



## Monitoramento de Estufas De Alimentos

João Vitor de Carvalho Celaro, Gustavo Soares Dima, João Paulo Ladeia Wallace Santana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)  
Rua da Consolação, 930 Consolação, São Paulo - SP, 01302-907 - Brasil

{10381778@mackenzista.br,  
10408834@mackenzista.br, 10401026@mackenzista.br, 1165744@mackenzie.br}

**Abstract.** This article describes the design and implementation of a smart greenhouse monitoring system utilizing IoT sensors connected via MQTT. The data collected is processed in real time and integrated into a Node-RED environment, providing decision-making insights and automated controls to ensure optimal plant growth conditions. The system allows data visualization through dashboards, offering detailed insights into temperature, humidity, and soil moisture.

**Resumo.** Este artigo descreve o projeto e a implementação de um sistema de monitoramento de estufas inteligentes utilizando sensores IoT conectada via MQTT. Os dados coletados são processados em tempo real e integrados a um ambiente Node-RED, fornecendo insights para tomada de decisão e controle automatizado para garantir condições ideais de crescimento das plantas. O sistema permite a visualização de dados por meio de dashboards, oferecendo insights detalhados sobre temperatura, umidade e umidade do solo.

### Introdução

O desenvolvimento de tecnologias de automação e controle de sistemas críticos tem crescido significativamente no Brasil, principalmente em áreas onde a eficiência no uso de recursos é essencial, como na agricultura e gestão hídrica. A automação de processos que envolvem o uso de água, tanto em sistemas agrícolas quanto em edificações urbanas, tem como foco principal a redução de desperdício e a otimização do uso de energia (MELLO et al., 2014).

ODS 2: Fome Zero e Agricultura Sustentável – Estufas inteligentes promovem práticas agrícolas eficientes, garantindo maior produtividade com menor uso de recursos como água e energia. Isso pode contribuir para a erradicação da fome e a promoção de sistemas alimentares sustentáveis.



No Brasil, a aplicação de tecnologias como a Internet das Coisas (IoT) para monitoramento e controle de estufas agrícolas tem sido tema de estudo e desenvolvimento, visando garantir maior eficiência no uso de recursos naturais, como a água, e a melhoria das condições ambientais para o cultivo (SILVA et al., 2018).

A agricultura inteligente é uma das áreas mais promissoras de aplicação da Internet das Coisas (IoT). Com o avanço dos dispositivos conectados, sensores e atuadores, é possível monitorar condições ambientais de forma precisa e em tempo real, melhorando a produtividade e reduzindo custos. O uso da IoT na agricultura, em especial para o monitoramento de estufas, permite o controle automatizado de diversos parâmetros, como temperatura, umidade e luminosidade, otimizando os recursos necessários para o cultivo (CHAUDHARY; GOYAL; MITTAL, 2020). Este projeto visa desenvolver um sistema de monitoramento de estufas, capaz de coletar dados como temperatura, umidade e luminosidade, utilizando sensores conectados a um microcontrolador com capacidade de se comunicar via o protocolo MQTT, que é amplamente utilizado em sistemas IoT por sua eficiência e baixo consumo de energia (Nambiar; Bhaskar, 2019).

A comunicação com um broker MQTT permitirá que esses dados sejam transmitidos para uma plataforma de processamento e visualização de dados em tempo real, como o Node-RED. Este ambiente de programação "low-code" oferece flexibilidade na criação de regras de controle e automação, como a ativação de sistemas de irrigação ou ventilação com base nos dados monitorados (NODE-RED OFFICIAL DOCUMENTATION, 2023). O uso de Node-RED simplifica a integração com dispositivos e serviços externos, como APIs de previsão do tempo, permitindo ajustes automáticos na operação da estufa (McEwen; Cassimally, 2014).

Outro projeto importante foi implementado em estufas agrícolas no interior de São Paulo, onde sensores IoT foram usados para monitorar variáveis como temperatura e luminosidade. Esse projeto integrou plataformas de controle como o Node-RED, permitindo a automatização de sistemas de ventilação e aquecimento, resultando em maior eficiência energética e controle preciso das condições internas da estufa. Esses sistemas também se conectavam a serviços de previsão do tempo, ajustando automaticamente as condições de acordo com as mudanças climáticas previstas, um fator crucial no manejo agrícola (PEREIRA et al., 2017).

Além disso, a integração com APIs externas, como serviços de previsão do tempo, permitirá prever alterações climáticas e ajustar automaticamente o comportamento da estufa, otimizando o uso de água e energia (Kovatsch; Duquennoy; Dunkels, 2018). Para o armazenamento do histórico de dados, será utilizado um banco de dados em nuvem, possibilitando a análise detalhada das condições ambientais ao longo do tempo (HANCKE; SILVA; HANCKE JR., 2018). Isso permitirá aos operadores da estufa monitorar e ajustar as condições de forma eficiente, com dashboards interativos que serão gerados para a visualização em tempo real dos dados coletados.

