



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 water tank level monitoring system based on IoT technology. The system's objective is to measure the water level in a reservoir using ultrasonic sensors and send the data in real-time to a platform via MQTT protocol. This approach allows remote monitoring and automation to optimize water management and avoid unnecessary waste.*

Resumo. *Este artigo tem como finalidade apresentar um sistema de monitoramento de nível de caixa d'água baseado em tecnologia IoT. O objetivo do sistema é medir o nível da água em um reservatório utilizando sensores ultrassônicos e enviar os dados em tempo real para uma plataforma nu via protocolo MQTT. Essa abordagem permite o monitoramento remoto e a automação para otimizar a gestão da água e evitar desperdício desnecessário.*

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

2.1.1 Plataforma de Prototipagem

- Arduino Uno (simulado no Node – Red)
 - O Arduino Uno é uma placa de microcontrolador baseada no ATmega328P. Ele é amplamente utilizado para projetos de automação e IoT devido à sua simplicidade e vasta documentação. (GARG, 2025)
 - No projeto, o Arduino Uno será **simulado dentro do Node-RED**, funcionando como unidade central de processamento dos dados do sensor de nível de água e controlando o relé virtual para acionar a bomba d'água.

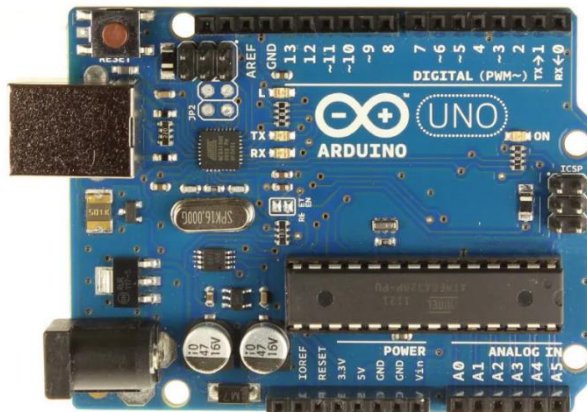


Figura 1 - Exemplo de Arduino Uno real

- A flexibilidade da plataforma torna-a ideal para aplicações de baixo custo com alta capacidade de expansão. (Garg, 2025).

2.1.2 Sensores

- Sensor de Nível de Água (simulado no Node-RED)
 - Este sensor será utilizado para monitorar o nível da água dentro da caixa d'água. Ele será representado no Node-RED por um nó que gera valores aleatórios dentro de uma faixa pré-definida.

- **Tipos de sensores reais equivalentes:**

- **HC-SR04** (Sensor ultrassônico): Mede a distância entre a água e o sensor usando ondas ultrassônicas.
- **Sensor de bóia:** Atua como um interruptor que detecta quando o nível da água atinge um ponto crítico.
- 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

- **Relé Virtual (simulado no Node-RED)**

- O relé virtual simula um módulo relé físico de 5V, permitindo o acionamento automático da bomba d'água sempre que o nível do reservatório estiver abaixo do limite estabelecido.

- **Tipos de relés reais equivalentes:**

- Relé mecânico de 5V
- Relé de estado sólido

2.1.4 Módulo de comunicação

- **Broker MQTT (Mosquitto)**

- O protocolo MQTT (“Message Queuing Telemetry Transport”) é um protocolo leve de comunicação para IoT, muito eficiente para sistemas embarcados de baixa largura de banda (AWS, 2025).
- O protocolo MQTT é um protocolo de comunicação para IoT. O Mosquitto será usado como broker para intermediar a troca de mensagens entre os dispositivos.

- **Função no projeto:**

- O sensor de nível simulado envia dados MQTT para o broker.
- O relé virtual recebe comandos MQTT para ativar ou desativar a bomba.

2.2 Ferramentas de Simulação

- Node-RED – Utilizado para simular o Arduino, sensores e atuadores, permitindo a visualização dos dados. Possui integração nativa com o protocolo MQTT.
- Mosquitto MQTT Broker – Gerencia a troca de mensagens entre os componentes simulados.
- Node-RED Dashboard – Criar uma interface para exibição dos dados do sensor e status do relé.
- Fritzing – Utilizado para desenhar o modelo de montagem e o circuito eletrônico do projeto. É uma ferramenta de prototipagem visual intuitiva, indicada para iniciantes (DAY et al., 2013).

