



GRUPO RIBADOURO



CONCURSO NACIONAL  
**JOVENS CIENTISTAS 2025**  
33.ª EDIÇÃO



RIBADOURO

**PROJETO GUARDA-RIOS**

Carolina A. Pinto

Duarte S. Brito

Tomás M. S. C. C. Lopes

Professora: Elsa C.S. Oliveira

**Concurso Nacional para Jovens Cientistas e Investigadores**

Porto, Portugal

2025

## Sumário

O Projeto *Guarda-Rios* tem como objetivo criar uma rede de monitorização da qualidade da água de rios. Este projeto centra-se na implementação de um sistema modular com sensores que avaliam parâmetros físico-químicos, com o intuito de localizar geograficamente, em tempo útil, possíveis focos de poluição em rios, contribuindo para a futura eliminação dessas mesmas fontes, evitando a contaminação de afluentes de água doce. Este sistema modular apresenta baixo custo, é energeticamente independente e disponibiliza dados em tempo real, acessíveis a qualquer utilizador através de uma plataforma *online*.

Os sistemas principais – gestão de energia, recolha e processamento de dados, e transmissão e visualização de dados – encontram-se já desenhados e amplamente implementados em ambiente de desenvolvimento. Estes permitem a aquisição contínua de dados ambientais, o seu tratamento local e a publicação automática em servidores *web*, utilizando ferramentas como InfluxDB e Grafana para consulta pública. Paralelamente o projeto está a ser cuidadosamente documentado, com todos os componentes de *software* e *hardware* disponibilizados de forma aberta à comunidade, promovendo a sua fácil replicação por outras escolas, investigadores ou cidadãos interessados.

O propósito final deste projeto centra-se no seu carácter *open source* e *low-cost*, uma vez que ambiciona a criação de uma rede nacional de monitorização de rios, fomentando a partilha e colaboração com a comunidade, numa perspetiva de ciência cidadã e valorização do conhecimento ambiental.

**Palavras-chave:** Qualidade da água; Sensorização ambiental; Tecnologia *open source*; Soluções *low-cost*; ciência cidadã

## Abstract

The *Guarda-Rios* Project aims to create a network for monitoring the quality of river water. This project focuses on the implementation of a modular system equipped with sensors that measure physicochemical parameters, with the goal of geographically identifying, in a timely manner, potential sources of river pollution. This contributes to the future elimination of such sources, helping prevent the contamination of freshwater tributaries. The modular system is *low-cost*, *energy-independent*, and provides real-time data accessible to any user through an online platform.

The main systems — energy management, data collection and processing, and data transmission and visualization — have already been designed and are largely implemented in a development environment. These systems enable continuous environmental data acquisition, local processing, and automatic publication to web servers using tools such as InfluxDB and Grafana for public consultation. In parallel, the project is being thoroughly documented, with all software and hardware components made openly available to the community, promoting easy replication by other schools, researchers, or interested citizens.

The ultimate goal of the project lies in its open-source and low-cost nature, aiming to establish a national river monitoring network that fosters sharing and collaboration with the community, within a framework of citizen science and the enhancement of environmental knowledge.

**Keywords:** *Water Quality; Environmental Sensing; open-source technology; low-cost solutions; citizen science*

## 1. Introdução

O Projeto *Guarda-Rios* tem como missão principal promover a consciencialização da importância da preservação da água, reconhecendo-a como recurso natural vital. Este projeto visa também promover uma educação sobre conservação dos ecossistemas que estão direta ou indiretamente associados a este recurso, destacando-se a interdependência entre os diversos subsistemas que constituem o ambiente natural.

Pretende-se que a ciência cidadã seja uma ferramenta central deste projeto, envolvendo comunidades escolares e não escolares e instituições locais na implementação de ações que promovam a sustentabilidade ambiental, fazendo com que todos assumam um compromisso na promoção de um

desenvolvimento sustentável através da participação em ações que contribuam para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), definidos pela Organização das Nações Unidas (ONU).

A principal linha de ação deste projeto consiste em criar uma rede de monitorização da qualidade de massas de água doce através da implementação de sistemas modulares que permitam identificar geograficamente possíveis focos de poluição, possibilitando a implementação imediata de ações que contribuam para minimizar ou solucionar problemas ambientais. Os sistemas modulares de sensorização irão avaliar a qualidade da água através da medição, em tempo real, de alguns parâmetros físico-químicos, que serão transmitidos continuamente e disponibilizados na *web*. De forma a realizar uma abordagem ecológica mais integrada e multidisciplinar, os valores associados aos parâmetros físico-químicos serão complementados com outras fontes de informação.

