Sistema de Rega Inteligente com Controlo Local via LoRa

Arquitetura do sistema, fluxo de comunicação e resultados de validação

Sequência de funcionamento

operação local em 5 passos

1. **Interface HTTP** — utilizador/API
2. **Concentrador** — API, estado e serviços
3. **LoRa** — transmissão e ACK
4. **Controlador** — firmware FreeRTOS
5. **Válvula** — atuação

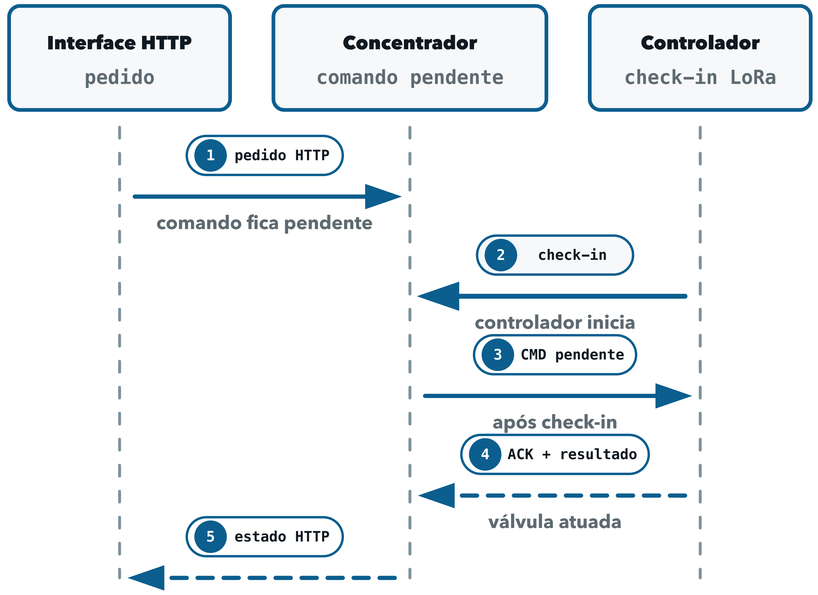
ARQUITETURA DO SISTEMA — ESP32 + controladores

CONCENTRADOR ESP32-S3

- **Web UI + API** — controlo local
- **Scheduler** — horários por zona
- **Fila de comandos** — por controlador
- **Estado local** — LittleFS + NVS
- **Transporte LoRa** — mensagens curtas P2P

- **CTRL A** — LPC1769 · FreeRTOS — aciona a solenoide
- **CTRL B** — STM32 · FreeRTOS — aciona a solenoide
- **CTRL N** — MCU · FreeRTOS — aciona a solenoide

FLUXO DE COMUNICAÇÃO — HTTP → LoRa → estado



OPERAÇÃO DO CONCENTRADOR — local

MODOS WI-FI

- **Concentrador**
  - **AP** — rede do sistema
  - **STA** — rede local

INTERFACE WEB/API

- **Controlo local**
  - emparelhar
  - zonas/horários
  - abrir/fechar
  - consultar estado

VALIDAÇÃO DO SISTEMA — protótipo

ESP32-S3 — **concentrador local**
Web/API, horários, comandos e persistência LittleFS/NVS

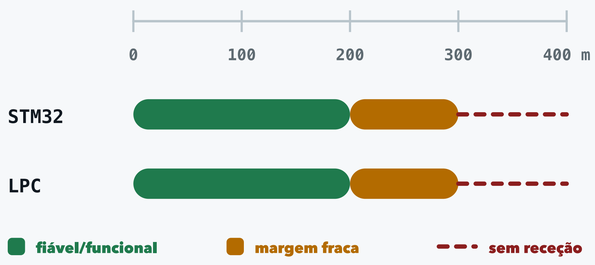
2 controladores — **STM32L432KC + LPC1769**
firmware FreeRTOS e comunicação LoRa ponto-a-ponto

- emparelhamento e estado periódico
- comandos abrir/fechar com confirmação
- persistência local após desligar/ligar
- estado refletido na Web/API
- horários geridos no concentrador
- dois controladores testados em simultâneo

execução prolongada sem erros registados

ALCANCE OBSERVADO — LoRa 433 MHz

Residencial/urbano sem linha de vista



Afonso Ferreira · A49340@alunos.isel.pt · LEETC 2526SV · Orientador: Pedro Sampaio