

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO E MONITORAMENTO INTELIGENTE IOT DE BAIXO CUSTO

Alexandre Magnus Fernandes Guimaraes¹, Erick Custódio Vitória², Guilherme Henrique Pereira da Silva³, Ellen Ferreira Moraes Souza⁴, Pablo Matheus Duarte Silva⁵

*^{1,2,3,4,5}Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil
(alexandre.guimaraes@ufrn.br)*

Resumo: A tecnologia de irrigação inteligente é fundamental para otimizar o uso de água na agricultura moderna. Esses sistemas integram sensores, microcontroladores, rede LoRa e algoritmos de inteligência artificial. Dados de solo e clima são monitorados e processados para automatizar a distribuição exata de água. Essa precisão evita o desperdício de recursos hídricos, reduz custos e aumenta a produtividade agrícola. Com a inteligência artificial, o sistema aprende continuamente e adapta-se às mudanças ambientais. Embora exija infraestrutura e conhecimento técnico, a solução é essencial para um futuro sustentável. Um exemplo prático dessa inovação é a parceria estabelecida entre a Escola de Ciência e Tecnologia (ECT) e a Horta Comunitária Nutrir (LabNutrir) da UFRN.

Palavras-chave: Irrigação; agricultura sustentável; inteligência artificial.

INTRODUÇÃO

A irrigação inteligente tem revolucionado a agricultura moderna ao integrar a Internet das Coisas (IoT) e a tecnologia de comunicação LoRa. Essa combinação permite a transmissão de dados a longas distâncias com baixo consumo de energia, dispensando a necessidade de redes Wi-Fi locais (AGROJETA, 2020). Sensores instalados no campo coletam dados em tempo real sobre a umidade do solo, temperatura e luminosidade, que são analisados por algoritmos para determinar a quantidade exata de água necessária para cada estágio da planta (BRITO e ANDRADE, 2017). A integração com previsões meteorológicas ajuda a evitar danos climáticos (BRUOF, 2018) e o monitoramento contínuo previne doenças nas lavouras (REIS, 2015). Essa precisão resulta em economia de água, redução de custos e controle remoto ágil (SPIGOLON, 2021).

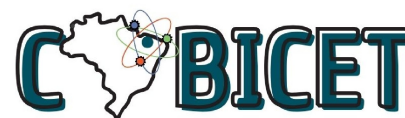
Apesar dos enormes benefícios, o alto custo inicial de infraestrutura afasta os pequenos produtores dessa inovação. Para resolver esse problema, o projeto propõe o desenvolvimento de um protótipo de irrigação inteligente de baixo custo, focado em pequenos agricultores e famílias de baixa renda. O objetivo é democratizar o acesso à tecnologia, oferecendo um sistema que utiliza microcontroladores eficientes e rede LoRa para monitorar as plantas. Essa solução econômica permitirá que comunidades vulneráveis aumentem a eficiência de suas colheitas, reduzam o desperdício de água e alcancem maior sustentabilidade agrícola, transformando positivamente sua realidade socioeconômica.

Para viabilizar essa solução, o projeto conta com a união de uma equipe multidisciplinar altamente qualificada da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). O desenvolvimento tecnológico do sistema embarcado fica a cargo de docentes de Engenharia Elétrica, enquanto a precisão agrícola é garantida por especialistas em irrigação da Engenharia Agrônoma (SOUZA et al., 2021; NASCIMENTO e RODRIGUES, 2022; MAIA e RODRIGUES, 2012). Essa integração de expertises garante que a pesquisa acadêmica seja traduzida em uma ferramenta prática e eficiente para o campo.

A iniciativa alcança sua dimensão de impacto social por meio de uma parceria entre a Escola de Ciências e Tecnologia (ECT) e o Departamento de Nutrição da UFRN, especificamente com a Horta Comunitária Nutrir (LabNutrir). Criada em 2017 por professores, alunos e comunidade, a horta cultiva plantas da biodiversidade brasileira e serve como espaço de aprendizado e convívio. Em 2018, o LabNutrir foi reconhecido pela ONU como referência na aplicação das Voluntary Guidelines, promovendo a alimentação como um direito humano. Essa interdisciplinaridade entre engenharia, tecnologia e nutrição busca enfrentar desafios complexos, unindo inovação hídrica à segurança alimentar e à justiça social.