O espírito *open source* é também um significativo elemento diferenciador deste projeto, pretendendo-se disponibilizar na *web* todos os procedimentos associados à sua implementação, além dos dados informativos recolhidos, após sua validação. Trata-se de fazer com que o conhecimento seja uma ferramenta acessível a todos. O nosso objetivo consiste também em fazer com que o custo monetário associado a cada módulo de monitorização seja o mais baixo possível, associado a um baixo consumo energético, contribuindo para a disseminação deste projeto. O desenvolvimento deste projeto encontra-se centrado na realização de um trabalho colaborativo e cooperativo.

A componente de investigação em sensorização ambiental assume um papel fundamental no desenvolvimento do Projeto Guarda-Rios, permitindo a conceção e otimização de sistemas de monitorização acessíveis, eficientes e adaptáveis a diferentes contextos. Os sensores são dispositivos físicos cujos dados obtidos podem ser usados em processos de raciocínio sobre o ambiente, sendo o primeiro passo para analisar o estado do ambiente - a fusão sensorial, neste contexto, é um processo de integração de mais do que um sensor (Rosa, 2013), propósito deste projeto uma vez que o meio ambiente é um sistema dinâmico que se transforma e adapta na tentativa de manter o seu equilíbrio, sendo necessário analisar a diversidade dos seus componentes, que se encontram em constante interação. O crescimento populacional, sobretudo nas zonas urbanas, tem criado uma pressão acrescida sobre os ecossistemas motivo pelo qual tem ocorrido uma aposta do desenvolvimento de *smart cities* (cidades inteligentes) que permitam uma gestão sustentável dos recursos e a qualidade de vida de quem nelas habita (Vasconcelos, 2021), o que demonstra a pertinência do nosso projeto que se centra na criação de um sistema inteligente capaz de monitorizar o estado ambiental da qualidade de massas de água doce.

Por fim, salientamos como vantagens do nosso projeto o facto de permitir um aumento significativo da quantidade de dados recolhidos, em tempo real, reduzindo os custos que possam estar associados à mão-de-obra e deslocações associadas a uma recolha sistemática de amostras. A monitorização contínua de alguns dos parâmetros físicos e químicos da água permite substituir a amostragem tradicional por tempos pré-determinados, por uma amostragem desencadeada pela evolução dos parâmetros monitorizados, ocorrendo também uma redução do consumo de tempo dedicado a este processo (Carvalho, 2021).

## **2. Material e Metodologia**

### **2.1 Materiais**

#### **Microcontrolador ESP32**

O ESP32 (figura 1) é um microcontrolador que nos permite controlar toda a estação. Através da sua porta USB-C podemos programar o microcontrolador para realizar as tarefas que necessitamos, atuando como uma unidade central de processamento, gere a recolha de dados dos sensores, realiza o processamento da informação e a sua comunicação via o módulo LoRa. Tem grande velocidade de processamento, apresenta uma memória superior a microcontroladores alternativos (como a plataforma arduino) e um baixo consumo energético. Apresenta conectividade *WiFi* e *Bluetooth*, mais pins disponíveis (digitais e analógicos) para estabelecer ligações a antenas e sensores e é *low-cost*.

### Fonte de alimentação

Esta fonte de alimentação (figura 2) inclui um adaptador para 2 baterias de lítio (tipo 18650) recarregáveis. Este módulo fornece saídas de tensão regulada e controla a carga e descarga de baterias, a finalidade é distribuir energia proveniente do painel solar para os componentes do circuito, possibilitando a operação da estação mesmo durante a noite.

### Ebyte LoRa E32

O Ebyte E32 (figura 3) é um módulo de comunicação que permite a ligação a uma antena de rádio e a transmissão de dados através do protocolo LoRa (Long Range). Este sistema possibilita o envio de informação por ondas de rádio a longas distâncias, com baixo consumo energético, tornando-o ideal para aplicações em ambientes exteriores e dispersos. Os dados recolhidos pelos sensores são transmitidos para um centro de dados local, onde serão posteriormente encaminhados para um servidor online. Será utilizado um *Raspberry Pi* como ponto de ingestão e retransmissão de dados para a *Internet*, funcionando como *gateway* do sistema.

