



Monitoramento de Nível de Caixa d'Água com IoT

Caio da Silva Ribeiro¹, Ana Laura da Silva Carlotto¹, André Luis de Oliveira¹

Faculdade de Computação e Informática
Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM) – São Paulo, SP – Brazil
{10414521, 10415148}@mackenzista.com.br

Abstract. *This article presents a solution based on IoT technology for monitoring water levels in water tanks, using an ultrasonic sensor and communication via the MQTT protocol. The solution was innovative in the Wokwi simulator with ESP32 and integrated a Node-RED dashboard. The solution allows real-time visualization of the distance to the water surface, as well as the automatic activation of an actuator represented by an LED, according to the identified level.*

Resumo. *Este artigo apresenta uma solução baseada em tecnologia IoT para o monitoramento de nível de água em caixas d'água, utilizando sensor ultrassônico e comunicação via protocolo MQTT. A solução foi implementada no simulador Wokwi com ESP32 e integrada a um dashboard em Node-RED. A solução permite visualizar em tempo real a distância da superfície da água, bem como o acionamento automático de um atuador representado por LED, conforme o nível identificado.*

1. Introdução

A gestão eficiente da água tem se tornado um dos desafios globais abordados pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 6, que busca garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento (IPEA, 2023). O desperdício de água potável devido a falhas na distribuição e a transbordamentos é um problema recorrente em residências, comércios e indústrias (CONTENT, D. POR R, 2024).

Mediante este contexto, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de nível de caixa d'água utilizando IoT. O sistema utiliza sensores ultrassônicos para medir o nível da água e comunica os dados via MQTT para uma plataforma na nuvem, o que possibilita o acompanhamento remoto e a automação de acionamento de bombas de água, somente quando necessário (EGE SOLUÇÕES, 2023).

A evolução das tecnologias IoT tem ajudado na criação de soluções inovadoras para o monitoramento e gestão de recursos hídricos (ONYAX, 2023). Estudos anteriores demonstraram a eficácia de sistemas similares na prevenção de desperdícios e no aumento da eficiência do uso da água. Este artigo visa contribuir para esse avanço, detalhando a concepção e implementação de uma solução acessível e eficiente.

2. Materiais e métodos

Nesta seção, são apresentados os componentes utilizados na simulação do sistema de monitoramento de nível de caixa d'água, assim como as ferramentas de software e a metodologia empregada para sua implementação, conforme diretrizes estabelecidas na Agenda 2030 da ONU (IPEA, 2023).

2.1 Componentes Utilizados

Para o desenvolvimento do protótipo foi utilizado o simulador online **Wokwi**, que oferece suporte à simulação do microcontrolador **ESP32**, sensores e atuadores, bem como integração com serviços externos por meio da Internet. A escolha do Wokwi se deu por sua flexibilidade, facilidade de uso e compatibilidade com o protocolo **MQTT**, essencial para atender aos requisitos da disciplina.

2.1.1 Microcontrolador

- **ESP32 (simulado no wokwi)**

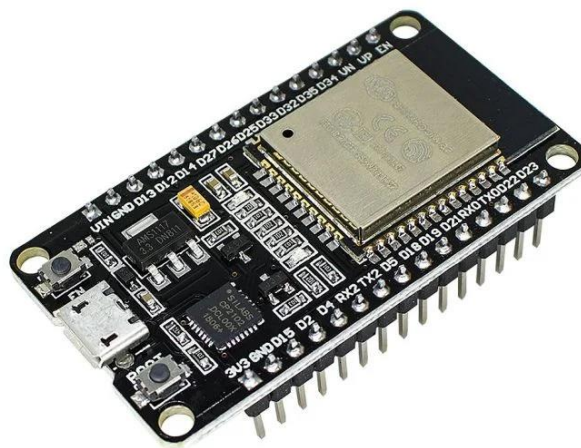


Figura 1 - Exemplo de ESP32 real

- Microcontrolador com conectividade Wi-Fi, responsável por ler os dados do sensor e publicá-los via MQTT.

2.1.2 Sensores

- **Sensor ultrassônico HC-SR04 (simulado no wokwi)**
 - **HC-SR04** (Sensor ultrassônico): Mede a distância entre a água e o sensor usando ondas ultrassônicas.
 - O uso do HC-SR04 é amplamente reconhecido em sistemas de controle automatizado de líquidos.



