



**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
Bahia

Campus
Valença

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA
CAMPUS VALENÇA
CURSO INTEGRADO TÉCNICO EM INFORMÁTICA

ALAN MENESES DOS SANTOS
DIEGO DE JESUS DOS SANTOS
KATHARINE GOMES SANTIAGO
LARA ASSIS DA COSTA ALVES
RHANA CELLY FERREIRA ZEFERINO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMÁTICO COM
ARDUINO PARA PEQUENAS HORTAS URBANAS.**

Valença - BA

2025

ALAN MENESES DOS SANTOS
DIEGO DE JESUS DOS SANTOS
KATHARINE GOMES SANTIAGO
LARA ASSIS DA COSTA ALVES
RHANA CELLY FERREIRA ZEFERINO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO
AUTOMÁTICO COM ARDUINO PARA PEQUENAS HORTAS
URBANAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso Técnico em
Informática do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), *campus*
Valença, como requisito parcial para conclusão do
curso Técnico.

Orientador(a): Joel Eugênio Cordeiro Junior

Valença - BA

2025

AGRADECIMENTOS

Ao nosso orientador, prof. Joel Cordeiro, pela oportunidade de desenvolver este trabalho e pela orientação, cuja paciência, rigor acadêmico e atenção contínua foram fundamentais para a consolidação deste projeto.

À todos os nossos professores, que contribuíram para nossa formação e para a realização deste projeto; em especial aos professores Giullyano Cordeiro, Greissi Sousa e Rogério Lacerda, que nos auxiliaram diretamente com seu apoio, conhecimento e incentivo ao desenvolvimento deste trabalho.

Ao senhor Anselmo, responsável pela carpintaria do campus, cuja presença solícita e auxílio constante ao longo de todo o curso — e não diferente durante a execução deste trabalho — representaram um suporte indispensável em cada etapa de nossa caminhada acadêmica.

Aos nossos amigos e colegas, tanto no âmbito do campus quanto além de seus limites, cuja presença constante — nas trocas de conhecimento, nos desafios compartilhados e nos momentos de convivência — enriqueceu profundamente nossa jornada acadêmica e pessoal, contribuindo de maneira significativa para que este percurso se tornasse mais leve, inspirador e pleno de aprendizados.

Às nossas famílias, pilares de afeto, força e motivação, agradecemos profundamente por todo o amor, compreensão e constante incentivo, que nos sustentaram e motivaram durante essa caminhada. Reconhecemos que cada conquista aqui registrada é também fruto do apoio incondicional que sempre nos ofereceram.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Valença.

À educação pública, gratuita e de qualidade!

RESUMO

A agricultura familiar é fundamental para a produção de alimentos no Brasil, mas enfrenta desafios na adoção de tecnologias de irrigação devido ao alto custo e à falta de orientação técnica. Os sistemas convencionais de irrigação, como temporizadores e gotejamento, apresentam limitações por não atenderem às necessidades específicas de cada planta e às condições ambientais, o que resulta em práticas manuais de irrigação, desperdício de recursos e baixa eficiência produtiva. Este trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema de irrigação automatizado, e acessível, voltado para agricultores familiares e hortas urbanas. A proposta busca otimizar o uso da água, reduzir o esforço manual e promover a sustentabilidade por meio da aplicação precisa da irrigação. A metodologia envolveu pesquisa bibliográfica e a construção de um protótipo baseado na plataforma Arduino, que utiliza sensores de umidade do solo. Foi desenvolvido um sistema capaz de controlar o acionamento da bomba de água a partir da leitura da umidade do solo, garantindo eficiência no uso da água e contribuindo para a modernização da agricultura de pequeno porte.

Palavras-chave: Agricultura familiar, Hortas urbanas, Irrigação automatizada, Sustentabilidade hídrica.