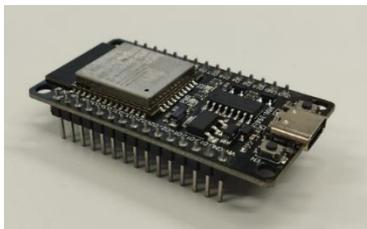


Figura 1

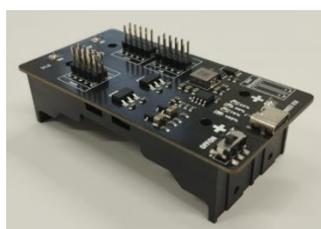


Figura 2



Figura 3

### Antena 915MHz

A antena (figura 4) utilizada é compatível com o módulo Ebyte LoRa E32 e permite a transmissão de dados na frequência de 915 MHz, uma das bandas utilizadas pelo sistema LoRa. Esta frequência garante um bom equilíbrio entre alcance e fiabilidade da comunicação, sendo adequada para cenários de monitorização ambiental. A utilização desta antena permite estabelecer uma ligação eficaz entre o módulo de sensorização e o servidor, de forma económica e energeticamente eficiente.

### Limit Switch (interruptor de fim de curso)

O interruptor de fim de curso (figura 5) é ativado sempre que ocorre a abertura da caixa da estação. Esta funcionalidade permite detetar possíveis acessos não autorizados, enviando um sinal de alerta. A implementação deste sistema contribui para a segurança física do equipamento, prevenindo eventuais atos de vandalismo e facilitando a monitorização do estado do dispositivo no terreno.

### Sensor de turbidez

O sensor de turbidez (figura 6) utiliza radiação infravermelha para detetar partículas em suspensão na água, avaliando assim o grau de turbidez ou opacidade do fluido. Este parâmetro é um indicador importante da qualidade da água, uma vez que níveis elevados de turbidez podem estar associados à presença de poluentes ou matéria orgânica em decomposição.



Figura 4



Figura 5



Figura 6

### Sensor de Temperatura

A temperatura da água (figura 7) é um fator determinante para o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos e para a qualidade da água. O sensor de temperatura utilizado altera a corrente elétrica em função da temperatura ambiente, permitindo assim determinar com precisão a temperatura da água. Este parâmetro influencia diretamente a solubilidade do oxigênio, o metabolismo dos organismos aquáticos e a velocidade de certas reações químicas.

### Sensor TDS (*Total Dissolved Solids*)

O sensor TDS (figura 8) mede a quantidade de sólidos dissolvidos na água, através da análise da sua condutividade elétrica. Diferentes concentrações de sólidos dissolvidos resultam em variações na condutividade, permitindo assim inferir o nível de pureza ou contaminação da água. Este parâmetro é fundamental para avaliar a presença de sais, minerais ou outros compostos que influenciam diretamente a qualidade da água.

### Sensor de pH

O sensor de pH (figura 9) mede a acidez ou alcalinidade da água, sendo um parâmetro essencial para a avaliação da sua qualidade e do equilíbrio dos ecossistemas aquáticos. Através deste sensor, é possível monitorizar as variações do pH ao longo do tempo, permitindo detetar alterações que possam indicar poluição ou desequilíbrios ambientais. Em conjunto com os restantes parâmetros medidos, contribui para uma análise abrangente do estado dos rios.



Figura 7



Figura 8



Figura 9

### ADC (Conversor Analógico-Digital)

Os sensores utilizados fornecem sinais analógicos, ou seja, sinais contínuos que variam de forma suave ao longo do tempo. No entanto, os microcontroladores interpretam melhor sinais digitais, que representam informação de forma binária (ligado = 1; desligado = 0). O conversor analógico-digital (figura 10) permite transformar os sinais analógicos em sinais digitais, possibilitando uma leitura mais precisa e fiável dos dados recolhidos pelos sensores.

### Keystone Ethernet

Com o objetivo de manter a caixa do módulo bem isolada e protegida contra humidade, foi utilizada uma ligação Keystone Ethernet (figura 11) para conectar o cabo Ethernet entre o interior da caixa e a rede de sensores. Esta solução evita a criação de aberturas desnecessárias na estrutura da caixa, reduzindo o risco de infiltrações de água e aumentando a durabilidade dos componentes internos.

### Adaptador USB-C

O adaptador USB-C (figura 12) permite converter uma porta USB-C convencional, isolando apenas os fios responsáveis pela transferência de energia. Esta abordagem garante uma ligação estável à fonte de alimentação, mantendo a simplicidade e fiabilidade do circuito.

### Painel Solar fotovoltaico

O painel solar (figura 13) converte radiação solar em energia elétrica, que é armazenada na fonte de alimentação com baterias recarregáveis. Desta forma, o sistema torna-se autossuficiente em termos energéticos, eliminando a necessidade de fontes externas de alimentação. Esta solução contribui para a sustentabilidade ambiental do projeto e permite a sua instalação em locais remotos sem acesso à rede elétrica.



