



**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 2. Desarrollo de sensores y herramientas  
informáticas para vehículos aéreos y marinos.**

**Relatório sobre o desenvolvimento de sistemas fixos e  
análise de dados e imagens em estuários e explorações  
aquícolas**

**Produto final – Acção 2.3 | 28/02/2022**



**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>	30/10/2022
<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>	

Dados do documento

<b>Nome</b>	Relatório sobre o desenvolvimento de sistemas fixos e análise de dados e imagens em estuários e explorações aquícolas
<b>Acção</b>	Acción 2.3 Desarrollo de sistemas fijo y un vehículo autónomo submarino con la capacidad de recoger, transmitir almacenar información sobre las condiciones físico-químicas de las balsas de engorde en instalaciones de producción acuícola.
<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>	28/02/2022
<b>Versão (nº)</b>	2

## ÍNDICE

RESUMO .....	5
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>2. SISTEMA .....</b>	<b>6</b>
2.1. ESTAÇÃO DE TERRA .....	7
2.2. ESTAÇÃO DE MONITORIZAÇÃO SUBAQUÁTICA.....	8
2.2.1. <i>CONTENTOR PRINCIPAL</i> .....	11
2.2.2. <i>CÂMARA E SONAR</i> .....	17
2.2.3. <i>SENSORES AMBIENTAIS</i> .....	20
2.2.4. <i>SENSORES ACÚSTICOS</i> .....	21
<b>3. ALGORITMOS.....</b>	<b>22</b>
<b>4. INSTALAÇÃO E TESTES FUTUROS .....</b>	<b>26</b>

## **RESUMO**

Pretende-se com este relatório apresentar um resumo sobre o trabalho que tem vindo a ser realizado na Universidade do Algarve sobre o desenvolvimento de um sistema fixo de monitorização dos recursos marinhos em tempo real (MAREAL). Apresenta-se na introdução um enquadramento do projeto, para estabelecer os principais objetivos com a construção do sistema. Depois, apresenta-se todo o sistema desenvolvido até ao momento, com as várias tecnologias previamente estudadas e consideradas como as principais para serem implementadas num sistema de monitorização de recursos marinhos.

### **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. SISTEMA

O sistema fixo de monitorização dos recursos marinhos implementado irá estar diretamente ligado a terra por forma a haver uma monitorização do ambiente aquático em tempo real, o que irá permitir avaliar os recursos marinhos durante largos períodos, recorrendo a diferentes meios de observação.

A figura 1 mostra a arquitetura do sistema, sendo este constituído por uma estação de terra ligada por cabo a uma estação remota de monitorização subaquática. A estação de terra terá uma unidade de fornecimento de energia responsável pelo fornecimento de energia à estação subaquática, e uma unidade de dados responsável pela assimilação, tratamento e fornecimento de dados em tempo real via ethernet. A estação de monitorização subaquática terá uma unidade de gestão e monitorização de energia e de gestão de dados, e diversas unidades de sensores. As duas estações irão estar ligadas através de um cabo com aproximadamente 1 km de comprimento, que é composto por cabos elétricos para fornecimento de energia, fibra ótica para transporte de dados, e malha entrançada de proteção mecânica.

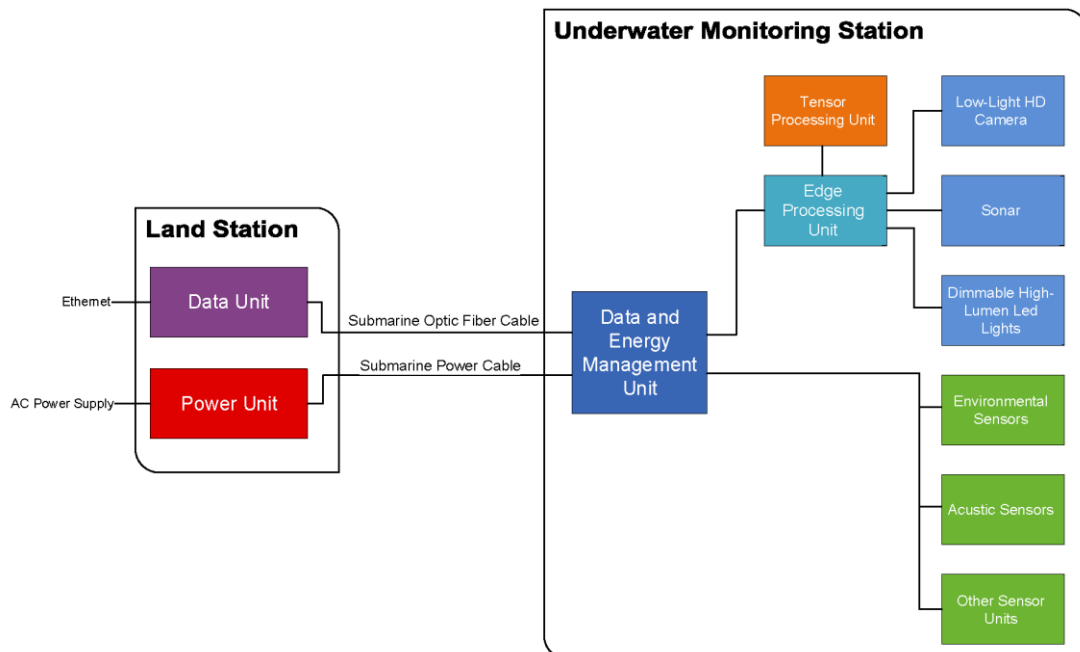


FIGURA 1 - ARQUITETURA DO SISTEMA

## 2.1. ESTAÇÃO DE TERRA

A estação de terra irá ser formada por uma unidade de energia responsável pelo fornecimento de energia à estação de monitorização subaquática, tendo para isso uma fonte de alimentação programável (*TDK-Lambda GEN 300-5*) de 1500W (300V/5A), ver figura 2. Para além dessa unidade, a estação de terra irá ter uma outra unidade de dados responsável pela conversão de Ethernet/fibra ótica, usando para isso o conversor da figura 3, bem como o tratamento de todas as informações recebidas em tempo real da estação subaquática e o fornecimento dessa informação aos utilizados via Ethernet.



FIGURA 2 - FONTE DE ALIMENTAÇÃO TDK-LAMBDA GEN 300-5

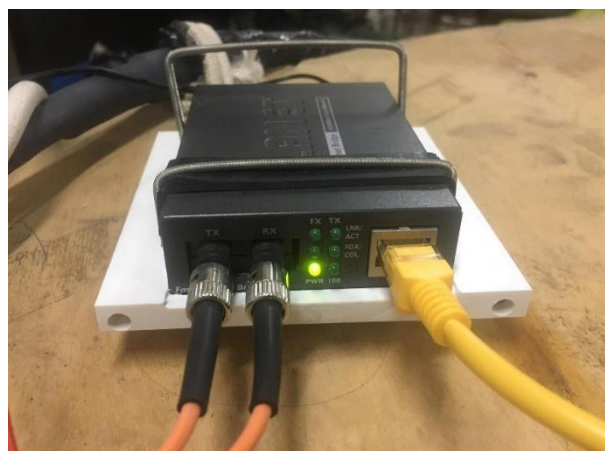


FIGURA 3 - CONVERSOR DE FIBRA/ETHERNET 10/100BASE-TX – 100BASE-FX

## 2.2. ESTAÇÃO DE MONITORIZAÇÃO SUBAQUÁTICA

A estrutura da estação de monitorização subaquática foi desenvolvida usando barras de aço inoxidável 316, por forma a ser resistente à corrosão provocada pela água salgada dado que é uma estrutura para ser utilizada submersa durante um longo período de tempo. As dimensões da estrutura são de 140cm de lado na base e cerca de 50cm de lado no topo. Em relação à altura da estrutura é de aproximadamente 65cm, sendo a altura da estrutura ao fundo do mar ajustável através dos quatro pés. Um dos objetivos da possibilidade do ajuste desta altura é para ser possível adaptar-se a vários tipos de fundos do mar e turbidez da água, por forma a otimizar a gravação das imagens da câmara, uma vez que no caso de situações de fundo de areia com turbidez da água, a câmara estar muito próxima do fundo pode originar uma má qualidade de imagem. Nas faces laterais da estrutura vão ser colocadas umas placas acrílicas por forma a proteger os equipamentos e as suas ligações elétricas de possíveis danos causados por objetos em suspensão na água transportados pela corrente ou até mesmo por algum outro organismo vivo.

