



# NAUFRI

2026

DEEPLAB 4

Bernardo Marques

Carolina Gaspar

Francisco Stilwell

Pedro Pissarra

Ana Ferreirinho

# Índice

---

1. Quem somos	2
2. Introdução	2
<i>Resumo</i>	
<i>Palavras-chave</i>	
Objetivos do estudo	
<i>Introdução teórica</i>	
3. Estrutura do Naufri	4
3.1. Cápsula e vedação	
<i>Cápsula</i>	
3.2. Sistemas e equilíbrio	
<i>Organização interna</i>	
<i>Cálculos de peso</i>	
<i>Sistema de lastro</i>	
<i>Sistema de motores</i>	
3.3. Eletrónica e comunicação	
3.4. Esquema	
4. Materiais e custos	7
5. Desenvolvimento e resultados	8
<i>Resultados</i>	
6. Testes realizados	9
<i>Teste 1 - Estanquidade das tampas</i>	
<i>Teste 2 - Equilíbrio e massa</i>	
<i>Teste 3 - Integração dos sistemas</i>	
7. Problemas encontrado	13
8. Desenvolvimento académico	14
9. Parcerias e comunicação	14
<i>IST – Instituto Superior Técnico</i>	
<i>ISR – Instituto de Sistemas e Robótica do IST no Tagus Parque</i>	
<i>FCUL – Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa</i>	
<i>WÜRTH</i>	
<i>Aquário Vasco da Gama</i>	
10. Proposta de evolução	15
11. Conclusão	16
12. Referências bibliográfica	17

# 1. Quem somos

---

Somos uma equipa de quatro alunos, a Deeplab4, que escolheu a disciplina de Física no 12.º ano. Estudamos no Colégio São José Ramalhão e queríamos aprender Física de uma forma mais criativa, prática e motivadora.

Inicialmente, pensámos integrar um projeto científico já existente que permitisse a construção de algum equipamento. No entanto, procurávamos um desafio maior e um projeto verdadeiramente nosso. Assim nasceu a ideia de construir um mini-submarino controlado remotamente, capaz de recolher dados sobre a água: o Naufri.

A equipa tem funções bem definidas: Carolina Gaspar é responsável pela comunicação, gestão e patrocínios, o Bernardo Marques desenvolve a programação e os sistemas, o Francisco Stilwell assegura a estrutura e design interior e Pedro Pissarra garante a locomoção.

A nossa tutora é a professora Ana Ferreirinho, que nos orienta cientificamente, acompanha o trabalho de grupo e nos ajuda a resolver os problemas que vão surgindo.

## 2. Introdução

---

### *Resumo*

A monitorização da vida marinha é vital para controlar populações, prevenir extinções atempadamente e avaliar condições da água. Isto facilita a reintrodução de espécies ameaçadas sem perturbar o seu habitat. O Naufri destaca-se na investigação por aceder a locais remotos com mínimo impacto ecológico, garantindo o estudo e posicionamento ao longo da coluna de água.

O Naufri é um mini-submarino económico, construído com materiais de fácil acesso. O submarino submerge através de um tanque de lastro, formado por uma seringa controlada por motor: quando a seringa se enche de água, o submarino desce; quando expulsa a água, o submarino sobe.

Este protótipo foi pensado para explorar locais de difícil acesso, recolher uma pequena amostra de água e medir algumas características do ambiente. O objetivo é tornar a recolha de dados mais rápida e prática, facilitando a identificação de problemas ambientais e a análise posterior em laboratório.

### *Palavras-chave*

Mini-submarino teleguiado; Wi-Fi; temperatura; pressão; câmara de filmar; tanque de lastro; robô marinho; análise da água; monitorização ambiental.

### **Objetivos do estudo**

O objetivo do estudo foi construir um mini-submarino científico de pequenas dimensões, capaz de monitorizar a vida e as condições aquáticas e de fornecer informação específica sobre o local observado.