Figura 10



Figura 11

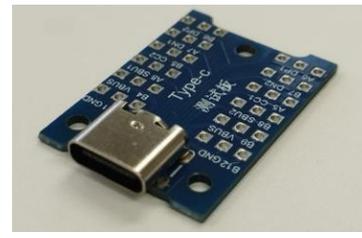


Figura 12

### Jumper wires

Os jumper wires (figura 14) são utilizados para estabelecer as ligações entre a fonte de alimentação e o circuito principal. Estes cabos permitem distribuir a energia elétrica de forma eficiente entre os componentes do sistema, garantindo o seu funcionamento contínuo.

### Fio Ethernet Cat6

Para garantir uma transmissão de dados fiável entre os sensores e o sistema de processamento, foi utilizado um cabo Ethernet Cat6 (figura 15). Este tipo de cabo permite transferência de dados de alta velocidade e reduz a perda de sinal. A utilização do Cat6 assegura uma ligação robusta entre o interior da caixa e os restantes sistemas do módulo, contribuindo para a estabilidade global da comunicação.



Figura 13

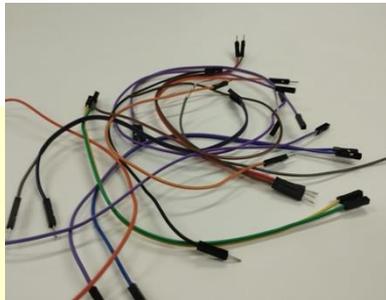


Figura 14

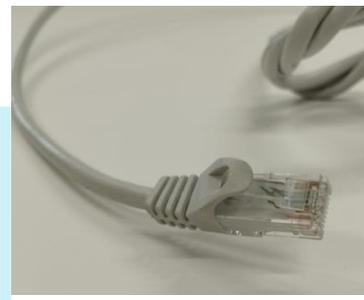


Figura 15

### PCB (Placa de circuito impresso)

Com o objetivo de reduzir o espaço ocupado e minimizar os custos, foi desenvolvida uma Placa de Circuito Impresso (PCB) (figura 16) que integra o microcontrolador ESP32, o módulo LoRa e o conversor ADC. Esta integração permite uma montagem mais compacta, eficiente e fiável. A PCB inclui ainda diversos conectores que facilitam a comunicação com os sensores externos, simplificando o processo de montagem e manutenção do sistema.

### Raspberry Pi 4B

O Raspberry Pi 4B (figura 17) é um computador de placa única utilizado como *gateway* do sistema, responsável pelo processamento dos dados recebidos via LoRa e pelo seu envio para o servidor central. Este equipamento, compacto e eficiente, corre *software open source* que integra a estação na infraestrutura de recolha e visualização de dados em tempo real.



Figura 16



Figura 17

- **Heated Insert:** Rosca metálica utilizada para fixar componentes em estruturas plásticas, garantindo resistência mecânica e durabilidade.
- **Parafusos M3 e M4:** Parafusos de diferentes dimensões utilizados na fixação de componentes no interior e exterior do módulo.
- **Impressora 3D (Bambu Lab P1S):** Equipamento utilizado para produzir as peças físicas do projeto, a partir de modelos 3D desenvolvidos em software CAD (fusion 360).
- **Filamento ASA:** Tipo de filamento plástico utilizado na impressão 3D, escolhido pela sua elevada resistência a condições climáticas adversas e exposição a raios UV, ideal para utilização no exterior.

## 2.2 Metodologia

A principal linha de ação consiste no desenvolvimento e implementação de estações de medição da qualidade da água dos rios, com base num modelo de desenvolvimento *open-source*. Estas estações foram projetadas para utilizar componentes de baixo custo, facilmente adquiríveis *online*, e para serem modulares, permitindo a sua expansão ou personalização consoante diferentes cenários de monitorização, através da integração de sensores adicionais.

A recolha dos dados será efetuada de forma contínua, com uma frequência de uma medição por minuto e por sensor. Os dados recolhidos são agregados localmente e transmitidos a cada 10 minutos, correspondendo a um pacote de 10 valores por sensor por cada envio. Esta abordagem permite a monitorização em tempo real dos parâmetros da água, ao mesmo tempo otimizar o consumo energético do sistema. Este modelo de funcionamento contínuo possibilita também a implementação de um sistema de alerta automático, que poderá ser acionado sempre que forem detetados valores fora dos intervalos compatíveis com uma boa qualidade da água.