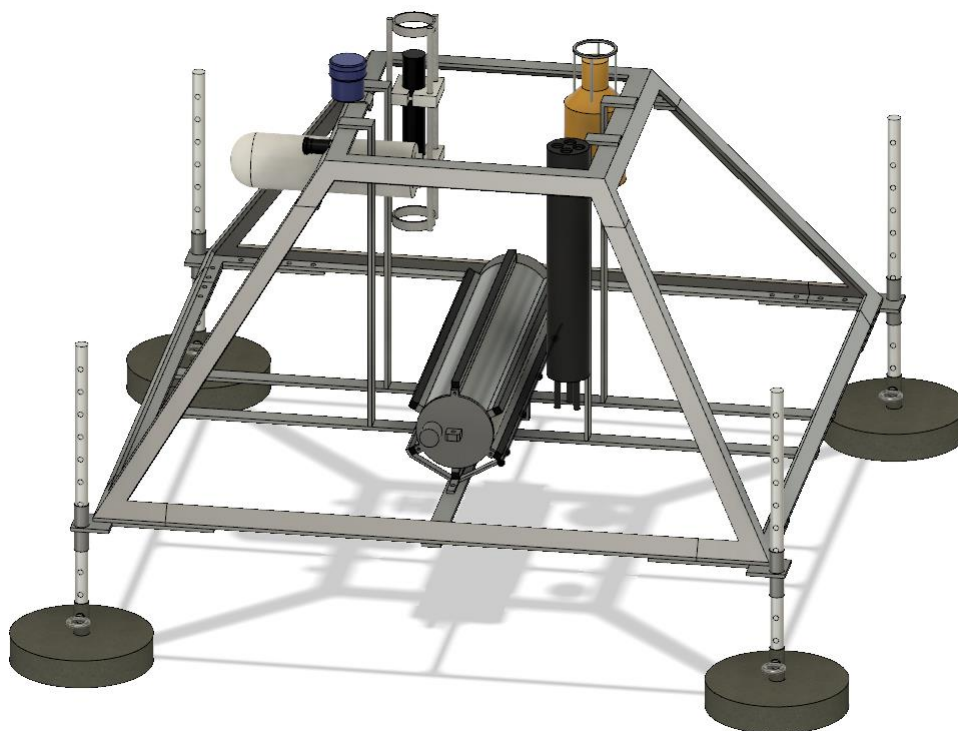


FIGURA 4 - ESTRUTURA DA ESTAÇÃO SUBAQUÁTICA

Nas figuras 4, 5 e 6 é possível verificar-se a estrutura da estação subaquática com os vários equipamentos identificados; e nas figuras 7 e 8 podem-se verificar em fotos reais da estrutura os detalhes dos equipamentos instalados na estrutura. Os equipamentos estão fixados na estrutura através de peças produzidas em delrin por uma CNC (figuras 7 e 8). É de notar que os sensores acústicos, nomeadamente o array de hidrofones, não vai estar colocado na diretamente na estrutura da estação, vai estar fundeado mais ao largo da estrutura, tendo apenas o cabo de ligação ligado diretamente ao contentor principal da estrutura (*main unit*). Tal como se mostra nas figuras 5, 6, 7 e 8, o módulo da câmara vai estar colocada numa das faces laterais da estação, na mesma lateral que as luzes de iluminação com a finalidade de iluminar a área coberta pela câmara, bem como o sonar que estará colocado no topo dessa mesma lateral. Em relação aos restantes sensores ambientais estarão colocados nos cantos opostos da estrutura, com os sensores preferencialmente apontados para cima, e a unidade principal, responsável por toda a gestão de dados e energia do sistema, irá estar colocada no interior da estrutura na parte inferior.