Pretendeu-se também aumentar a consciência para as alterações climáticas e perceber melhor as condições necessárias à reintrodução de espécies em risco de extinção.

Por ser pequeno e ter mobilidade, o Naufri consegue chegar a locais de difícil acesso e perturbar menos o meio envolvente, permitindo observar espécies com menor impacto ecológico.

### *Introdução teórica*

Nos últimos anos, as alterações climáticas têm afetado de forma evidente os ambientes aquáticos, como oceanos, lagos e zonas lagunares. A análise de águas profundas continua a ser difícil, sobretudo porque muitos equipamentos precisam de ser descidos individualmente, o que aumenta o tempo e os custos.

Com este projeto, procurámos reunir vários sistemas num único veículo submersível, reduzindo deslocações repetidas e permitindo análises instantâneas, imagens em tempo real e recolha de amostras.

O submarino integra sensores de temperatura e pressão e uma câmara de vídeo. Além disso, pode recolher uma amostra de água para análises mais detalhadas, como pH, oxigénio dissolvido, salinidade, turbidez, presença de microplásticos e concentração de clorofila.

## 3. Estrutura do Naufri

---

### 3.1. Cápsula e vedação

#### *Cápsula*

A cápsula do Naufri teve de ser pequena para garantir mobilidade, mas suficientemente ampla para acomodar todos os componentes. Ao mesmo tempo, tinha de apresentar rigidez suficiente sem acrescentar massa desnecessária. Optámos por uma estrutura transparente, tanto por razões estéticas como para permitir a visualização do interior.

A cápsula tem a forma de cilindro, é feita de acrílico transparente e mede 12 cm de diâmetro por 30 cm de comprimento. As extremidades foram fechadas com tampas de acrílico herméticas.

#### *Vedação*

No primeiro teste de estanqueidade, verificámos que a água entrava pelos pequenos furos existentes na borracha de vedação. A solução encontrada foi selar esses furos com silicone MS Pool da WÜRTH.

### 3.2. Sistemas e equilíbrio

#### *Organização interna*

No interior do submarino encontram-se a seringa do tanque de lastro, a seringa de recolha da amostra, a breadboard com os sensores e ligações, a placa ESP32 para a comunicação Wi-Fi, a placa Arduino para o controlo dos motores e sensores, as baterias de alimentação e os motores responsáveis pela locomoção e pelos sistemas de recolha.

Na parte superior, o Naufri possui uma boia à superfície, ligada ao submarino por um cabo. A boia permite a comunicação com o telemóvel ou computador e mantém a antena numa posição favorável para transmissão de dados.

### *Cálculos de peso*

Para que o submarino fique em equilíbrio quando totalmente submerso, foi necessário calcular a massa e o peso adequados. Os testes mostraram que o valor inicialmente previsto era inferior ao necessário.

Após os testes de massa, concluímos que o Naufri fica em equilíbrio com cerca de 3,450 kg e começa a afundar com aproximadamente 3,500 kg. Assim, a massa desejável foi ajustada para cerca de 3,462 kg.

Para atingir este equilíbrio, foi necessário adicionar chumbo no interior do submarino.

### *Sistema de lastro*

O sistema de lastro é constituído por uma seringa de 50 mL, ligada a barras dentadas LEGO e a um motor LEGO. Quando o motor roda num sentido, a seringa enche-se de água e o submarino desce. Quando roda no sentido contrário, a seringa esvazia e o submarino sobe.

Este mecanismo pode ser controlado através do telemóvel, permitindo ajustar a profundidade do submarino com maior precisão.

### *Sistema de motores*

O Naufri possui quatro motores. Dois motores LEGO são responsáveis pelo tanque de lastro e pela propulsão principal. Os outros motores asseguram a recolha da amostra de água e a mudança de direção.

