

AGROTECH: SOLUÇÃO INTELIGENTE PARA MONITORAMENTO E CONTROLE SUSTENTÁVEL DA AGRICULTURA

AGROTECH: INTELLIGENT SOLUTION FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE MONITORING AND CONTROL

Daniel Filipe Vieira I
Diogo Vieira de Lima, II
Gabriel Lopes Serra, III
Guilherme Campos Rosa, IV
Gustavo Mendes Porto, V

RESUMO

Os avanços em automação e Internet das Coisas (IoT) têm impulsionado o desenvolvimento de soluções inteligentes para a agricultura, visando maior eficiência no uso de recursos naturais. Este artigo descreve um sistema de controle e monitoramento inteligente para agricultura sustentável, utilizando o microcontrolador ESP32 e sensores ambientais para coleta de dados em tempo real. Através de sensores de temperatura e umidade do ar e do solo, combinados com um aplicativo móvel e um chatbot, é possível automatizar a irrigação de forma precisa. A lógica de decisão pode ser aprimorada com técnicas como a RAG (Retrieval-Augmented Generation), permitindo ajustes adaptativos baseados nas condições ambientais. O sistema busca otimizar a produtividade agrícola, reduzindo o desperdício de água e energia, e contribuindo para práticas sustentáveis no campo.

Palavras-chave: Agricultura inteligente, IoT, Técnica RAG, ESP32, Irrigação automatizada

ABSTRACT

Advances in automation and the Internet of Things (IoT) have enabled the development of intelligent solutions for agriculture, promoting greater efficiency in natural resource utilization. This article presents an intelligent monitoring and control system for sustainable agriculture, using the ESP32 microcontroller and environmental sensors for real-time data collection. Through air and soil temperature and humidity sensors, combined with a mobile application and a chatbot, precise irrigation automation is possible. Decision-making logic can be enhanced with techniques like RAG (Retrieval-Augmented Generation), allowing adaptive adjustments based on environmental conditions. The system aims to optimize agricultural productivity while reducing water and energy waste, contributing to sustainable practices in the field.

Keywords: Smart agriculture, IoT, RAG technique, ESP32, intelligent irrigation

1 INTRODUÇÃO

A agricultura moderna enfrenta desafios como escassez hídrica, mudanças climáticas e necessidade de segurança alimentar global. Estudos apontam que tecnologias como IoT, automação, nuvem e inteligência artificial podem tornar os processos agrícolas mais eficientes e sustentáveis (MILLER et al., 2025). Contudo, muitas soluções atuais concentram-se apenas no monitoramento ambiental ou na automação pontual da irrigação, sem uma integração unificada entre sensoriamento, controle embarcado, nuvem e suporte conversacional ao produtor. Nesse sentido, sistemas baseados em ESP32 têm se mostrado alternativas de baixo custo e com boa conectividade para automação de irrigação (PEREIRA; CHAARI; DAROGE, 2023).

O projeto AgroTech visa suprir essa lacuna com um sistema inteligente que combine sensores de solo e ambiente, microcontrolador ESP32, aplicativo mobile, computação em nuvem e um chatbot baseado em RAG. Essa integração permitirá não só monitoramento e controle automáticos, mas também suporte interativo personalizado ao agricultor, de forma intuitiva, acessível e com uso mais racional de recursos.

2 OBJETIVO

O objetivo deste projeto é desenvolver o AgroTech, um sistema inteligente que integre IoT, automação, computação em nuvem e inteligência artificial para auxiliar agricultores no monitoramento e controle do cultivo de forma prática, eficiente e acessível. O sistema contempla: sensores de solo e ambiente para coleta contínua de dados, irrigação automatizada via ESP32, aplicativo móvel para visualização e controle em tempo real, armazenamento seguro em nuvem e um chatbot baseado em RAG para apoiar decisões, como a escolha de sementes. Assim, busca-se ampliar a produtividade agrícola, otimizar o uso de recursos e democratizar o acesso a tecnologias avançadas no campo.

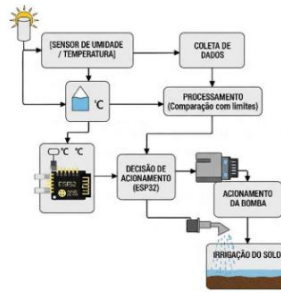
3 VIABILIDADE TÉCNICA

O AgroTech é viável tecnicamente por adotar uma arquitetura modular que integra sensoriamento (umidade e temperatura), controle inteligente via ESP32, transmissão IoT (LoRa, Wi-Fi, MQTT), processamento em nuvem e interface móvel com dashboard e chatbot baseado em RAG. Essa combinação garante automação da irrigação, análise preditiva, eficiência no uso de recursos e adaptabilidade a diferentes culturas.