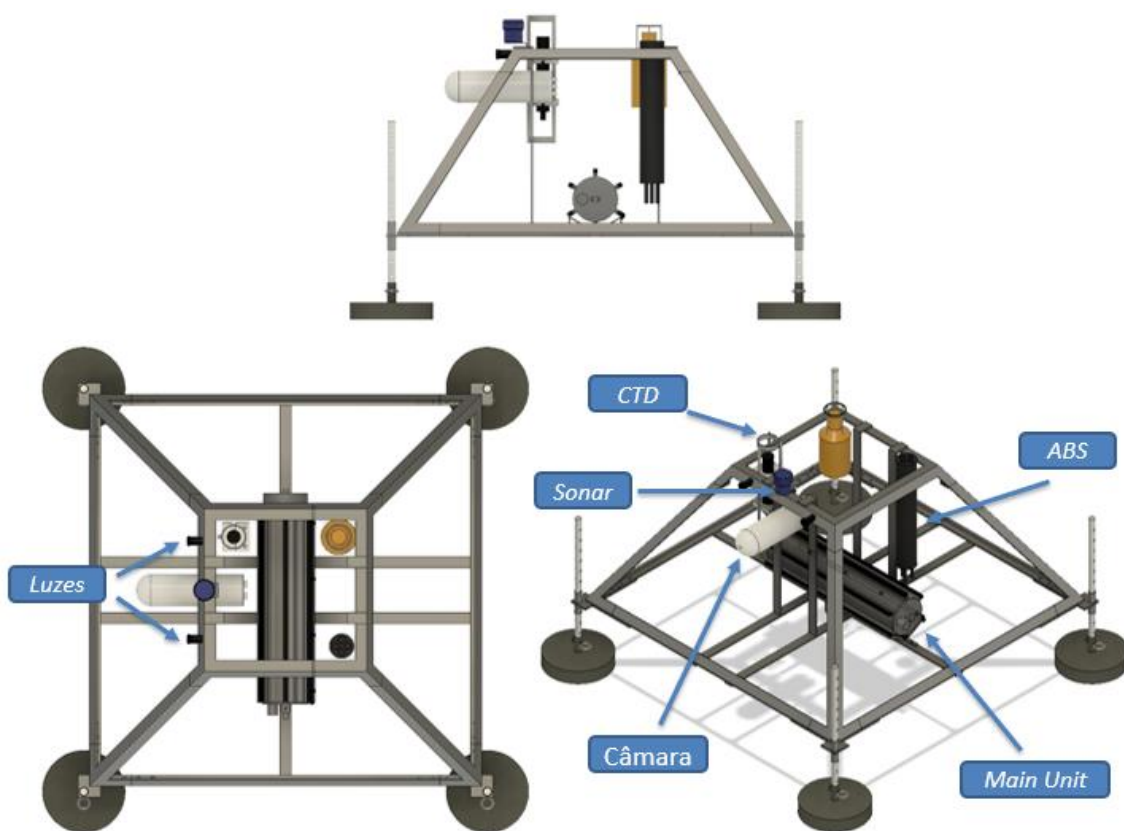


FIGURA 5 - ESTRUTURA DA ESTAÇÃO SUBAQUÁTICA COM OS VÁRIOS EQUIPAMENTOS

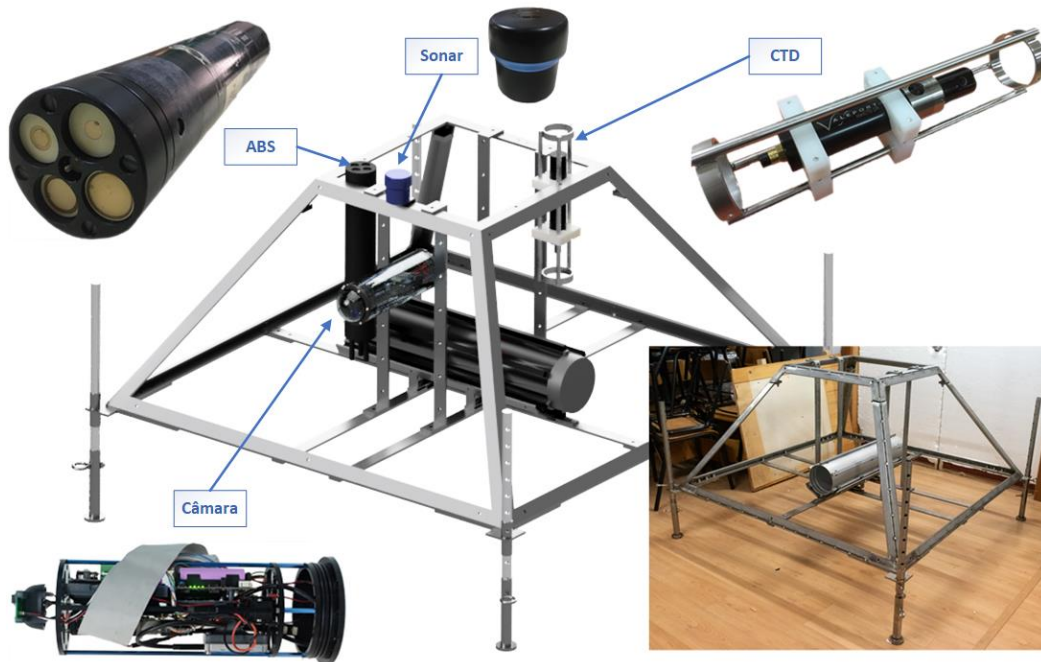


FIGURA 6 - ESTRUTURA DA ESTAÇÃO SUBAQUÁTICA COM INDICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

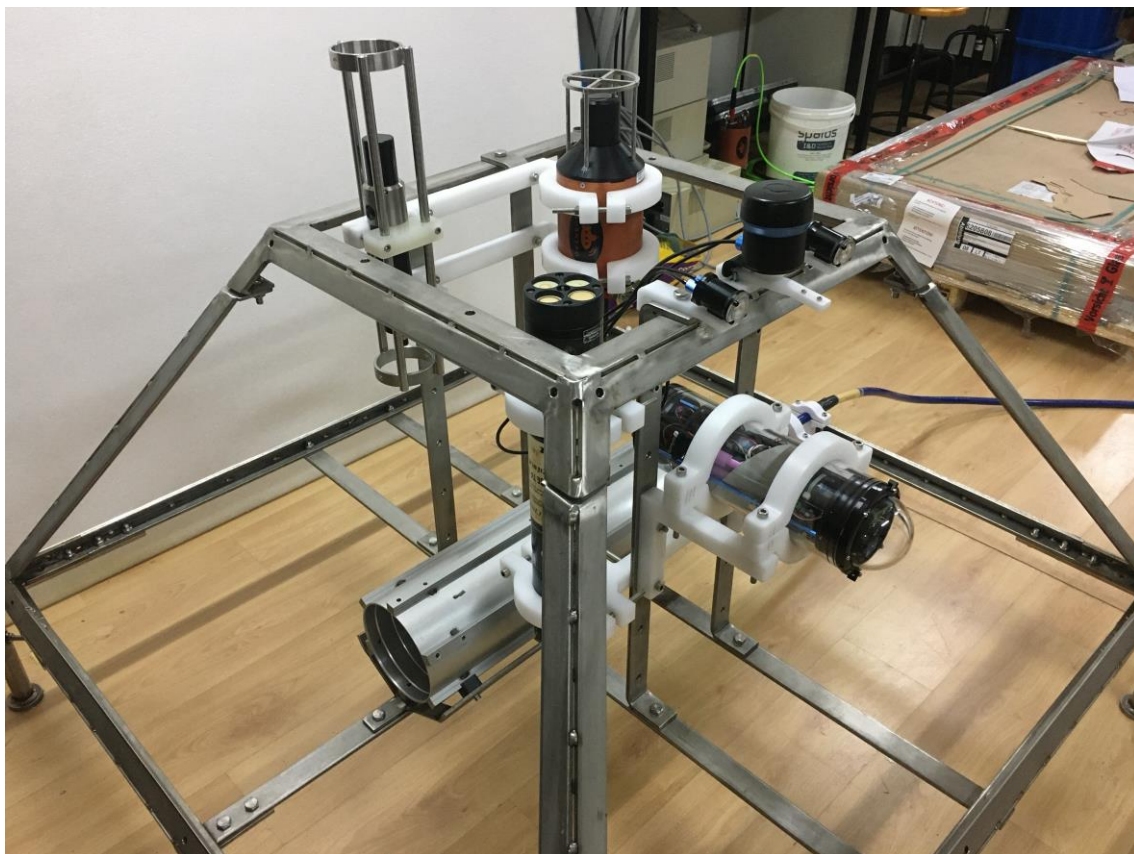


FIGURA 7 – FOTO DA ESTRUTURA DA ESTAÇÃO SUBAQUÁTICA COM OS VÁRIOS EQUIPAMENTOS

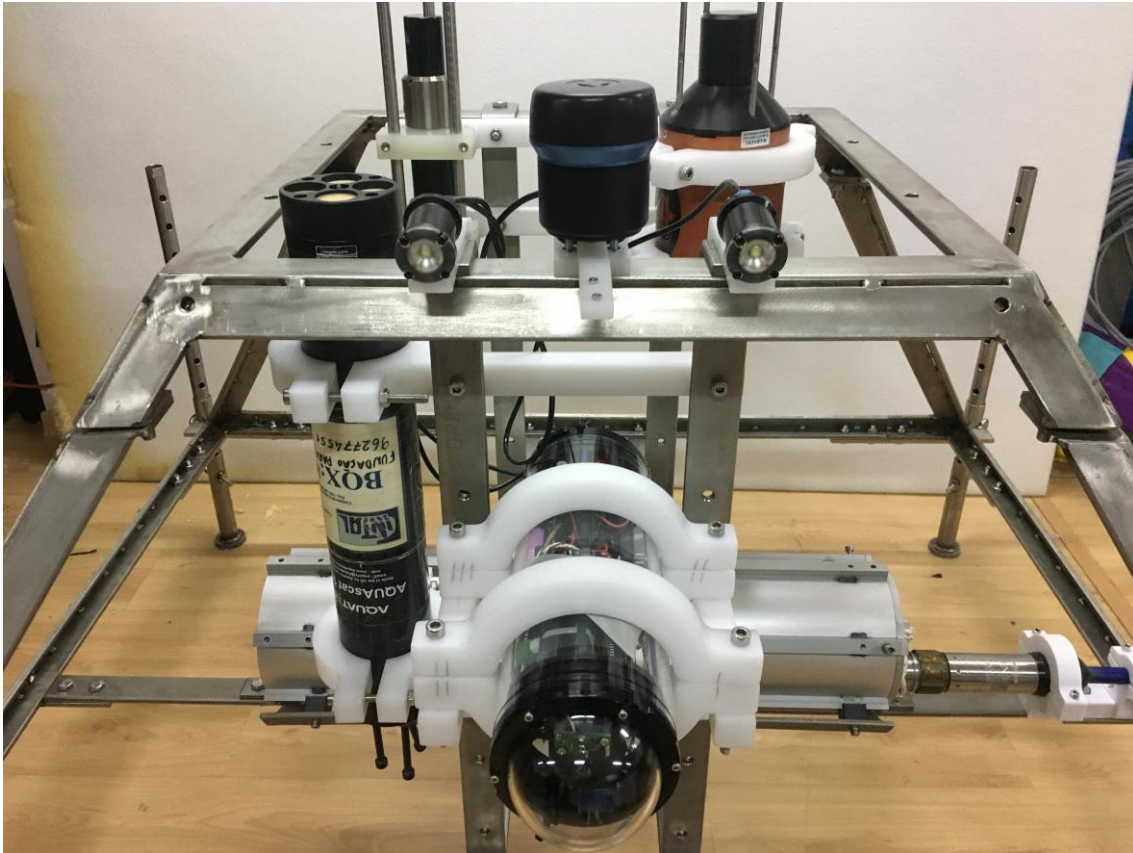


FIGURA 8 – FOTO DA ESTRUTURA DA ESTAÇÃO SUBAQUÁTICA COM DETALHO DOS EQUIPAMENTOS

### 2.2.1. CONTENTOR PRINCIPAL

Tal como dito anteriormente, a estação subaquática será composta por uma unidade responsável pela gestão de dados e de energia do sistema. Esta unidade foi construída e implementada num contentor cilíndrico com cerca de 75 cm de comprimento e 16 cm de diâmetro, sendo aqui neste contentor que irá estar ligado o cabo de fibra ótica e de energia diretamente da estação de terra. Esta unidade principal está dividida em duas unidades, uma unidade de energia responsável pela distribuição por todos os sensores e equipamentos da energia proveniente da estação de terra, e por uma unidade de gestão e comunicação dos dados responsável pela transferência dos dados dos vários sensores até à estação de terra através de uma ligação de ethernet.

