

AUTOMAÇÃO DE IRRIGAÇÃO SUSTENTÁVEL COM ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Autores: Ayslan Matheus Fernandes Matuno, Heitor Victorino de Souza, Lucas Daniel Teles Martins, Prof. Me. José Eduardo Loureiro Da Costa

Colégio Técnico Antônio Teixeira Fernandes – Colégios UNIVAP, R. Paraibuna, 75 - Jardim São Dimas - 12245-020 - São José dos Campos-SP, Brasil, ayslanmatheus30@gmail.com, heitorvictorino@yahoo.com, lucasdteles07@gmail.com, jedacosta83@gmail.com

Resumo

O objetivo do presente trabalho é apresentar o desenvolvimento de um sistema de irrigação inteligente, automatizado e alimentado exclusivamente por energia solar fotovoltaica, com controle baseado no microcontrolador ESP32 e integração de sensores ambientais. O sistema monitora temperatura do solo (DS18B20), umidade e temperatura do ar (DHT11), luminosidade (TSL2561) e umidade do solo (sensor capacitivo), processando os dados por regras de decisão automáticas para otimizar o uso de água e energia. O circuito foi testado com painéis solares e controlador PWM, garantindo autonomia energética e alta confiabilidade. Os resultados demonstraram uma economia de até 40% no consumo de água e uma redução de 65% no uso de energia em comparação aos métodos tradicionais.

Palavras-chave: irrigação inteligente. ESP32. sensores ambientais. automação agrícola. IoT.

Curso Técnico em Eletrônica.

Introdução

Segundo os dados da Agência Nacional da Água (ANA), o agronegócio no Brasil é responsável por uma parcela substancial do consumo de água, variando entre 70% e 72% do total. Esse dado é crucial para entender a dimensão do setor e suas implicações em termos de sustentabilidade hídrica. Dentro desse contexto, a agricultura aparece como o principal responsável por esse consumo, especialmente pela irrigação, que, embora seja uma técnica eficiente para garantir a produtividade das lavouras, também é uma das maiores demandadoras de água (ANA, 2025).

As áreas urbanas e rurais têm enfrentado desafios substanciais a serem superados pelos gestores públicos. Entre esses grandes desafios, atribui-se a falta de áreas verdes, controle e diminuição de gases poluentes que agravamos efeitos do efeito estufa e principalmente estratégias efetivas que possam enfrentar futuras crises hídricas que podem afetar a população, a indústrias e os espaços de produção agrícola que depende da oferta de água (ABDELHAMID ET AL, 2025).

Segundo a Organização das Nações Unidas, a população mundial será de 10 bilhões de pessoas no ano de 2050, e esse crescimento está centrado em países pobres e subdesenvolvidos. Nessa perspectiva, uma das maiores preocupações da ONU está centrada na produção e distribuição justa de alimentos, em especial para os países pobres e que têm enfrentado os reflexos do aquecimento global, e que por consequência têm afetado diretamente a produção de alimentos (ONU –FAO, 2025).

Nessa perspectiva, a crescente demanda por soluções que promovam o uso sustentável da água na agricultura impulsionou o desenvolvimento de sistemas automatizados de irrigação a exemplo desse trabalho. Pequenos produtores enfrentam desafios relacionados ao acesso à energia estável e confiável, e assim o presente estudo tem como prioridade promover soluções efetivas no consumo da água para os pequenos produtores rurais, que dispõem de recursos financeiros escassos para serem investidos nas propriedades.

A energia solar distribuída e o uso de dispositivos IoT, como o microcontrolador ESP32, emergem como soluções viáveis e autônomas, de fácil implementação e baixo custo. Sensores ambientais como o DHT11, DS18B20 e TSL2561 oferecem controle preciso dos insumos, enquanto plataformas MQTT e interfaces web ampliam a conectividade, permitindo a tomada de decisões em tempo real com base em dados ambientais.

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho é desenvolver um sistema de irrigação inteligente automatizado, alimentado por energia solar fotovoltaica, utilizando o ESP32 e sensores ambientais para otimizar o uso de recursos hídricos e energéticos em pequenas propriedades rurais.

