

IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA POR ESP 32

Samuel Victor Saraiva e Silva¹

Ítalo Rodrigo Monte Soares²

RESUMO: Este artigo propõe o desenvolvimento de um sistema de irrigação inteligente capaz de integrar dados meteorológicos e sensores locais de umidade do solo para otimizar o uso da água e reduzir desperdícios. A solução é baseada no microcontrolador ESP32, que se conecta à internet para obter informações de previsão do tempo, como probabilidade e volume de precipitação, e combina esses dados com as medições feitas diretamente no solo. A partir dessas informações, o sistema processa regras de decisão que determinam se a irrigação deve ser realizada, adiada ou ajustada em intensidade, evitando situações comuns em que a irrigação é realizada pouco antes de uma chuva, o que acarreta desperdício de recursos. Quando a irrigação é necessária, o ESP32 aciona a bomba d'água, realizando o processo de forma automatizada. Além disso, o sistema pode enviar dados para plataformas de monitoramento online, permitindo que o usuário acompanhe em tempo real as condições do solo e do clima, bem como o histórico das irrigações. Dessa forma, a proposta busca promover a sustentabilidade ambiental, diminuir os custos de manutenção e modernizar práticas agrícolas, ao mesmo tempo em que contribui para melhores condições de trabalho no campo, unindo os conceitos de automação, internet das coisas e eficiência energética.

Palavras-chaves: Irrigação automatizada. ESP32. Sensores de umidade. Automação agrícola. Eficiência hídrica.

3711

1. INTRODUÇÃO

O presente artigo propõe a criação de um protótipo de irrigação inteligente utilizando o microcontrolador ESP32, (*Espressif Systems 32 bits*) em conjunto com sensores de umidade de solo e dados meteorológicos. O sistema é projetado para monitorar continuamente a umidade do solo e acionar uma bomba de água de forma automática, quando necessário. Além disso, a solução permite a aplicação de diferentes métodos de irrigação, como aspersão ou gotejamento, conforme a viabilidade do terreno.

A leitura dos sensores capacitivos de umidade instalados no solo é que direcionam o comando de acionamento da bomba. O sistema também possui a eficiência de prever possíveis chuvas através de plataformas que fornecem dados meteorológicos em tempo real, se a chuva hidratar o solo de forma eficiente, a placa controladora ESP32 entenderá que não será necessário irrigar a terra.

¹Bacharelado em Engenharia Elétrica- UNIFSA.

²Prof orientador: Mestre em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande.

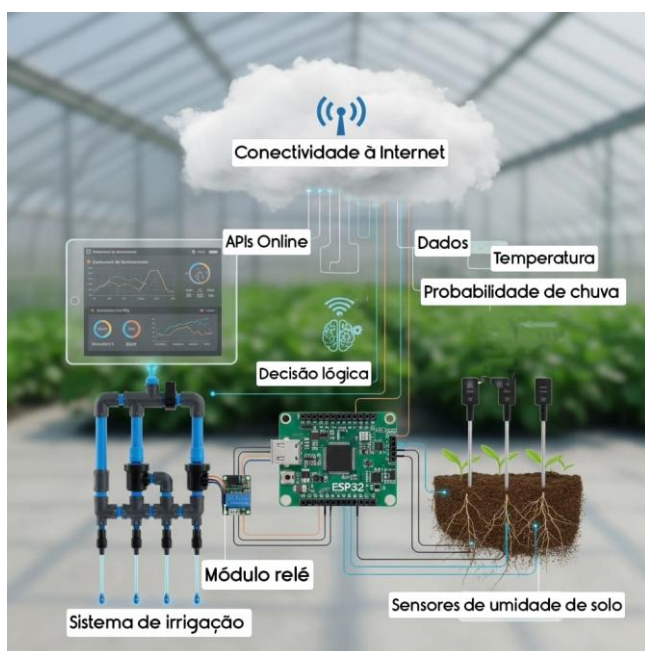


Figura 1: Modelo esquemático.

