Exatidão<sup>1</sup></b>
YOLOv4	608	73.61%	43.11%	71.82%	89%	48%
YOLOv4-tiny-3l	608	68.54%	35.15%	76.73%	96%	39%
YOLOv4-tiny	416	61.25%	27.93%	72.00%	91%	37%

<sup>1</sup> Para um limiar de IoU de 50%.

#### **4.2. Publicações**

- Autonomous Temporal Pseudo-Labeling for Fish Detection, Ricardo J. M. Veiga, Iñigo E. Ochoa, Adela Belackova, Luís Bentes, João P. Silva, Jorge Semião, e João M. F. Rodrigues (2022), Applied Sciences (12), 5910. DOI: 10.3390/APP12125910
- An Initial Approach to Self-Supervised Underwater Fish Detection Évora, Portugal, Ricardo J. M. Veiga, Jorge Semião E João M. F. Rodrigues Novembro 2021, In Procs Of The 27th Portuguese Conference On Pattern Recognition, Evora, Portugal, Pp. 77-78

#### **5. Conclusão**

Neste relatório foi apresentado todo o trabalho desenvolvido na Universidade do Algarve no âmbito do projeto KTTSeaDrones e todos os resultados obtidos até ao momento. De referir que até à data ainda não foi possível fazer a instalação final do sistema em Sagres devido às situações climáticas adversas do Inverno na referida zona, bem como toda a logística necessária para efetuar essa operação de instalação do sistema ainda não estar disponível, nomeadamente as obras das ligações da zona do quebra-mar para as instalações da Doca Pesca em Sagres. Devido a esse facto, esta foi uma das razões pelas quais o prazo final do projeto foi estendido, para dar tempo até ao fim do projeto do sistema estar em pleno funcionamento na zona das ilhotas do Martinhal.



# Interreg

## España - Portugal

Fondo Europeo de Desarrollo Regional  
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional



UNIÓN EUROPEA  
UNIÃO EUROPEIA