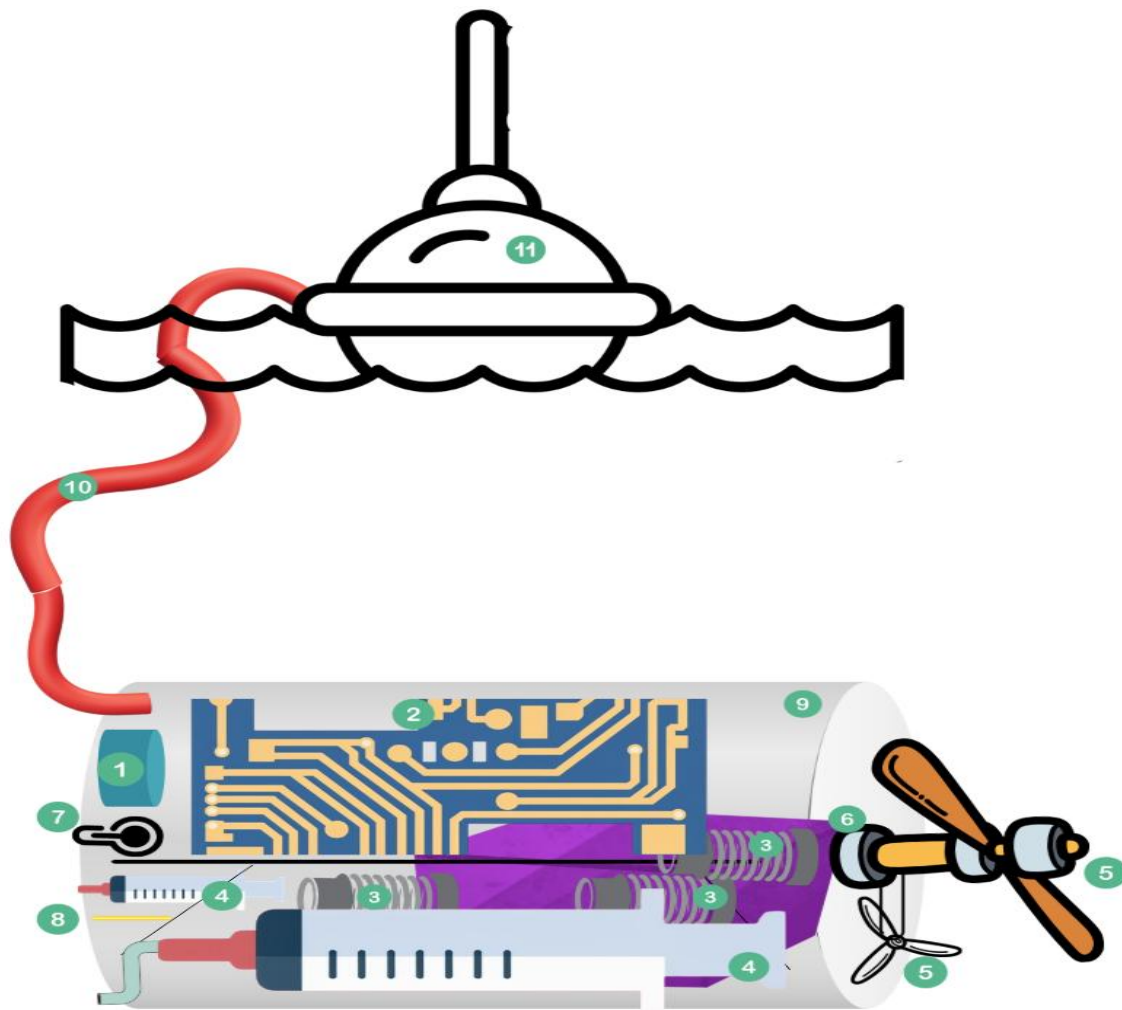
Este conjunto foi pensado para garantir deslocação, controlo de profundidade e recolha de amostras de forma integrada.