Fonte: Autor.

O sistema também conta com supervisão e monitoramento remoto, um diferencial importante, pois permitem que ele seja acompanhado e ajustado por celular ou computador mesmo quando o responsável não está fisicamente presente no local. Tal recurso torna a solução ainda mais prática e alinhada às necessidades de modernização tecnológica do setor agrícola. Com esse sistema, busca-se reduzir o desperdício de água, diminuir o esforço manual na irrigação e garantir condições de trabalho seguras e eficientes.

3712

2.REFERÊNCIAL TEÓRICO

A agricultura irrigada tem papel central na produção de alimentos e no uso sustentável dos recursos naturais. Segundo Paolinelli, Dourado Neto e Mantovani (2022), os avanços em sistemas irrigados, incluindo automação e tecnologias digitais, têm possibilitado a aplicação de água de forma técnica, promovendo maior eficiência hídrica, energética e de mão de obra. Ainda assim, a irrigação tradicional continua sendo responsável por elevados índices de desperdício de água, reforçando a necessidade de soluções modernas que integrem ciência e tecnologia.

A revolução digital no setor agrícola, abordada na obra *Agricultura Digital*, apresenta um conjunto de ferramentas como sensores, IoT, geotecnologias e inteligência artificial, que permitem monitorar variáveis do solo e do clima em tempo real, auxiliando a tomada de decisão (AGRICULTURA DIGITAL, 2024). Tais recursos são a base para sistemas inteligentes de

irrigação, nos quais a aplicação de água pode ser ajustada de acordo com as condições locais e ambientais.

No campo específico da eficiência hídrica, Villamagn (2016) ressalta a importância de metodologias que considerem fatores como evapotranspiração, radiação solar e balanço hídrico do solo para determinar as reais necessidades de irrigação. A aplicação de modelos desse tipo em sistemas automatizados contribui diretamente para a economia de água e energia, além de reduzir os custos operacionais. Complementando essa visão, Biscaro (2014) destaca a relevância da irrigação localizada, especialmente o gotejamento, como técnica que permite um controle mais preciso da aplicação de água.

Além da literatura em livros, estudos recentes em periódicos reforçam o papel da automação e da IoT na agricultura irrigada. Macedo et al. (2010), por exemplo, avaliaram o desempenho de um sistema automatizado baseado na tensão da água no solo, comprovando que essa abordagem favorece a economia de recursos. De forma semelhante, Brito et al. (s.d.) desenvolveram um protótipo com ESP32, sensor de umidade, validando o potencial da automação inteligente para manter o solo em níveis adequados de umidade.

3. METODOLOGIA

3713

O desenvolvimento do sistema de irrigação inteligente foi baseado na integração de um microcontrolador ESP32, sensores de umidade do solo, módulo relé e dados meteorológicos obtidos por meio de uma API online (*Application Programming Interface*). O objetivo principal é permitir que a decisão de irrigar leve em consideração tanto as condições locais quanto a previsão de chuva, evitando desperdício de água e reduzindo a necessidade de intervenção manual. O funcionamento inicia-se com a coleta dos dados climáticos em tempo real.

Para isso, o ESP32 é conectado à internet via rede *Wi-Fi*, realizando requisições a serviços de previsão do tempo no *Open Weather Map*, que é uma plataforma online que disponibiliza dados meteorológicos em tempo real e previsões do tempo para qualquer local do mundo. Essas informações incluem probabilidade de precipitação, volume de chuva previsto, temperatura e umidade relativa do ar. Paralelamente, sensores capacitivos de umidade do solo instalados na área irrigada enviam leituras ao microcontrolador, permitindo avaliar diretamente a necessidade hídrica da cultura ou jardim.

Com base nos dados coletados, o ESP32 processa uma lógica de decisão programada em linguagem C. Essa lógica define critérios de irrigação, como por exemplo: se a probabilidade de

chuva nas próximas horas for superior a 70% e o volume previsto for igual ou superior a 5 mm, a irrigação é adiada. Caso a previsão de chuva seja baixa, mas os sensores de umidade indiquem níveis inferiores ao limiar mínimo estabelecido, a irrigação é realizada de forma automática.

