

CENTRO PAULA SOUZA
ETEC PROFESSOR ADHEMAR BATISTA HEMÉRITAS
Eletrotécnica

ANDRÉ AUGUSTO SOUZA DE PAULA
BENIGNO NUNES DA SILVA
BRUNO DA SILVA GALDINO LEITE
DAVIDSON SOUZA DA SILVA
DIOGO NUNES CAMPOS
JOÃO VICTOR OLIVEIRA SILVA

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO

SÃO PAULO
2025

André Augusto Souza de Paula

Benigno Nunes da Silva

Bruno da Silva Galdino Leite

Davidson Souza da Silva

João Victor Oliveira Silva

Diogo Nunes Campos

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO

Monografia apresentada à ETEC Profº Adhemar Batista Heméritas, no Curso de Eletrotécnica, como requisito da disciplina de planejamento de tcc em eletrotécnica , sob a orientação técnica do Prof. Itamar Ernandes e Márcio S. Preti.

São Paulo

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

ANDRÉ AUGUSTO SOUZA DE PAULA, BENIGNO NUNES DA SILVA,
BRUNO DA SILVA GALDINO LEITE, DAVIDSON, DIOGO NUNES
CAMPOS e JOÃO VICTOR OLIVEIRA SILVA

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO, São Paulo 2025

Monografia apresentada à ETEC Profº Adhemar Batista Heméritas, no
Curso de Eletrotécnica / SP

Orientador (a): Prof. Itamar Ernandes e Márcio Pretti.

1. Automação. 2. Agricultura de precisão. 3. Sustentabilidade
2.. I. Título.

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho a ilustres amigos e familiares.

AGRADECIMENTOS

Queremos agradecer primeiramente a Deus, por nos dar sabedoria e força de vontade para alcançar nossos objetivos, aos nossos familiares pela compreensão e apoio nos momentos mais difíceis ao longo desta jornada, queremos agradecer também nossos queridos amigos de trabalho que nos apoiaram e incentivaram a cursar o interessante e empolgante curso de eletrotécnica.

Agradecemos também a todos os colegas de curso que ao decorrer dos semestres tornaram-se amigos de sala de aula, pela união que com certeza deixaram o ambiente mais agradável. E por último e não menos importante aos ilustríssimos professores que ao longo do curso por muitas vezes esbanjaram paciência e cumplicidade, e que sem nenhuma dúvida ajudaram significativamente neste importante momento.

*Toda a nossa ciência, comparada com a
Realidade é primitiva e infantil – e, no
Entanto, é a coisa mais preciosas que temos.*
(Albert Einstein)

RESUMO

A automação da irrigação surge como uma resposta eficiente aos desafios da agricultura moderna, com a ampliação da demanda por alimentos e as consequências de mudanças climáticas. Este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema automatizado de irrigação fazendo o uso de sensores de umidade e microcontroladores, como o Arduino, visando otimizar a utilização da água e o rendimento da produtividade em pequenas e médias propriedades rurais. Alinhado aos conhecimentos do curso técnico em Eletrotécnica, o projeto destaca-se pela viabilidade técnica, acessibilidade e possibilidade de expansão com tecnologias como monitoramento remoto e energia solar. Além de promover a sustentabilidade hídrica e diminuir a necessidade de intervenção humana, o estudo colabora para o avanço da agricultura de precisão e reforça a grande importância da tecnologia na transformação das práticas agrícolas tradicionais.

Palavras-chave: Automação, Agricultura de precisão e Sustentabilidade

ABSTRACT

Irrigation automation emerges as an efficient response to the challenges of modern agriculture, such as the increasing demand for food and the impacts of climate change. This study proposes the development of an automated irrigation system using soil moisture sensors and microcontrollers, such as Arduino, aiming to optimize water usage and increase productivity on small and medium-sized farms. Aligned with the knowledge acquired in the Technical Electrotechnics course, the project stands out for its technical feasibility, low cost, and potential for expansion with technologies such as remote monitoring and solar energy. In addition to promoting water sustainability and reducing the need for constant human intervention, the study contributes to the advancement of precision agriculture and highlights the importance of technology in transforming traditional farming practices.

Keywords: Automation, Precision Agriculture and Sustainability

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Colheita.....	17
Figura 2 - Agricultura Familiar	18
Figura 3 - Trabalho humano rural.....	19
Figura 4 - Avanço tecnológico na agricultura	20
Figura 5 - Irrigação	21
Figura 6 - Uso de água na agricultura	22
Figura 7 - Automação	23
Figura 8 - Pintura Egípcia antiga	25
Figura 9 - Um dos primeiros tratores movido a vapor	25
Figura 10 - SENSOR DE UMIDADE	
Figura 11 - SENSOR DE UMIDADE 2.....	29
Figura 12 – POTENCIÔMETRO	
Figura 13 - SOLENOIDE	29
Figura 14 - VISOR DIGITAL DA	
Figura 15 - RELÉ.....	30
Figura 16 - LIGAÇÃO DO RELÉ	
Figura 17 - VISÃO DETALHADA DO QUADRO.....	30
Figura 18 - TESTE DE POTENCIÔMETRO	
Figura 19 - MONTAGEM PROTOBOARD.....	31
Figura 20 - VISÃO DETALHADA	
Figura 21 - VISÃO DETALHADA DOS TESTES 2	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	16
Tabela 2	27
Tabela 3	31
Tabela 4	32
Tabela 5	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVO	16
2.2 Objetivo específico	16
3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	17
3.1 Agricultura	17
3.2 Trabalho humano na agricultura.....	18
3.3 Problemas na irrigação.....	21
3.4 Desperdício de água na irrigação.....	21
3.5 Automação	23
3.6 Automação agrícola (Rural).....	24
4 METODOLOGIA	26
4.1 Materiais.....	26
4.2 Métodos.....	28
5. DESENVOLVIMENTO.....	29
6. CONCLUSÃO.....	41
REFERÊNCIA	42
APÊNDICE A - ESQUEMA BÁSICO	44
APÊNDICE B - CÓDIGO ARDUINO	44