### *3.3 Eletrónica e comunicação*

O sistema de medição integra sensores de temperatura e pressão, bem como uma câmara que permite obter imagem em direto. A informação recolhida é enviada para o computador ou telemóvel através da ligação por cabo.

A gestão elétrica do sistema foi organizada com componentes compatíveis entre si, de modo a reduzir o espaço ocupado no interior do submarino e a simplificar a montagem.

### 3.4 Esquema



Legenda:

1. Câmara
2. Breadboard e componentes eletrônicos de ligação
3. Motores
4. Seringa de recolha de amostra
5. Hélice de movimento
6. Ímãs
7. Sensor de temperatura
8. Lâmpada
9. Corpo do Submarino
10. Cabo de ligação com a boia e ligação com sensor de pressão
11. Boia de comunicação com a base

## 4. Materiais e custos

---

O protótipo foi desenvolvido com um orçamento reduzido. Alguns materiais foram adquiridos pela equipa e outros foram patrocinados ou cedidos por parceiros.

Material	Custo
Tubo de acrílico (12 cm diâmetro x 30 cm comprimento)	14,83€
Sensor de pressão	3,34€
Arduino UNO	4,26€
Seed XIAO ESP32S3 (câmara)	15,22€
Fios jumpers	4,36€
Bateria da lego	27€
Tampas	5,49€
2 pilhas varta 9v	4,00€
Motor driver (x2)	2,68€
Módulo de barra de LED	1,20€
Manga termica	1,37€
Ímanes de neodímio	1,21€
legos	6,35€
2 roldanas LEGO	0,76€
Motor dc	2,35€
Power bank	7,00€
2 motores LEGO (L-motor)	7,30€
Filamento para impressora 3D	2€
5 cabos de extensão LEGO	9,25€
Cabo belden 5metros (8 subfios) <b>(1)</b>	10,00€
Silicone MS Pool da WÜRTH <b>(2)</b>	22,95€
Módulos MAX485 (2x)	1,80€
Sensor de temperatura (NTC DS18B20)	0,80€
2 seringas	2,00€
Envio para portugal	15€

Custo total 157,52€.

Alguns materiais foram patrocinados, o que reduziu o custo efetivo do protótipo.

(1) Patrocinado pelo Instituto de Sistemas e Robótica do IST Taguspark.

(2) Patrocinado pela WÜRTH.

## 5. Desenvolvimento e resultados

---

O projeto consistiu na construção e controlo de um mini-submarino teleguiado, através de uma aplicação desenvolvida para o efeito, num telemóvel ou computador, via Wi-Fi.

O Naufri foi pensado para adquirir dados sobre as propriedades da água, monitorizar espécies biológicas e recolher medições relevantes do local. Além da deslocação em várias direções, o protótipo recolhe imagens e uma pequena amostra de água, que pode ser analisada posteriormente em laboratório.

Essa análise fora de água pode fornecer dados mais precisos, como salinidade, pH, presença de microplásticos e concentração de oxigénio.

### *Resultados*

Os testes realizados mostraram que o sistema de medição consegue recolher dados de temperatura e enviá-los para o computador. Não chegámos a colocar a comunicação na boia (fizemos direto para o computador). Mas este passo será de simples execução basta colocar na boia o emissor para posteriormente comunicar via wi-fi para o computador ou telemóvel.

O sensor de temperatura foi colocado fora do corpo principal do submarino, para medir corretamente a temperatura do meio envolvente.

A câmara instalada na proa permitiu obter imagem em direto no computador, o que pode ajudou a observar o ambiente à frente do submarino e a estudar fundos e espécies presentes no local.

## 6. Testes realizados

---

### *Teste 1 - Estanquidade das tampas*

No primeiro teste, verificámos que o submarino apresentava entrada de água pelos furos da vedação das tampas. Depois desse ensaio, aplicámos silicone e reforçámos a selagem para melhorar a estanquidade.



