

Campus São Miguel do Guaporé
Coordenação do Curso Tecnologia em Agrocomputação

RAIANI DINIZ FANTICHELLLI

**SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO COM USO DE
MICROCONTROLADOR**

SÃO MIGUEL DO GUAPORÉ
2025

RAIANI DINIZ FANTICHELLLI

**SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO COM USO DE
MICROCONTROLADOR**

Artigo científico entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* São Miguel do Guaporé, como requisito parcial para obtenção do grau de tecnólogo junto ao Curso tecnologia em Agrocomputação, sob a orientação do professor Miguel Fabricio Zamberlan e coorientação Mauro Sergio Demicio.

SÃO MIGUEL DO GUAPORÉ
2025

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

Fantichelli, Raiani Diniz.

Sistema de irrigação por gotejamento com uso de microcontrolador / Raiani Diniz Fantichelli. - São Miguel do Guaporé, 2025.

23 f. : il.

Orientador(a): Prof. Miguel Fabricio Zamberlan.

Coorientador(a): Prof. Mauro Sergio Demicio.

Trabalho de Conclusão de Curso (Superior de Tecnologia em Agrocomputação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, São Miguel do Guaporé, 2025.

1. Sistema automatizado. 2. Microcontroladores. 3. Agricultura. I. Zamberlan, Miguel Fabricio (orient.). II. Demicio, Mauro Sergio (coorient.). III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. IV. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Roseni Santos Rodrigues, CRB-11/916

RAIANI DINIZ FANTICHELLI

**SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO COM USO DE
MICROCONTROLADOR**

Artigo científico entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* São Miguel do Guaporé, como requisito parcial para obtenção do grau de tecnólogo junto ao Curso tecnologia em Agrocomputação, sob a orientação do professor Miguel Fabricio Zamberlan e coorientação Mauro Sergio Demicio.

Aprovado em: 01/04/2025 pela banca examinadora.

Membro da Banca

Membro da Banca

Orientador

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO COM USO DE MICROCONTROLADOR¹

Raiani Diniz Fantichelli²
Miguel Fabrício Zamberlan³
Mauro Sergio Demicio⁴

RESUMO: Este artigo tem como foco a pesquisa sobre os efeitos do método de irrigação por gotejamento, utilizando microcontrolador. O objetivo da pesquisa é analisar os conhecimentos existentes sobre a irrigação e arduino por meio da revisão de literatura de artigos científicos recentes e sintetizar através de um estudo de caso, a aplicação do microcontrolador no sistema de irrigação por gotejamento. O intuito é oferecer uma compreensão contextualizada da utilização desta tecnologia, visando o baixo custo, o fácil manuseio, o controle e redução do desperdício hídrico. As metodologias utilizadas foram a pesquisa bibliográfica, sendo de natureza básica, de abordagem qualitativa e de caráter exploratório. O estudo desenvolvido contribuiu significativamente para os resultados obtidos na pesquisa, visto que foi comprovada que a utilização de microcontrolador ao sistema de irrigação por gotejamento contribui para o controle e desperdício hídrico. A pesquisa busca contribuir para a área de agronomia, possibilitando novos conhecimentos e novas pesquisas relacionadas ao assunto pesquisado.

Palavras-chave: Sistema automatizado, Microcontroladores e Agricultura.

1. INTRODUÇÃO

Conforme destacado por Santos Rocha *et al.* (2024), é evidente que a vida humana está intrinsecamente ligada à irrigação, uma vez que os alimentos consumidos diariamente dependem diretamente da disponibilidade de água. A água desempenha um papel fundamental na agricultura, sendo essencial para a produção de alimentos e para a sustentabilidade dos sistemas agropecuários. Diante disso, a gestão eficiente dos recursos hídricos emerge como um fator crítico para garantir a segurança alimentar e a otimização do uso desse recurso finito. Portanto, a implementação de práticas sustentáveis e inovadoras na gestão hídrica é imprescindível para assegurar a viabilidade da produção agropecuária em um cenário de crescente demanda e mudanças climáticas.

Contextualizando essa realidade para o Brasil e, em particular, para o estado de Rondônia, a cultura do café exemplifica claramente essa problemática. Como principal atividade agrícola do estado, o cultivo do café está diretamente associado à disponibilidade e ao manejo adequado dos recursos hídricos. A irrigação ocupa mais de 10% da área dedicada à cafeicultura no Brasil e representa aproximadamente 17% da área cafeeira em Rondônia (ROSA NETO *et al.*, 2012). No Brasil, a irrigação representa aproximadamente 50% do uso total de água, mas estima-se que sistemas

inteligentes possam reduzir esse consumo em até 30% (EMBRAPA, 2023).

Levando em consideração o crescimento da população e as mudanças climáticas que intensificam a escassez de água, o aprimoramento do manejo da irrigação é demandado, assim, torna-se evidente que a gestão da irrigação desempenha um papel fundamental. Portanto, pode-se supor que na maioria dos casos os agricultores não sabem quanto, quando e como irrigar, exigindo soluções inovadoras para a gestão eficiente desse recurso vital.