2.3 Funcionamento do Protótipo

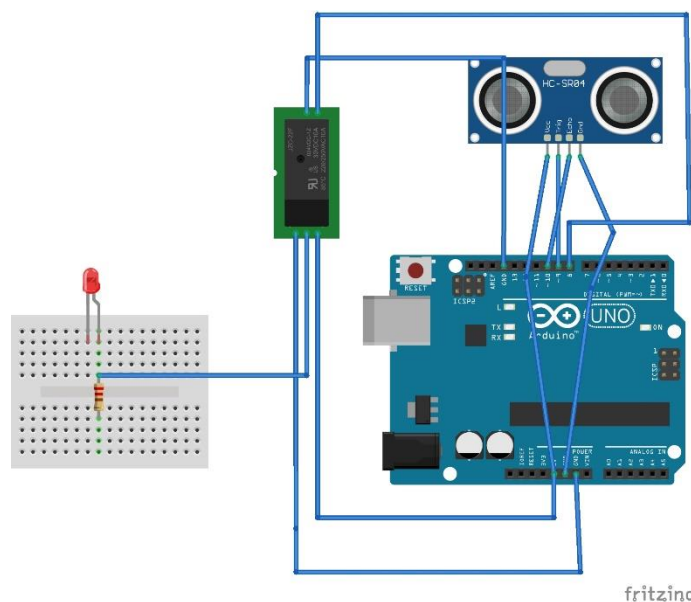


Figura 3: Modelo de montagem

2.3.1 Funcionamento

A montagem física do circuito, ilustrada na imagem anterior, será completamente simulada utilizando o ambiente Node-RED. Essa escolha se deve à facilidade de integração entre sensores e atuadores simulados e a interface de controle MQTT, permitindo testar e validar o comportamento do sistema sem a necessidade de uma prototipagem física real.

No Node-RED, o Arduino UNO é representado por um nó virtual, com o sensor ultrassônico HC-SR04 simulando o nível da água em uma caixa d'água. Um LED

(atuador) é utilizado para indicar o acionamento de uma bomba de abastecimento quando o nível estiver abaixo de um limite determinado.

A comunicação entre os nós do Node-RED e o broker MQTT será feita utilizando o protocolo padrão TCP/IP. O sistema publicará mensagens sobre o nível da água em um tópico MQTT específico, e o LED será acionado automaticamente quando o nível estiver crítico, com base em uma lógica programada com nós funcionais dentro do Node-RED. Dessa forma, é possível observar o envio, o recebimento e a resposta dos comandos em tempo real, permitindo analisar o tempo de resposta do sistema e validar sua funcionalidade.

2.4 Fluxograma de Funcionamento

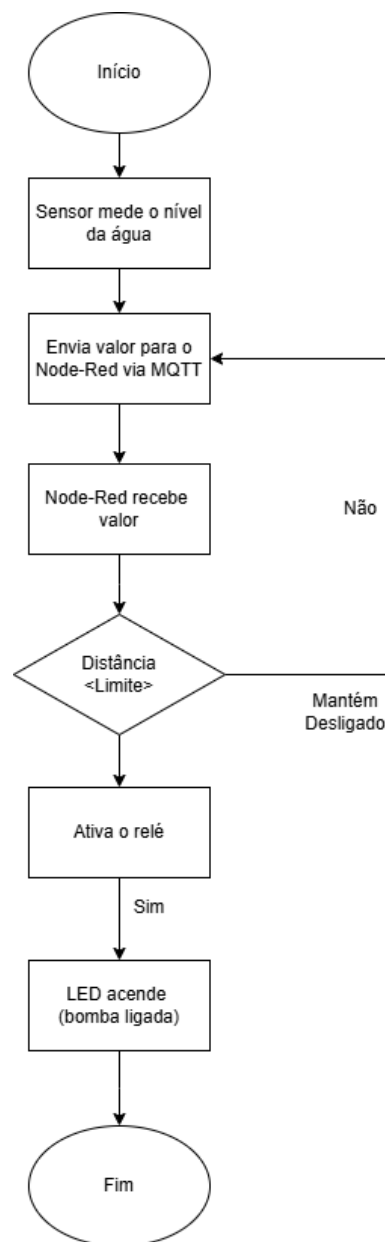


Figura 4: Fluxograma de funcionamento

2.5 Explicação do Fluxo Simulado no Node-RED

A simulação do sistema foi totalmente desenvolvida no Node-RED, utilizando a integração com o protocolo MQTT para replicar o comportamento de um sensor ultrassônico HC-SR04 e o acionamento automático de uma bomba d'água representada por um LED virtual. O fluxo completo está ilustrado na Figura 5.

