
ESTAÇÃO AGROCLIMÁTICA INTELIGENTE BASEADA EM IOT E MQTT

Lucas Pontes Soares
Lucas.soares63@fatec.sp.gov.br
FATEC Ourinhos

O avanço das tecnologias digitais tem impulsionado a modernização do setor agrícola, permitindo maior eficiência no monitoramento e no controle das variáveis ambientais que impactam diretamente a produtividade e a sustentabilidade. Nesse contexto, a Internet das Coisas (IoT) surge como uma solução promissora ao integrar sensores e dispositivos conectados capazes de fornecer informações em tempo real. O presente trabalho tem como objetivo desenvolver e implementar uma estação agroclimática inteligente, utilizando a placa ESP32 e sensores capazes de medir temperatura, umidade e luminosidade, de modo a disponibilizar os dados coletados por meio do protocolo de mensagens MQTT. A abordagem metodológica consistiu na construção de um protótipo de baixo custo, com a integração de sensores de clima ao ESP32 e a programação em MicroPython para realizar as leituras periódicas, o envio das informações e o gerenciamento de alertas. Os resultados obtidos demonstraram a eficiência do sistema em captar as variáveis ambientais de forma estável, transmitindo-as em tempo real para o broker MQTT, o que possibilita a visualização em plataformas de monitoramento e a integração com aplicações móveis. Essa integração, além de permitir o acompanhamento contínuo das condições ambientais, também possibilita o envio de notificações automáticas para o usuário em situações críticas, como altas temperaturas ou baixos índices de umidade. Dessa forma, o sistema proposto apresenta-se como uma alternativa acessível e escalável para agricultores, permitindo a tomada de decisões mais assertivas e contribuindo para práticas agrícolas mais sustentáveis. Considera-se que, com a evolução da solução, será possível ampliar a quantidade de sensores utilizados, integrar o protótipo a sistemas de irrigação automatizados e explorar recursos de análise de dados, potencializando a gestão agrícola. Assim, este trabalho evidencia que a utilização de IoT associada ao protocolo MQTT representa uma estratégia eficaz e de fácil implementação para modernizar a agricultura e apoiar o produtor rural no processo de digitalização do campo.

Palavras-chave: Agricultura de precisão; Internet das Coisas (IoT); Protocolo MQTT; Monitoramento ambiental; ESP32.

1. Introdução

A agricultura contemporânea enfrenta desafios cada vez mais complexos, que vão desde as mudanças climáticas até a crescente demanda por alimentos em escala global. Nesse cenário, torna-se imprescindível a adoção de práticas que unam eficiência produtiva e sustentabilidade, de modo a atender às exigências do mercado e, ao mesmo tempo, preservar os recursos naturais. Uma das estratégias que mais tem se destacado é a utilização de tecnologias digitais aplicadas ao campo, em especial aquelas baseadas em automação e conectividade. Entre essas tecnologias, a Internet das Coisas (IoT) ocupa papel de relevância, pois possibilita a integração de sensores, dispositivos e sistemas computacionais para monitorar variáveis ambientais em tempo real, gerando informações que apoiam a tomada de decisão do agricultor.

Entre essas tecnologias, a Internet das Coisas (IoT) ocupa papel de relevância, pois possibilita a integração de sensores, dispositivos e sistemas computacionais para monitorar variáveis ambientais em tempo real, gerando informações que apoiam a tomada de decisão do agricultor. O uso da IoT na agricultura de precisão, por exemplo, é destacado por autores como Silva e Espejo (2023), que evidenciam como essa tecnologia aprimora a gestão hídrica, otimiza o uso de recursos e contribui para a sustentabilidade do setor agrícola.

Nesse contexto, a implementação de estações agroclimáticas inteligentes surge como alternativa viável e de baixo custo, especialmente quando associada a protocolos de comunicação leves e eficientes, como o Message Queuing Telemetry Transport (MQTT). Esse protocolo, amplamente utilizado em soluções de IoT, possibilita a troca de mensagens de forma rápida e segura, além de permitir a integração com aplicativos móveis e sistemas de automação.