1 - INTRODUÇÃO

A agricultura sempre foi uma das atividades mais essenciais para a humanidade, garantindo o sustento de populações e a ampliação econômica de nações. No entanto, com o aumento da procura por alimentos e os desafios impostos pelas mudanças climáticas, a procura por métodos mais eficientes de cultivo tornou-se uma prioridade. Nesse contexto, a automação de sistemas de irrigação surge como uma solução tecnológica capaz de otimizar a utilidade da água, reduzir desperdícios e crescer a produtividade agrícola. Este trabalho tem como objetivo desenvolver e analisar um sistema de irrigação automático, demonstrando sua viabilidade técnica e benefícios práticos para pequenas e médias propriedades rurais (A Review of Precision Irrigation Water-Saving Technology, 2024).

A irrigação convencional, muitas vezes realizada de maneira manual ou por sistemas pouco precisos, pode ocorrer o uso excessivo ou insuficiente de água, prejudicando tanto o solo quanto as plantas. A automação desse processo, por meio de sensores e controladores eletrônicos, permite que a irrigação seja acionada apenas quando necessária, garantindo que as culturas recebam a quantidade ideal de água. Além de promover a sustentabilidade hídrica, essa abordagem reduz a necessidade de intervenção humana constante, liberando o agricultor para outras atividades e minimizando erros operacionais (Smart Irrigation Technologies and Prospects, 2025).

O desenvolvimento deste projeto está alinhado com os conhecimentos adquiridos no curso técnico de Eletrotécnica, envolvendo conceitos de circuitos elétricos, programação de microcontroladores e automação. Utilizando componentes acessíveis, como sensores de umidade do solo, módulos de relé e microcontroladores (como o Arduino), o sistema foi projetado para ser economicamente acessível e de simples implementação. A integração desses elementos permite que o equipamento monitore continuamente as condições do solo e acione o sistema de forma autônoma, baseando-se em parâmetros pré-definidos (Sistema automatizado de irrigação e monitoramento, 2021).

Além da eficiência operacional, o sistema proposto pode ser adaptado para incluir funcionalidades avançadas, como monitoramento remoto via aplicativo ou integração com fontes de energia renovável, como painéis solares. Essas possibilidades ampliam o escopo do projeto, transformando-o não apenas em uma solução prática, mas também em um modelo de inovação tecnológica aplicada à agricultura. A relevância desse estudo vai além do âmbito acadêmico, contribuindo para a discussão sobre agricultura de precisão e o uso consciente de recursos naturais (Development of a Solar-Powered Smart Irrigation Control System, 2023).

Este trabalho está organizado em etapas que incluem a revisão teórica sobre os fundamentos da irrigação automática, a descrição detalhada dos materiais e métodos utilizados, a apresentação dos resultados obtidos e a análise crítica do desempenho do sistema. Ao final, espera-se que demonstre não apenas a viabilidade técnica da irrigação automática, mas também seu potencial para revolucionar práticas agrícolas tradicionais, especialmente em algumas regiões com limitações hídricas ou mão de obra escassa (Precision Agriculture and Water Conservation Strategies, 2024).

A automação da irrigação representa um avanço significativo na maneira como lidamos com a agricultura, combinando tecnologia, sustentabilidade e eficiência. Este trabalho busca não apenas apresentar uma solução prática, mas também inspirar futuras pesquisas e aplicações nessa área, reforçando o papel da Eletrotécnica no desenvolvimento e aperfeiçoamento de soluções inovadoras para os desafios do mundo moderno. Com isso, espera-se que este estudo sirva como referência para outros projetos semelhantes, incentivando a criação de tecnologias acessíveis e sustentáveis no campo (Smart Irrigation Systems with IoT and Solar Integration, 2022–2023).

2 - OBJETIVO

Desenvolver e analisar um sistema de irrigação automatizado, utilizando sensores e microcontroladores, com foco na otimização do consumo de água, crescimento da produtividade e promoção da sustentabilidade em pequenas e médias propriedades rurais.

2.2 Objetivo específico

Projetar e montar um sistema de irrigação automático baseado em sensores de umidade e microcontroladores, avaliar a viabilidade técnica e econômica da inserção do sistema em propriedades rurais de pequeno e médio porte e

Verificar os benefícios do sistema em relação ao uso de forma satisfatória e também da água e à redução da intervenção humana

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1 Agricultura

A agricultura teve início no período neolítico a cerca de 10.000 a 6.000 a.C, a sua modernização se deu em meados do século XX. Entre as principais vertentes da agricultura temos: tradicional, moderna, familiar, patronal e orgânica. (O que [...] (2024).