O funcionamento ocorre da seguinte maneira:

- Simulador de Sensor (inject): Gera valores de distância manualmente (em cm), representando o nível da água na caixa d'água.
- MQTT Out: Publica os valores no tópico sensor/agua/distancia, simulando o Arduino enviando os dados.
- MQTT In: Recebe as informações publicadas, simulando a chegada dos dados ao sistema central.
- Function Node (Lógica da Bomba): Avalia os dados recebidos e determina se a bomba deve ser ligada (distância > 15 cm) ou desligada (distância ≤ 15 cm). Esta lógica retorna duas saídas:
 - payload: true/false para o LED (atuador virtual)
 - payload: “BOMBA ON / OFF” para um texto informativo
- LED Virtual (ui_led): Indica visualmente se a bomba está ligada (verde) ou desligada (vermelho).
- Texto (ui_text): Exibe o estado atual da bomba.
- Gauge (ui_gauge): Mostra a distância medida, representando o nível de água atual.

2.4 Metodologia

O desenvolvimento foi feito utilizando a plataforma Node-RED, que permitiu simular tanto o funcionamento do sensor HC-SR04 quanto do Arduino, através de nós do tipo inject (para simular medições de distância), function (para aplicar a lógica condicional), e nós MQTT (mqtt in / mqtt out) conectados a um broker Mosquitto local.

Com base nos dados simulados, a lógica implementada determina se a bomba deve ser acionada ou desligada conforme a distância do nível de água. Valores acima de 15 cm acionam a bomba; valores entre 5 e 15 cm ou inferiores a 5 cm a mantêm desligada. A bomba foi representada visualmente por um LED (ui_led), e seu estado foi exibido também em texto (ui_text) no painel do Node-RED Dashboard. O nível de água foi mostrado dinamicamente por um medidor (ui_gauge).

A simulação foi testada com diferentes valores para validar o comportamento esperado. Os resultados visuais e funcionais foram registrados com capturas de tela para composição da seção de resultados do artigo e utilizados como base para a produção do vídeo demonstrativo e do repositório público no GitHub.

3. Resultados

Esta seção apresenta os principais resultados obtidos com o desenvolvimento e simulação do sistema de monitoramento de nível de caixa d'água. São incluídas as imagens do fluxo no Node-RED e do painel visual (dashboard), demonstrando o funcionamento da lógica de controle da bomba. Também são exibidos os tempos de resposta aferidos durante os testes, com suas respectivas análises gráficas, além dos links para o vídeo demonstrativo e para o repositório GitHub contendo o código-fonte e a documentação do projeto.