O microcontrolador ESP32 apresenta-se como plataforma ideal para esse tipo de solução devido ao seu baixo custo, versatilidade e suporte nativo à conectividade Wi-Fi e Bluetooth. Pesquisas recentes, como a de Santos et al. (2022), reforçam que o ESP32 se destaca como uma plataforma versátil para projetos de IoT, sendo especialmente útil na agricultura de precisão por sua capacidade de integrar múltiplos sensores. Associado a sensores ambientais, esse dispositivo torna-se capaz de realizar medições periódicas e enviar os dados para um broker MQTT, onde podem ser acessados em tempo real.

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma estação agroclimática inteligente, baseada em IoT, utilizando o microcontrolador ESP32 e sensores de temperatura, umidade e luminosidade. A proposta visa demonstrar a viabilidade de um sistema acessível, escalável e de fácil implementação, capaz de fornecer informações em tempo real para agricultores e gestores do setor agrícola. A metodologia consistiu na construção de um protótipo de baixo custo, na implementação de rotinas de leitura e transmissão de dados via MQTT, bem como na configuração de alertas automatizados que podem ser integrados a aplicativos móveis.

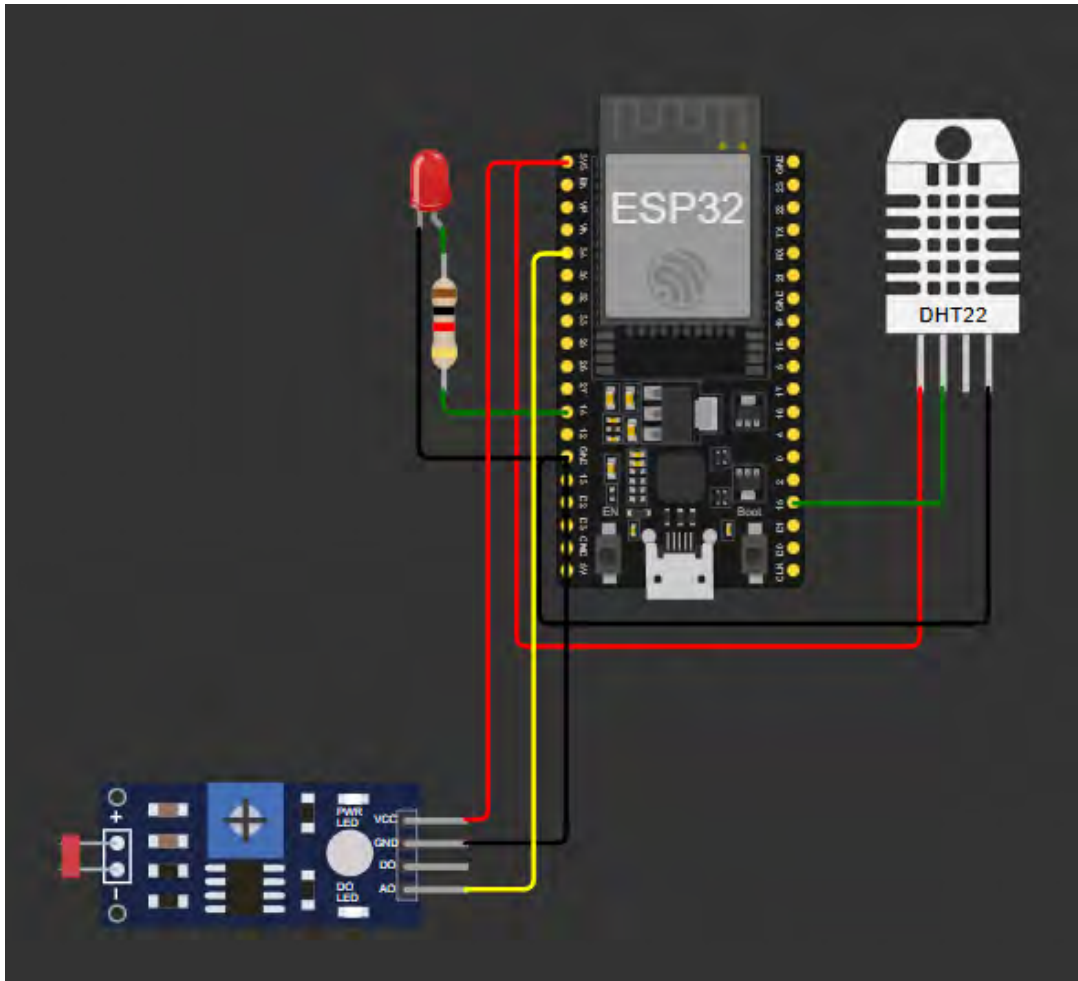
Dessa forma, este trabalho pretende contribuir para a literatura na área de tecnologias aplicadas ao agronegócio, reforçando a importância da digitalização do campo como ferramenta estratégica para a agricultura do futuro.