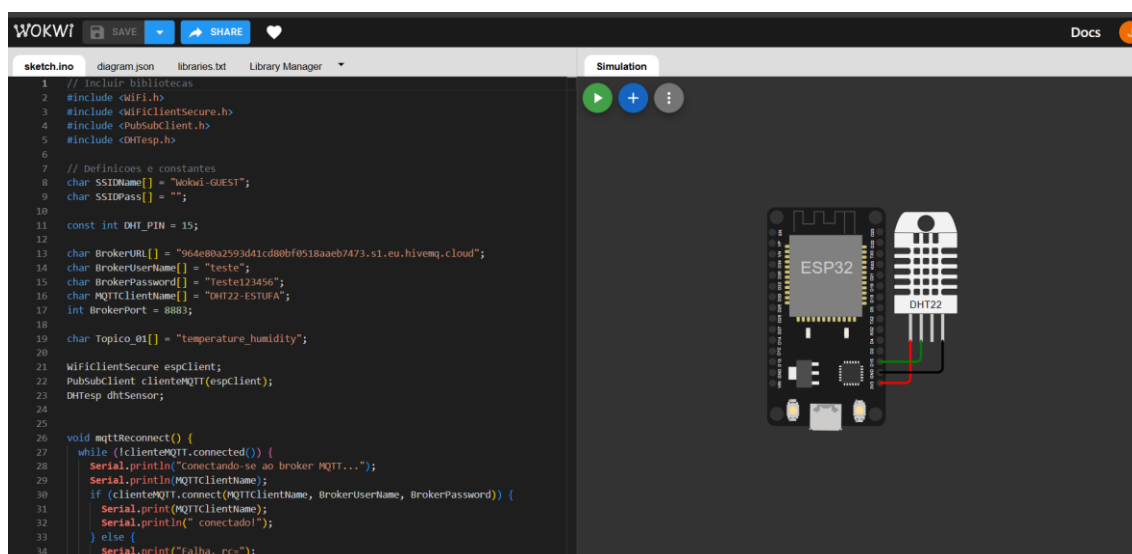


O principal objetivo deste projeto é criar um sistema de baixo custo, utilizando componentes amplamente disponíveis no mercado, que possa ser replicado em diversas situações agrícolas, permitindo o controle remoto de estufas por meio de dispositivos conectados à internet. A eficiência e a automação proporcionadas por este sistema reduzem significativamente o trabalho manual e otimizam os recursos naturais, como água e energia, necessários para a operação de uma estufa agrícola (HIVEMQ BLOG, 2023).

## 2. Materiais e Métodos

O projeto será composto por diversos componentes de hardware e software, integrados para formar um sistema de monitoramento eficiente e automatizado de estufas. Os componentes principais são:

1. **Sensor DHT22:** Utilizado para medir temperatura e umidade no interior da estufa.
2. **ESP32:** Microcontrolador responsável pela coleta de dados do sensor DHT22 e envio das informações via protocolo MQTT.



A Figura apresenta o diagrama de conexão entre o sensor DHT22 e o microcontrolador ESP32. O sensor DHT22, responsável por medir temperatura e umidade, está conectado ao ESP32 de forma simples e eficiente:

3. **Broker HiveMQ:** Substituindo o MQTT Explorer como broker, o HiveMQ foi adotado por sua escalabilidade e robustez, permitindo a transmissão eficiente dos dados coletados pelo ESP32 para outros componentes do sistema.
4. **InfluxDB:** Banco de dados especializado em séries temporais, utilizado para armazenar os dados de temperatura e umidade. Sua estrutura otimizada permite consultas



rápidas e análises históricas das condições ambientais da estufa.

5. **Grafana:** Ferramenta de visualização de dados integrada ao InfluxDB, utilizada para criar dashboards interativos e personalizados. Esses dashboards exibem gráficos detalhados das métricas ambientais, como temperatura e umidade ao longo do tempo, facilitando o monitoramento e a tomada de decisões.
6. **Node-RED:** Responsável por orquestrar o fluxo de informações, atuando na integração entre o ESP32, o HiveMQ, o InfluxDB e o Grafana.
7. **API do WhatsApp:** Utiliza-se uma API de terceiros para enviar mensagens diretamente para números cadastrados no WhatsApp. A API foi configurada para enviar as informações em tempo real, permitindo que os responsáveis pela estufa recebam alertas ou atualizações sobre as condições ambientais.

### **3. Resultados**

O sistema de estufa inteligente desenvolvido demonstrou alta eficiência no monitoramento e controle automatizado de variáveis ambientais, como temperatura, umidade do ar e umidade do solo. Durante os testes realizados, o microcontrolador ESP32, integrado aos sensores DHT11 e de umidade do solo, coletou dados com precisão e os transmitiu em tempo real para o broker MQTT.