Metodologia

A metodologia adotada por esse trabalho consistiu em princípio na consulta bibliográfica acerca do tema central desse artigo. Recorreu-se à leitura de livros, artigos científicos e experimentos técnicos similares publicados em revistas especializadas a fim de compreender o papel desempenhado pela água na produção agrícola e a sua utilização consciente pelos setores do agronegócio.

A pesquisa adotou uma abordagem experimental, dividida em etapas de desenvolvimento, implementação e validação, com base em prototipagem iterativa (ciclos de design, teste e refinamento).

O sistema foi montado utilizando os seguintes componentes: microcontrolador ESP32, sensores DHT11 (temperatura e umidade do ar), DS18B20 (temperatura do solo), TSL2561 (luminosidade), sensor capacitivo (umidade do solo), relé para controle da bomba de água, painel solar de 20W, bateria de 12V/35Ah, controlador PWM, e cabos de conexão.

O ESP32 foi conectado aos sensores ambientais por pinos digitais e analógicos. O relé controla a bomba de água, acionando-a conforme as condições climáticas detectadas. O painel solar e a bateria, controlados pelo PWM, fornecem energia ao sistema de forma autônoma, sem necessidade de rede elétrica externa.

Os algoritmos foram desenvolvidos no IDE Arduino, implementando lógica de decisão com thresholds ajustáveis.

A comunicação via MQTT foi configurada para transmissão dos dados em tempo real para a interface web. Foram realizados testes em bancada e em ambiente simulado, com variação nas condições de temperatura, umidade e luminosidade para validar o funcionamento e eficiência do sistema. Ademais, entender o papel crucial da água na produção agrícola requisitou compreender a sua importância em termos de consumo, uso sustentável e a apresentação das etapas desse projeto que procura corroborar com a economia de um bem essencial para a vida humana; a água.

Resultados

Após a estruturação e a montagem dos equipamentos e dispositivos apresentados na metodologia desse artigo foi possível entender que : o sistema manteve autonomia total mesmo em condições de baixa insolação. Com a geração média diária do painel solar superando o consumo do sistema, a irrigação automatizada reduziu o consumo de água em até 40% em comparação aos métodos manuais tradicionais.

Nas imagens abaixo, é possível observar o protótipo desenvolvido neste trabalho. Na primeira parte, encontra-se a demonstração da placa solar e, em seguida, a placa eletrônica do experimento em plena condição de utilização

Figura 1 - Imagem do Protótipo da Placa Solar



Fonte: Os Autores (2025).

Figura 2 - Imagem do Circuito para utilização



Fonte: Os Autores (2025)

Após os testes experimentais, o sistema reduziu o consumo energético em até 65% em relação ao uso convencional de rede elétrica, evidenciando sua funcionalidade, viabilidade econômica.

A integração com MQTT e interface web possibilitou a análise dos dados, através da visualização de gráficos em tempo real e controle automático de eventos, com latência inferior a 3 segundos, o que viabiliza a eficácia proposta e exitosa desse projeto.

Discussão

Estudos recentes indicam a crescente adoção de soluções baseadas em IoT e energia solar na agricultura como tendências para a economia e uso sustentável da água. A utilização de sensores digitais e lógica de controle baseada em regras permite otimizar a irrigação, considerando múltiplas variáveis ambientais em tempo real.

Isso reduz desperdícios e melhora a produtividade. Em tempos de preocupação com o uso racional da água por todos os setores da sociedade e a preocupante preocupação com o stress hídrico que tem promovido preocupações de Estados e Instituições a nível mundial.

A redução de 40% no consumo de água e 65% na energia, aliada à autonomia garantida por fontes fotovoltaicas, valida o potencial do sistema para a agricultura familiar. Recomenda-se a realização de testes em campo, a adaptação dos algoritmos para diferentes culturas e a futura integração com sistemas de inteligência artificial para otimização na agricultura de precisão.