Figura 1 - Colheita



Fonte: Disponível em: <<https://s4.static.brasilecola.uol.com.br/be/2023/06/sistemas-agricultura.jpg>>

Nas práticas acima temos: uso de técnicas tradicionais, técnicas modernas (como correções de solo ou colheita mecanizada), famílias que atuam na mesma propriedade gerindo seu consumo próprio ou para comercialização, práticas

comerciais, feitas com alto investimento gerando também uma ótima empregabilidade e por fim, uma pratica mais sustentável do solo com sua maior finalidade sendo o consumo próprio. (O que [...] (2024).

Figura 2 - Agricultura Familiar



Fonte: Disponível em: <<https://blog.climatefieldview.com.br/hs-fs/hubfs/Agricultura%20familiar%20no%20Brasil.webp?width=900&name=Agricultura%20familiar%20no%20Brasil.webp>>

3.2 Trabalho humano na agricultura

O trabalho humano na agricultura passou por uma transformação significativa ao decorrer do tempo. Anteriormente, era caracterizado por atividades braçais e físicas, como plantio, colheita e manuseio de culturas. No entanto, com o avanço da tecnologia e a modernização desta área, o trabalho humano nesse setor vem se tornando cada mais intelectual e tecnológico pois agricultura moderna visa integrar as práticas agrícolas tradicionais que acompanham a humanidade há milênios, aos novos avanços científicos e tecnológicos que permitem otimizar aspectos produtivos e nutricionais dos alimentos. (Revolução [...], 2024).

Ao longo do tempo, o cultivo de alimentos melhorou significativamente o trabalho humano na agricultura devido às importantes revoluções agrícolas; A primeira revolução agrícola ocorreu por volta de 8.000 a.C., quando ferramentas como machados, enxadas, arados de madeira e pás foram inseridos na lida. Posteriormente, entre os séculos XVIII e XIX, ocorreu a segunda revolução agrícola, com o uso de cavalos nas operações rurais, o que gerou aumento na produtividade e redução na mão de obra humana, houve também a inclusão de fertilizantes, o que aumentou a média produtiva das áreas agrícolas (Revolução [...], 2024).

Figura 3 - Trabalho humano rural



(figura gerada por IA próprio autor)

Já a terceira revolução agrícola, na virada do século XX, foi impulsionada pela grande Revolução Industrial, que contribuiu para a criação de tecnologias aplicadas à agricultura. Houve a introdução de máquinas como tratores que substituíram a tração animal, o uso de fertilizantes sintéticos e o melhoramento genético de plantas tornou-se comum. Esse período ficou conhecido como Revolução Verde (Revolução [...], 2024).

Figura 4 - Avanço tecnológico na agricultura



(figura gerada por IA próprio autor)

3.3 Problemas na irrigação

A irrigação enfrenta diversos problemas que comprometem a eficiência do uso da água e a produtividade agrícola. Entre os principais desafios está a má gestão dos recursos hídricos, que leva ao desperdício e à aplicação excessiva de água nas lavouras. Sistemas mal calibrados, infiltração insuficiente e drenagem inadequada favorecem processos como salinização do solo e encharcamento, impactando diretamente o desenvolvimento das culturas. Além disso, a falta de manutenção adequada dos sistemas de irrigação reduz sua eficiência, aumentando perdas por vazamentos e evaporação. (Bernardi, 2018)

Outro problema relevante é a crescente escassez hídrica, agravada por mudanças climáticas e competição com outros setores consumidores. Em várias regiões, a disponibilidade de água superficial e subterrânea tem diminuído, pressionando agricultores a adotarem tecnologias mais eficientes e a planejar melhor o uso da irrigação. A ausência de capacitação técnica e de políticas públicas eficazes também contribui para práticas inadequadas, dificultando a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Nesse contexto, torna-se essencial investir em manejo consciente, monitoramento do solo e tecnologias de precisão. (Bernardi, 2018)

Figura 5 - Irrigação



(figura gerada por IA próprio autor)

3.4 Desperdício de água na irrigação

O desperdício de água na irrigação, é um problema significativo, especialmente no Brasil, onde a agricultura consome cerca de 70% da água doce

disponível. A ineficiência em sistemas hídricos, devido a falhas de manejo, tecnologia inadequada e falta de automação, contribui para esse desperdício (A escassez [...], 2015).