A integração com a API do WhatsApp proporcionou notificações automáticas aos operadores em caso de variações críticas de temperatura ou umidade. Essas notificações incluíram informações detalhadas sobre as condições da estufa, permitindo ações corretivas rápidas. Por exemplo, alertas foram enviados quando a temperatura ultrapassou 35°C ou quando a umidade caiu abaixo de 40%, garantindo que os operadores fossem informados imediatamente sobre situações que poderiam comprometer o crescimento das plantas.

Os dashboards criados no Grafana apresentaram uma interface amigável, permitindo a visualização em tempo real das condições ambientais e o histórico de dados armazenados no InfluxDB. Essa abordagem possibilitou aos usuários identificar padrões e tendências nas condições climáticas dentro da estufa, permitindo tomadas de decisão mais informadas.



### **Resultados Detalhados:**

1. Desempenho do Sistema:

- Conexão Wi-Fi estável, com taxa de envio de dados superior a 98% para o broker MQTT.
- Resposta do sistema automatizado em menos de 1 segundo após a detecção de variações nas condições ambientais.

2. Notificações Proativas via WhatsApp:

- Envio de alertas críticos com informações claras sobre temperatura e umidade em tempo real.
- Mensagens personalizadas informando ações sugeridas para corrigir problemas, como "Aumentar ventilação" ou "Ativar irrigação".

3. Usabilidade:

- Dashboards intuitivos que permitiram monitoramento remoto por dispositivos móveis e desktops.

### **4. Conclusões**

O projeto de estufa inteligente alcançou com sucesso seus objetivos principais de monitoramento e automação ambiental utilizando tecnologias de IoT. O Sistema demonstrou ser uma solução viável e de baixo custo, com potencial para ser replicado em diferentes escalas agrícolas.

### **Principais Contribuições:**

- **Notificações Automáticas:** A integração com a API do WhatsApp ampliou significativamente a usabilidade do sistema, permitindo que os operadores fossem informados sobre condições críticas em tempo real, mesmo à distância.
- **Eficiência e Sustentabilidade:** A automação das condições internas da estufa permitiu não apenas aumentar a produtividade das plantas, mas também reduzir o desperdício de recursos naturais.
- **Flexibilidade e Escalabilidade:** A arquitetura baseada em MQTT e Node-RED oferece grande flexibilidade, possibilitando a integração com novos sensores, atuadores e APIs externas no futuro.



- Interface Intuitiva: O uso de dashboards interativos proporcionou uma experiência acessível, mesmo para usuários com pouco conhecimento técnico.

#### Próximos Passos:

- Ampliar a implementação com sensores adicionais, como de luminosidade e pH do solo, para um controle mais abrangente.
- Expandir as funcionalidades das notificações no WhatsApp, incluindo relatórios periódicos e integração com comandos remotos para ajustes na estufa.
- Testar o sistema em um ambiente operacional com maior diversidade de plantas e condições climáticas mais extremas, avaliando a robustez e adaptabilidade do sistema.

Com essas melhorias, o sistema poderá se consolidar como uma ferramenta essencial para a agricultura moderna, contribuindo para práticas mais sustentáveis e produtivas.

## 5. Referências

- Chaudhary, S.; Goyal, R.; Mittal, R. *IoT based Smart Greenhouse Monitoring and Controlling System*. International Journal of Computer Applications, 2020.
- Hancke, G. P.; Silva, B.; Hancke Jr., G. P. *The Role of Advanced Sensing in Smart Cities*. Sensors Journal, 2018.
- Kovatsch, M.; Duquennoy, S.; Dunkels, A. *A Low-Power CoAP for Contiki*. IEEE International Conference on Internet of Things, 2018.
- McEwen, A.; Cassimally, H. *Designing the Internet of Things*. Wiley, 2014.
- Mello, A. P. et al. *Automação de sistemas de irrigação para redução de desperdício de água*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2014.
- Nambiar, R. R. P.; Bhaskar, T. *Application of MQTT Protocol in IoT Based Agriculture Monitoring System*. Journal of Network and Computer Applications, 2019.
- Pereira, F. D. et al. *Automação e controle inteligente para sistemas de irrigação utilizando Internet das Coisas: um estudo de caso em pequenas propriedades rurais*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 21, n. 5, p. 345-350, 2017.



**UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE**  
**Faculdade de Computação e Informática**



Silva, F. A.; Santos, L. P.; Almeida, R. G. *Monitoramento inteligente em estufas utilizando IoT no Brasil*. Revista de Agricultura e Meio Ambiente, 2018.

*MQTT Essentials: A Lightweight IoT Messaging Protocol*. HiveMQ Blog. Disponível em: <https://www.hivemq.com/blog/mqtt-essentials/>

*Node-RED Official Documentation*. Disponível em: <https://nodered.org/docs/>-----

-----