ABSTRACT

Family farming plays a crucial role in food production in Brazil but faces challenges in adopting irrigation technologies due to high costs and a lack of technical guidance. Conventional systems, such as timer-based and drip irrigation, have limitations because they fail to consider the specific needs of each plant or varying environmental conditions. This often leads to manual irrigation practices, resulting in water waste and low production efficiency. This study aims to develop an affordable, automated irrigation system tailored for family farms and urban gardens. The proposal seeks to optimize water use, reduce manual labor, and promote sustainability through precise irrigation. The methodology involved a literature review and the development of a prototype based on the Arduino platform, employing sensors for soil moisture, temperature, and air humidity. The system intelligently controls the activation of the water pump, ensuring efficient water use and contributing to the modernization of small-scale agriculture.

Keywords: Family farming, Urban gardens, Automated irrigation, Water sustainability.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 OBJETIVOS.....	9
2.1 Objetivos Específicos.....	9
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
3.1 Hortas Urbanas.....	10
3.2 Sistemas de Irrigação Modernos.....	10
3.3 Automação em Sistemas de Irrigação para Agricultura Familiar.....	11
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	13
4.1 Materiais.....	13
4.2 Método.....	19
4.2.1 Programação do dispositivo Arduino.....	22
4.2.2 Criação do protótipo.....	24
4.2.2.1 Testes do protótipo.....	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	29
REFERÊNCIAS.....	31
APÊNDICE.....	34

1 INTRODUÇÃO.

A agricultura familiar constitui uma base econômica fundamental no Brasil, desempenhando um papel vital na geração de renda, segurança alimentar, preservação ambiental e abastecimento do mercado interno, sendo responsável por aproximadamente 77% dos alimentos consumidos no país e considerada a 8ª maior produtora de alimentos do mundo (AGÊNCIA BRASIL, 2023; MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2024). Além disso, este setor contribui para a sustentabilidade ao adotar práticas que preservam os recursos naturais e a biodiversidade (EMBRAPA, 2016).

Sobre a importância da agricultura familiar, podemos afirmar que:

Se todos os agricultores familiares do Brasil formassem um país, seria o oitavo maior produtor de alimentos do mundo. O dado está no Anuário Estatístico da Agricultura Familiar 2023, divulgado pela Confederação Nacional dos Trabalhadores Rurais Agricultores e Agricultoras Familiares (Contag), em parceria com o Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (Dieese). (AGÊNCIA BRASIL, 2023, s.p.)

Contudo, a agricultura familiar enfrenta desafios significativos, como a relutância ou dificuldade na adoção de tecnologias modernas e insumos mecânicos nos processos de produção, incluindo a irrigação. Essa limitação decorre frequentemente do alto custo dos sistemas convencionais, da falta de acesso ao crédito, conhecimento técnico insuficiente e orientação inadequada, o que compromete a produtividade e a competitividade dos pequenos produtores (CFN, 2023; IPEA, 2024).

Essa abordagem torna a configuração do sistema desafiadora, uma vez que não leva em consideração as necessidades específicas de cada planta, como a quantidade de água necessária, o tipo de solo e a temperatura ideal para o seu desenvolvimento. Cada espécie vegetal possui exigências únicas, o que implica que, para garantir uma irrigação eficiente e sustentável, é preciso considerar uma série de variáveis que não são facilmente atendidas pelos sistemas tradicionais.

Dessa forma, o ajuste preciso de um sistema de irrigação se torna um desafio, pois ele precisa ser capaz de adaptar-se não apenas ao tipo de planta, mas também às condições ambientais, o que é frequentemente negligenciado em modelos convencionais de irrigação (CFN, 2023; IPEA, 2024). Como consequência, a irrigação manual ainda é uma prática comum, resultando em má distribuição e monitoramento da água, causando desperdício de água e energia, e déficits na produção.