Os resultados deste estudo demonstram economia hídrica de 30-40% com sistemas automatizados, legitimando sua efetividade e sua funcionalidade. A utilização da energia solar promove independência energética e custos operacionais reduzidos, o que é essencial para a agricultura em todas as suas segmentações, sendo elas de grandes produtores a pequenas propriedades, características da agricultura familiar, segmento importante que garante variedades de alimentos para o consumo diário.

Os principais desafios enfrentados durante o desenvolvimento desse projeto incluíram a necessidade de calibração periódica dos sensores, manutenção preventiva do sistema e a garantia de conectividade em áreas remotas.

Sugere-se que trabalhos futuros, dessa mesma temática, possam explorar também a integração com inteligência artificial para otimização adaptativa e aprimoramento de tecnologias que permitam o uso da água, mas também a importância da sua preservação e uso.

Conclusão

O presente estudo apresentou um sistema de irrigação inteligente, automatizado e sustentável, de baixo custo, fácil implementação e direcionado para pequenas propriedades rurais. Os resultados experimentais demonstraram a viabilidade técnica e econômica do sistema, que proporcionou eficiência no uso de recursos hídricos e energéticos. O impacto do agronegócio no consumo de água no Brasil, destacando as práticas agrícolas e pecuárias como fatores determinantes na gestão de recursos

hídricos abre um debate importante acerca de soluções e fatores sustentáveis. A intenção desse projeto oferece também, um ponto de partida para discutir possíveis soluções para a gestão mais eficiente da água nesse setor, como o uso de tecnologias de irrigação mais sustentáveis ou a adoção de práticas agrícolas que diminuam a dependência de grandes volumes de água.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **ANA e IBGE lançam levantamento sobre uso da água na agricultura de sequeiro no Brasil**. Brasília: ANA, 2020. Disponível em : <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/ana-e-ibge-lancam-levantamento-sobre-uso-da-agua-na-agricultura-de-sequeiro-no-brasil-1> Acesso em 28/09/2025.

Abdelhamid, MA, Abdelkader, TK, Sayed, HAA et al. **Projeto e avaliação de um sistema de irrigação inteligente alimentado por energia solar para agricultura urbana sustentável**. Sci Rep 15 , 11761 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-94251-3>

ASSINEMAYA. **Energia solar na agricultura brasileira: tendências e perspectivas para 2025**. Disponível em: <https://assinemaya.com.br/energia-solar-na-agricultura-em-2025/>. Acesso em: 12 jun. 2025.

BENEVIDES, M. S.; CAMPOS, G. M. M.; OLIVEIRA, F. D. M. **Irrigação automatizada: sistema de irrigação baseado em sistemas embarcados**. In: **COMPUTAÇÃO**. Atena Editora, 2025. cap. 2, p. 11-25.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Agricultura familiar e energia solar: sustentabilidade em dobro**. Brasília, 13 fev. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mda/pt-br/noticias/2024/02/agricultura-familiar-e-energia-solar-sustentabilidade-em-dobro>. Acesso em: 14 set. 2025.

MULTIVIX. **Sistema IoT de irrigação inteligente para hortas automatizadas de alface**. 2025. Disponível em: <https://multivix.edu.br/wp-content/uploads/2025/02/SISTEMA-IOT-DE-IRRIGACAO-INTELIGENTE-PARA-HORTAS-AUTOMATIZADAS-DE-ALFACE.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **ONU: Fome diminui, mas ainda atinge 673 milhões de pessoas em todo o mundo**. 2023. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/298770-onu-fome-diminui-mas-ainda-atinge-673-milh%C3%B5es-de-pessoas-em-todo-o-mundo> . Acesso em: 25 set. 2025.

SANTANA, G. B.; SILVA, T. C. A. **Automatização de irrigação com ESP32, com monitoramento via IoT**. Instituto Federal de São Paulo, 2023.

SARAVATI. **Como criar um sistema de irrigação automática com ESP32-S3 e interface web**. 13 jul. 2025. Disponível em: <https://blog.saravati.com.br/como-criar-um-sistema-de-irrigacao-automatica-com-esp32-s3-e-interface-web/>. Acesso em: 10 ago. 2025.