4 METODOLOGIA

O AgroTech foi desenvolvido com o microcontrolador ESP32, integrado a sensores de umidade e temperatura do ar e do solo. Os dados coletados são comparados a limites configuráveis conforme cada cultura, permitindo acionar automaticamente a irrigação quando necessário. O aplicativo mobile em Flutter, conectado via Wi-Fi e MQTT, disponibiliza dashboard em tempo real e controle manual dos atuadores. Além disso, o sistema inclui um chatbot agrícola baseado em Retrieval-Augmented Generation (RAG), que combina modelo de linguagem e bases de dados agrícolas para oferecer recomendações personalizadas sobre irrigação, escolha de sementes e manejo do cultivo. Essa arquitetura garante flexibilidade, praticidade e aplicabilidade a diferentes culturas agrícolas.

Figura 1: Diagrama de blocos com os componentes utilizados no projeto



Fonte: Autoria própria (2025)

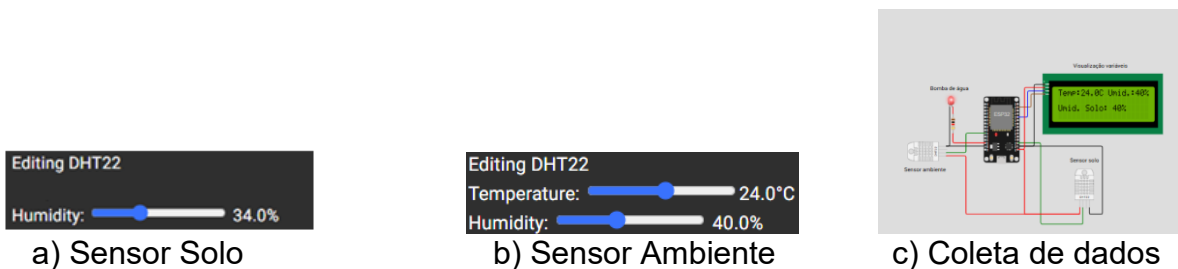
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizados testes práticos com o sistema de irrigação inteligente baseado no ESP32, com o objetivo de validar sua capacidade de monitoramento e controle em tempo real. Dois sensores DHT22 foram utilizados: um para temperatura e umidade do ar e outro para umidade do solo. O sistema processou os dados continuamente e acionou automaticamente a bomba de água, representada por um LED vermelho sempre que os níveis de umidade estiveram abaixo dos limites definidos no firmware.

O chatbot, apresentou respostas contextualizadas e relevantes, auxiliando na tomada de decisão dos produtores. O controle da bomba de irrigação pôde ser realizado tanto pelo aplicativo quanto pelo sistema supervisorio em ambiente SCADA, garantindo redundância e confiabilidade.

A combinação entre mobilidade, automação e supervisão resultou em um sistema escalável, adaptável a diferentes culturas e eficiente no uso de recursos hídricos e energéticos.

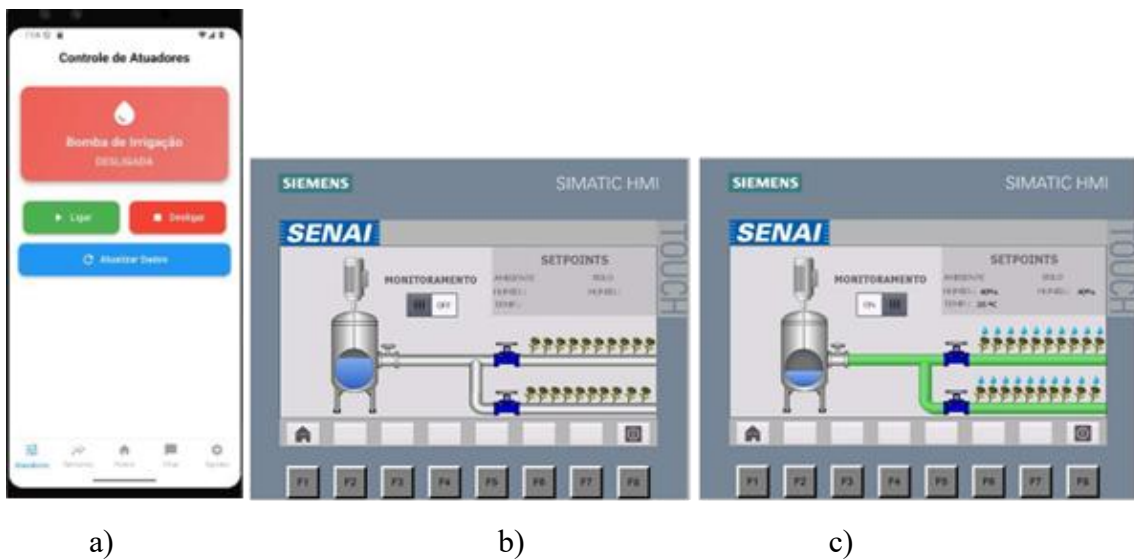
Figura 2: Ajuste de Set Point de Temperatura e Umidade