*Figura 1 - Teste 1: verificação da estanquidade.*

### *Teste 2 - Equilíbrio e massa*

No segundo teste, colocámos o Naufri no aquário de testes para verificar a massa necessária para atingir o equilíbrio. Este ensaio confirmou que o submarino precisava de mais massa do que a inicialmente prevista.

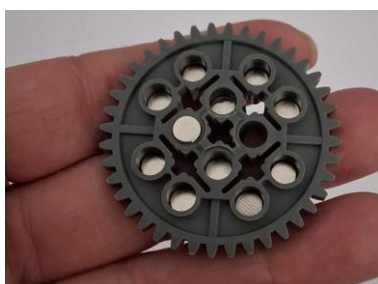
Foi neste teste que se concluiu que a massa equilibrada rondava 3,450 kg e que o submarino afundava com cerca de 3,500 kg.



*Figura 2 - Teste 2: ensaio de equilíbrio de massa.*

### *Teste 3 – funcionalidade dos sistemas fora do Naufri*

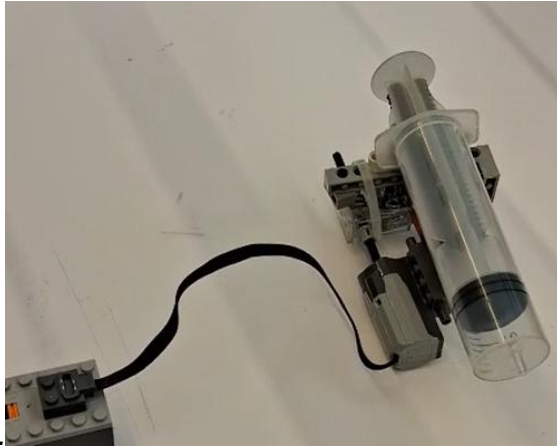
O terceiro teste teve várias etapas todos os sistemas foram testados de forma independente e posteriormente em simultâneo. De modo a avaliar e ajustar funcionamento conjunto dos sistemas de medição e comunicação. Este ensaio permitiu verificar que tudo estava a funcionar.



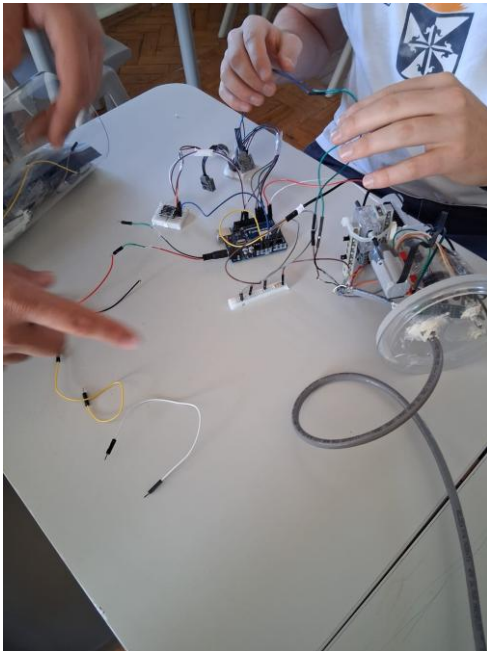
*Figura 3 - Teste 3: verificação do acoplamento das duas partes interna ligada ao motor e externa ligada às hélices, verificámos que era necessário mais ímans para garantir a estabilidade das peças.*



*Figura 4 - Teste 3: verificação das hélices, foi necessário trocar a hélice de propulsão dianteira por uma mais leve.*



*Figura 5 - Teste 3: verificação do movimento das seringas, uma delas tinha muita resistência e teve de ser trocada.*



*Figura 6 - Teste 3: verificação das medições, como se pode ver pelo computador está a obter valores e imagem.*

#### Teste 4 - Integração dos sistemas

No terceiro teste, foi avaliado o funcionamento conjunto dos sistemas de propulsão, lastro, medição e comunicação. Este ensaio permitiu identificar os ajustes necessários para uma integração mais estável dos componentes.