### Leitura de sinais analógicos – Sensores

Para recolhermos os dados acerca da qualidade da água utilizamos sensores analógicos: TDS (*Total Dissolved Salts*), pH, Turbidez e temperatura. No processador ESP32 existem entradas para sinais analógicos (ADC - *Analog to Digital Converter*), já mais avançadas do que os existentes no Arduino, no entanto, entendemos que é importante obter o maior detalhe possível (dentro das limitações de um sistema *low-cost*), permitindo assim sinalizar mais eventos. Integramos o conversor de sinais analógicos ADS1115 na nossa estação, de forma a conseguirmos ter uma maior resolução na leitura destes sensores.

ADC	Resolução	Número de valores possíveis
Arduino ADC	10 bits	1024
ESP32 ADC	12 bits	4096
ADS1115 ADC	16 bits	65536

Tabela 1

Como podemos observar na tabela 1, com a utilização do ADS1115 obtemos uma resolução 64x superior relativamente ao Arduino e 16x superior relativamente ao ESP32.

Para além desta vantagem, resolvemos outra questão de uma forma elegante, os sensores analógicos *low cost* funcionam normalmente a 5 volts, mas o ESP32 utiliza 3.3 volts, com a utilização deste componente conseguimos ler estes sensores corretamente, transmitindo os resultados das medições por I2C para o ESP32.

### Fonte de Alimentação - Sistema de gestão de energia

Durante o processo de prototipagem, identificámos um conjunto de requisitos essenciais para a fonte de alimentação da estação. Esta deveria disponibilizar tensões de 5V e 3,3V, permitir a alimentação por baterias recarregáveis, possibilitar o carregamento dessas baterias através de um painel solar, e incluir uma interface

USB-C. Optámos por utilizar uma fonte de alimentação *low-cost*, amplamente disponível no mercado, que satisfaz todos os requisitos definidos. A sua integração direta no projeto revelou-se vantajosa, evitando a necessidade de replicar as suas funcionalidades na nossa Placa de Circuito Impresso (PCB), o que acrescentaria complexidade e custos desnecessários.

Esta fonte de alimentação inclui um adaptador para duas baterias de lítio tipo 18650, com uma capacidade de 3000 mAh cada (total aproximado de 6000 mAh). As baterias são carregadas por um painel solar com saída USB-C, permitindo a operação autónoma da estação em ambientes exteriores.

Os testes realizados demonstraram uma produção energética de cerca de 500 mA a 5V em condições de exposição solar direta. Considerando que o consumo médio do sistema é inferior a 100 mA, a Estação Guarda-Rios alcança uma autonomia superior a dois dias mesmo sem exposição solar, garantindo fiabilidade energética em situações adversas.

### Prototipagem iterativa – componentes da estação Guarda-Rios

A caixa da Estação Guarda-Rios e o módulo de alojamento dos sensores foram desenhados em *Fusion 360*, com uma abordagem de desenvolvimento iterativo. Ao longo das várias versões que imprimimos, fomos ajustando o design com base no que íamos aprendendo: como garantir melhor estanquicidade, como facilitar a passagem de cabos do exterior para o interior, ou como tornar a manutenção mais simples. Essas melhorias foram sendo integradas naturalmente, resultando numa estrutura mais compacta, fácil de montar e robusta, preparada para funcionar em exterior sem comprometer a acessibilidade dos componentes.

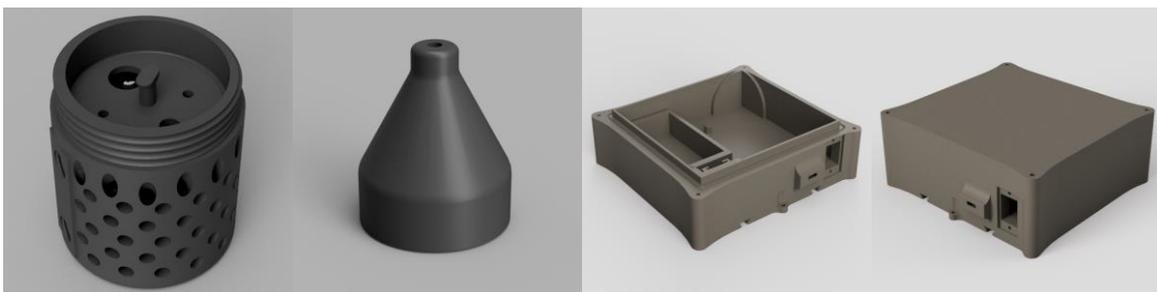


Figura 18. Versão mais recente da caixa do protótipo e módulo de acomodação dos sensores.