Este estudo investiga a implementação de um sistema de irrigação automatizado para otimização do uso de recursos hídricos e maximização da produtividade agrícola. A metodologia proposta utiliza uma plataforma microcontroladora integrada a sensores de umidade do solo e precipitação pluviométrica, atuadores eletromecânicos como bomba hidráulica e módulo relé, além de fonte de alimentação dedicada. O sistema visa promover irrigação precisa e eficiente com baixo custo operacional através do monitoramento em tempo real das condições edafoclimáticas.

Este estudo enfatiza a implementação de irrigação por gotejamento controlada por uma plataforma microcontrolada de código aberto caracterizada por sua acessibilidade e facilidade operacional. A escolha desta metodologia fundamenta-se na otimização do consumo hídrico e na relação custo-benefício favorável, tanto em termos do sistema de irrigação quanto da solução automatizada proposta.

Portanto, com base nos dados mencionados, a escassez de água é um desafio crescente e também evidente. No agronegócio, um dos principais consumidores desse recurso é a irrigação, com isso, introduzir esta tecnologia poderá gerar uma gestão mais eficiente do processo, visando a sustentabilidade, pois diminuirá os desperdícios hídricos.

Com base no que foi mencionado, surge então os seguintes questionamentos: Quais são os benefícios que a irrigação por gotejamento pode causar com a aplicação de microcontrolador? Este tipo de irrigação é relevante financeiramente? E quanto ao uso do microcontrolador para automação do sistema, é eficiente?

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Irrigação

Segundo Testezlaf (2017), a irrigação é definida como "as técnicas, formas ou meios utilizados para aplicar água artificialmente às plantas, procurando satisfazer

suas necessidades e visando a produção ideal para o seu usuário". Portanto a definição abrange a diversidade de métodos de irrigação, que podem incluir sistemas modernos e automatizados, como a irrigação por gotejamento e por aspersão, além de técnicas mais tradicionais.

Embora muitas vezes vista como algo moderno, a irrigação possui raízes históricas. Segundo Testezlaf (2017, p. 04), "um fato comprovado sobre a irrigação é que, desde a pré-história, o homem vem desviando cursos d'água para irrigar suas plantações". É importante reconhecer sua evolução ao longo do tempo, desde os métodos rudimentares utilizados nas primeiras comunidades agrícolas até as sofisticadas tecnologias atuais que buscam otimizar o uso da água e aumentar a eficiência agrícola.

2.2 Tipos de irrigação

Há vários métodos de irrigação. Segundo Andrade (2001), os métodos de irrigação podem ser classificados em quatro categorias: superfície, aspersão, localizada e subirrigação. Para o autor, "o método de irrigação é a forma pela qual a água pode ser aplicada às culturas".

2.2.1 Irrigação por superfície

O sistema de irrigação por superfície é aplicado diretamente no solo e se classifica como irrigação por inundação. Se destaca por distribuir a água na área irrigada utilizando a superfície do solo para o escoamento gravitacional. Esse método permite um escoamento contínuo sem causar erosão. Essa condição pode ser obtida por meio da sistematização do terreno ou pela simples uniformização da superfície. Em geral, esses sistemas são os que apresentam o menor custo por unidade de área (Frizzone, 2017).

Figura 1: Sistema de irrigação por superfície, inundação (esquerda) e sulcos (direita).



Fonte: Testezlaf (2017).

2.2.2 Irrigação por aspersão

O sistema simula a chuva, distribuindo água em forma de gotas. Existem dois tipos principais de sistemas: os convencionais e os mecanizados. Os sistemas convencionais utilizam tubulações e aspersores fixos ou móveis para distribuir água de maneira uniforme. Já os sistemas mecanizados, como os pivôs centrais e os sistemas de arrasto, são automatizados e permitem uma irrigação mais eficiente e uniforme em grandes áreas, reduzindo a necessidade de mão de obra e otimizando o uso da água (Testezlaf, 2017).

Figura 2: Exemplos de sistemas por aspersão: estacionário (esquerda), móveis manualmente (direita) e mecanizadas por pivô central (centro).



Fonte: Testezlaf (2017).

2.2.3 Irrigação por localização

O sistema é aplicado em uma área determinada, buscando umedecer somente o volume do solo explorado pelo sistema radicular da planta. Sendo classificado em gotejamento e microaspersão. No gotejamento, a água é liberada em pequenas quantidades diretamente no solo, próximo às raízes das plantas, garantindo uma distribuição precisa e econômica. Na microaspersão, a água é distribuída em pequenas gotas por microaspersores, cobrindo uma área maior ao redor das plantas (Testezlaf, 2017). Na imagem a seguir (Figura 3), é possível entender ambos os sistemas descritos.

A escolha do método de irrigação automatizado por gotejamento foi justamente por ser o tipo de irrigação mais econômico, viável financeiramente e sustentavelmente, visto que qualquer agricultor pode fazer a instalação do sistema, monitorando a quantidade de água através dos sensores, evitando prejuízos nas safras e também o desperdício de água.

Figura 3: Sistemas de irrigação localizada: gotejamento (esquerda) e microaspersão (direita).



Fonte: Testezlaf (2017).