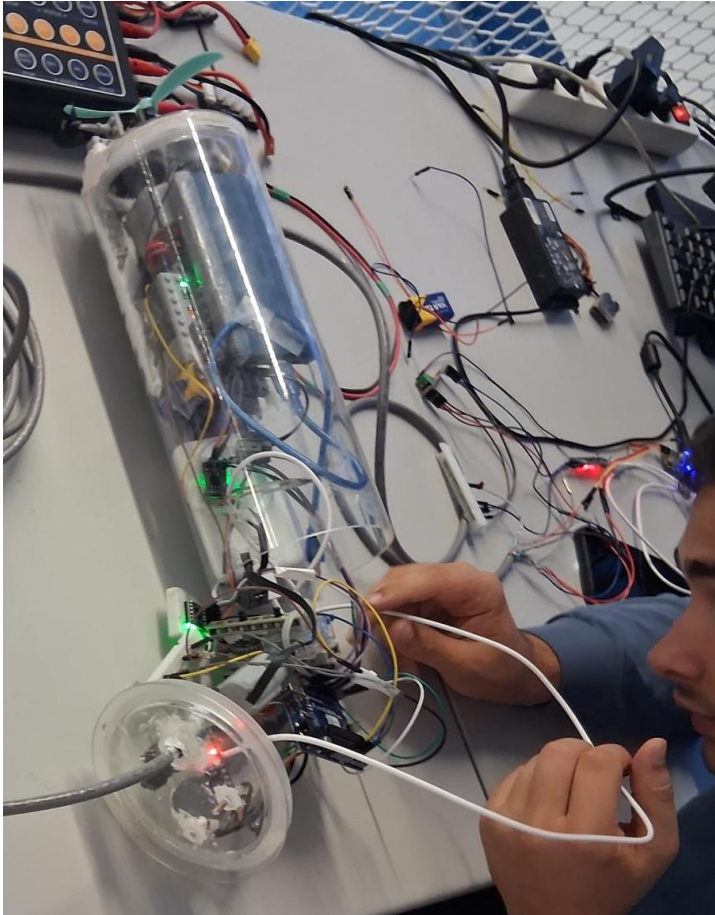


Figura 7 - Teste 4: integração final dos sistemas.

## 7. Problemas encontrados

---

Durante o desenvolvimento do Naufri surgiram vários desafios. Um dos principais foi encontrar um componente com o peso desejado e que ocupasse pouco volume.

Inicialmente, usamos powerbanks para alimentar os sistemas, mas tivemos de alterar essa solução devido à falta de espaço no interior do submarino. Os ímãs iniciais não tinham força suficiente para manter a estabilidade entre as partes internas

e externas. A primeira hélice era muito pesadas e teve de ser alterada para uma mais leve.

A seringa do lastro revelou demasiada resistência e teve de ser substituída. Também surgiram problemas com o ESP32 e com a câmara, que acabaram por ser trocados.

Por duas vezes tivemos problemas técnicos com os equipamentos, que exigiu a sua substituição, primeiro com o ESP32 e depois com a câmara, o que impossibilitou fazermos tudo o que tínhamos planeado.

## 8. Desenvolvimento académico

---

Este projeto contribuiu muito para o crescimento de cada elemento da equipa, tanto a nível pessoal como relacional, académico e científico.

Ao longo do trabalho, aprendemos conceitos de Física, como dinâmica, hidrostática, hidrodinâmica, circuitos elétricos e mecânica. Também desenvolvemos competências em programação Arduino, criação de aplicações, desenho de peças em AutoCAD e produção de peças na impressora 3D.

Além disso, tivemos contacto com alunos e investigadores de universidades, o que enriqueceu ainda mais a experiência.

Foi ainda um grande treino para a nossa resiliência e persistência.