O sistema também pode operar de maneira híbrida, acionando um ciclo de irrigação reduzido quando o solo está seco, mas há previsão de chuva, garantindo que as plantas não sofram estresse hídrico. A parte de atuação física é realizada por meio de válvulas controladas pelo ESP32 através de módulos de relé. Quando o comando de irrigação é acionado, o circuito elétrico permite a passagem de água para a rede de aspersores ou gotejamento, dependendo do sistema adotado.

Esse processo garante que a decisão digital se traduza em ação prática no campo. Para supervisão, o sistema é integrado ao *Blynk IoT* que é uma plataforma que possibilita criar aplicações destinadas ao acompanhamento e ao controle remoto de dispositivos eletrônicos., permitindo a visualização remota de dados climáticos, umidade do solo, e status em tempo real. Essa integração favorece não apenas o monitoramento, mas também a possibilidade de ajustes manuais pelo usuário em situações específicas.



Figura 2: Fluxograma do sistema.

Fonte: Autor.

3.1 Coleta de dados e integração

O ESP32 é programado para se conectar à internet via Wi-Fi e realizar requisições do tipo HTTP ou HTTPS para um servidor de dados meteorológicos, como o *OpenWeatherMap*. Essas requisições seguem o padrão REST (*Representational State Transfer*), em que o dispositivo envia um pedido a um endereço específico (URL) e recebe como resposta informações estruturadas.

As respostas das APIs geralmente são enviadas no formato JSON (Javascript Object Notation), que é amplamente utilizado pela sua simplicidade e facilidade de interpretação. O ESP32, por meio de bibliotecas de programação, consegue analisar esse arquivo e extrair apenas os dados relevantes. O software embarcado no microcontrolador foi desenvolvido em linguagem C, utilizando a IDE Arduino como ambiente de programação. A lógica foi estruturada em módulos, facilitando a organização e manutenção do código.

A seguir, destacam-se os principais blocos do programa:

Bibliotecas utilizadas: foram incluídas bibliotecas para comunicação Wi-Fi, requisições HTTP e manipulação de dados JSON, como (WiFi.h, HTTPClient.h e ArduinoJson.h.) Essas bibliotecas permitem que o microcontrolador estabeleça conexão com a internet e interprete os dados recebidos.

Configuração de rede: no início do código, o ESP32 é configurado para se conectar a uma rede Wi-Fi utilizando o SSID e a senha cadastrados. Essa etapa é fundamental para que ele possa acessar as APIs meteorológicas. 3715

Requisição de dados: por meio da biblioteca HTTPClient, o ESP32 envia uma requisição GET ao servidor do *OpenWeatherMap* (ou outro serviço escolhido) e recebe uma resposta no formato JSON.

3.2 Processamento lógico.

Quando os dados são recebidos começa o processamento lógico e os cálculos. Entre os parâmetros obtidos por meio da API, destacam-se:

Probabilidade de chuva (%) – permite identificar se há chance significativa de precipitação nas próximas horas.

Volume estimado de chuva (mm) – indica a quantidade de água esperada, ajudando a definir se a irrigação deve ser adiada.

Temperatura do ar (°C) – influencia a taxa de evaporação da água do solo.

Umidade relativa do ar (%) – auxilia no cálculo da perda de água por evapotranspiração.

Um exemplo de funcionamento seria: se a probabilidade de chuva prevista para as próximas 3 horas for superior a 70% e o volume esperado for maior ou igual a 5 mm, o sistema cancela a irrigação programada. Caso contrário, verifica os sensores de umidade do solo e decide se o acionamento da bomba será necessário.

Processamento do JSON: o arquivo de resposta é tratado pela biblioteca ArduinoJson, que extrai parâmetros como probabilidade de chuva, volume previsto, temperatura e umidade relativa do ar.