Figura 2: Exemplo de sensor HC-SR04

2.1.3 Atuadores

- **LED virtual (atuador)**
 - Representando a bomba d'água; liga/desliga conforme o nível da caixa.

2.1.4 Módulo de comunicação

A comunicação do ESP32 com a internet foi realizada via protocolo MQTT, utilizando a biblioteca PubSubClient. A conexão Wi-Fi foi feita com a rede simulada do Wokwi. A publicação ocorre no tópico projeto/ultrassonico/distância, com dados numéricos de distância em centímetros, enviados a cada 1 segundo. O Node-RED assina esse tópico, interpreta os dados e atualiza a interface do usuário.

2.2 Diagrama de montagem

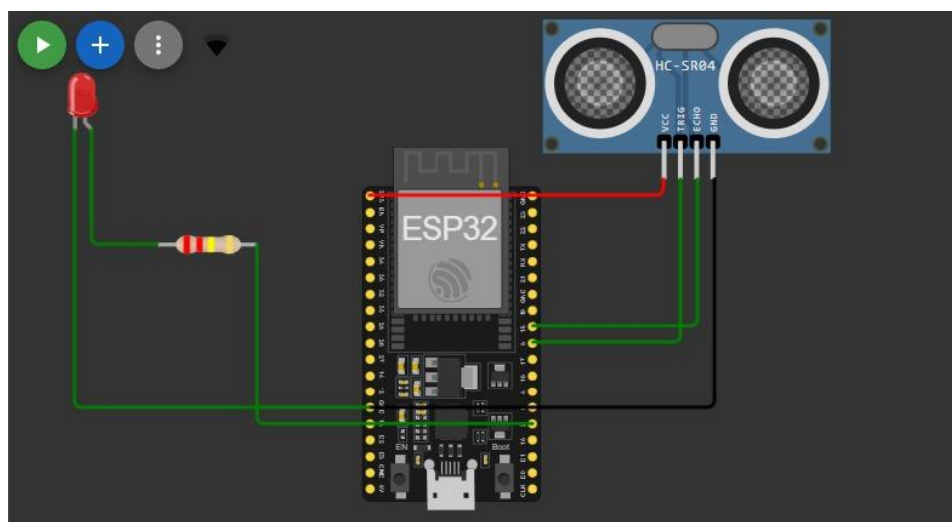


Figura 3: Print do Wokwi do ESP32

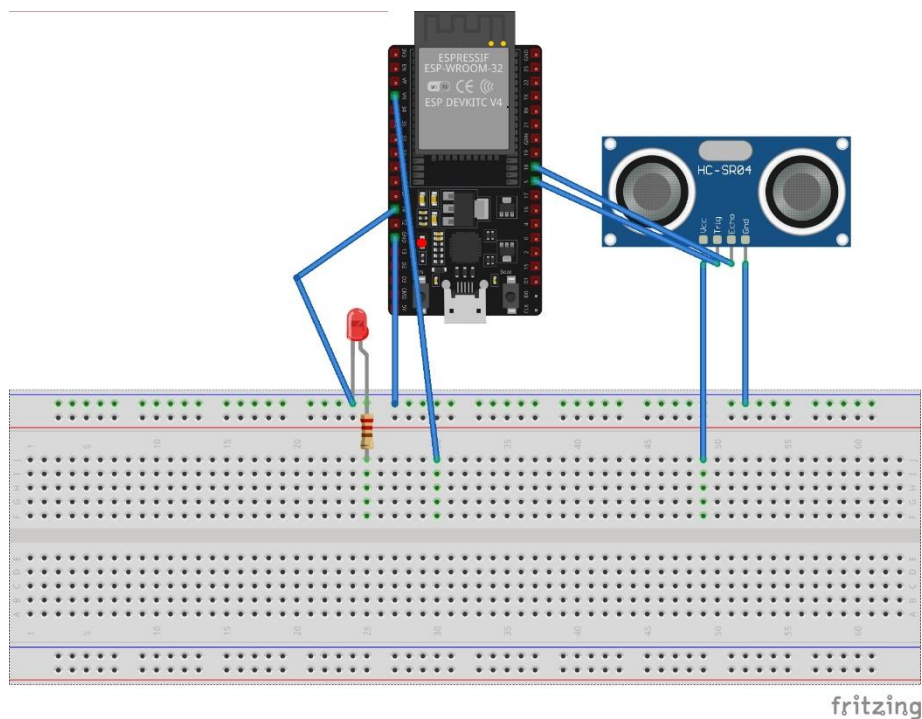


Figura 4: Diagrama de montagem fritzing

2.3 Funcionamento do Protótipo

O sensor HC-SR04 realiza medições da distância entre o topo da caixa d'água e a superfície da água. O valor é processado pelo ESP32, que envia os dados para o broker MQTT. O Node-RED recebe os dados, exibe em um painel interativo, e aciona um LED virtual quando a distância medida é maior que 15 cm, indicando que a caixa está com nível baixo e a bomba precisa ser acionada. Quando a distância é menor ou igual a 15 cm, o LED se apaga e o texto "Bomba OFF (caixa no nível ideal)" é exibido.

2.4 Fluxograma de funcionamento

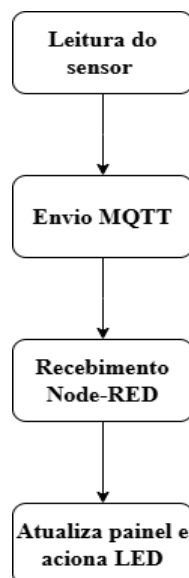


Figura 5: Fluxograma

2.5 Software desenvolvido

O código em C++ para o ESP32 utiliza as bibliotecas WiFi.h e PubSubClient.h. A lógica do Node-RED foi desenvolvida com nós de entrada MQTT, lógica condicional com function, ui_text, ui_gauge e ui_led.

3. Resultados

Esta seção apresenta os principais resultados obtidos com o desenvolvimento e simulação do sistema de monitoramento de nível de caixa d'água.