Fatores climáticos também afetam a eficiência, aumentando as perdas. A Eletrotécnica pode reduzir o desperdício por meio da automatização e controle eficiente destes sistemas de irrigação, usando sensores de umidade, válvulas solenóides e controladores lógicos programáveis contribuindo para um futuro mais responsável e eficiente em relação aos recursos naturais. Isso pode resultar em uma economia de até 30% nos custos energéticos da irrigação. Exemplos práticos mostram que a calibração e a implementação de tecnologias adequadas podem melhorar a produtividade e promover o uso consciente da água (MORAIS, 1998)

A irrigação frequentemente prejudicada pelo desperdício de água, mas a adoção de tecnologias da Eletroeletrônica pode mitigar esse problema. A automação, o controle de bombas, o uso de sensores e a análise de eficiência dos sistemas são estratégias que, quando aplicadas corretamente, promovem a sustentabilidade no uso de água e energia elétrica (MORAIS, 1998)

Figura 6 - Uso de água na agricultura



(figura gerada por IA próprio autor)

3.5 Automação

A automação industrial tem suas raízes no século XVIII, com a invenção da máquina a vapor durante a Revolução Industrial, que marcou o início da mecanização dos processos produtivos. No século XIX, o desenvolvimento industrial acelerou com novas fontes de energia e o uso do aço, consolidando a chamada II Revolução Industrial. Nessa fase, surgiram os primeiros dispositivos mecânicos como os relés, que passaram a controlar partes do processo produtivo de forma automática, ainda que de forma bastante rudimentar. (MAITTELLI,2003)

Figura 7 - Automação



(figura gerada por IA próprio autor)

A automação é um campo multidisciplinar da engenharia que se dedica ao desenvolvimento e à aplicação de sistemas tecnológicos para operar e controlar processos industriais e residenciais, com mínima intervenção humana. Conforme aponta Groover (2017), a automação é a tecnologia que utiliza sistemas mecânicos, eletrônicos e computacionais baseados em sensores e atuadores para controlar sistemas produtivos. Desde os primeiros controladores lógicos programáveis (CLPs) até os sistemas modernos integrados à Internet das Coisas (IoT), a automação

evoluiu de forma significativa, representando uma transformação tecnológica que impacta radicalmente os métodos de produção e gestão de processos.

Os sistemas de automação atuais seguem arquiteturas hierárquicas que vão desde o nível dos sensores e atuadores até o nível de supervisão, onde softwares como SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) são usados para monitorar e controlar todo o processo de forma integrada. Bolton (2015) destaca que esses sistemas contam com elementos essenciais como controladores PID (Proporcional, Integral e Derivativo), que garantem a regulação precisa das variáveis do processo, interfaces homem-máquina (IHM) para facilitar a interação do operador, além de redes industriais — como Profibus e Ethernet/IP — que conectam e integram os diversos componentes. Essa estrutura permite a implementação de estratégias que variam da automação simples e discreta até sistemas complexos de controle distribuído (DCS).

No contexto da Indústria 4.0, a automação avançou incorporando conceitos como sistemas ciberfísicos, análise de big data e inteligência artificial, criando ambientes produtivos inteligentes e adaptativos. De acordo com Kagermann, Wahlster e Helbig (2013), essa nova revolução industrial mistura o mundo físico com o digital, possibilitando que os sistemas não só executem tarefas previamente definidas, mas também aprendam e otimizem seu desempenho por meio de algoritmos de aprendizado de máquina. Essa evolução ampliou o alcance da automação, que passou a ser fundamental em áreas além da indústria tradicional, como agricultura de precisão, cidades inteligentes e saúde, consolidando-se como uma tecnologia chave para a transformação digital da sociedade atual.

3.6 Automação agrícola (Rural)

A automação agrícola tem raízes nas primeiras invenções que facilitaram o cultivo a anos. No século XVIII, a Revolução Industrial impulsionou a mecanização rural com a introdução de máquinas movidas a vapor, como trilhadeiras e arados

mecânicos. Nos Estados Unidos, em meados do século XIX, pioneiros como Obed Hussey, que patenteou em 1833 uma das primeiras colheitadeiras mecânicas de sucesso, e Cyrus McCormick, que em 1831 desenvolveu o ceifeiro de trigo comercialmente eficiente, marcaram o início da mecanização moderna (MAZOYER; ROUDART, 2010).

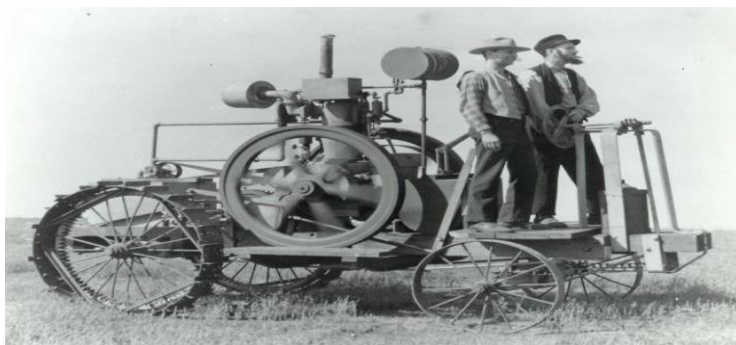
Figura 8 - Pintura Egípcia antiga



esboço de [Wilson A. Ribeiro Jr.](#), 1998, apud Aldred (1966, p. 185) Fonte: disponível em <https://greciantiga.org/img.asp?num=0050>

Com o avanço da tecnologia, no fim do século XIX, John Froelich criou em 1892 o primeiro trator movido a motor de combustão interna, e em 1913 teve início a produção em série de tratores, amplificando a eficiência no campo. No Brasil, a mecanização ganhou força no começo da década de 1930, com a produção local de trilhadeiras como a “Vencedora” em Santa Catarina (1936), seguida pela fabricação de tratores e colheitadeiras. Nos anos 1950 a 1960, com políticas como o Plano Nacional da Indústria de Tratores (1959), o país consolidou sua transição para métodos mecanizados (VIAN et al., 2013; LOURES, 2017).