2. Materiais e Métodos

O desenvolvimento da estação agroclimática inteligente foi realizado em ambiente de simulação utilizando a plataforma online Wokwi, que permite projetar e testar circuitos de forma interativa e fiel à realidade. A escolha por essa ferramenta se deu devido à sua praticidade, acessibilidade e capacidade de reproduzir o funcionamento do hardware sem a necessidade de componentes físicos, o que possibilitou validar as funcionalidades do sistema de forma rápida e eficiente. O protótipo elaborado no Wokwi é totalmente reproduzível, podendo ser replicado em ambiente físico com os mesmos componentes, o que confere maior aplicabilidade prática ao projeto.

O sistema foi baseado no microcontrolador ESP32, escolhido por sua integração nativa com Wi-Fi e por oferecer recursos de processamento adequados a aplicações em Internet das Coisas (IoT). Foram utilizados sensores de temperatura e umidade do tipo DHT22 e um sensor de luminosidade conectado a uma porta analógica do ESP32. As leituras desses sensores foram programadas em MicroPython, com periodicidade de 5 segundos, de modo a gerar dados em tempo real.

Figura 1 - Protótipo Desenvolvido no Wokwi



Protótipo no Wokwi, com ESP32, sensores e led.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Para o envio das informações coletadas, empregou-se o protocolo Message Queuing Telemetry Transport (MQTT), por sua leveza e eficiência em aplicações de IoT. O sistema foi configurado para publicar os dados em tópicos específicos, sendo um voltado ao monitoramento geral e outro destinado a alertas em situações críticas, como altas temperaturas. O broker utilizado para a comunicação foi o HiveMQ Public Broker, serviço gratuito e amplamente utilizado para testes em aplicações IoT. Essa escolha possibilitou não apenas a transmissão das leituras, mas também a visualização em tempo real das mensagens publicadas por meio da interface gráfica do HiveMQ, o que facilitou a validação do funcionamento do sistema e a análise dos resultados.

Além disso, o sistema foi programado para acionar um LED em situações de baixa umidade, simulando uma resposta automatizada a condições ambientais adversas. Essa abordagem demonstra a possibilidade de integração do protótipo com sistemas de irrigação automatizada ou aplicativos móveis, reforçando a aplicabilidade prática da solução proposta.

Figura 2- Parte do Código no ESP32

```
while True:
    print("Measuring weather conditions... ", end="")
    sensor.measure()

    temperatura = round(sensor.temperature(), 1)
    umidade = round(sensor.humidity(), 1)
    luminosidade = light_sensor.read()

    print("Temperatura:", temperatura, "°C")
    print("Umidade:", umidade, "%")
    print("Luminosidade:", luminosidade)

    if umidade < 40:
        led.value(1)
    else:
        led.value(0)

    if temperatura > 40:
        messageAlert = ujson.dumps({
            "Alerta: temperatura alta": "acima de 40 graus",
            "Temperatura atual": temperatura,
        })

        if messageAlert != prev_alert:
            print("Alert!")
            print("Reporting alert to MQTT topic {}: {}".format(MQTT_TOPIC_ALERT, messageAlert))
            client.publish(MQTT_TOPIC_ALERT, messageAlert)
            prev_alert = messageAlert

        message = ujson.dumps({
            "temp": temperatura,
            "humidity": umidade,
            "luminosity": luminosidade
        })
        if message != prev_weather:
            print("Updated!")
            print("Reporting to MQTT topic {}: {}".format(MQTT_TOPIC, message))
            client.publish(MQTT_TOPIC, message)
            prev_weather = message
        else:
            print("No change")

    time.sleep(5)
```