MATERIAL E MÉTODOS

O projeto propõe o desenvolvimento de um sistema embarcado de baixo custo voltado para a otimização de recursos hídricos na agricultura de comunidades de baixa renda. A arquitetura do sistema baseia-se em uma rede de sensores distribuídos, processamento na



borda (edge computing) com microcontroladores, transmissão de dados por radiofrequência de longo alcance e processamento centralizado auxiliado por Inteligência Artificial (IA).

O coração do sistema no campo é composto por dispositivos de baixo custo e alta eficiência:

Microcontrolador Principal (ESP32): Escolhido por sua versatilidade e excelente custo-benefício. O ESP32 atua como o nó central de processamento local, possuindo suporte nativo a redes Wi-Fi e Bluetooth, o que facilita a integração de periféricos. Ele coleta dados analógicos e digitais dos sensores e controla os atuadores.

Sensores de Campo: Módulos instalados no solo medem em tempo real variáveis cruciais, focando principalmente na umidade do solo.

Monitoramento de Fluxo: Sensores de fluxo de água são acoplados ao sistema para medir o consumo exato durante a irrigação, garantindo a rastreabilidade do uso do recurso hídrico.

Válvulas Solenoides: O controle da saída de água não é binário (apenas liga/desliga de forma bruta). As válvulas solenoides são operadas pelos microcontroladores ESP32 para fornecer um controle gradativo e altamente preciso do fluxo de água, liberando apenas o volume estritamente necessário para cada zona de cultivo.

Para contornar a ausência de infraestrutura de internet (Wi-Fi local) em grandes áreas agrícolas, o sistema utiliza o protocolo LoRa (Long Range). Transceptores LoRa criam uma rede de comunicação sem fio operando em frequências de rádio de baixo consumo energético. A tecnologia permite que os dados dos nós sensores viajem distâncias de até 10 quilômetros até chegarem a um gateway (sistema de recepção central).

O processamento das informações e a tomada de decisão ocorrem em duas frentes tecnológicas:

Aplicativo de Monitoramento: Os dados recuperados pelo receptor LoRa são enviados para um servidor e disponibilizados em um aplicativo customizado (para Windows ou Android). Esse software permite a visualização em tempo real do status da horta, o ajuste de parâmetros ideais de umidade por estágio de crescimento da planta e a intervenção remota manual.

Integração de Dados Externos: O sistema não depende apenas de sensores locais. Ele consome dados de APIs de sites especializados em meteorologia para cruzar

variáveis climáticas externas (temperatura ambiente, precipitação esperada e umidade do ar).

Camada de Inteligência Artificial: Na fase mais avançada do projeto, os dados coletados (umidade do solo, fluxo de água e clima) são cruzados. Utilizando técnicas de aprendizado de máquina (Machine Learning), o algoritmo identifica padrões de crescimento, detecta anomalias precoces na saúde da planta e prevê a necessidade exata de irrigação de forma autônoma.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A transmissão LoRa é uma tecnologia de comunicação sem fio de longo alcance e baixo consumo de energia. Ela é ideal para a transmissão dos dados coletados pelos sensores para um dispositivo central, como um computador ou servidor. Com a transmissão LoRa, é possível estabelecer uma rede de sensores abrangendo grandes áreas de cultivo, permitindo a monitoração remota e em tempo real das condições de irrigação.

Um elemento essencial nesse processo é o desenvolvimento de um aplicativo específico para análise de dados de irrigação. Esse aplicativo, desenvolvido para dispositivos móveis ou computadores, permite aos pesquisadores agrícolas acessar e visualizar os dados coletados pelos sensores em tempo real. Além disso, o aplicativo pode fornecer recursos avançados de análise e gráficos para auxiliar na interpretação dos dados e na tomada de decisões.

Por meio do aplicativo, os pesquisadores podem ajustar os parâmetros de irrigação, definir níveis de umidade ideais para cada estágio de crescimento das plantas e analisar o desempenho das diferentes estratégias de irrigação. Dessa forma, é possível obter insights valiosos para aprimorar as práticas agrícolas e maximizar a eficiência hídrica.

Até o presente momento, a obtenção de dados, assim como, a desativação do fluxo de água com base nos dados fornecidos pelos sensores, estão em pleno funcionamento. Enquanto a parte gráfica de apresentação de dados e o banco de dados está em processo de desenvolvimento.