2.2.4 Irrigação por subirrigação

O sistema é aplicado de forma subterrânea, abaixo da superfície do solo, diretamente nas raízes das plantas. Este método é classificado como uma forma de gotejamento, onde a água é distribuída através de tubos perfurados ou emissores enterrados (Testezlaf, 2017).

Figura 4: Sistema de elevação do lençol freático por gotejamento enterrado na cultura da batata.



Fonte: Testezlaf (2017).

O sistema de irrigação escolhido que tem como base para este artigo é o de localizado por gotejamento. Esta escolha é devido ser um método de irrigação mais econômico do que os demais, levando em consideração características como a uniformidade na distribuição, proporcionando que cada planta receba água em pequenas quantidade, diretamente na zona radicular, propondo também economia financeiras e sustentáveis. O motivo disso é que se fornece água para o local desejado de forma relativamente lenta e perto das raízes através de gotejadores que contam com uma eficiência de aproximadamente 90% de toda a água que é lançada no solo. SILVA et al, (2014).

3. MICROCONTROLADORES

Microcontroladores são circuitos integrados que possuem em seu interior todos os componentes necessários ao seu funcionamento dependendo unicamente da fonte de alimentação externa. Pode-se dizer que os microcontroladores são computadores de um único chip. (KERSCHBAUMER et al, 2013)

Os microcontroladores evoluíram significativamente desde sua introdução. O primeiro modelo lançado no mercado foi o TMS1000, desenvolvido por Gary Boone e Michael Cochran, engenheiros da Texas Instruments, em 1971. Esse dispositivo possuía um microprocessador de 4 bits e integrava memórias de leitura e escrita. No entanto, os microcontroladores dessa época exigiam amplo conhecimento técnico e o uso de ferramentas proprietárias para sua programação, sendo aplicados, principalmente, em projetos domésticos e de pequeno porte.

A partir da década de 1990, ocorreu um avanço significativo com o surgimento dos microcontroladores que utilizavam memórias eletricamente apagável e programável, as EEPROMs (Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory). Essa inovação permitiu a reprogramação dos dispositivos sem a necessidade de removê-los dos circuitos eletrônicos, possibilitando sua reutilização em diferentes projetos e a atualização de firmware sempre que necessário. (SILVA et al, 2019).

O ESP32 foi desenvolvido pela Espressif Systems e começou a circular no mercado em meados de 2016, o microcontrolador possui uma alta velocidade de processamento dos dados e conectividade via Wi-Fi e Bluetooth. Este microcontrolador é amplamente utilizado em projetos envolvendo complexidade de conectividade, pois é capaz interagir com as mais variadas bibliotecas e módulos, em uma infinidade de linguagens de programação, sendo a mais comum a linguagem C++. (HENRIQUES, 2021)

Possui dois microprocessadores Xtensa 32bit LX6 com um clock de até 240 MHz, com 520 KB de memória RAM. Também possui um módulo de comunicação WiFi 802.11 b/g/n e módulo Bluetooth 4.2. Seus pinos analógicos são capazes de realizar a leitura de tensões de 0 a 5V, além de possuir um conversor analógico digital (14 bits) isso contempla valores decimais de 0 a 4095 (DIAS et. al., 2019).

O que o torna apropriado para projetos de irrigação mais robustos que buscam além do acionamento pela necessidade captada pelo sensor de umidade da planta mas também uma supervisão por meio de conexão com aplicativos via wi-fi.

O Arduino foi criado em 2005 pelo professor Massimo Banzi, na Itália. De acordo com Gotin, Viana e Keller (2018), a intenção de Banzi era ensinar programação e eletrônica para seus alunos, porém não tinha recursos financeiros para comprar placas de alto custo. Com isso em mente, resolveu criar uma placa de baixo custo para que seus alunos tivessem a oportunidade de aprendizado.

É uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardware e software fáceis de usar. McRoberts (2011) define o Arduino como "um pequeno computador que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele". Hoje, existe uma variedade de modelos de Arduino no mercado.

A maior vantagem do Arduino perante as outras plataformas de desenvolvimento de microcontroladores é a facilidade de sua utilização; pessoas que não são da área técnica podem, rapidamente, aprender o básico e criar seus próprios projetos em um intervalo de tempo relativamente curto (McRoberts, 2011, p. 20).

O Arduino é amplamente escolhido para automação de irrigação devido à sua versatilidade e facilidade de uso. Criar um sistema automatizado para irrigação significa cuidar corretamente das plantas, destacando a possibilidade de oferecer a quantidade necessária de água para sua sobrevivência e desenvolvimento saudável. Isso substitui o procedimento manual, que está sujeito a diversas falhas humanas. Além disso, devemos ressaltar a facilidade de desenvolver projetos, desde os básicos até os complexos, com baixo custo (Carvalho, 2016).

De acordo com Guimarães (2011), os pequenos produtores não têm acesso à irrigação automatizada devido à falta de informação ou por questões financeiras. Considerando a praticidade oferecida pelo Arduino, é possível desenvolver e expandir projetos similares para aplicação na agricultura, o que pode garantir um desempenho superior e aumentar a produtividade de pequenos agricultores.