## 9. Parcerias e comunicação

---

Ao longo do projeto, contactámos várias instituições e empresas que nos ajudaram tecnicamente, com conselhos e, nalguns casos, com materiais.

### *IST – Instituto Superior Técnico*

O Instituto Superior Técnico disponibilizou-nos o contacto com o departamento de mecânica e com o núcleo Técnico Solar Boat, o que nos ajudou nas primeiras dúvidas, sobretudo na distribuição de pesos.

### *ISR – Instituto de Sistemas e Robótica do IST no Tagus Parque*

Com o Sistemas e Robótica do Instituto Superior do Técnico no Tagus Park, tivemos a possibilidade de visitar as instalações, observar vários outros submarinos e projetos nesta área. Deram-nos algumas ideias e agradecemos a este Instituto nos ter fornecido o cabo de comunicação.

### *FCUL – Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa*

Na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, participámos num workshop de Arduino, que nos permitiu aprofundar conhecimentos de programação.

### *WÜRTH*

A empresa WÜRTH disponibilizou a sua oficina, ferramentas, materiais e apoio técnico, pelo que deixamos o nosso agradecimento. Nomeadamente ofereceram-nos o silicone utilizado.

### *Aquário Vasco da Gama*

Também contactámos o Aquário Vasco da Gama, que mostrou disponibilidade para testar o Naufri nos seus tanques, com ou sem animais. Infelizmente, não tivemos tempo para realizar esse teste nas suas instalações.

A divulgação do projeto foi feita nas redes sociais do colégio, em apresentações internas, no Open Day e através de flyers e vídeos exibidos na escola.

## **10. Proposta de evolução**

---

Visto que o protótipo se mostrou funcional, gostaríamos de colocar a boia em funcionamento que não foi possível por constrangimentos de tempo. Poderíamos evoluir o projeto para uma rede de vários submarinos e, no futuro, torná-los mais

autónomos, por exemplo através de fontes de energia renovável, como painéis solares.

Dependendo da aplicação, o Naufri poderá ser adaptado a diferentes objetivos. Para estudos biofísicos, seria útil integrar sensores CTD (condutividade, temperatura e profundidade), turbidez e luz, bem como um sistema de registo contínuo de dados.

Para investigação em biologia marinha, o foco poderá ser a observação e a recolha de amostras. Nesse caso, faria sentido incluir uma câmara de melhor qualidade, iluminação ajustável, fluorímetro, e uma sonda multiparamétrica com medições de oxigénio dissolvido e pH.

Se o objetivo for estudar a dinâmica da água, um ADCP compacto poderia permitir medir correntes em diferentes profundidades.

## 11. Conclusão

---

Tivemos vários problemas na execução, nomeadamente não conseguimos colocar a boia com o ESP-32, por constrangimentos de tempo, ainda assim o projeto Naufri mostra que é possível desenvolver soluções tecnológicas acessíveis para a monitorização ambiental.

Além do valor científico, o projeto teve um forte impacto educativo, promovendo a aprendizagem prática, o trabalho em equipa e a ligação entre a escola e instituições externas.

Este trabalho constitui uma base sólida para futuras melhorias e para possíveis aplicações reais na investigação marinha.

## 12. Referências bibliográficas

---

Arduino Documentation. (s.d.). Getting Started with Arduino UNO R3. Arduino Docs.

Arduino Documentation. (s.d.). Arduino Docs: Learn and hardware guides. Arduino Docs.

Espressif Systems. (s.d.). Get Started - ESP32. ESP-IDF Programming Guide.

Espressif Systems. (s.d.). ESP32 Wi-Fi API Reference. ESP-IDF Programming Guide.

Analog Devices. (s.d.). DS18B20: Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer. Datasheet.

TE Connectivity. (s.d.). Pressure Sensors catalog / product documentation.

Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2014). Fundamentos de Física. LTC.

Tipler, P. A., & Mosca, G. (2009). Física para Cientistas e Engenheiros. LTC.