Algoritmo de decisão: uma função central compara os dados meteorológicos e os valores lidos pelos sensores. Caso a previsão de chuva seja alta, a irrigação é adiada; se a previsão for baixa e o solo estiver seco, a irrigação é ativada.

3.3 Atuação física

A atuação física do sistema de irrigação inteligente ocorre a partir das decisões tomadas pelo microcontrolador, que, após processar as informações dos sensores de umidade do solo e os dados meteorológicos, envia sinais elétricos para os dispositivos de acionamento.

Leitura dos sensores locais: em paralelo, o código realiza leituras dos sensores de umidade do solo conectados às portas analógicas do microcontrolador.

3716

Controle de atuadores: quando a decisão é pelo acionamento da irrigação, o ESP32 envia um sinal digital para os módulos de relé, que, por sua vez, ativa a bomba responsáveis pela liberação da água.

O principal componente responsável por essa etapa é o módulo de relé, que atua como um intermediário entre o sinal de baixa tensão gerado pelo ESP32 e a carga elétrica necessária para ativar as válvulas solenoides ou bombas de água. Dessa forma, o relé garante isolamento elétrico e proteção do circuito de controle, evitando sobrecarga no microcontrolador.

Bombas de água: em situações em que a pressão da rede hídrica não é suficiente, o sistema pode contar com uma bomba de recalque, também controlada via relé. Essa bomba garante que a água alcance toda a área irrigada de forma eficiente.

A atuação física do sistema, portanto, transforma a lógica programada em ações concretas no campo, garantindo que a irrigação aconteça somente quando realmente necessária. Esse mecanismo permite otimizar o uso da água, reduzir custos energéticos e minimizar a necessidade de esforço manual do trabalhador rural.

Além disso, o uso de válvulas e bombas controladas eletronicamente possibilita a expansão do sistema para diferentes escalas, desde pequenos jardins residenciais até grandes plantações agrícolas, tendo sua importância para sistemas de grandes capitais como agronegócio.

3.4 Supervisão e monitoramento remoto.

O sistema de irrigação inteligente também foi projetado para oferecer supervisão e monitoramento remoto, garantindo maior praticidade e controle ao usuário. Essa funcionalidade é viabilizada pela conectividade do controlador à internet via rede *Wi-Fi*, permitindo a comunicação contínua com plataformas de Internet das Coisas.

Para essa finalidade, foi utilizado a plataforma Blynk IoT, que é uma plataforma desenvolvida para facilitar a criação de aplicações que permitem monitorar e controlar dispositivos eletrônicos de forma remota. Compatível com microcontroladores ela oferece uma interface intuitiva baseada em aplicativos móveis e web, onde o usuário pode criar dashboards com botões, gráficos e indicadores.

A comunicação entre o hardware e a plataforma ocorre via internet, utilizando um token de autenticação exclusivo e uma chave que é dada ao usuário da plataforma, garantindo a integração entre sensores, atuadores e o sistema de monitoramento através do código de programação. que oferecem interfaces gráficas acessíveis por computadores ou dispositivos móveis, o usuário pode visualizar os itens presente na figura 3.

3717

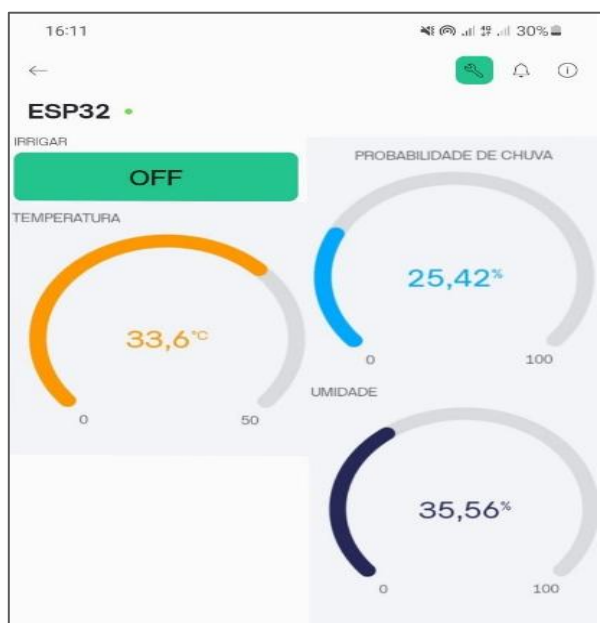


Figura 3: Monitoramento pelo celular.