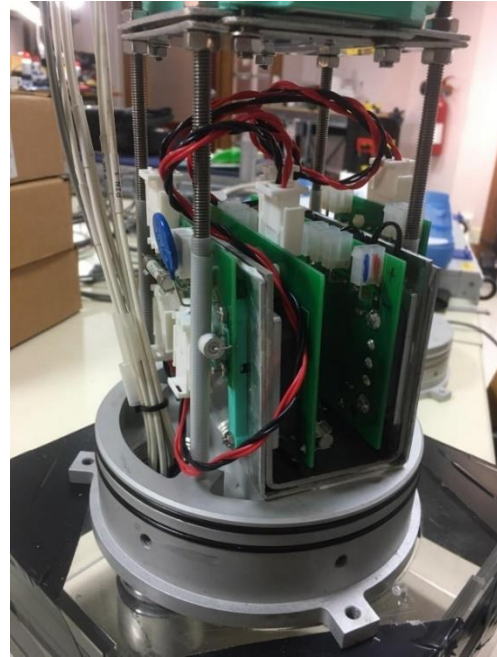
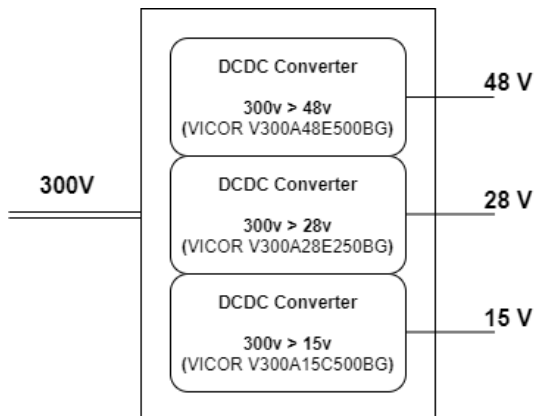


FIGURA 9 - UNIDADE DE ENERGIA

A unidade de energia é alimentada pelos 300 V provenientes da fonte de alimentação presente na estação de terra, que por sua vez são convertidos em 48 Vdc, 28 Vdc e 15 Vdc, sendo usados conversores DCDC de alta potência, tal como é mostrada na figura 4. Os circuitos de conversão e proteção foram colocados na tampa do contentor cilíndrico por forma a ser obtida uma dissipação de calor mais eficiente.

A unidade de gestão de dados, que é responsável pela comunicação e transferência de dados entre os vários sensores e a estação de terra via ethernet, tem um conversor de fibra / ethernet responsável pela conversão da fibra do cabo de ligação proveniente da estação de terra (10/100BASE-TX - 100BASE-FX). O router do sistema (192.168.120.253) é um *MikroTik RB962UiGS-5HacT2HnT* que vai estar diretamente ligado a um *switch* TP-Link *LS1005G* com a finalidade de ligação dos vários sensores da estação.

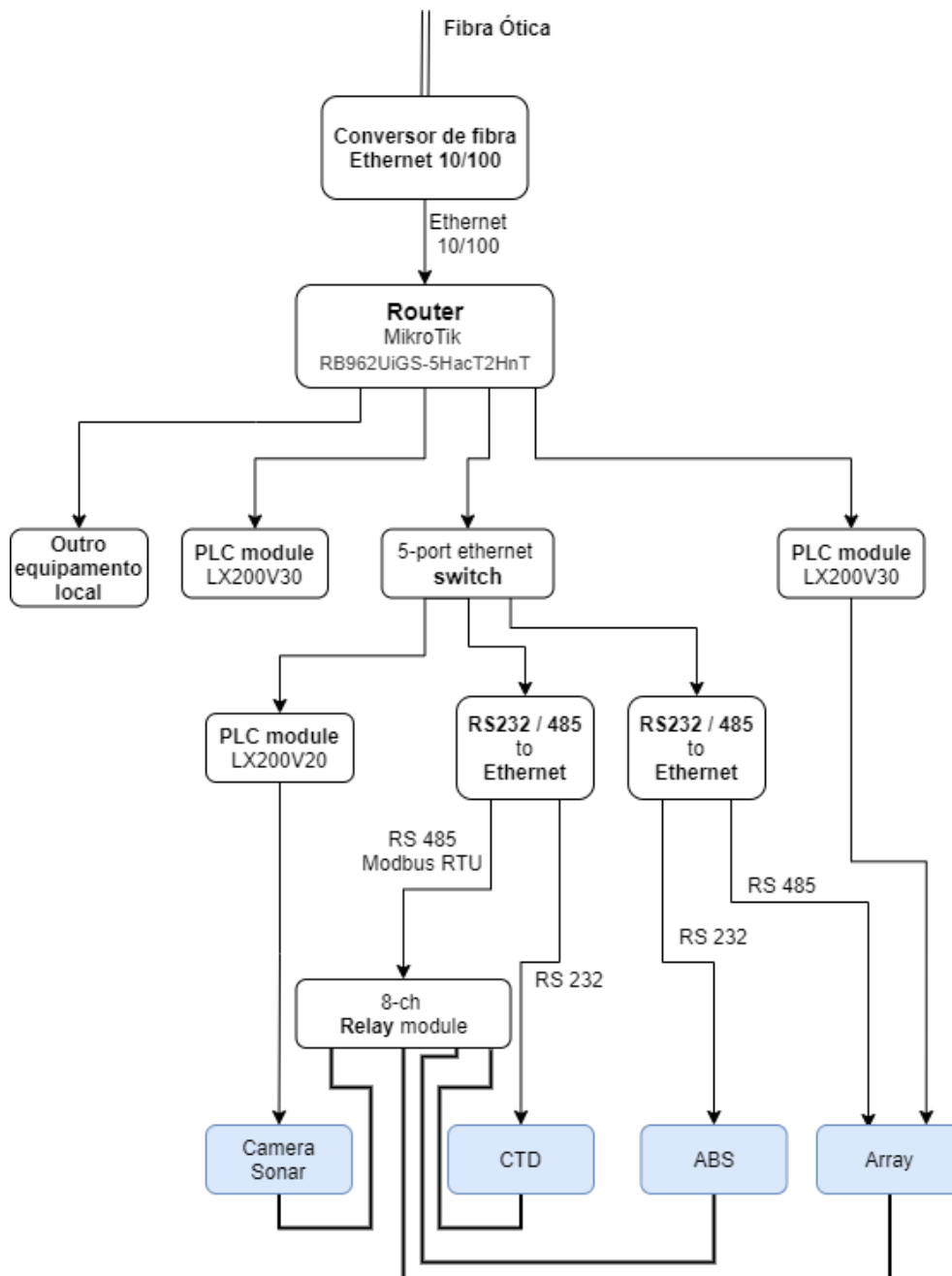


FIGURA 10 - ESQUEMA GERAL DA UNIDADE DE GESTÃO DE DADOS

Para a comunicação com os vários sensores foram utilizados conversores industriais de RS232/485 para Ethernet, sendo que um dos conversores também é responsável pela comunicação com um módulo de 8 relés com o intuito de ser feito o controlo dos vários equipamentos remotamente, sendo por isso possível fazer o *reset* remotamente a qualquer um dos sensores. Estes conversores permitem a transmissão bidirecional e em simultâneo de dados entre RS232/485 e a porta ethernet RJ45 e podem ser configurados via web (192.168.120.121 e 192.168.120.122). Para uma mais eficiente e

rápida comunicação com alguns dos sensores, são usados módulos PLC para aumentar a velocidade de transmissão.