3.1 Capturas de tela

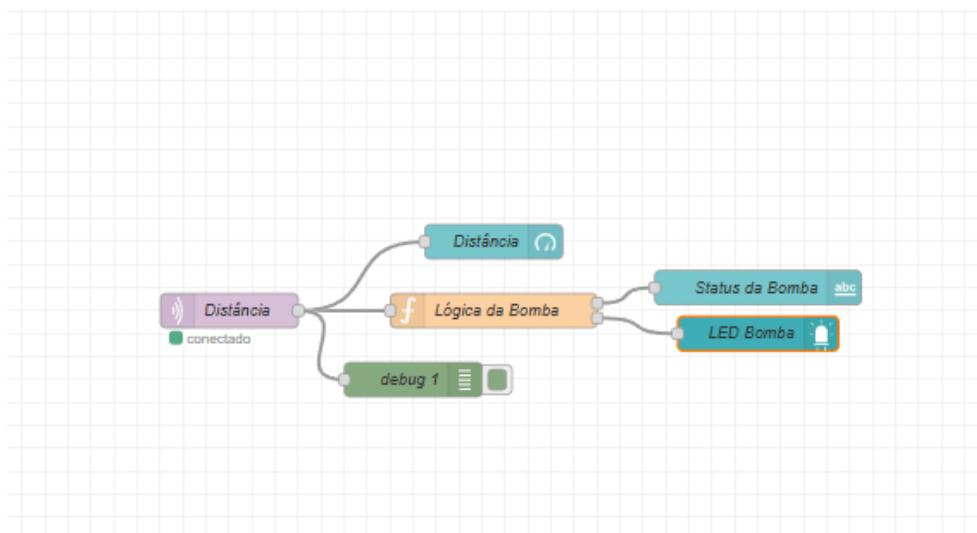


Figura 6: Lógica Node

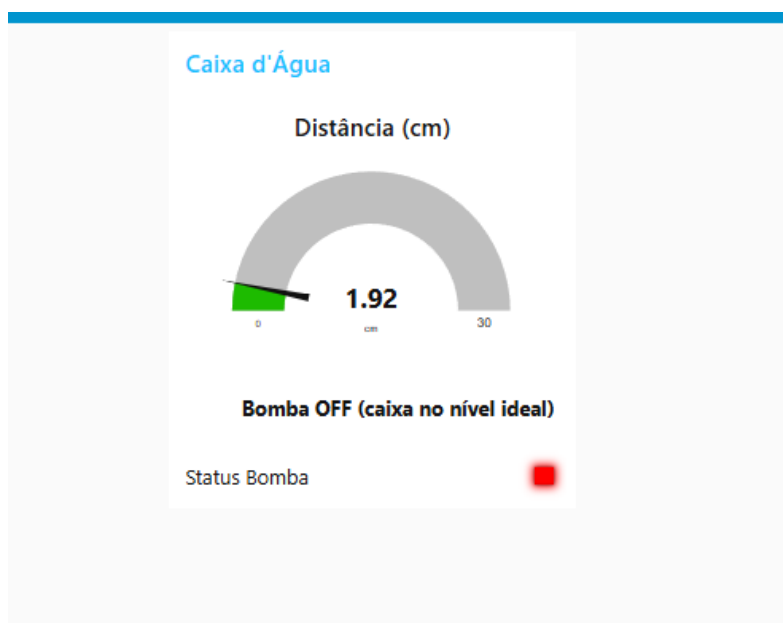


Figura 7: Painel Node com bomba desligada



Figura 8: Painel Node com bomba ligada

```
Publicado com sucesso!
Distância medida: 24.94 cm
Publicado com sucesso!
Distância medida: 24.97 cm
Publicado com sucesso!
```

Figura 9: Console serial no wokwi

3.2 Tabela de medição e gráfico

Núm. Medida	Sensor/Atuador	Tempo de resposta(s)
1	Sensor (ultrassônico)	1,12
2	Sensor (ultrassônico)	1,15
3	Sensor (ultrassônico)	1,18
4	Sensor (ultrassônico)	1,14
1	Atuador (painel LED)	1,36
2	Atuador (painel LED)	1,32
3	Atuador (painel LED)	1,38
4	Atuador (painel LED)	1,34
Média	Média Sensor	1,15
Média	Média Atuador	1,35

Tabela 1: Medições de tempo de resposta do sensor e do atuador