Código responsável por ler as variáveis, monitorar e fazer os alertas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Com base nessa metodologia, torna-se possível não apenas reproduzir o protótipo no ambiente virtual do Wokwi, mas também replicá-lo em condições reais, com os mesmos componentes físicos, garantindo a viabilidade de implementação no setor agrícola. Para melhor compreensão, serão apresentadas imagens do protótipo no ambiente de simulação do Wokwi e da interface do HiveMQ, evidenciando a comunicação entre os sensores e o broker MQTT.

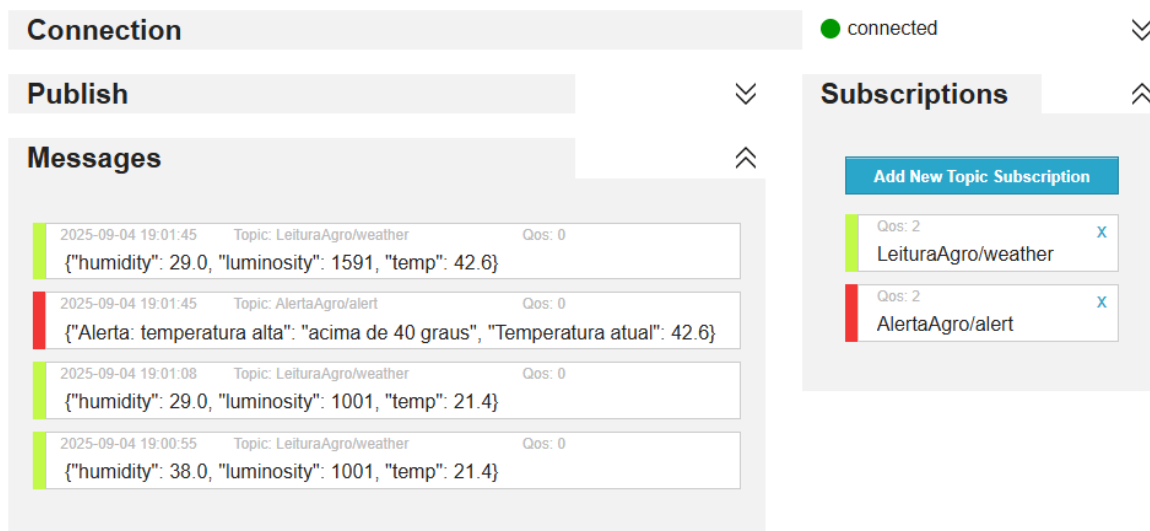
3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos a partir do protótipo desenvolvido no ambiente Wokwi demonstraram o correto funcionamento do sistema de monitoramento agroclimático. O ESP32 foi capaz de realizar leituras periódicas de temperatura, umidade e luminosidade, com intervalos de cinco segundos, e transmitir esses valores para o broker MQTT configurado no HiveMQ. As informações coletadas foram publicadas em tópicos específicos, permitindo tanto o acompanhamento contínuo das variáveis ambientais quanto a emissão de alertas em situações críticas.

Durante os testes, a luminosidade, captada pelo sensor analógico, apresentou amplitude compatível com a simulação de diferentes condições de luz no Wokwi, validando a confiabilidade das leituras. Além disso, foi observado o acionamento automático do LED em momentos de

baixa umidade, o que simula a possibilidade de integração do sistema a um mecanismo de irrigação automatizada.

Figura 1- Notificações recebidas no HiveMQ



Notificações e alertas recebidos no HiveMQ pelo MQTT. Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Essa figura ilustra as mensagens recebidas no HiveMQ Public Broker, demonstrando a publicação dos dados em tempo real. Tais resultados confirmam a viabilidade do uso combinado dessas plataformas tanto para fins de desenvolvimento quanto para validação de soluções baseadas em IoT.