3.1 Node – RED

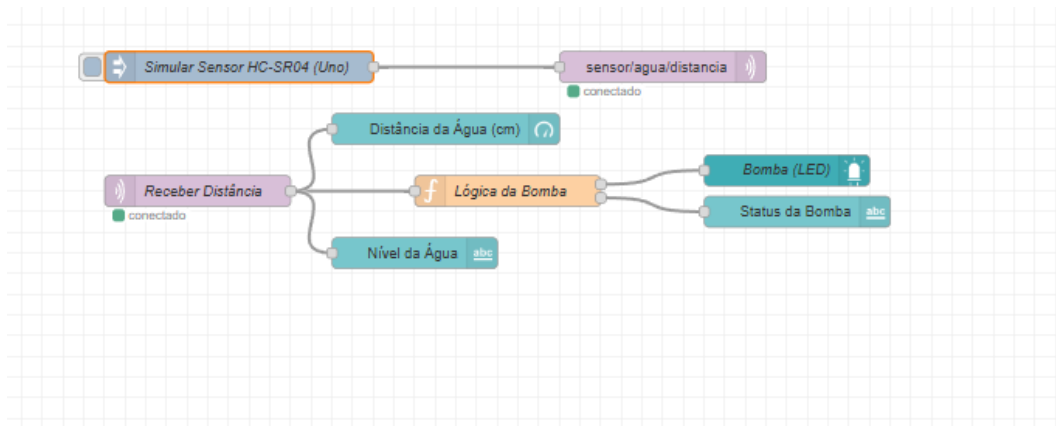


Figura 5: Fluxo atualizado do projeto no Node-RED

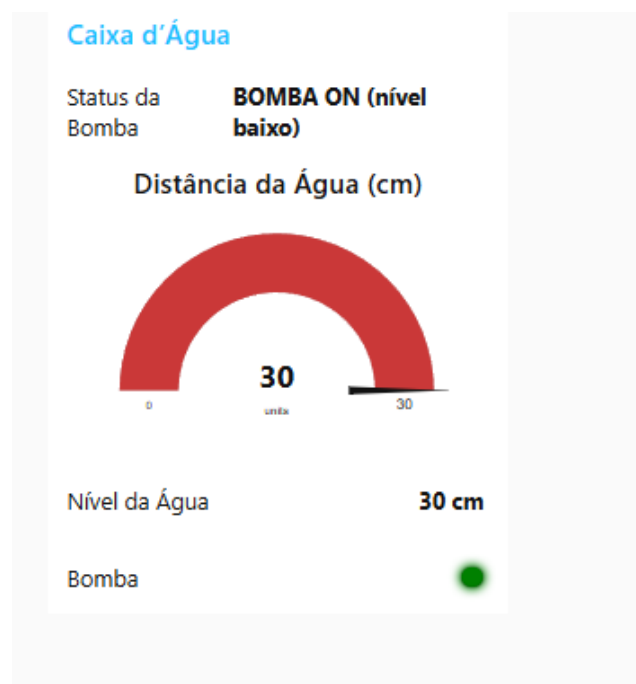


Figura 6: Dashboard com bomba ativada (LED ligado e texto “BOMBA ON”)

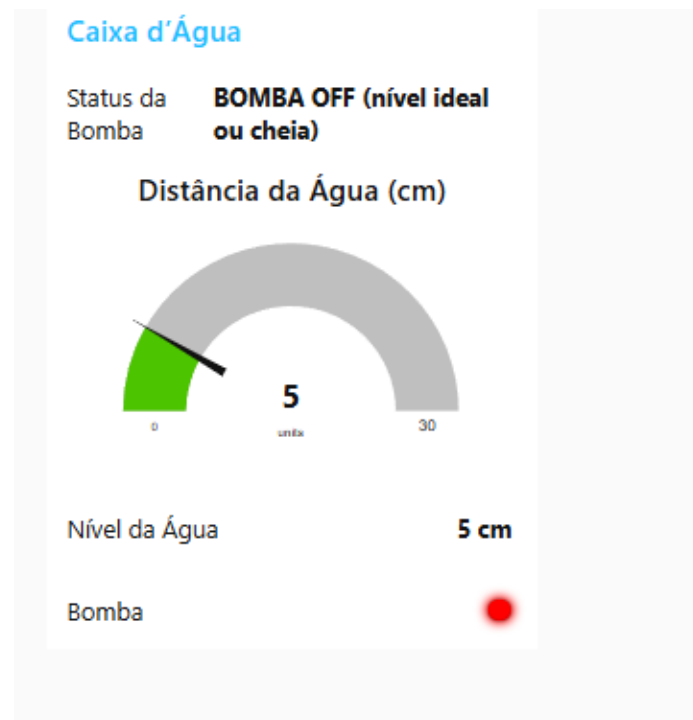


Figura 7: Dashboard com bomba desativada (nível ideal ou cheio)

A Figura 5 apresenta o fluxo completo simulado no Node-RED, com integração via MQTT e elementos visuais. A Figura 6 demonstra a bomba em funcionamento quando o nível está baixo, e a Figura 7 mostra a bomba desligada em condição normal.

3.2 Tabela de medição e gráfico

Foram realizadas quatro medições para o tempo de resposta do sensor (detecção até visualização no painel) e do atuador (lógica até mudança de estado do LED). A Tabela 1 apresenta os dados obtidos, com cálculo das médias, e a Figura 8 demonstra o desempenho visual comparativo entre os dois elementos do sistema.