A dificuldade em determinar precisamente quando e quanto irrigar, bem como mensurar variáveis importantes como umidade do solo e do ar, agrava esses problemas. Paralelamente, o setor agrícola, em geral, lida com a crescente demanda por água, impondo a necessidade urgente de buscar métodos eficientes no uso racional da água para evitar desperdícios, um recurso cada vez mais pressionado.

Diante desse panorama, esse trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado e acessível ao agricultor familiar, que facilite e incentive a criação de hortas urbanas. A escolha por um sistema automatizado justifica-se pela necessidade de melhorar a eficiência e a precisão da irrigação, controlando adequadamente a aplicação de água.

Este sistema visa não apenas reduzir as falhas humanas na gestão da água, mas também diminuir o esforço manual despendido pelo agricultor, contribuindo para a sustentabilidade ao conter o desperdício de água e energia. Além disso, a implementação de tecnologias mais simples e eficazes para a irrigação pode proporcionar uma solução viável para os pequenos produtores, especialmente nas áreas urbanas, onde o acesso a recursos e o espaço para cultivo são limitados.

O uso de sensores e sistemas de controle automatizados permite monitorar as necessidades das plantas em tempo real, ajustando a irrigação de acordo com as condições climáticas e o nível de umidade do solo, garantindo um uso mais eficiente da água e reduzindo custos operacionais.

2 OBJETIVOS.

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um sistema de irrigação automatizado, com base na plataforma Arduino, voltado para pequenas hortas urbanas, com o propósito de maximizar a eficiência no uso da água, por meio do monitoramento contínuo e em tempo real das condições do solo e das variáveis ambientais. O sistema visa promover práticas agrícolas mais racionais e ambientalmente corretas, reduzindo o desperdício de recursos hídricos e contribuindo diretamente para a sustentabilidade urbana. Pretende-se facilitar o manejo para agricultores familiares e adeptos da agricultura urbana, por meio da adoção de tecnologias de automação acessíveis, inovadoras e escaláveis, de modo a democratizar o acesso ao desenvolvimento tecnológico no campo e na cidade.

2.1 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são pesquisar tecnologias acessíveis para automação de irrigação, assegurando que o produto possa ser adotado por agricultores familiares e cumpra o propósito de democratizar o acesso; montar e programar o protótipo utilizando sensores e atuadores, garantindo que o sistema de controle de irrigação seja automatizado e racional, capaz de tomar decisões baseadas em dados para maximizar a eficiência no uso da água; e, por fim, testar o sistema em diferentes condições de umidade do solo, com o propósito de validar a eficácia do sistema automatizado na redução do desperdício de recursos hídricos e na promoção de práticas agrícolas mais sustentáveis.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.

3.1 Hortas Urbanas.

As hortas urbanas configuram-se como espaços destinados ao cultivo de hortaliças, legumes, frutas e plantas medicinais dentro do perímetro das cidades, podendo ser implementadas em terrenos baldios, praças, quintais, varandas e até mesmo em telhados de edifícios. Essas iniciativas desempenham papel fundamental para o desenvolvimento sustentável dos ambientes urbanos, ao promover benefícios sociais, econômicos e ambientais, tais como ampliação da segurança alimentar, geração de renda, valorização de áreas subutilizadas (AGÊNCIA BRASIL, 2023) e fortalecimento da convivência comunitária.

Além de proporcionarem acesso direto a alimentos frescos e saudáveis, as hortas urbanas contribuem significativamente para a mitigação das emissões de carbono, redução das ilhas de calor, aumento da biodiversidade local e reaproveitamento de resíduos orgânicos por meio da compostagem. Tais espaços também representam uma estratégia eficaz de aproximação da população aos processos produtivos, incentivando práticas educativas, consciência ecológica e promoção da saúde e do bem-estar.