Portanto, os efeitos que a irrigação por gotejamento pode causar com a aplicação de arduino automatizado são extremamente positivos em relação ao monitoramento e controle da irrigação por meio da tecnologia, evitando desperdícios hídricos e sendo um sistema de fácil acesso e baixo custo.

4. SENSORES

Conforme defende Thomazini e Albuquerque (2020, p. 11), o termo sensor é empregado para designar dispositivos sensíveis a alguma forma de energia, que pode ser luminosa, térmica ou cinética. O objetivo é fornecer informações sobre uma grandeza que precisa ser medida, como temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, entre outras.

Os sensores são dispositivos que detectam mudanças em uma condição física ou química e transformam essas mudanças em sinais que podem ser medidos e interpretados. Eles são classificados em saídas analógicas e digitais. O analógico pode possuir qualquer valor desde que esteja na faixa de operação, enquanto o digital tem dois valores: zero e um. (Thomazini; Albuquerque, 2020).

Segundo Carvalho (2016), os sensores de umidade do solo mais conhecidos são os capacitivos, que utilizam o método de capacitância, e os resistivos, que utilizam o método dos blocos. O sensor capacitivo de umidade do solo funciona medindo a constante dielétrica do solo ao registrar o tempo de um pulso eletromagnético gerado por hastes de metal inseridas no solo. O tempo de retorno deste pulso é proporcional à constante dielétrica, que varia conforme o volume de água presente no solo. Esta variação no tempo indica a umidade do solo, permitindo uma avaliação precisa do conteúdo de água (Silva, 2013).

O sensor resistivo de umidade do solo opera medindo a variação da resistência elétrica entre dois eletrodos inseridos no solo. A resistência medida pelo sensor diminui à medida que a umidade do solo aumenta, estabelecendo uma relação inversamente proporcional entre a resistência elétrica e a quantidade de água presente no solo (De Souza Mendes, 2006).

5. METODOLOGIA

Lakatos e Marconi (2001) descrevem que existem três tipos de objetos de pesquisa, classificados em: pesquisa exploratória, descritiva e experimental. Conforme o que diz Malhotra (2001), a pesquisa exploratória é aquela usada em casos que é necessário definir o problema com maior precisão e seu objetivo é prover critérios e a compreensão. Com base nestas afirmações e em conformidade com os autores mencionados, esta pesquisa é de caráter exploratório, devido não ser um

estudo aprofundado e por explorar e explicar os critérios pesquisados a fim de trazer a compreensão do que foi analisado. Para esta finalidade, será utilizada a técnica de análise bibliográfica combinada com um levantamento abrangente da literatura existente. A pesquisa inclui uma busca detalhada sobre os principais autores e trabalhos que tratam da temática de irrigação automatizada utilizando microcontrolador.

A pesquisa bibliográfica é considerada uma fonte secundária de coleta de dados segundo Lakatos e Marconi (2001) e Cervo e Bervian (2002). Assim como toda pesquisa deve ter o embasamento na bibliografia, segundo Lakatos e Marconi (2001), este artigo também obteve como fonte de coleta de dados a pesquisa bibliográfica, visto que a bibliografia por meio da pesquisa e leitura de artigos científicos recentes contribuíram significativamente para a elaboração deste artigo.

A revisão de literatura propriamente dita envolve a leitura crítica dos materiais coletados. Serão utilizados os seguintes critérios: relevância do estudo para agricultura; metodologia utilizada nos estudos revisados; resultados e conclusões apresentadas pelos autores. Os principais repositórios de artigos utilizados foram: Scielo, Portal do Periódico Capes e Google Acadêmico.

Para refinamento das pesquisas nos mencionados repositórios, foi adotada a utilização de palavras-chave, critérios de inclusão e de exclusão. No que diz respeito a palavra-chave, serão utilizadas aquelas que aumentam a relevância do resultado retornados, como “arduino na irrigação” , “Automação de sistema de irrigação”, microcontrolador para automação” , entre outras. Quanto aos critérios de inclusão e exclusão, será dada a preferência a artigos publicados nos últimos 5 anos, elaborados por pesquisadores que integrem as seguintes capacitação: Técnico em Eletrotécnica, Engenharia Elétrica, Ciência da Computação e Multidisciplinar (eletrotécnica e agrária).

Conforme o que diz Bogdan e BiKLEN (2003), a pesquisa qualitativa envolve a obtenção de dados descritivos por meio do contato direto do pesquisador com a situação pesquisada. Dentre as formas da pesquisa qualitativa destaca-se a do tipo etnográfico e o estudo de caso. Portanto, de acordo com os autores, a classificação quanto à natureza desta pesquisa é classificada como pesquisa qualitativa, visto que os dados são descritivos é o objeto de estudo.