Fonte: Autor.

Níveis de umidade do solo em tempo real, obtidos pelos sensores instalados;

Dados meteorológicos recebidos via API, como temperatura, umidade do ar e probabilidade de chuva;

Status do sistema, indicando se a bomba de água está em funcionamento.

Além do monitoramento, o sistema também pode ser configurado para permitir intervenções manuais à distância, como forçar a irrigação em situações específicas, mesmo quando os parâmetros lidos indicariam o contrário. Isso amplia a flexibilidade do sistema e dá ao usuário uma precisão de controle do sistema.

A integração dos dados entre as plataformas é realizada por meio do ESP32, que atua como intermediário entre os sensores locais e os dados meteorológicos obtidos da internet. A programação utiliza o protocolo HTTP para acessar os (*endpoints*) da API, recebendo informações como temperatura, volume de chuva e previsão de precipitação. Esses dados são processados no microcontrolador e enviados ao *Blynk* por meio de pinos virtuais, permitindo a visualização em tempo real no aplicativo.

Assim, o sistema combina informações locais (umidade do solo e nível do reservatório) com dados externos (clima atual e previsão), possibilitando uma irrigação inteligente, automática e otimizada. A combinação de informações entre o *Blynk* e a API do *OpenWeather* foi realizada por meio do uso combinado de bibliotecas específicas. A biblioteca *WiFi.h* permite a conexão da rede sem fio e acesse a internet.

3718

Já a biblioteca *HTTPClient.h* é responsável por estabelecer a comunicação HTTP, possibilitando a requisição dos dados meteorológicos diretamente do servidor da API. Para interpretar a resposta recebida em formato JSON, utiliza-se a biblioteca *ArduinoJson.h*, que facilita a extração de parâmetros como a probabilidade de chuva (*pop*) e a temperatura ambiente (*temp*). Por fim, com a biblioteca *BlynkSimpleEsp32.h*, esses dados são enviados aos pinos virtuais do *Blynk*, permitindo o monitoramento remoto no aplicativo.

Dessa forma, o sistema integra a leitura local dos sensores com informações externas de previsão do tempo, oferecendo maior eficiência no processo de irrigação inteligente.

3.5 Montagem do protótipo

Após a elaboração do circuito, a implementação do código de programação e a configuração da aplicação na plataforma *Blynk IoT*, iniciou-se a etapa de montagem do protótipo físico. Para a execução deste projeto, os principais componentes utilizados foram:

1 Chip Esp32 Doit Devkit V1
1 Módulo relé 5 VDC-220VAC/10A
1 Sensor de Nível de Água tipo Boia
1 Módulo Sensor Umidade Solo
1 Chave Push Button Pulsador Sem Trava
1 LED Vermelho de Alto Brilho 5mm
1 LED Verde de Alto Brilho 5mm
1 Resistor de 1k ohms
Cabos Wire Jumper
1 Bomba de água
40 cm mangueira 6 x 4mm Irrigação Micro aspersores
4 m de cano PVC
2 joelhos 90° cano PVC 20 mm
Reservatório de plástico 1,5 L

Com todos os materiais reunidos, procedeu-se à montagem do sistema conforme ilustrado na Figura 4. Para as conexões entre os componentes, assegurando a correta implementação da lógica previamente desenvolvida. O sensor de umidade do solo foi integrado ao circuito por meio de sua haste condutora conectada à placa do CI comparador, utilizando dois fios sem polaridade definida.