### Placa de circuito impresso (PCB)

Após montarmos, mapearmos e testarmos todo o sistema com os componentes discretos avançamos para o desenho da placa de circuito impresso. Integramos o ESP32, ADC 1115 com quatro entradas analógicas e o *transceiver* LORA EBYTE E220 na nossa PCI, sendo ainda possível utilizar mais entradas do ESP32 para sensores adicionais pois estes *pins* estão expostos. O desenho foi realizado em *KiCad*, um programa também *open-source*.

Todos os ficheiros necessários para a produção ou alteração destas placas estão disponíveis no nosso **GitHub**: [https://github.com/Projeto-Guarda-Rios/Prototipo-Receiver\\_Transmitter](https://github.com/Projeto-Guarda-Rios/Prototipo-Receiver_Transmitter)

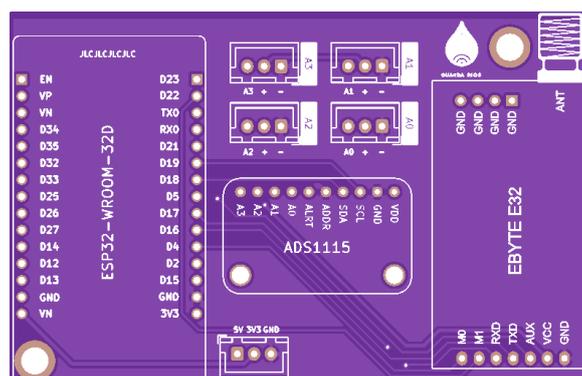


Figura 19. Placa de Circuito Impresso.

Este circuito integra vários sensores e módulos que, em conjunto, formam um sistema funcional de monitorização ambiental com capacidade de comunicação de dados. O seu núcleo é o microcontrolador ESP32, que gere as medições e a comunicação com o exterior. Está ligado a um módulo LoRa EBYTE E220, responsável pela comunicação de longo alcance, e a um ADS1115, que permite leituras analógicas com maior precisão. Estão ainda conectados vários sensores, incluindo um sensor de TDS, um sensor de turbidez, um sensor de pH e um sensor de temperatura. Todo o sistema é alimentado por um painel solar, ligado a um módulo de gestão de energia que regula as tensões e controla a carga e descarga das baterias de lítio, assegurando o funcionamento autónomo do dispositivo.

### Detalhes das Ligações

**ESP32 (30 pinos):** Vin ligado à Fonte de Alimentação 5V; GND ligado à Fonte de Alimentação GND; RX2 ligado ao EBYTE LoRa E220 TXD; TX2 ligado ao EBYTE LoRa E220 RXD; D4 ligado ao EBYTE LoRa E220 M0; D22 ligado ao EBYTE LoRa E220 M1; D21 ligado ao EBYTE LoRa E220 AUX; 3V3 ligado ao EBYTE LoRa E220 VCC; D19 (SCL) ligado ao ADS1115 SCL; D18 (DAS) ligado ao ADS1115 DAS.

**EBYTE LoRa E220:** M0 ligado ao ESP32 D4; M1 ligado ao ESP32 D22; RXD ligado ao ESP32 TX2; TXD ligado ao ESP32 RX2; AUX ligado ao ESP32 D21; VCC ligado ao ESP32 3V3; GND ligado ao ESP32 GND.

**ADS1115:** VDD ligado à Fonte de Alimentação 5V; GND ligado à Fonte de Alimentação GND; SCL ligado ao ESP32 D19; DAS ligado ao ESP32 D18; A0 ligado ao Sensor de Turbidez D; A1 ligado ao Medidor de pH DATA; A2 ligado à Placa de Sensor TDS A; A3 ligado ao Sensor de Temperatura DATA

**Placa de Sensor TDS:** GND ligado à Fonte de Alimentação GND; VCC ligado à Fonte de Alimentação 5V; A ligado ao ADS1115 A2

**Sensor de Temperatura:** DATA ligado ao ADS1115 A3; VCC ligado à Fonte de Alimentação 5V; GND ligado à Fonte de Alimentação GND

**Painel Solar:** USB Tipo C ligado à Fonte de Alimentação USB Tipo C

**Medidor de pH V1.1:** DATA ligado ao ADS1115 A1; VCC ligado à Fonte de Alimentação 5V; GND ligado à Fonte de Alimentação GND