O paradigma adotado é o interpretativo. Este paradigma considera que a

realidade é subjetiva e construída a partir das interações e interpretações dos atores envolvidos. A pesquisa, portanto, busca interpretar e contextualizar os dados encontrados na literatura, identificando padrões, tendências e lacunas que possam direcionar futuras pesquisas e inovações na área.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1 Contextualização

O presente estudo constitui-se em uma investigação teórica sobre a aplicabilidade da plataforma microcontroladora na automação de sistemas de irrigação por gotejamento, fundamentada em revisão bibliográfica sistemática. A pesquisa não contempla experimentação em campo ou análise de culturas específicas, concentrando-se na compilação e análise descritiva de dados secundários. O trabalho reconhece a variabilidade dos parâmetros edafoclimáticos como fatores determinantes para a implementação desta tecnologia, requerendo adaptações conforme as características específicas de cada contexto agrícola.

6.2 Objeto de estudo

Levando em consideração que este artigo é uma pesquisa de natureza qualitativa, ou seja, envolve a coleta de dados descritivos, a sua classificação em relação ao objeto de estudo e o estudo de caso único, assim como diz Bogdan e BIKLEN (2003).

O estudo de caso foi desenvolvido por meio da leitura de artigos científicos recentes e baseados na aplicação do arduino como automatização aplicado ao sistema de irrigação localizado por gotejamento. Além disso, a irrigação automatizada pode reduzir o consumo de água em até 30% em comparação aos métodos tradicionais (EMBRAPA, 2023). Para isso, foi utilizado o software Mendeley que auxiliou na escolha e organização dos artigos escolhidos.

6.2.1 Estudo de caso

Ao aplicar uma automatização em um sistema de irrigação por gotejamento é possível que os proprietários tenham o controle da quantidade hídrica adequada, bem

como a necessidade ou não dela, de acordo com a umidade do solo. Com a implementação deste sistema também é possível ter o controle da escassez de água, fazendo tudo isso a distância e sem precisar ir ao local da lavoura. (Alves, *et al.*, 2022).

O sistema de irrigação por gotejamento automatizado é eficaz, pois será usado somente a quantidade de água necessária definida por um temporizador, ajustado de acordo com a necessidade da área onde será irrigado, visto que este tipo de irrigação a água é aplicada apenas no local desejado, evitando desperdícios. (Alves, *et al.*, 2022).

6.2.2 Materiais que são utilizados para automatização

Seguindo os parâmetros do estudo de caso desenvolvido por Alves et al., (2022), para a automação do sistema de irrigação por gotejamento utilizando arduino é necessário a utilização de alguns materiais, como:

1. Arduino
2. Mini bomba d'água
3. Módulo relé
4. Sensor de umidade do solo
5. Protoboard
6. Jumpers
7. Fonte de alimentação arduino e chaveada
8. Gotejador ajustável
9. Mangueira

Conforme a imagem a seguir (figura 5), o arduino é uma plataforma formada por uma placa eletrônica expansível, podendo ser utilizada para adicionar inteligência em qualquer equipamento e controlá-lo remotamente. (Alves, *et al.*, 2022).

Figura 5: Arduino e cabo USB



Fonte: Casa da robótica, 2024.

A mini bomba d'água (Figura 6), é um equipamento bastante importante, pois ele transfere a água de um lugar para o outro, que é o local desejado. (Alves, *et al.*, 2022).

Figura 6: Mini bomba d'água para arduino



Fonte: Usinainfo, 2024.

O módulo relé (Figura 7), é usado para facilitar o acionamento de cargas através de um microcontrolador, sem a necessidade de montar circuitos para a ligação, o que torna o projeto mais prático e organizado. (Alves, *et al.*, 2022).

Figura 7: Módulo relé

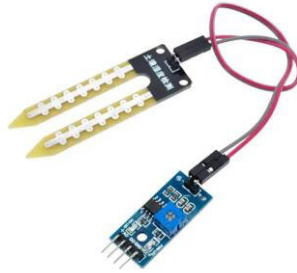


Fonte: Usinainfo, 2024.

O sensor de umidade do solo (Figura 8), como o próprio nome já diz, é um módulo que mede as variações de umidade da terra, detectando se o solo possui ou

não umidade. (Alves, *et al.*, 2022).

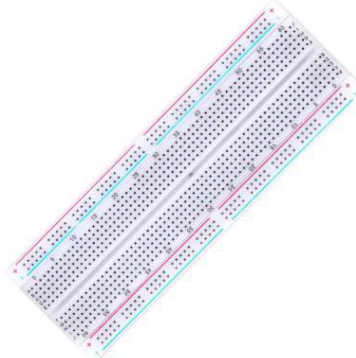
Figura 8: Sensor de umidade do solo



Fonte: Maker hero, 2024.

O protoboard (Figura 9), é uma matriz ou placa de ensaio, por meio dela é possível montar circuitos eletrônicos para testes ou provisórios. (Alves, *et al.*, 2022).

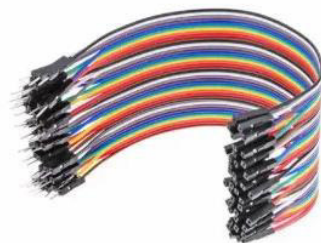
Figura 9: Protoboard



Fonte: Casa da robótica, 2024.

Os jumpers (Figura 10), são fios condutores pequenos que podem ser conectados para interligar dois pontos do circuito. (Alves, *et al.*, 2022).