A fase de teste e desenvolvimento do projeto, atualmente funcionando em um espaço controlado do laboratório, está acompanhando o crescimento de três (três) plantas, nas quais estão sendo analisados os dados de temperatura, crescimento e umidade do solo. Na figura 1, pode-se observar como o equipamento está alocado nas plantas.



Figura 1. Estrutura elaborada em laboratório.

A tabela 1 abaixo apresenta o levantamento de custos do projeto, evidenciando a viabilidade econômica do sistema e o compromisso com a eficiência e o baixo custo de implementação

Tabela 1: Levantamento de custos do projeto.

Material	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
ESP32	2	R\$ 49,90	R\$ 99,80
LoRa	2	R\$ 69,00	R\$ 138,00
Sensor de distância	1	R\$ 23,90	R\$ 23,90
Sensor de umidade do solo	1	R\$ 39,58	R\$ 39,58
Sensor de fluxo	1	R\$ 31,34	R\$ 31,34
Bomba solenóide ativada por um relé	1	R\$ 45,90	R\$ 45,90
Fontes chaveadas de 5V/2A	2	R\$ 47,70	R\$ 95,40
Protoboard (mínimo 400 pontos)	2	R\$ 19,00	R\$ 38,00

Total gasto	R\$ 511,92
-------------	------------

CONCLUSÃO

A viabilidade técnica deste projeto reside na substituição de equipamentos industriais caros por módulos amplamente acessíveis (como as famílias ESP) aliados a protocolos de rede eficientes (LoRa). Ao aplicar processamento de dados e visão computacional em hardware de baixo custo, o sistema consegue modelar matematicamente a relação "crescimento da planta versus quantidade de água", promovendo a agricultura de precisão para pequenos produtores.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) pelo suporte institucional e, especialmente, ao Laboratório de Eletrotécnica da Escola de Ciências e Tecnologia (ECT), cuja infraestrutura física e apoio técnico foram essenciais para a execução experimental e o êxito desta pesquisa. Por fim, ao Laboratório LabNutrir pela parceria.

REFERÊNCIAS

- SOUSA, D. M. M. ; COSTA, M. V. ; RODRIGUES, Kelly Kaliane Rego da Paz . Efeito da Irrigação com água do mar na emergência de plântulas de *Poincianella pyramidalis* TUL.. BRAZILIAN JOURNAL OF DEVELOPMENT, v. 7, p. 30026-30033, 2021.
- MAIA, C. E. ; RODRIGUES, Kelly Kaliane Rego da Paz . PROPOSAL FOR AN INDEX TO CLASSIFY IRRIGATION WATER: A CASE IN THE BRAZILIAN NORTHEAST. Revista Brasileira de Ciência do Solo (Impresso), v. 36, p. 823-830, 2012.
- NASCIMENTO, T. L. ; RODRIGUES, Kelly Kaliane Rego da Paz . Agricultura 4.0: uso do ESP32 para a automatização de uma Horta Inteligente. In: XXXIII O Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica, 2022, Natal. Anais eCICT 2022 - Ciências da Vida, 2022., 2022.
- ABRANTES, K. K. J. Tecnologia social quintal produtivo - uma estratégia para o Desenvolvimento Rural Sustentável. Revista Econômica do Nordeste, n. 4, p. 61-77, 2015. ISSN 0100-49562357-9226.
- AGROJETA. A importância da irrigação para sua cultura. [S.l.: s.n.], 2020. Disponível em: <<https://www.agrojet.com.br/a-importancia-da-irrigacao-para-a-sua-cultura/>>. Acesso em: 24 mai. 2021.



BRITO, R. A. L.; ANDRADE, C.L. T. Métodos de Irrigação. [S.l.: s.n.], 2017. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_16820051120.html>. Acesso em: 23 jun. 2021.

BRUOF. Qual é a melhor hora do dia para regar as plantas?, 2018. Disponível em: <<https://irrigazine.wordpress.com/2018/08/20/qual-e-a-melhor-hora-do-dia-para-regar-as-plantas/>>. Acesso em: 25 mai. 2021.

REIS, J. S. Sistema de controle aplicado à automação de irrigação agrícola. F. 73. Monografia (Graduação) – UFTP. 2015.

SPIGOLON, R. A. Desenvolvimento de um sistema de monitoramento e irrigação automatizada para cultivo protegido. 2021. F. 44. Monografia (Graduação) – UNIPAMPA.