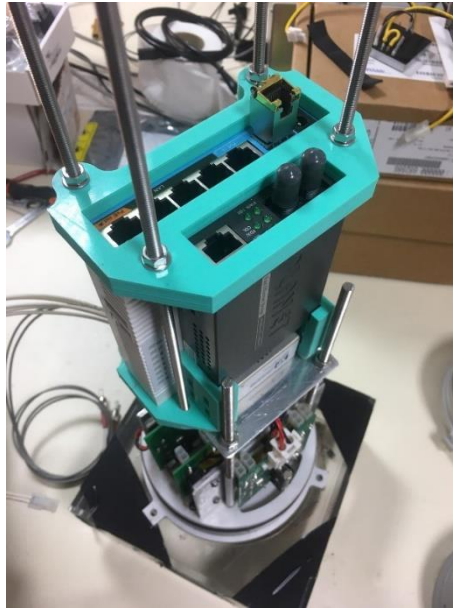


FIGURA 11 - CONVERSOR DE FIBRA E O ROUTER



FIGURA 12 - MÓDULOS PLC E CONVERSORES DE RS232/485 - ETHERNET

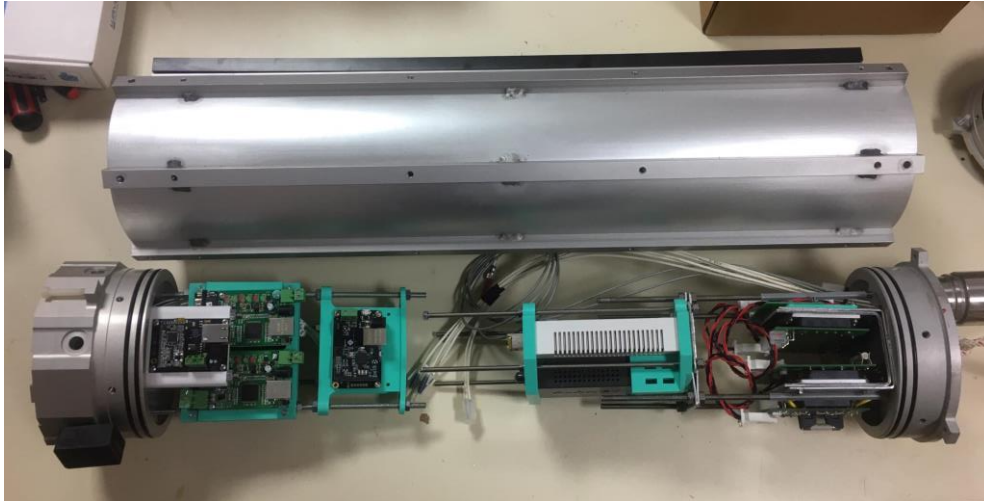


FIGURA 13 - VISTA GERAL DO CONTENTOR PRINCIPAL

Na figura 13 é possível verificar-se a vista geral do contentor principal, à direita o conector do cabo de ligação de fibra ótica e energia, seguido do módulo de energia com os vários conversores DCDC fixados na tampa do contentor, depois o conversor de fibra e o router, e à esquerda os vários módulos PLC, o módulo de relés e switch de 5 portas fixados diretamente à outra tampa do contentor. Nessa mesma tampa, é onde estão colocados os conectores subaquáticos da SubConn MacArtney, figura 14. Nesses conectores é onde vão estar ligados os vários sensores da estação de monitorização subaquática, sendo que estão dimensionados conectores de reserva para ser possível no futuro adicionar mais sensores à estação. Na figura 15 é possível verificar todas as ligações do contentor principal no primeiro teste de configuração dos vários equipamentos.



FIGURA 14 - TAMPA DO CONTENTOR COM AS FICHAS SUBAQUÁTICAS

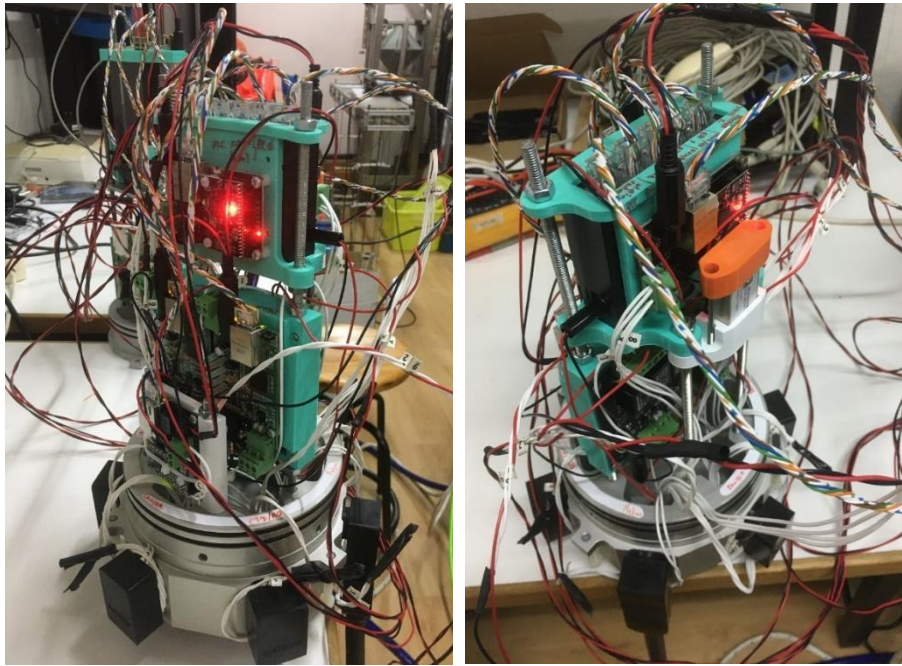


FIGURA 15 - VISTA GERAL DAS LIGAÇÕES DO CONTENTOR PRINCIPAL DURANTE PRIMEIRO TESTE

Por fim, na figura 16 apresentam-se fotos do conteúdo total do contentor principal, com a indicação dos principais módulos já descritos.

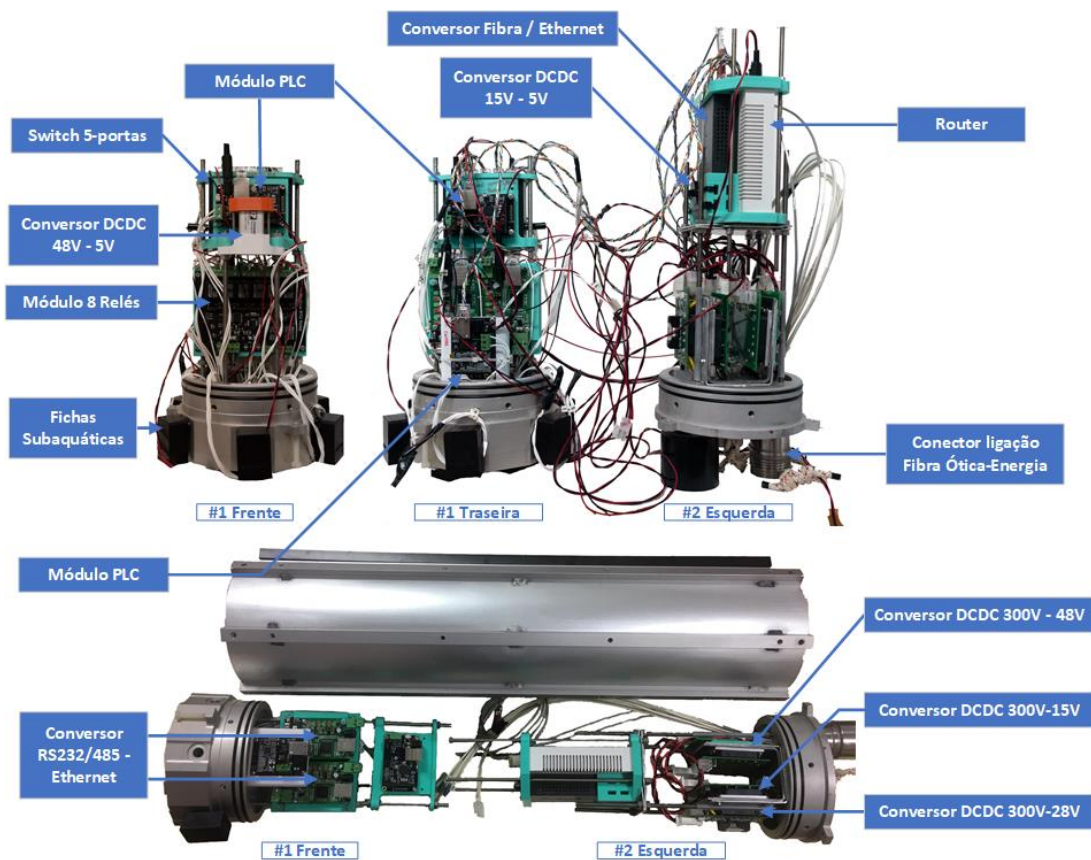


FIGURA 16 - O CONTENTOR PRINCIPAL

## 2.2.2. CÂMARA E SONAR

Em termos de processamento local, ou processamento na *Edge*, adaptamos a configuração base do contendor do veículo controlado remotamente subaquático *BlueROV2*, da *BlueRobotics*. A unidade de processamento e controlo central foi atualizada de uma *Raspberry Pi 3* para uma *Raspberry Pi 4*, sendo o principal ponto pertinente da atualização a existência de portas *USB3.0*.

Visto que a instalação da estação de monitorização subaquática será fixa, com um objetivo de funcionamento de longa-duração sem previsão de necessidade de substituição e, se necessário, baixa manutenção, foi necessário garantir que o funcionamento do processamento local se mantivesse constante e viável. Um dos principais limites na utilização de unidades de processamento e controlo como as *Raspberry Pi*, é a utilização de cartões *MicroSD* para funcionamento do sistema operativo, programas, e por vezes, armazenamento. Considerando que a principal funcionalidade de um cartão *MicroSD* é o armazenamento em escrita e leitura de dados estáticos (fotos, vídeos, etc...) o uso do mesmo para aplicações a longo-prazo torna-se imprudente. Desta forma, ao atualizarmos para uma versão mais recente da *Raspberry Pi*, conseguimos usufruir da possibilidade de utilizar um disco de estado sólido (*SSD*) para funcionamento do sistema operativo, programas, e armazenamento de *buffer*.