No que se refere à discussão, observa-se que os resultados obtidos estão em consonância com a literatura que trata da aplicação da IoT no agronegócio. Estudos recentes apontam que o uso de microcontroladores de baixo custo, como o ESP32, em conjunto com o protocolo MQTT, constitui uma alternativa eficiente para o monitoramento remoto de variáveis ambientais, especialmente em regiões onde a automação agrícola ainda é incipiente. A simplicidade na configuração do sistema e a possibilidade de integração com aplicativos móveis representam vantagens significativas em comparação a métodos convencionais, os quais frequentemente envolvem equipamentos de maior custo e menor flexibilidade.

De forma geral, os resultados reforçam o potencial da proposta apresentada, evidenciando que a combinação entre sensores ambientais, ESP32 e protocolo MQTT representa uma solução viável, reproduzível e escalável para o monitoramento de variáveis agrícolas. A literatura especializada, como a pesquisa de Souza e Silva (2021), aponta o uso de sensores como o DHT22 como uma prática comum e eficaz para o monitoramento de variáveis climáticas em projetos de automação agrícola, devido à sua precisão e facilidade de integração. As leituras desses sensores foram programadas em MicroPython, com periodicidade de 5 segundos, de modo a gerar dados em tempo real.

4. Considerações Finais

O presente trabalho demonstrou a viabilidade do desenvolvimento de uma estação agroclimática inteligente baseada em IoT, utilizando o microcontrolador ESP32, sensores de

temperatura, umidade e luminosidade, e o protocolo de comunicação MQTT para transmissão de dados em tempo real. Por meio do ambiente de simulação Wokwi, foi possível construir um protótipo funcional, reproduzível e testável, enquanto o uso do HiveMQ Public Broker permitiu visualizar de forma prática as leituras e notificações geradas pelo sistema.

Os resultados obtidos evidenciaram que o protótipo é capaz de monitorar variáveis ambientais de maneira contínua, acionando alertas automáticos em situações críticas, como baixa umidade ou altas temperaturas. Essa funcionalidade demonstra o potencial do sistema para ser integrado a aplicativos móveis, possibilitando que o usuário receba notificações em tempo real, contribuindo para decisões mais rápidas e assertivas na gestão agrícola.

Embora o trabalho tenha sido realizado em ambiente virtual, as metodologias empregadas indicam que a reprodução em condições reais é plenamente viável, com possibilidade de expansão para incluir novos sensores, automação de irrigação e análise de dados mais avançada.

Em síntese, a proposta apresentada contribui para a modernização do monitoramento agroclimático, alinhando tecnologia, praticidade e sustentabilidade, e evidencia que a integração de microcontroladores, sensores e protocolos de comunicação constitui uma alternativa eficaz para apoiar a agricultura digital. Futuras implementações podem explorar o aumento da cobertura sensorial, a integração com sistemas de inteligência artificial e a migração para brokers privados, ampliando a confiabilidade e a aplicabilidade do sistema em cenários reais.

5. Referências

SILVA, D. R. da; MELO, R. R. de. Solução de internet das coisas para pequenos agricultores na região do Vale Jaguaribe. 2023. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência da Computação) - Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Russas, 2023.

SANTOS, G. B. et al. Solução IoT para monitoramento e controle de parâmetros ambientais do cultivo sustentável em residências. Repositório IF Goiano, 2022. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/5673/3/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Jose_Francisco.pdf. Acesso em: 3 set. 2025.

SOUZA, N. C.; SILVA, F. J. S. Sistema de monitoramento de temperatura, umidade e luminosidade para uso em pequenas plantações do Sertão Paraibano. In: COBENGE, 2021. Anais [...]. Disponível em: http://www.abenge.org.br/transfer.php/?arquivo=../dados/COBENGE21/COBENGE21_00242_00003652.pdf. Acesso em: 2 set. 2025.