3719

Posteriormente, foram realizados os encaixes de alimentação em 5 VDC e GND, bem como as ligações dos pinos Ao (analógico) e Do (digital) às portas 34 e 12 do ESP32, respectivamente. A boia de nível d'água foi adicionada ao sistema por meio de ligação ao GND e à porta 5 do ESP32, operando em configuração *pull-up*.

De forma semelhante, o botão de comando foi conectado à porta 23. Para sinalização, foram empregados dois LEDs (vermelho e verde), conectados às portas 18 e 19, que compartilham um único resistor ao GND, visto que não são acionados simultaneamente, evitando quedas de tensão. O módulo relé, destinado ao acionamento da bomba hidráulica, foi alimentado com 5 VDC e GND, estabelecendo comunicação com a porta 13 do ESP32.

Após a finalização das conexões, foram realizados testes de funcionamento para verificar a integridade elétrica e a resposta de cada componente do sistema. Durante essa etapa, observou-se o correto acionamento dos LEDs indicadores, o funcionamento adequado do relé e a comunicação estável entre o ESP32 e os sensores.

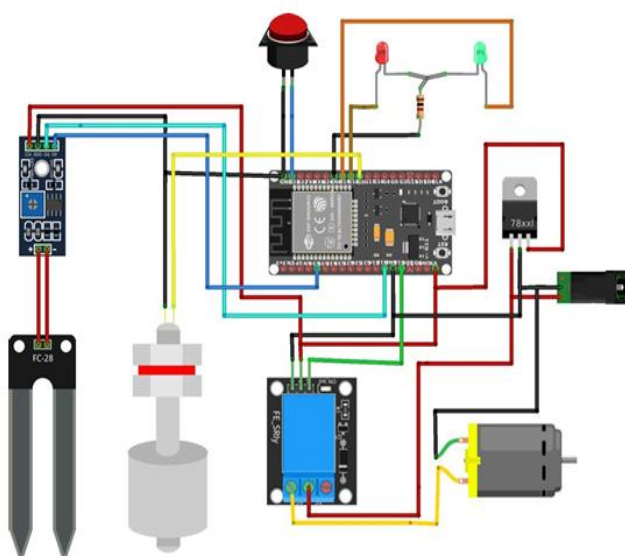


Figura 4: Ilustração do circuito.

Fonte: Autor

A alimentação geral do circuito foi realizada a partir de uma fonte de 12 VDC, sendo utilizado um regulador de tensão CI 7805 para a obtenção dos 5 VDC necessários ao funcionamento do ESP32, do módulo relé e do sensor de umidade de solo.



Figura 5: Sistema eletrônico e reservatório do protótipo.

Fonte: Autor.

O sistema eletrônico foi interligado a encanação e ao reservatório para que pudesse ocorrer a irrigação de forma automática.



Figura 5: Protótipo completo.

Fonte: Autor.

3.6 Comparação com projetos semelhantes

O trabalho de Santana e Silva (2023) apresenta a automação de um sistema de irrigação baseado em ESP32, com controle e monitoramento via plataforma *Blynk*, demonstrando a viabilidade do uso desse microcontrolador aliado à interface remota para acionamento de válvulas. No entanto, o projeto proposto neste artigo avança sobre essa abordagem ao integrar dados de previsão meteorológica obtidos por meio da API OpenWeather diretamente na lógica de decisão do sistema, permitindo evitar irrigações pouco antes de eventos de chuva previstos, aspecto não abordado de forma aprofundada no estudo de Santana e Silva.

3721

O artigo de Brito et al. (2024) também descreve um sistema funcional utilizando o ESP32 e sensores de umidade do solo, com foco em manter níveis ideais de umidade por meio do acionamento automático da irrigação. A principal diferença em relação ao presente projeto está na utilização combinada de sensores locais e informações meteorológicas externas, que acrescentam uma camada de inteligência à automação, reduzindo os ciclos desnecessários e aumentando a eficiência no uso da água.