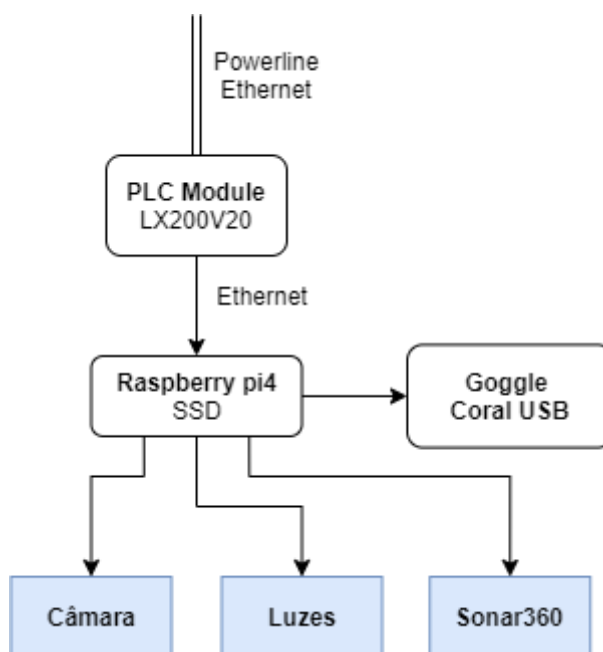


FIGURA 17 - ESQUEMA DE LIGAÇÃO DO MÓDULO DA CÂMARA E SONAR

No entanto, a transição para uma nova versão da *Raspberry Pi* deve-se também à necessidade da largura de banda das portas *USB3.0* para um funcionamento em pleno de ambas as unidades de processamentos de tensores (*TPU*) presentes no *Google Coral USB*. Este módulo é essencial ao processamento na *Edge* do modelo de deteção de espécies marítimas da fauna local. O processamento adicional também facilita a utilização dos algoritmos de processamento e preparação dos dados provenientes dos diferentes sensores: câmara, luzes e sonar.



FIGURA 18 – CONTENTOR DA CÂMARA DA BLUEROBOTICS E AS RESPECTIVAS LUZES DE ILUMINAÇÃO

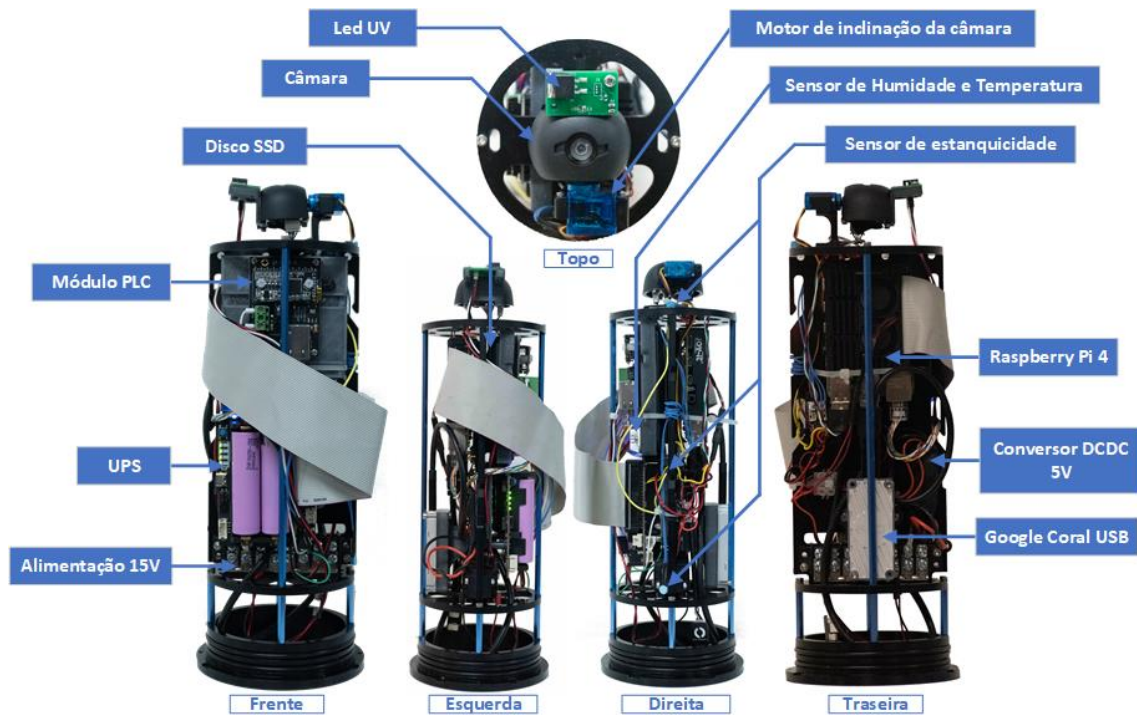


FIGURA 19 – CONTENTOR DA CÂMARA DA BLUEROBOTICS E AS RESPECTIVAS LUZES DE ILUMINAÇÃO

A unidade da câmara, em conjunto com o motor que permite as operações de inclinação da câmara, mantêm-se as mesmas. A câmara disponibilizada pela *BlueRobotics* é baseada num sensor *Sony IMX322* que permite um bom funcionamento a baixa luminosidade. As luzes são controladas diretamente pela *Raspberry Pi* através de modulações de comprimento de fase (*PWM*), sendo as mesmas controladas internamente na *Edge* por algoritmos que medem as condições local em tempo-real. O sonar (Figura 20) é controlado também diretamente pela *Raspberry Pi*, funcionando em conjunto com a unidade da câmara. Dado que o sonar consegue alcançar maiores distâncias e permitir uma medição mais fiável do comprimento de espécies marítimas isoladas, quando correlacionado com as informações obtidas da câmara, é possível concluirmos com uma elevada precisão a caracterização biométrica de qualquer peixe que se apresente dentro da zona de operação.



FIGURA 20 - SONAR PING360

### 2.2.3. SENSORES AMBIENTAIS

Por forma a aferir a qualidade ambiental do meio subaquático irão ser utilizados sensores ambientais para a medição de variáveis-chave importantes para ser feita a correlação com os outros dados provenientes dos restantes sensores.

O ABS (*Acoustic Backscatter System*) *AQUASCAT 1000s* é um equipamento constituído por 4 transdutores de altas frequências (0.5,1,2,4 MHz) que mede o nível da reflexão do sinal, isto é, são emitidos sinais de alta frequência e os transdutores recebem os sinais refletidos de volta, de acordo com os níveis dos sinais recebidos é possível estimar o nível de reflexão através do nível de atenuação dos mesmos. Este pode ser utilizado por exemplo para registar a presença de sedimentos na coluna de água, sendo também possível registar a altura de água se for colocado com os transdutores apontados para o topo, pois vai haver uma reflexão na superfície da água.



FIGURA 21 - ACOUSTIC BACKSCATTER SYSTEM, AQUATEC AQUASCAT 1000s

O CTD *Valeport miniCTD DR* é uma sonda multiparamétrica que mede parâmetros como a condutividade, temperatura e pressão, sendo possível a partir desses valores determinar outros valores como os da salinidade e da profundidade. Os peixes são animais de sangue frio que regulam a sua temperatura corporal diretamente através do meio envolvente, por consequência, a temperatura é um dos vários parâmetros importantes que precisam ser monitorizados em tempo real.



FIGURA 22 - CTD - VALEPORT MINICTD DR

#### 2.2.4. SENSORES ACÚSTICOS

Os sensores acústicos são compostos por uma unidade que incluirá um conjunto de quatro hidrofones e um sensor de velocidade de partículas. A disposição dos sensores

vai ser semelhante ao exemplo apresentado na Figura 18, 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 (*vector sensor*). Os hidrofones são equipamentos que medem a pressão acústica, enquanto um *vector sensor* para além de medir a pressão acústica, mede também a velocidade das partículas, ou seja, com um sensor de velocidade de partículas é possível aferir a direcção dos sinais recebidos.

Este sistema acústico estará ligado diretamente à unidade principal da estação subaquática para se fazer o *streaming* dos dados acústicos em tempo real e terá uma banda acústica de até 50kHz para que com este conjunto de sensores se possa amostrar o ambiente acústico marinho em termos do ruído antropogénico (embarcações, construção, etc) e do ruído natural que poderá ter origem biológica (cetáceos, peixes, etc), físicas (ondas, atmosfera, etc) e geofísicas (terramotos, etc).