Figura 9 - Um dos primeiros tratores movido a vapor



(Domínio Público) Fonte: disponível em < <https://www.foxnews.com/lifestyle/meet-the-american-invented-gas-powered-tractor-john-froelich-helped-feed-world>>

A automação agrícola, como a conhecemos hoje, com sensores digitais, sistemas elétricos e hidráulicos e monitoramento por GPS, começou a se desenvolver a partir da década de 1980, com os primeiros monitores de colheita. A partir dos anos 2000, com o advento da navegação por satélite e o piloto automático, emergiu a agricultura de precisão, permitindo maior eficiência, economia de insumos e dados de telemetria integrados às máquinas (Aires, 2022).

4 - Metodologia

4.1 Materiais

Arduino Uno R3

Sensor de Umidade do Solo (ex: YL-69 ou capacitivo)

Módulo Rele 1 canal (5V)

Válvula Solenoide 12V ou 24V (ou de máquina de lavar, por exemplo)

Fonte de alimentação externa (ex: 12V para a válvula solenoide)

Fonte 5V ou cabo USB para o Arduino

Jumpers (fios macho-macho, macho-fêmea)

Protoboard (opcional para montagem temporária)

Resistores (caso precise ajustar leitura de sensor)

Diodo 1N4007 (proteção contra corrente reversa do relé)

Transistor (ex: TIP120 ou 2N2222 se for controlar a válvula sem relé)

Outros:

Reservatório de água (caso o sistema não seja ligado à rede hídrica)

Mangueira para irrigação

Adaptadores de mangueira e válvula

4.2 Métodos

Etapa 1 – Leitura da Umidade do Solo

- Conectar o sensor de umidade ao Arduino
- Calibrar os valores: determinar o valor que representa “seco” e “molhado”.

Etapa 2 – Controle da Solenoide

- Controlar a válvula usando o relé.
- Ativar o relé somente quando o solo estiver seco.

Etapa 3 – Lógica do Programa

- Se o solo estiver seco → ligar a válvula
- Esperar um tempo (ex: 10 minutos) → desligar a válvula
- Esperar para nova leitura

Etapa 4 – Testes e Ajustes

- Testar com diferentes níveis de umidade.
- Garantir segurança elétrica (proteção contra curto, etc.)

Etapa 5 – Apresentação do Projeto

- Documentar os testes, o circuito, o código e os resultados.
- Criar uma maquete ou protótipo funcional.