O projeto *IoSeed*, desenvolvido na Universidade Estadual de Campinas (BTSym, 2022), tem como objetivo a automação de sistemas de irrigação utilizando tecnologias de Internet das Coisas (IoT), priorizando a gestão sustentável da água. Embora semelhante ao presente projeto por utilizar sensores e monitoramento remoto, o *IoSeed* enfatiza aspectos de escalabilidade e

infraestrutura de rede, enquanto o sistema desenvolvido nesta pesquisa se destaca pela integração prática entre sensores locais, previsão meteorológica em tempo real e controle remoto via *Blynk*, visando uma solução mais acessível e de implementação simplificada.

Em resumo, observa-se que a maioria dos trabalhos analisados confirma a eficácia da automação de sistemas de irrigação utilizando microcontroladores e sensores de umidade. Contudo, poucos integram, de maneira direta e prática, a previsão meteorológica em tempo real ao processo decisório de irrigação.

Nesse contexto, o sistema desenvolvido neste projeto apresenta uma contribuição significativa ao unir os dados locais dos sensores à previsão climática e ao controle remoto, promovendo uma maior eficiência no uso da água e uma operação mais inteligente e sustentável.

4. CONCLUSÃO

Verificou-se que o protótipo realizava a irrigação, em média, uma vez a cada dois dias, considerando o tipo de solo e o cultivo utilizados no circuito experimental. O sistema demonstrou ser significativamente mais econômico no consumo de água, uma vez que acionava a irrigação apenas quando realmente necessário, evitando desperdícios e promovendo maior eficiência no uso dos recursos hídricos.

3722

Em dias em que ocorreram chuvas, o sistema não acionou automaticamente a irrigação, conforme a lógica programada. No entanto, observou-se que a chuva não foi suficiente para uma irrigação totalmente eficiente e, diante disso, o sistema atuou de forma complementar, corrigindo a insuficiência hídrica até atingir o nível ideal de umidade no solo.

A supervisão e o controle remoto por meio da plataforma *Blynk IoT* ofereceram flexibilidade ao utilizar o sistema. Esses resultados comprovaram o potencial das tecnologias digitais e da *IoT* na modernização dos sistemas de irrigação, contribuindo para a otimização dos recursos hídricos e a promoção de práticas agrícolas mais inteligentes e sustentáveis.

O sistema de irrigação inteligente demonstrou eficiência na automação do processo, uma vez que reduziu o desperdício de água e a necessidade de intervenção manual. A integração da previsão de chuva à lógica de decisão possibilitou evitar irrigações desnecessárias, promovendo maior sustentabilidade e precisão no funcionamento.

REFERÊNCIAS

AGRICULTURA DIGITAL. Agricultura Digital: tecnologias para monitoramento e gestão agrícola. 2024.

BISCARO, F. Irrigação localizada e eficiência hídrica. São Paulo: Editora Agrícola, 2014.

BRITO, A. et al. Sistema automatizado de irrigação com ESP32 e sensor de umidade do solo. [S.l.], 2024.

BTSym. IoSeed: automação de irrigação por IoT. Universidade Estadual de Campinas, 2022. Disponível em: https://lcv.fee.unicamp.br/wp-content/images/BTSym-22-Brasil/papers/BTSym2022_o84.pdf.

DIB, A. E. H. Automação de irrigação utilizando Raspberry Pi e NodeMCU. Trabalho de Conclusão de Curso. [S.l.], 2020.

MACEDO, R. et al. Desempenho de sistemas automatizados baseados na tensão da água no solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola, v. 10, p. 45-54, 2010.

PAOLINELLI, L.; DOURADO NETO, D.; MANTOVANI, A. Avanços em sistemas irrigados e tecnologias digitais. Brasília: Embrapa, 2022.

SANTANA, J.; SILVA, M. Automação de irrigação com ESP32 e monitoramento via Blynk. [S.l.], 2023.

VILLAMAGN, J. Eficiência hídrica em sistemas de irrigação automatizados. São Paulo: Editora Técnica, 2016.