**Fonte de Alimentação:** GND ligado ao ESP32 GND, ADS1115 GND, Sensor de Turbidez GND, Placa de Sensor TDS GND; Sensor de Temperatura GND, Medidor de pH GND; 3V3 ligado ao ESP32 Vin; 5V ligado ao ADS1115 VDD; Sensor de Turbidez VCC, Placa de Sensor TDS VCC, Sensor de Temperatura VCC, Medidor de pH VCC; USB Tipo C ligado ao Painel Solar USB Tipo C

**Sensor de Turbidez:** GND ligado à Fonte de Alimentação GND; VCC ligado à Fonte de Alimentação 5V; D ligado ao ADS1115 A0

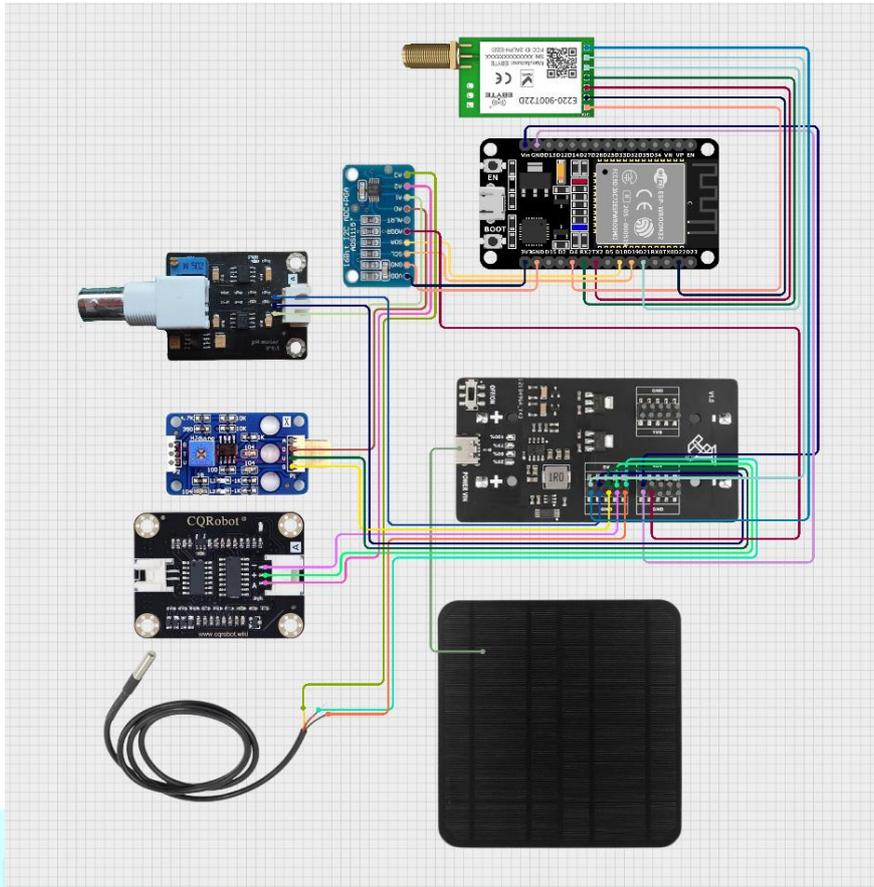


Figura 20. Esquema de montagem

### 3. Resultados

Estamos a implementar um servidor para a recolha dos dados, também ele baseado em tecnologias *open-source*, que conta com: Base de dados *Influx DB*, especialmente apropriada para a ingestão de dados de sensores ao longo do tempo; Visualizações com Grafana; Portal para a visualização de gráficos e *download* dos dados recolhidos.