Tempo de Resposta – Sensor e Atuador

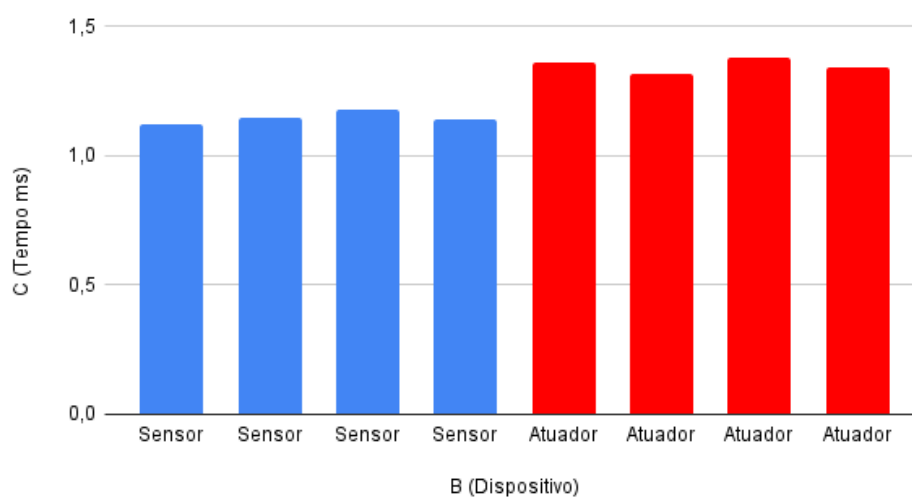


Figura 10: Tempo de Resposta – Sensor e Atuador

3.3 Vídeo

Link do vídeo: <https://youtu.be/P0IJJ5-vsTs>

3.4 Github

Link GIT: <https://github.com/caiosilvart535/monitoramento-nivel-agua>

4. Conclusões

O desenvolvimento do projeto atendeu plenamente aos objetivos propostos, resultando em um sistema funcional de monitoramento do nível de água em uma caixa d'água, com uso de ESP32, sensor ultrassônico HC-SR04, protocolo MQTT e painel interativo construído no Node-RED. A solução se mostrou eficiente na medição, envio e interpretação dos dados em tempo real, cumprindo todos os requisitos da disciplina, incluindo a utilização de sensor, atuador virtual e comunicação com a internet.