5. DESENVOLVIMENTO

Figura 10 - SENSOR DE UMIDADE

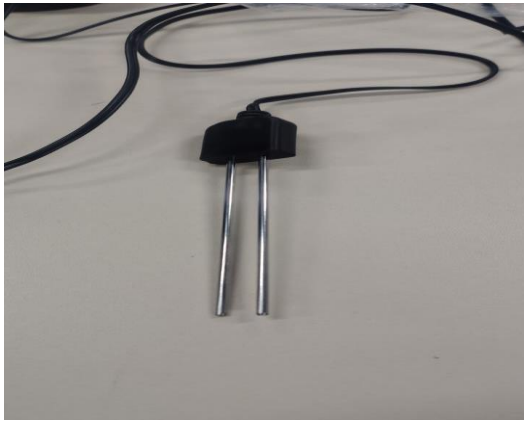


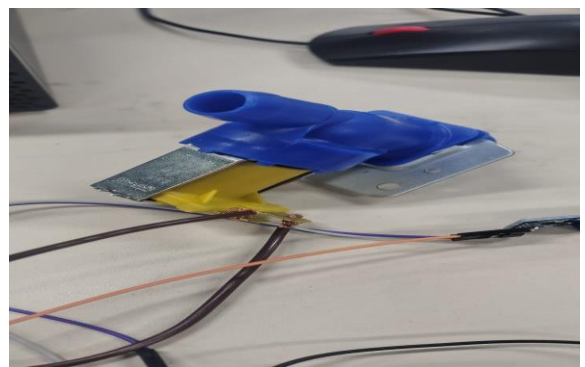
Figura 11 - SENSOR DE UMIDADE 2



Figura 12 – POTENCIÔMETRO



Figura 13 - SOLENOIDE



**Figura 14 - VISOR DIGITAL DA
SENSIBILIDADE DOS SENSORES**



Figura 15 - RELÉ

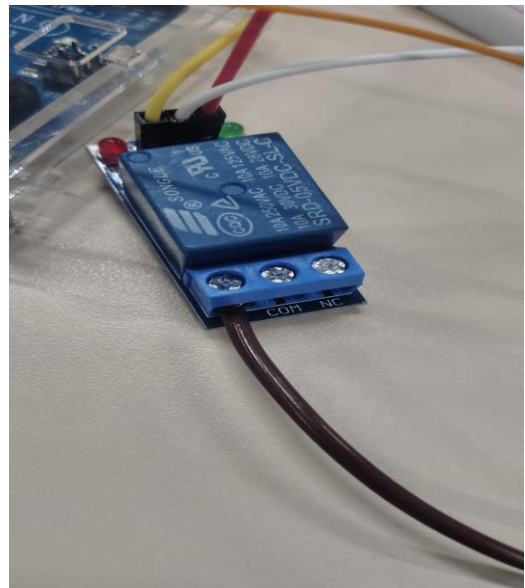


Figura 16 - LIGAÇÃO DO RELÉ



Figura 17 - VISÃO DETALHADA DO QUADRO



Figura 18 - TESTE DE POTENCIÔMETRO

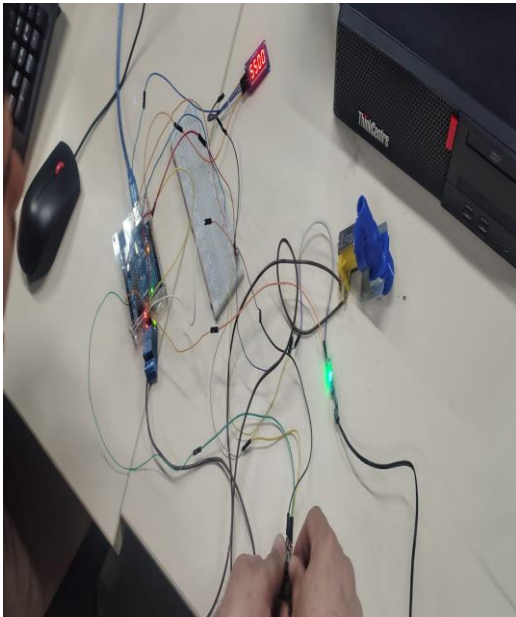


Figura 19 - MONTAGEM FINAL PROTOBOARD



Figura 20 - VISÃO DETALHADA PROTOBOARD

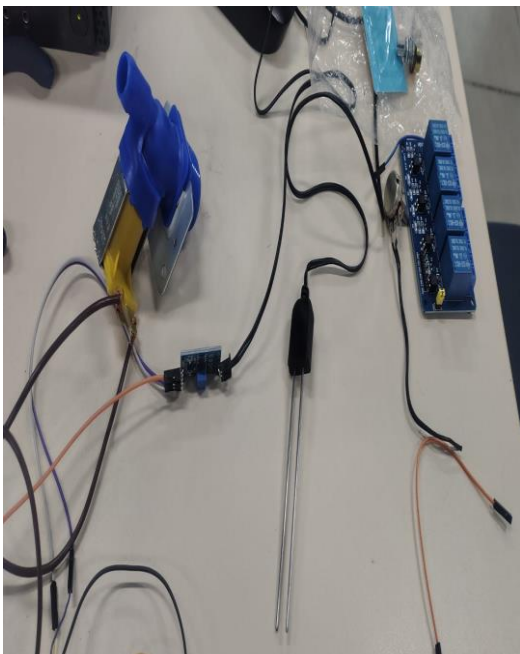
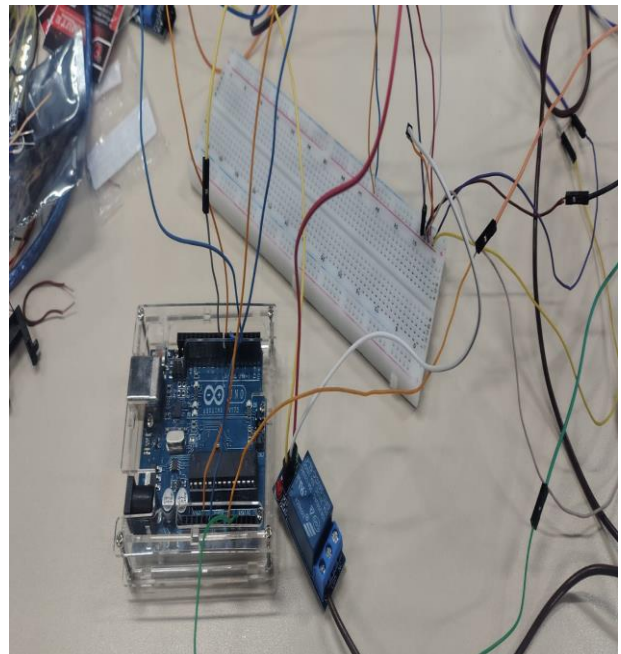


Figura 21 - VISÃO DETALHADA DOS TESTES 2



6. CONCLUSÃO

Com este trabalho, foi possível perceber o quanto a automação pode ajudar no dia a dia da agricultura, especialmente quando se trata do uso consciente da água. O sistema de irrigação automática mostra que, com sensores e pequenos

equipamentos eletrônicos, é possível controlar a quantidade de água usada nas plantações de forma mais eficiente, evitando desperdícios e garantindo que as plantas recebam o que realmente precisam.

Além disso, o projeto se mostrou acessível e viável para pequenas e médias propriedades, já que utiliza componentes de baixo custo e fáceis de encontrar. Isso significa que qualquer produtor, mesmo com poucos recursos, pode adotar essa tecnologia e melhorar sua rotina no campo.