Figura 10: Jumpers macho-fêmea



Fonte: Robótica educacional, 2024.

A fonte de alimentação (Figura 11) é ideal para ser utilizada no microprocessador arduino, garantindo assim a segurança nos projetos. (Usinainfo, 2024).

Figura 11: Fonte de alimentação arduino e chaveada



Fonte: Usinainfo, 2024.

O gotejador ajustável (Figura 12) é um equipamento que oferece o recurso de controlar a vazão da água, se adaptando aos diferentes tipos de plantas e exigências hídricas. (Alves, *et al.*, 2022).

Figura 12: Gotejador ajustável



Fonte: Paiol verde, 2024.

A mangueira (Figura 13) é a responsável por levar a água do motor até o local desejado, por isso ela deve ser flexível. (Alves, *et al.*, 2022).

Figura 13: Mangueira



Fonte: Mérito comercial, 2024

6.2.3 Proposta conceitual

A irrigação por gotejamento é amplamente reconhecida por sua eficiência no uso da água e na maximização do desenvolvimento das culturas. Ao integrar a automação baseada em Arduino, os benefícios desse sistema são potencializados, proporcionando maior controle sobre a umidade do solo, redução de desperdícios hídricos e otimização do manejo agrícola.

Com base na revisão bibliográfica realizada, propõe-se um sistema conceitual de irrigação automatizada utilizando a plataforma Arduino. A análise da literatura sugere que tal implementação poderia promover otimização significativa no uso dos recursos hídricos, conforme evidenciado nos estudos de Reis (2015).

Estudos como os de Alves *et al.* (2022) destacam que a irrigação automatizada melhora a distribuição da água, reduzindo impactos negativos do manejo manual, como falhas na rega ou desperdícios por excesso. O Arduino permite a programação de sensores que monitoram continuamente a umidade do solo, acionando a irrigação apenas quando necessário. Esse controle de precisão reduz a evaporação e a lixiviação de nutrientes, aspectos abordados por Flexa (2021), em seu estudo sobre sistemas autônomos de irrigação de baixo custo.

Além da eficiência hídrica, um dos maiores benefícios destacados pelos estudos de Borges e Carvalho (2023) é a acessibilidade da tecnologia baseada em Arduino. Sempre imaginamos que a irrigação de precisão como algo caro e apenas para grandes produtores, mas com os eletrônicos e a versatilidade da plataforma possibilita a personalização dos sistemas de irrigação de acordo com as necessidades específicas de cada cultura e propriedade.

Nos estudos são apresentadas várias variedades de tipo de microcontrolador mas para melhor implementação do sistema de irrigação automatizado o eficiente de acordo com as pesquisas seria o Arduino Uno. Apresenta eficácia tendo em vista que é mais comum dentre os usuários e diversas formas de conhecimento de como utilizá-lo na internet possui a capacidade de receber e interpretar variáveis que são conectadas às suas portas e processa os dados obedecendo os comandos. Porém para projetos mais complexos como monitoramento em tempo real o microcontrolador ESP32 por ser uma tecnologia acessível financeiramente e funciona como um cérebro de um sistema eletrônico, permitindo o controle remoto podendo ligar e desligar dispositivos,

ele conta com wifi e bluetooth integrados e suporta diversos tipos de dados, isso é possível pois ele possui múltiplos pinos de entradas e saídas e o torna mais viável para projetos mais complexos.

Outro ponto relevante é o impacto na produtividade das plantas. Sistemas de irrigação automatizados promovem um suprimento hídrico mais uniforme, reduzindo o estresse hídrico das plantas e favorecendo um crescimento mais homogêneo. De acordo com Araújo et al (2020), o sensor atua utilizando a variação da capacitância gerando um campo elétrico e percebe mudanças quando o solo está seco ou molhado, o sensor capacitivo possui placas condutoras protegidas por um material resistente à corrosão. O uso de sensores de umidade do solo permite que a irrigação seja ligada apenas quando a umidade do solo estiver abaixo do necessário ou na umidade ideal se mostra eficaz para melhorar a eficiência hídrica, um fator crítico para regiões com escassez de água.

O trabalho de Sterzeck (2021) também enfatiza que os sistemas automatizados permitem ajustes dinâmicos com base em dados ambientais, como temperatura e umidade do ar. Sensores como o *DHT11* mede a temperatura entre 0°C e 50°C com precisão de $\pm 2^\circ\text{C}$ e a umidade de 20% e 50% com precisão de $\pm 5\%$ de precisão, coletam informações em tempo real e ajustam os níveis de irrigação, garantindo uma resposta mais eficiente às variações climáticas e prevenindo tanto o estresse hídrico quanto o encharcamento das plantas.

Porém, apesar dos benefícios, desafios ainda são enfrentados na implementação desses sistemas. A calibração correta dos sensores, a manutenção dos componentes eletrônicos e a necessidade de energia para alimentar os dispositivos são pontos que devem ser considerados. Além disso, como discutido por Pereira (2023), a configuração do sistema e o desenvolvimento de algoritmos eficientes para tomada de decisão na irrigação são aspectos que demandam conhecimento técnico.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi elaborado utilizando uma abordagem exploratória, centrada em reflexões teóricas e críticas sobre o impacto das inovações tecnológicas, com o objetivo de identificar as formas de aplicação do Arduino no sistemas de irrigação por gotejamento. A pesquisa visa abrir caminho para novas possibilidades, partindo do

conhecimento já existente.