Durante o processo, um dos principais desafios foi garantir a integração em tempo real com o broker MQTT utilizando um ambiente de simulação. Inicialmente, o projeto não estava operando corretamente no envio dos dados, o que impossibilitava a validação do sistema. Para resolver essa limitação, a simulação foi adaptada no ambiente Wokwi, utilizando o microcontrolador ESP32 e o broker público test.mosquitto.org. Com isso, foi possível realizar a publicação e a recepção dos dados de forma correta e contínua, com interpretação e resposta imediata no painel do Node-RED.

Entre as vantagens do projeto destacam-se sua simplicidade, baixo custo, fácil replicação, e o uso de tecnologias amplamente utilizadas em soluções reais de IoT, como o protocolo MQTT. O projeto também permitiu a visualização didática do comportamento do sistema, facilitando a compreensão de toda a lógica. Em contrapartida, a principal limitação é o uso exclusivo de simulação, o que impede a validação com uma bomba real ou outros componentes físicos, algo essencial em aplicações práticas.

5. Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *ODS 6 – Água potável e saneamento*. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/centrais-de-conteudos/publicacoes/ods6>. Acesso em: 6 mar. 2025.
- TECNOLOGIA, T. **Sensor Ultrassônico HC-SR04 | Sensor de Distância**. Disponível em: <https://www.casadarobotica.com/sensores-e-modulos/sensores/movimento-e-proximidade/sensor-ultrassonico-hc-sr04-sensor-de-distancia>.
- CONTENT, D. POR R.; BRK. **Vazamento de água: confira quais são seus impactos!** Disponível em: <https://blog.brkambiental.com.br/vazamento-de-agua>.
- EGE SOLUÇÕES. *Como o sistema de IoT pode ajudar na redução do desperdício de água*. Disponível em: <https://egesolucoes.com.br/como-o-sistema-de-iot-pode-ajudar-na-reducao-do-desperdicio-de-agua/#:~:text=Os%20sistemas%20da%20Internet%20das,da%20madrugada%20em%20um%20cliente>. Acesso em: 6 mar. 2025.
- ONYAX. *Análise de água IoT: controle e redução de desperdícios*. Disponível em: <https://onyax.com/pt/analise-de-agua-iot-controle-e-reducao-de-desperdicios/>. Acesso em: 6 mar. 2025.
- AMAZON WEB SERVICES (AWS). *O que é IoT?*. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/what-is/iot/>. Acesso em: 6 mar. 2025.
- GOVERNO DO BRASIL. *ODS Brasil – Objetivo 6: Água potável e saneamento*. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/objetivo/objetivo?n=6>. Acesso em: 6 mar. 2025.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). *Agenda 2030 – ODS 6: Assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento para todos*. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/14124/6/Agenda_2030_ODS_6_Asssegurar_a_disponibilidade_e_a_gestao.pdf. Acesso em: 6 mar. 2025.
- O que é MQTT? – Explicação sobre o protocolo MQTT – AWS**. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/what-is/mqtt>
- DAY, L. et al. **Conhecendo o Fritzing (parte 1) v.1.0 julho/2013**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.eaduino.com.br/wp-content/uploads/downloads/2013/07/2013-Conhecendo-o-Fritzing-parte-I.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2025.
- AMARAL, H. **Ferramentas para design de circuitos eletrônicos**. Disponível em: <https://embarcados.com.br/ferramentas-para-design-de-circuitos-eletronicos/>. Acesso em: 14 abr. 2025.
- Bem vindo ao Wokwi! | Wokwi Docs**. Disponível em: <https://docs.wokwi.com/pt-BR/>.
- ESPRESSIF. **ESP32 Overview | Espressif Systems**. Disponível em: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>.
- ESP32 Category**. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/blog/esp32/?srsltid=AfmBOorXCgKPFQIEgn6GWL5I298cwD-Rq92IRYh0i2Qz661cTk1YocaA>. Acesso em: 30 maio. 2025