Outro ponto importante é que o sistema pode ser ampliado no futuro, incorporando novos recursos como monitoramento pelo celular ou o uso de energia solar. Isso reforça que a automação não é apenas uma ferramenta útil para o presente, mas também uma porta aberta para novas ideias e melhorias na agricultura.

Por fim, este trabalho destaca que unir a tecnologia com as práticas agrícolas tradicionais pode trazer muitos benefícios. Além de facilitar o trabalho do agricultor, também contribui para um uso mais responsável dos recursos naturais. Assim, espera-se que esta proposta incentive novos projetos e inspire outras pessoas a buscar soluções simples, acessíveis e sustentáveis para o campo.

REFERÊNCIAS

OLTON, W. Programação de Controladores Lógicos Programáveis. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

GROOVER, M. P. Automação Industrial e Sistemas de Manufatura. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2017.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Frankfurt: National Academy of Science and Engineering, 2013.

BRASIL ESCOLA. O que é agricultura?. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/geografia/o-que-e-agricultura.htm>>. Escrito por Paloma Guitarrara

REVOLUÇÃO Agrícola: como a tecnologia está mudando a realidade do campo. Brasil: Rafaella Aires, 19 jul. 2024. Disponível em: www.myfarm.com.br. Acesso em: 9 nov. 2025.

MAZOYER, Marcel; ROUDART, Laurence. História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea. São Paulo: Editora UNESP, 2010.

VIAN, C. E. de F.; ANDRADE JÚNIOR, A. M.; BARICELO, L. G.; SILVA, R. P. da. Origens, Evolução e Tendências da Indústria de Máquinas Agrícolas. Revista de Economia e Sociologia Rural, Piracicaba, v. 51, n. 4, p. 719-744, 2013.

<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTtKCkCNZROHZP-GjjsvGKZLJBMLChd8SHUfA&s>

<https://digital.agrishow.com.br/artigos/voc-conhece-principais-causas-do-desperdcio-na-irrigao/>

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2021: Informe Anual. Brasília: ANA, 2021.

Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br>. Acesso em: 31 ago. 2025

HERMSMEIER, L. F. et al. Influência de elementos do clima no desperdício de energia em um sistema de irrigação por aspersão de alta pressão. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 3, n. 3, p. 336-341, 1999.

SCIVITTARO, W. B. et al. Demanda hídrica e eficiência de irrigação pelo arroz: efeito da altura da lâmina de água. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, Comunicado Técnico 238, 2010.

SILVA FILHO, Z. C. da; SILVA, E. B. S. da; DIAS, N. S. Um aplicativo para determinar a eficiência de sistemas de irrigação pressurizado. Revista Eletrônica do Seminário de Iniciação Científica da UFERSA, v. 30, n. 1, 2024.

JORNAL DA USP. “Série Energia”: Práticas de eficiência energética reduzem custo de irrigação na lavoura, 21 jul. 2023. Disponível em: <https://jornal.usp.br>. Acesso em: 31 ago. 2025.

(Automação Industrial, André Maitelli - www.dca.ufrn.br/~maitelli/cursos/clp
Arquitetura de Sistema de Automação Industrial -
<http://www.cpdee.ufmg.br/~seixas/PaginaII/Download/Do>)
(wnloadFiles/Arquitetura.PDF Automação e Controle - <http://www.autocon.eng.br/>
The History of the PLC as told to Howard Hendricks by Dick Morley ,
<http://www.barn.org/FILES/historyofplc.html>)

(disponível em <<https://grecoantiga.org/img.asp?num=0050>>)

A imagem mostra uma pintura egípcia antiga de um homem usando uma túnica branca e guiando um boi com chifres longos que está puxando um arado
Pintura do túmulo de Sennedjem (1200 a.C)

AGRIQ. Automação agrícola: como funciona e vantagens. Disponível em:
<<https://agriq.com.br/automacao-agricola>>. Escrito por Rafaella Aires

AGROFY NEWS. Como tratores e maquinários agrícolas evoluíram. Disponível em: <<https://news.agrofy.com.br/noticia/200995/como-tratores-e-maquinarior-agricolas-evoluiram>>. Escrito por Daniel Azevedo Duarte

MF RURAL. Mecanização agrícola no Brasil. Disponível em: <<https://blog.mfrural.com.br/mecanizacao-agricola>>. Escrito por Acessória MF Rural

LAKHIAR, I. A.; YAN, H.; ZHANG, C.; WANG, G.; HE, B.; HAO, B.; HAN, Y.; WANG, B.; BAO, R.; SYED, T. N.; et al. A review of precision irrigation water-saving technology under changing climate for enhancing water use efficiency, crop yield, and environmental footprints. *Agriculture*, v. 14, n. 7, art. 1141, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriculture14071141>. Acesso em: 03 dez. 2025.

ALI, A.; HUSSAIN, T.; ZAHID, A. Smart irrigation technologies and prospects for enhancing water use efficiency for sustainable agriculture. *AgriEngineering*, v. 7, n. 4, art. 106, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriengineering7040106>. Acesso em: 03 dez. 2025.

REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL — UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA (UFU). Ferreira, E. A. *Sistema automatizado de irrigação e monitoramento para plantas em ambientes indoor* (trabalho técnico/projeto). Uberlândia: UFU, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/34084>. Acesso em: 03 dez. 2025.