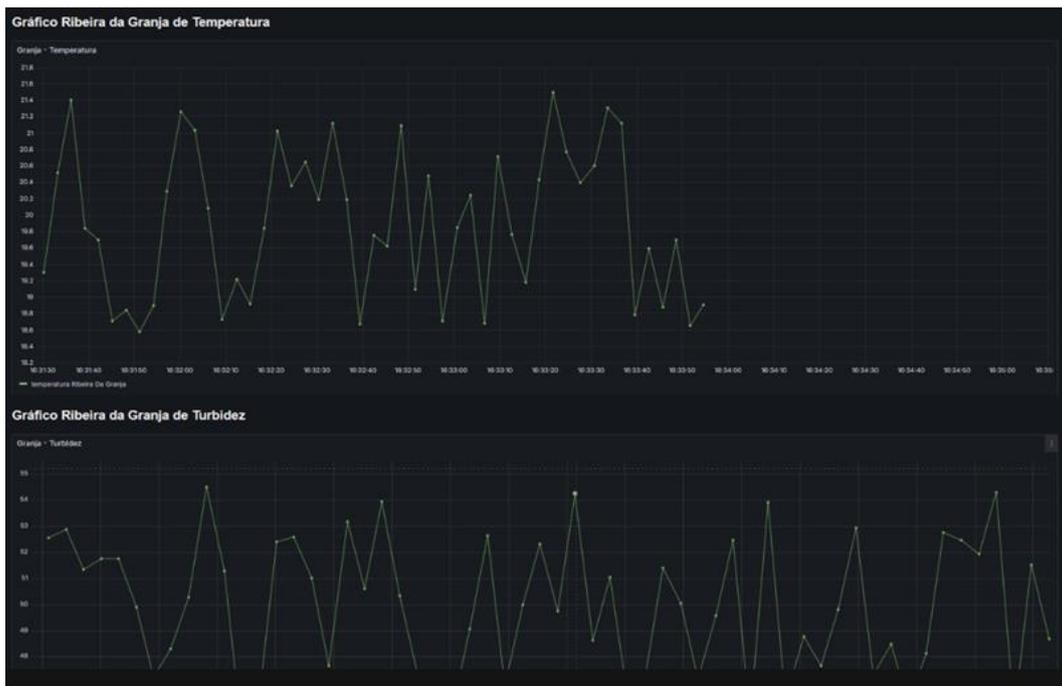


Figura 21. Detalhe de uma visualização com Grafana.

Realizamos vários testes de alcance do sistema de transmissão de dados, concluindo que quando utilizado no contexto de uma malha urbana densa o alcance máximo é de aproximadamente 400 metros, podendo ser estendido com a utilização de antenas com mais ganho ou antenas direcionais. Realizamos testes na proximidade do Colégio Ribadouro (Rua de Santa Catarina - Porto) e na proximidade da Ribeira da Granja (Ribeira da Granja – E.B. 2,3 do Viso).

#### 4. Discussão e Conclusão

Estamos conscientes dos desafios que ainda teremos de superar, mas satisfeitos com todo o progresso já alcançado. Neste momento, estamos na iminência de implementar a nossa primeira estação modular no terreno e sabemos que temos de garantir a sustentabilidade económica e financeira deste projeto.

O local de instalação está a ser definido em conjunto com a Empresa Municipal Águas do Porto e, em princípio, a Ribeira da Granja será o curso de água selecionado pelo facto de ser uma área com recorrentes focos de contaminação ambiental e por ser um curso de água de pequenas dimensões. Teremos de, em conjunto com os técnicos desta empresa, definir os intervalos admissíveis, para os vários parâmetros de qualidade da água, assim como, definir um plano de calibração dos sensores. A recolha manual de amostras para aferir a qualidade da água com recurso a laboratórios continuará a ocorrer, por parte da empresa, o que numa primeira fase poderá ser utilizado para aferir a qualidade das medições realizadas, pelos sensores *in situ*. Será também necessário garantir a sustentabilidade energética e o local selecionado deverá impossibilitar ou minimizar possíveis atos de vandalismo que possam ocorrer.

#### 5. Referências

- Carvalho, R. M. S. (2021). Monitorização da Qualidade da Água. Escola Superior de Tecnologia e Gestão; Mestrado em Internet das Coisas; Instituto Politécnico de Beja.
- Rosa, L. M. F. (2013). Sensorização, fusão sensorial e dispositivos móveis: contribuições para a sustentabilidade de ambientes inteligentes. Dissertação de Mestrado em Engenharia Informática. Universidade do Minho. <https://hdl.handle.net/1822/27846>
- Vasconcelos, F. V. (2021) Sensorização Ambiental e Caracterização do Meio em Cidades Inteligentes. Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores – Área de Especialização em Sistemas Autónomos. Departamento de Engenharia Eletrotécnica – Instituto Superior de Engenharia do Porto. <http://hdl.handle.net/10400.22/20057>

#### 6. Agradecimentos

- Ao João Alves, do Departamento de Sistemas e Tecnologias de Informação do Colégio Ribadouro e ao Engenheiro Rui Dias, do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), por toda a formação e esclarecimentos técnicos sempre que surgiram dúvidas. Ao João Alves, um especial agradecimento pela mentoria e motivação que impulsiona o desenvolvimento deste projeto.
- À Empresa Municipal Águas do Porto por todo o apoio nas várias deslocações a linhas de água da cidade do Porto, para seleção dos pontos ideais para implementação das estações de monitorização, e transmissão de conhecimentos associadas a monitorização das estações nomeadamente a calibração dos sensores.

#### 7. Divulgação

**Instagram:** projeto\_guardarios; **Página web:** guarda-rios.pt