A irrigação por gotejamento automatizada com o uso de Arduino mostrou-se uma solução eficaz e acessível, promovendo o melhor manejo hídrico, e energia, além de reduzir a dependência da intervenção manual. Com base nos estudos analisados observa-se que a automação aplicada à irrigação possibilita uma resposta mais precisa às necessidades das culturas, garantindo um suprimento hídrico adequado e reduzindo desperdícios. O uso do arduino e do sistema de irrigação por gotejamento é uma combinação adequada, pois ambos são de fácil manuseio e de baixo custo, o que favorece aos pequenos produtores adquirir este sistema, pois é passível de utilização essa tecnologia.

Dessa forma, a continuidade das pesquisas nessa área é essencial para aprimorar ainda mais essas tecnologias e torná-las cada vez mais acessíveis e eficientes, tendo em vista que são poucos artigos atuais sobre o tema e também a grande maioria está na área de tecnologia sendo poucos da área de agrária. A irrigação automatizada baseada em Arduino não apenas contribui para a economia de água e energia, mas também impulsiona a produtividade agrícola, favorecendo a sustentabilidade no setor e possibilitando uma agricultura mais moderna e autônoma.

Entretanto, apesar de ser uma tecnologia acessível e funcional, os equipamentos utilizados podem apresentar baixa durabilidade, especialmente em ambientes adversos e de longo prazo. Sensores de umidade resistivos, por exemplo, sofrem com corrosão, e componentes como válvulas solenóides e bombas de aquário podem não suportar operações contínuas por períodos prolongados.

A escolha do microcontrolador dependerá das necessidades específicas do projeto. Para aplicações mais simples, que envolvem apenas o acionamento e desligamento do sistema de acordo com a necessidade captada pelo sensor, o Arduino Uno é uma opção adequada, devido à sua facilidade de uso e ampla documentação disponível. Entretanto para projetos mais sofisticados sugere a utilização do microcontrolador ESP32 que possibilita a integração com wi-fi tornando possível a criação de uma dashboard para monitoramento em tempo real da irrigação.

REFERÊNCIAS

ALVES, C.R; FILHO, E. A; CAVALCANTE, F.J; SANTOS, I.C; ARAUJO, J.V.G; ROCHA, W.N, 2022. **Sistema de irrigação automático por gotejamento**. Disponível

em:<<https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/12270/1/Irriga%C3%A7%C3%A3o%20Autom%C3%A1tica%20por%20Gotejamento.pdf>>. Acesso em 06/01/2024.

ANDRADE, Camilo de Lelis Teixeira de. **Seleção do Sistema de Irrigação. Circular técnica.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Sete Lagoas, MG, dezembro de 2001.

BOGDAN, R. S.; BIKEN, S. **Investigação qualitativa em educação:** uma introdução à teoria e aos métodos. 12.ed. Porto: Porto, 2003.

BARBOSA, José Wilian. Sistema de Irrigação Automatizado utilizando a plataforma Arduino. Trabalho de conclusão de curso, Fundação Educacional do Município de Assis–FEMA-Assis, 2013.

CARVALHO, Dailton Moraes de. **Desenvolvimento de um Protótipo para Irrigação com o Uso da Plataforma Arduino.** 2023. 67 f: il. Monografia (Graduação) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Curso de Ciência e Tecnologia, 2023.

CASA DA ROBÓTICA. 2024. **Arduino Uno R3.** Disponível em: <<https://www.casadarobotica.com/placas-embarcadas/arduino/placas/placa-uno-r3-smd-atmega328-sem-cabo>>. Acesso em 06/01/2024.

CASA DA ROBÓTICA, 2024. **Protoboard.** Disponível em:<<https://www.casadarobotica.com/prototipagem-e-ferramentas/prototipagem/protoboard/protoboard-830-furos-pontos>>. Acesso em 06/01/2024.

CERVO, A. L. BERVIAN, P. A. **Metodologia científica.** 5.ed. São Paulo:Prentice Hall, 2002.

DA SILVA, Rogério Oliveira; ARAUJO, Warley Monteiro; CAVALCANTE, Maxwell Machado. **Visão geral sobre microcontroladores e prototipagem com Arduino. Tecnologias Em Projeção,** v. 10, n. 1, p. 36-46, 2019.

DIAS, B. G. L. et al. **INOVAÇÃO NO AGRONEGÓCIO UTILIZANDO IOT.** 2019. Disponível em:<<https://maua.br/files/122019/inovacao-agronegocio-utilizando-iot-261145.pdf>>. Acesso em: 20 dezembro. 2024.

DE SANTOS ROCHA, Luís Othávio; GUIMARÃES, Carla Regina Rocha; DE OLIVEIRA, Rosângela Aparecida Pereira. **Exploração do uso eficiente de recursos hídricos na agricultura:** investigação de técnicas de irrigação e tecnologias para a minimização do desperdício de água. revista foco, v. 17, n. 4, p. e4950-e4950, 2024.