WANYAMA, J.; et al. Development of a solar-powered smart irrigation control system (Smart Irri-Kit). *Smart Agricultural Technology* (Open Access), v. 5, 100273, out. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772375523001028>. Acesso em: 03 dez. 2025.

XING, Y.; et al. Precision agriculture and water conservation strategies. *Plants*, v. 13, n. 22, art. 3184, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/13/22/3184>. Acesso em: 03 dez. 2025.

ZHANG, H.; et al. Design and implementation of solar-powered with IoT-enabled portable irrigation system. *Engineering Reports / ScienceDirect*, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667345222000281>. Acesso em: 03 dez. 2025.

CHHABADA, B.; NARAWADE, V.; MANE, V. Solar-Powered Smart Irrigation System with Cloud Integration. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, v. 11, n. 10s, p. 655–659, 16 ago. 2023. Disponível em: <https://www.ijisae.org/index.php/IJISAE/article/view/3320>. Acesso em: 03 dez. 2025.

APÊNDICE A –ESQUEMA BÁSICO

Sensor Umidade → A0 (saída analógica)

Relé IN → Pino 8 (digital)

Relé GND → GND Arduino

Relé VCC → 5V Arduino

Solenóide → Alimentação externa (12V), controlada pelo relé

APÊNDICE B -Código Arduino

```
#include <TM1637.h>

int CLK = 7;
int DIO = 6;
int pot = A2;
int agu = A0;
int rele = 8;

//ATENÇÃO PARA A VARIÁVEL "addValEnd".
//o sensor de irrigação retorna valores de 0 - 110
//O início da irrigação é baseada no "valor do potenciômetro" que está entre 0 e 100
//A irrigação incia-se quando a umidade é menor que o "valor do potenciômetro"
//Após iniciada, a irrigação só irá parar quando o sensor de umidade atingir o (valor
do potenciômetro + addValEnd)
int addValEnd = 10;//RECOMENDADO: valor mínimo 3, valor máximo 10

double acuPot = 0;
double medPot = 0;
double acuSen = 0;
double acuAgu = 0;
double medAgu = 0;
double valPot = 0;
double valAgu = 0;
double valSen = 0;
double valStart = 0;
double valEnd = 0;

bool molhar = false;

int temp = 0;
```

```
TM1637 tm(CLK,DIO);
```

```
void setup() {
```

```
    // put your setup code here, to run once:
```

```
    tm.init();
```

```
    tm.set(6);
```

```
    temp = 0;
```

```
    Serial.begin(9600);
```

```
    pinMode(pot,INPUT);
```

```
    pinMode(agu,INPUT);
```

```
    pinMode(rele,OUTPUT);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
    //VALOR DO POTENCIOMETRO (remove a oscilação das extremidades e tira a
    média de 50 leituras
```

```
    temp++;
```

```
    valPot= trimZeroToCem(analogRead(pot),5);
```

```
    acuPot = acuPot + valPot;
```

```
    //VALOR SENSOR ÁGUAL
```

```
    valAgu = analogRead(agu);
```

```
    acuAgu = acuAgu + valAgu;
```

```
    if (temp == 50)//efetuar 50 leituras do potenciômetro e da umidade para depois
    exibir.
```

```
    {
```

```
        medPot = acuPot/50;
```

```
        medAgu = abs((acuAgu/50/1023*110)-110);//valor de 0 até 110 vinda do sensor
        de umidade.
```

```
displayNumber(medPot);
exibirSerial();//descomentar a linha para exibir no Monitor Serial.

//faixa de irrigação
//valStart recebe o valor exibido no visor e regulado pelo totenciômetro.
valStart = medPot;

//valEnd deve ser maior que o valStart e definirá quando a irrigação deve parar.
if (floor(medPot) == 0)//quando o visor for zero não molhar.
{
    valEnd=0;
}
else
{
    valEnd = medPot+10;//referência para PARAR a irrigação (opções: medPot*1.1)
}

if (medAgu<valStart)
{
    molhar = true;
    digitalWrite(rele,LOW);
}

if (medAgu>valEnd){
    molhar = false;
    digitalWrite(rele,HIGH);
}

//zerar os valores para as próximas 50 leituras.
temp = 0;
medPot = 0;
medAgu = 0;
acuPot = 0;
```

```

    acuAgu = 0;
    delay(500);
}

}

/*
 * Ajustar valor do potenciômetro que variam de 0 - 1023 para valores entre 0 e 100.
 */
double trimZeroToCem(double num, int refZero){
    num =(double)num*120/1023;//num varia entre 0 e 120
    if (num<=refZero){
        num = refZero;
    }
    num = abs(num-refZero);
    if (num>100)
    {
        num = 100;
    }
    return num;
}

void exibirSerial(){
    Serial.print("Visor: ");
    Serial.println(medPot);
    Serial.print("Umidade: ");
    Serial.println(medAgu);
    Serial.print("Molhar: ");
    Serial.println(molhar);

}

void displayNumber(int num){

```



```
tm.point(0);  
tm.display(3, num % 10);  
tm.display(2, num / 10 % 10);  
tm.display(1, num / 100 % 10);  
tm.display(0, num / 1000 % 10);  
}
```