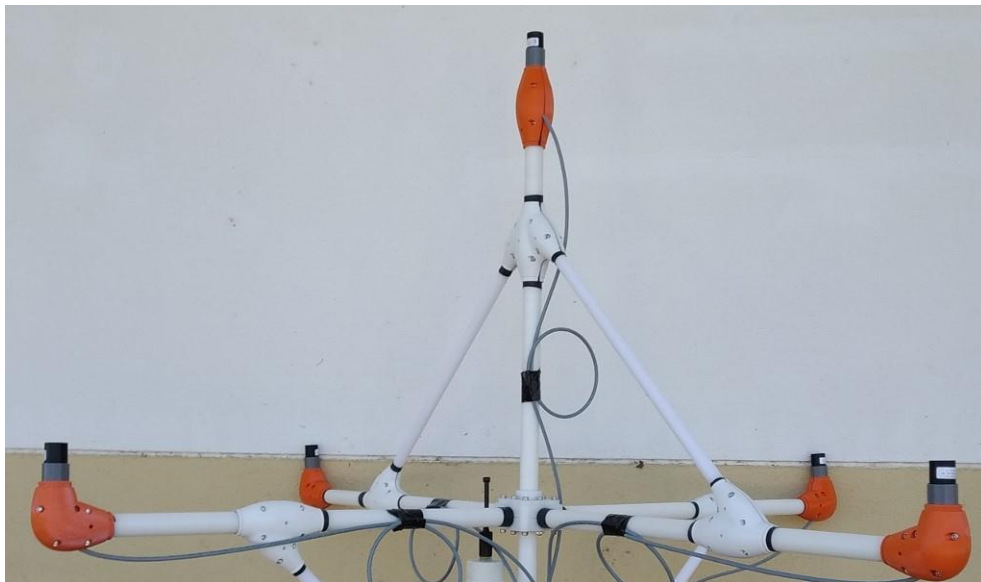


FIGURA 23 - ARRAY COM 4 HIDROFONES E 1 VECTOR SENSOR

### 3. ALGORITMOS

Existem dois objetivos finais paralelos para este projeto que partilham a mesma trajetória inicial. Sendo que, com a possibilidade de explorarmos o processamento local através da conjugação de uma unidade de controlo e processamento, a Raspberry

Pi 4; uma câmara de baixa luminosidade; e uma unidade de processamento de tensores, é possível obter-se uma análise local e em tempo real da fauna marinha envolvente. A este tipo de processamento isolado, em que os dados enviados são somente os resultados obtidos do sistema a correr localmente, dá-se o nome de dispositivo da *Edge*, significando um aparelho que se encontra nos limites da rede, sendo neste caso a Internet utilizada como um meio de transmissão de dados com o servidor de processamento central. Estes aparelhos são utilizados para processar os modelos e algoritmos finais, não sendo apropriados para a preparação ou treino dos mesmo.

Ao invés, sendo que existe uma ligação de alto débito, ligação de fibra ótica ao sistema instalado, também se apresenta a possibilidade da utilização do servidor de processamento central, ou na *Cloud*, para uma análise mais aprofundada e revisão e manutenção dos modelos e algoritmos na *Edge*. Esta combinação híbrida oferece a possibilidade de explorar-se um sistema de controlo e aprendizagem reforçada auto-supervisionada. Tornando-se o servidor da *Cloud* o professor, e os dispositivos na *Edge*, os alunos. Esta sinergia permite-nos escalar este sistema sem penalizar o processamento na *Cloud*, dado que este protocolo possibilita o ajuste e melhoria da precisão do algoritmo nos dispositivos na *Edge*.

Considerando a monitorização da fauna aquática, em tempo-real, e com uma boa precisão, como o objetivo final, consegue-se dividir todo o processo em diferentes etapas: deteção de objetos, neste caso focado em espécies de peixes; monitorização visual dos objetos detetados; classificação das espécies; deteção de trajetórias e comportamentos; classificação de posição tridimensional do objeto em relação em relação ao plano da câmara; estimação de profundidade; estimação do calibre do peixe.

Na Figura 24 podemos observar o primeiro módulo da deteção de objetos. Visto não existirem dois habitats subaquáticos iguais no mundo, também não existem faunas e climas iguais. Isto oferece um desafio na utilização de bases de dados, contendo classes de peixes, já existentes. Tendo sido as mesmas criadas para locais geográficos específicos e espécies específicas. Tornou-se então necessário decidir entre a criação manual de uma base de dados da fauna circundante à área de instalação do sistema, ou do desenvolvimento de um método automático para gerar esse base de dados necessário para o treino de aprendizagem máquina.

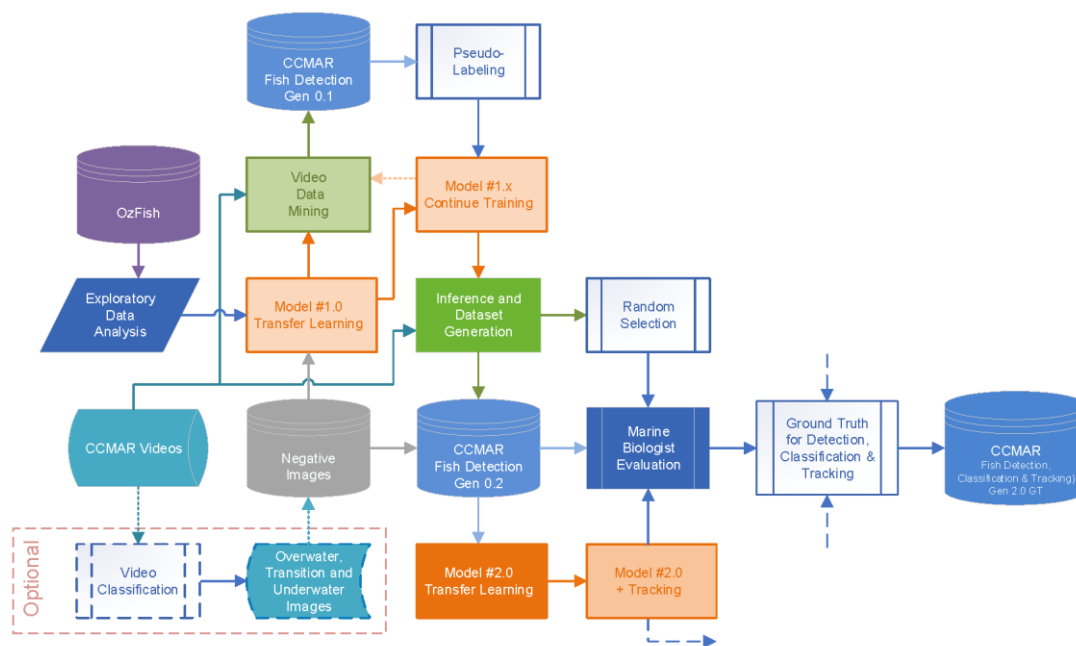


FIGURA 24 - DIAGRAMA DO ALGORITMO DE DETEÇÃO DE OBJETOS

Optando pela segunda opção, criamos um algoritmo de aprendizagem auto-supervisionada. Seguindo o esquema apresentado na Figura 24, iniciamos sempre com a obtenção de uma base de dados que contenha peixes que apresente uma qualidade de dados: resolução de imagem, qualidade das anotações, distribuição das cores, semelhante às condições que serão utilizadas no nosso sistema. Após a análise e preparação dos dados do *dataset OzFish*, treinamos um modelo de YOLOv4 através da técnica de aprendizagem de transferência, usando como pesos um modelo treinado previamente no *dataset COCO*.

Paralelamente, processamos vídeos que nos foram fornecidos da nossa orla costeira pela entidade CCMAR, para podermos obter imagens negativas, ou seja, imagens sem a presença da classe peixes, para melhorarmos a precisão do modelo de detecção de objetos. Este sub-módulo também foi automatizado, com recurso a técnicas de visão tradicionais. O protocolo deste algoritmo para classificação de vídeos como: superfícies, transição, subaquático, processa-se da seguinte forma: para segmentação das imagens de superfície: análise da distribuição e quantidade da cor vermelha, análise da movimentação da câmara; para as imagens de transição: subtração do plano de fundo para análise de movimento, análise de anomalias nos histogramas para análise de atingir-se o fundo local do oceano; para análise subaquática: ausência de coloração vermelha, análise de movimento de partículas e do alimentador. Mal sejam obtidas as segmentações no início do vídeo, é depois processado em retrocesso, sendo sempre avaliado primeiro qual é a fase que se encontra, sendo a detecção das diferentes fases mais um processamento paralelo do que linear.

Com o primeiro modelo obtido, avançamos então para a análise e processamento dos vídeos fornecidos. Esta etapa é efetuada num ciclo entre a deteção de peixes nas imagens, a população de um conjunto de dados, a estimação de pseudo-anoações, e a continuação da aprendizagem do modelo com as novas informações obtidas neste ciclo. Resumindo, existem peixes que são detetados na imagem, os que apresentam uma precisão acima de um limiar são escolhidos para realimentarem o treino do modelo. Para evitar a degradação da generalização da classe do plano de fundo, o resto da imagem que não apresenta deteções é borrada.