DE SOUZA coriMENDES, Paulo Cesar. **Caracterização de um Sensor para Medição de Umidade do Solo com Termo-Resistor a Temperatura Constante.** 2006. Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006.

EMBRAPA. **Estimativas de redução do consumo de água com sistemas inteligentes de controle.** Brasília, DF: Embrapa, 2023.

FRIZZONE, José Antônio. **Os Métodos de Irrigação**. ESALQ/USP, 2017.

GARRIDO, Eloá Wirgues. **O professor de metodologia de pesquisa na graduação: dilemas e desafios**. 2024.

GIL, Carlos Antônio. **Como Classificar as Pesquisas com Base em seus Objetivos**. Julho de, 2000.

GOTIN, Guilherme Roulim; VIANA, Nicolas Pereira; KELLER, Vinícius Santiago. Arduino Olho Eletrônico. **Refaqi - Revista de Gestão Educacional e Tecnologia**, v. 3, n. 1, p. 9-9, 2018.

GUIMARÃES, Vinícius Galvão. **Automação e Monitoramento Remoto de Sistemas de Irrigação Visando Agricultura Familiar**. Distrito Federal, 2011. xiii, 81 p. Trabalho de Graduação (Engenharia de Controle e Automação) – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, 2011.

HENRIQUES, Luiz Felipe Araújo et al. **Implementação e monitoramento de um sistema de irrigação automatizado em iot utilizando módulo ESP32 em plantio caseiro**. 2021.

KERSCHBAUMER, Ricardo et al. **Microcontroladores**. Santa Catarina, Brasil, 2013.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos metodologia científica**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MALHOTRA, N. **Pesquisa de marketing**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MAKER HERO, 2024. **Sensor de umidade do solo**. Disponível em: <<https://www.makehero.com/produto/sensor-de-umidade-do-solo-higrometro/>>. Acesso em 06/01/2024.

MCROBERTS, Michael. **Arduino Básico**. Tradução de Rafael Zanolli. São Paulo: Novatec Editora, 2011.

MÉRITO COMERCIAL, 2024. **Mangueira pvc cristal flexível**. Disponível em: <<https://www.meritocomercial.com.br/mangueira-pvc-cristal-flexivel-kanaflex-pt250-1-polegada-1-metro-4001001002466-p1032626>>. Acesso em 06/01/2024.

PAIOL VERDE, 2024. **Gotejador ajustável vermelho**. Disponível em: <<https://www.paiolverde.com.br/gotejador-ajustavel-0-40-l-h-vermelho-irritec>>. Acesso em 06/01/2024.

PEREIRA, Bruno Williams Antunes. **Sistema automático de irrigação autônomo de baixo custo**. 2023.

RAFADYI, 2024. **Motor de engrenagem de plástico.** Disponível em: <<https://faradyi.com/pt/produtos/motorreductor-de-escova-130-plastico-3v-9v-dc/>>. Acesso em 06/01/2024.

REIS, 2015. **Sistema de controle aplicado à automação de irrigação agrícola.** Disponível em: <https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7470/3/CP_COAUT_2015_1_05.pdf>. Acesso em 06/01/2024.

ROBÓTICA EDUCACIONAL, 2024. **Kit jumpers macho-fêmea.** Disponível em: <<https://www.arducore.com.br/kit-jumpers-macho-femea-x40-unidades-20cm>>. Acesso em 06/01/2024.

ROSA NETO, C.; OLIVEIRA, S. J. M.; ARAÚJO, L. V.; ARAÚJO, T. G. **Aspectos econômicos, de produção e comercialização da cadeia agroindustrial do café em Rondônia.** Porto Velho, RO: Sebrae; Embrapa Rondônia; Emater, 2012. 70 p.

SILVA, Daniel Olegário Matos. **Validação de um Sensor de Determinação da Umidade do Solo para o Manejo da Irrigação.** 2013. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2013.

STERZECK, PAULO ROBERTO. Emprego do arduino para a automatização de um sistema de irrigação. 2021

TESTEZLAF, R.; DE, F. **Irrigação: Métodos, Sistemas e Aplicações.** 1. ed. Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP, 2017. ISBN 978-85-99678-10-7.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. **Sensores industriais.** São Paulo: SRV Editora LTDA, 2020. E-book. ISBN 9788536533247.

USINAINFO, 2024. **Fonte de alimentação para arduino e chaveada.** Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/fonte-chaveada-usb-e-p4/fonte-de-alimentacao-para-arduino-9vdc-1a-plug-p4-2424.html>>. Acesso em 06/01/2024.

USINAINFO, 2024. **Módulo relé 5v 10a.** Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/rele-arduino/modulo-rele-5v-10a-1-canal-jqc3f-para-arduino-e-esp32-4763.html>>. Acesso em 06/01/2024.

USINAINFO, 2024. **Mini bomba d'água para arduino 12v.** Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/bombinha-de-agua-e-ar/mini-bomba-de-agua-para-arduino-12v-rs385-2lmin-2814.html>>. Acesso em 06/01/2024.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.