Núm. Medida	Sensor/Atuador	Tempo de resposta(s)
1	Sensor	0,73
2	Sensor	0,83
3	Sensor	0,85
4	Sensor	0,79
1	Atuador LED (Desligado)	0,83
2	Atuador LED (Desligado)	0,75
3	Atuador LED (Ligado)	0,87
4	Atuador LED (Ligado)	0,85

Média	Sensor	0,80
Média	Atuador LED	0,83

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

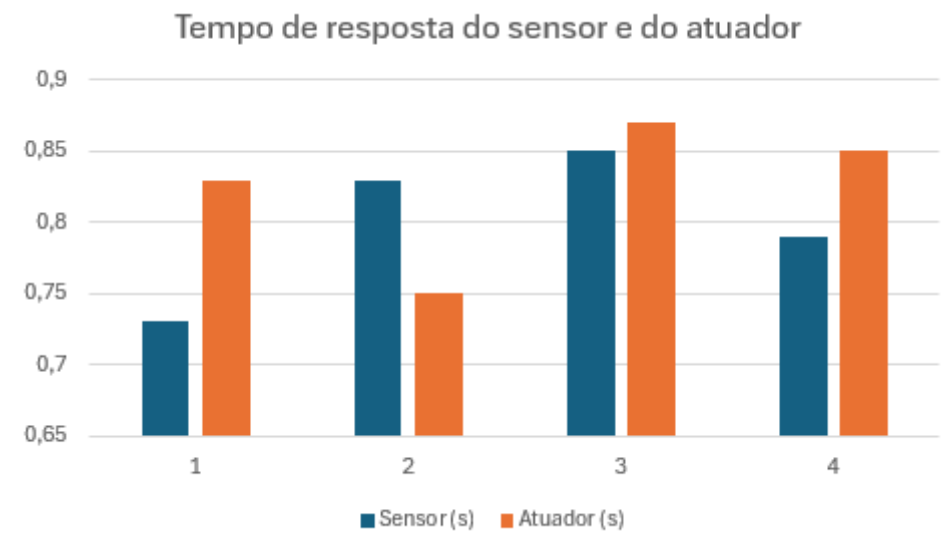


Figura 8: Gráfico comparativo dos tempos de resposta do sensor e do atuador (LED)

3.3 Demonstração do Projeto (Vídeo)

A demonstração do funcionamento completo do sistema, incluindo simulação no Node-RED, comunicação MQTT e acionamento automático da bomba, pode ser visualizada no vídeo a seguir: <https://youtu.be/Kb2-mepckI0?si=T1MS4GYXttgn5Fk1>

3.4 Repositório do Projeto no GitHub

O repositório contendo o código-fonte, arquivos de simulação, imagens, documentação e instruções para reprodução do projeto está disponível no GitHub, no seguinte endereço: <https://github.com/caiosilvart535/monitoramento-nivel-agua>

4. Conclusões

Os objetivos propostos neste projeto foram plenamente alcançados, com a implementação de um sistema funcional de monitoramento de nível de caixa d'água, utilizando o protocolo MQTT para comunicação entre sensores e atuadores simulados no ambiente do Node-RED. Durante o desenvolvimento, enfrentamos desafios principalmente na integração com o broker MQTT e na lógica condicional para o acionamento da bomba, os quais foram superados por meio da reestruturação do fluxo e validação por testes controlados. O projeto demonstrou diversas vantagens, como o baixo custo, a acessibilidade das ferramentas utilizadas e sua aplicabilidade em contextos reais de economia de água, especialmente alinhados aos objetivos do ODS 6. Por outro lado, uma limitação identificada foi a ausência de testes em hardware real, o que pode afetar a precisão em ambientes físicos. Como melhorias futuras, destacam-se a possibilidade de incluir notificações automáticas, coleta de dados históricos, integração com sensores físicos e acesso remoto via plataformas móveis, o que ampliaria a aplicabilidade da solução proposta.

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_Assegurar_a_disponibilidade_e_a_gestao.pdf. Acesso em: 6 mar. 2025.
- GARG, A. **Top 25 projetos com Arduino úteis**. Disponível em: <https://all3dp.com/pt/2/melhores-projetos-arduino-uteis>. Acesso em: 6 mar. 2025.
- BLOG DA ROBÓTICA. *Monitor de nível de água usando o sensor de nível de água e chuva e Arduino*. 2022. Disponível em: <https://www.blogdarobotica.com/2022/06/30/monitor-de-nivel-de-agua-usando-o-sensor-de-nivel-de-agua-e-chuva-e-arduino/>. 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.