Assim que é obtido uma relação de precisão e *recall* elevada, estas imagens são guardadas como um novo conjunto de dados. Neste conjunto de dados, já não existem nenhuma imagens originais do primeiro *dataset*, contudo, continua-se a adicionar as imagens negativas. As versões obtidas através do treino a partir do zero ou utilizando técnicas de aprendizagem de transferência, atingem ambas uma precisão superior a 92%, analisando com os dados de validação e teste. Alguns dos exemplos obtidos podem ser visualizados na Figura 25.



FIGURA 25 - EXEMPLOS DE DETEÇÃO DA CLASSE: PEIXE, EM DIFERENTES HABITATS

Avançando no algoritmo, chegamos à última etapa, antes da versão final do *dataset* local. Enquanto se processa o *dataset* necessário para treinar-se o modelo final, também se processam algumas imagens aleatórias, de vídeos que não foram utilizados durante o treino anterior, que são enviadas para um biólogo marinho. O biólogo marinho depois valida as deteções e acrescenta ou elimina os falsos positivos ou positivos falsos. A monitorização espacial ao longo do tempo é então adicionada e o modelo é reavaliado. Sem o *tracking*, obtemos uma deteção instantânea com uma precisão superior a 75% para dados não vistos durante o treino, que sobe para 90% adicionando o *tracking*.

Embora o algoritmo de *tracking* utilizado não seja compatível com os dispositivos na *Edge*, segue-se a mesma filosofia de aprendizagem auto-supervisionada em que este *tracker* irá treinar outro, mais leve em termos de processamento, para dispositivos de baixa performance.

A imagens obtidas do último modelo, são então validadas mais rapidamente pelo biólogo, que normalmente levaria entre 30 segundos e 10 minutos por imagem, e nesta etapa só tem de somente validar que as anotações automáticas se encontram todas corretas. É importante referir que o processamento de cada imagem num gpu leva 30ms. Este *dataset* final, é utilizado para o treino do modelo YOLOv4 *Tiny*, que ao conter menos parâmetros, consegue correr em tempo real nos dispositivos da *Edge*.

#### 4. INSTALAÇÃO E TESTES FUTUROS

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 e o cabo de energia e fibra ótica, de cerca de 1km de comprimento, vai ser colocado ao longo do quebra-mar até à zona da instalação da estrutura da estação subaquática, tal como é representado na Figura 21.

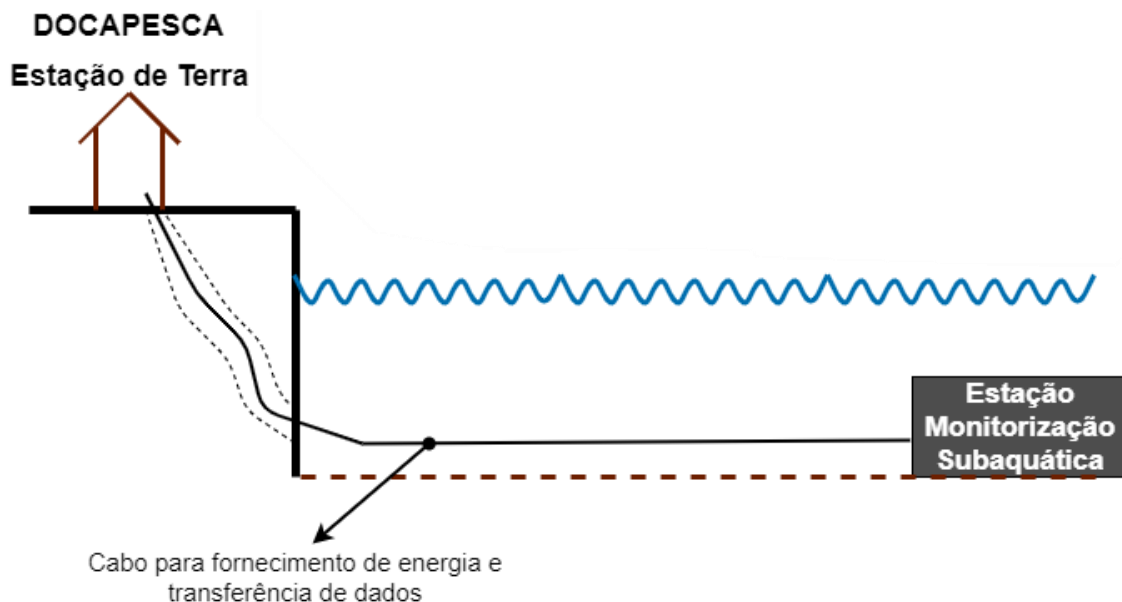


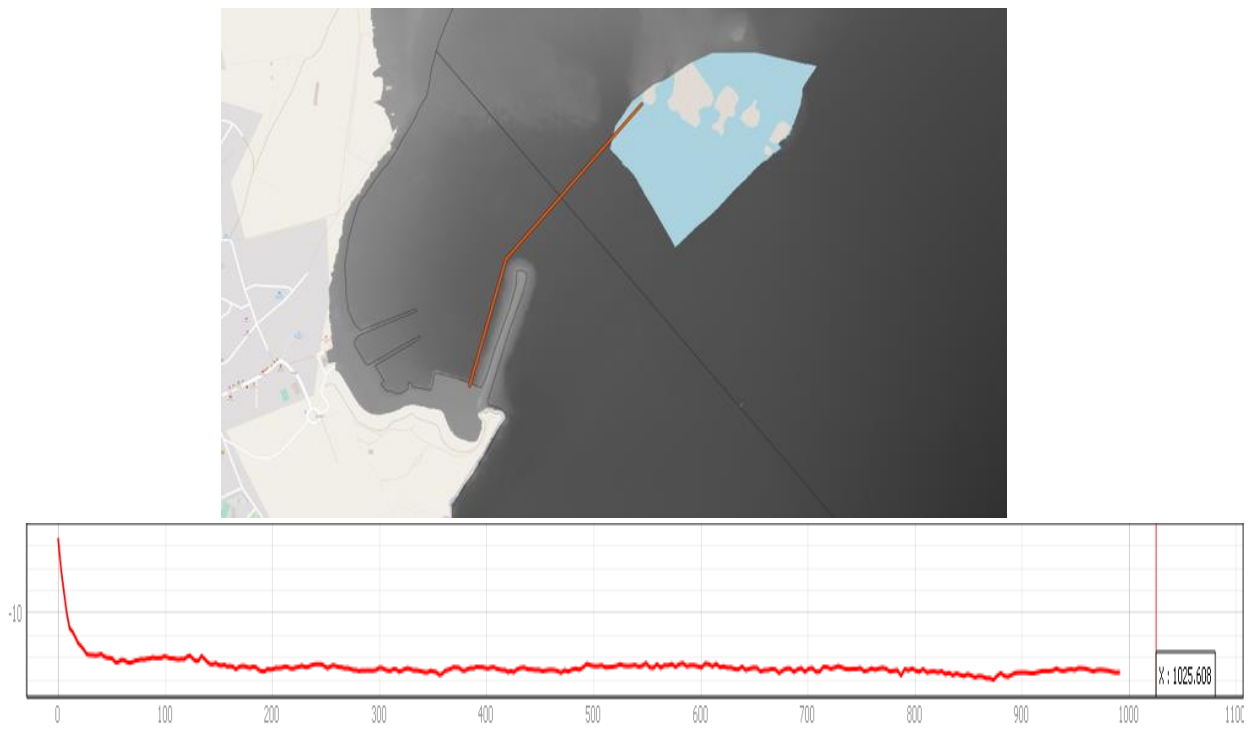
FIGURA 26 - ESBOÇO DA INSTALAÇÃO DO SISTEMA





**FIGURA 23 – FOTOS DE VISITA ÀS INSTALAÇÕES DA DOCA PESCA EM SAGRES (AO FUNDO AS ILHOTAS DO MARTINHAL).**

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 24. 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 25.



**FIGURA 24 - ESBOÇO DA COLOCAÇÃO DO CABO DA ESTAÇÃO DE TERRA À ESTAÇÃO SUBAQUÁTICA E RESPECTIVA BATIMETRIA**



**FIGURA 25 – CABO DE LIGAÇÃO DE FIBRA ÓTICA E ENERGIA**



# Interreg

## España - Portugal

Fondo Europeo de Desarrollo Regional  
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional



UNIÓN EUROPEA  
UNIÃO EUROPEIA