Fonte: Autoria própria (2025)

Cultura	Faixa Ideal de Umidade do Solo (%)	Temperatura Ideal (°C)	Tipo de Solo Recomendado	Observações
Milho	65% – 80%	18°C – 27°C	Solo argiloso ou argilo-siltoso	Boa drenagem e pH entre 5,8 e 7,0
Café	60% – 75%	18°C – 24°C	Solo bem drenado, leve ou cascalhento	Sensível à geada; irrigação controlada no florescimento

Figura 3: Imagens do Aplicativo / Supervisório



Fonte: Autoria própria (2025)

6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste sistema de agricultura inteligente demonstrou, na prática, como a tecnologia pode ser uma grande aliada do campo. A partir da utilização de sensores de ambiente e de solo, integrados a um microcontrolador ESP32, foi possível monitorar e controlar, as condições ideais para o cultivo. O sistema atuou de maneira autônoma com base em setpoints de temperatura e umidade previamente definidos, oferecendo uma solução eficaz e de fácil adaptação para diferentes culturas.

Além do controle físico da irrigação, a integração com um aplicativo e chatbot trouxe uma dimensão de usabilidade essencial, permitindo que o produtor rural tenha acesso a informações importantes, orientação técnica e flexibilidade para modificar parâmetros conforme a cultura desejada.

REFERÊNCIAS

MILLER, Tymoteusz; MIKICIUK, Grzegorz; DURLIK, Irmina; MIKICIUK, Małgorzata; ŁOBODZIŃSKA, Adrianna; ŚNIEG, Marek. The IoT and AI in Agriculture: The Time Is Now — A Systematic Review of Smart Sensing Technologies. *Sensors*, v. 25, n. 12, p. 3583, 2025.

PEREIRA, Gilroy P.; CHAARI, Mohamed Z.; DAROGE, Fawwad. IoT-Enabled Smart Drip Irrigation System Using ESP32. *IoT (MDPI)*, v. 4, n. 3, p. 221–243, 2023.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por ter nos dado saúde e força para realização deste projeto. Agradecimento aos autores para escrita e realização do projeto.

SOBRE O(S)AUTOR(ES)

Sobre os autores:

Daniel Filipe Vieira (Autor 1)



Doutorando e Mestre em Engenharia Elétrica pela Unicamp e Engenheiro Eletricista pela Unimetrocamp Wyden. Professor no Senai Roberto Mange nas áreas de Inteligência Artificial, Big Data, Computação em Nuvem, Desenvolvimento de Software e Cybersegurança. Atua em projetos de hardware, software e análise de dados, além de consultoria técnica e científica.

Diogo Vieira de Lima (Autor 2)



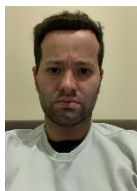
Estudante de Análise e Desenvolvimento de Sistemas, com foco em web design, inteligência artificial e aplicações mobile. Possui conhecimentos em análise de dados e integrações em TI com tecnologias de automação, atuando no desenvolvimento de soluções digitais e inteligentes para diferentes áreas.

Gabriel Lopes Serra (Autor 3)



Eletricista formado pelo SENAI e Técnico em Automação pela ETEC. Discente em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, com ênfase em automação. Atua em projetos envolvendo eletricidade, automação e desenvolvimento de sistemas, com interesse em integrar tecnologia e inovação para soluções inteligentes.

Guilherme Campos Rosa (Autor 4)



Eletricista formado pelo SENAI e Técnico em Eletrônica pela Duque de Caxias. Discente em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, com ênfase em automação. Atua em projetos de eletrônica, automação de máquinas injetoras e de embalagens, além de soluções para extrusoras.

Gustavo Mendes Porto (Autor 5)



Estudante de Análise e Desenvolvimento de Sistemas, com interesse em desenvolvimento de software, IoT e soluções inovadoras em tecnologia. Possui conhecimentos em redes e automação, atuando no desenvolvimento de soluções inteligentes que integram TI e TA.