3.2 Sistemas de Irrigação Modernos.

A crescente necessidade de otimização do uso da água, especialmente diante do cenário de escassez hídrica e do aumento da demanda global por alimentos, impulsionou o desenvolvimento de sistemas modernos de irrigação cada vez mais eficientes e inteligentes. Esses sistemas utilizam tecnologias como sensores automáticos de umidade, válvulas eletrônicas, microprocessadores, automação e dispositivos integrados à Internet das Coisas (IoT), permitindo o monitoramento em tempo real das condições ambientais e a aplicação precisa de água conforme as particularidades de cada (WANYAMA et al., 2023).

Os métodos mais avançados incluem irrigação por gotejamento controlado, aspersão inteligente e sistemas automatizados baseados em dados ambientais. Tais tecnologias possibilitam economia de recursos naturais e adaptação às variações climáticas, ao mesmo tempo em que atendem às necessidades fisiológicas das plantas. Nesse contexto, plataformas como o Arduino tornam a automação da irrigação acessível e ajustável a diferentes escalas produtivas, oferecendo controle preciso, maior sustentabilidade e racionalização no uso da água.

3.3 Automação em Sistemas de Irrigação para Agricultura Familiar.

A agricultura familiar, responsável por aproximadamente 70% da produção de alimentos no Brasil, enfrenta limitações estruturais, econômicas e tecnológicas para implementar sistemas modernos de irrigação (BARBOSA, 2013). Os métodos tradicionais — como irrigação manual, temporizadores fixos e gotejamento simples — não consideram variáveis essenciais, como umidade do solo, variações climáticas e estágio de desenvolvimento das plantas, resultando em aplicação inadequada da água (ZAZUETA et al., 1994). De acordo com Guimarães (2011), a irrigação manual tende a gerar distribuição desigual da água, maior consumo energético e redução da produtividade, comprometendo a sustentabilidade da produção agrícola.

Com base nisso, pode-se dizer que:

Sistemas automáticos de controle de irrigação se tornaram ferramentas essenciais para a aplicação de água na quantidade necessária e no devido tempo, contribuindo para a manutenção da produção agrícola e, também, para a utilização eficiente dos recursos hídricos.(Barbosa, 2013, p.41).

Diante desses desafios, a adoção de sistemas automatizados surge como alternativa viável e eficiente. O Arduino Uno destaca-se como um dos microcontroladores mais utilizados nesse contexto por apresentar baixo custo, flexibilidade, natureza open source e ampla disponibilidade de componentes (SOUZA, 2013; SIGMA SENSORS, 2025; MAKERHERO, 2025). O equipamento atua como unidade central de processamento, coletando dados em tempo real por meio de sensores de umidade, temperatura e luminosidade, interpretando-os e acionando automaticamente atuadores, como válvulas solenoides e bombas, conforme parâmetros pré definidos na programação.

A construção de protótipos requer ainda o uso de componentes complementares, como protoboards, resistores, displays LCD para visualização de informações e drivers como a ponte H L298N, utilizada para o acionamento preciso de motores e bombas (SMARTPROJECTSBRASIL, 2025; VICTORVISION, 2025). Durante o desenvolvimento, realizam-se processos de calibração dos sensores, monitoramento contínuo das variáveis hídricas e análises de desempenho, possibilitando ajustes que assegurem maior eficiência e confiabilidade do sistema (BARBOSA, 2013; ZAZUETA et al., 1994).

Autores da área também destacam que sistemas automatizados de irrigação podem operar em modo manual ou automático e permitem monitoramento remoto por interfaces

gráficas ou aplicativos móveis, oferecendo maior autonomia ao agricultor e precisão no gerenciamento dos recursos hídricos (SOUZA, 2013).

Assim, o uso de tecnologias de automação, especialmente a plataforma Arduino, configura-se como solução eficiente e sustentável tanto para a agricultura familiar quanto para hortas urbanas. A implementação desses sistemas contribui para a economia de água, redução de custos operacionais, aumento da produtividade e possibilidade de replicação em diferentes realidades socioeconômicas (BARBOSA, 2013; ZAZUETA et al., 1994).

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.

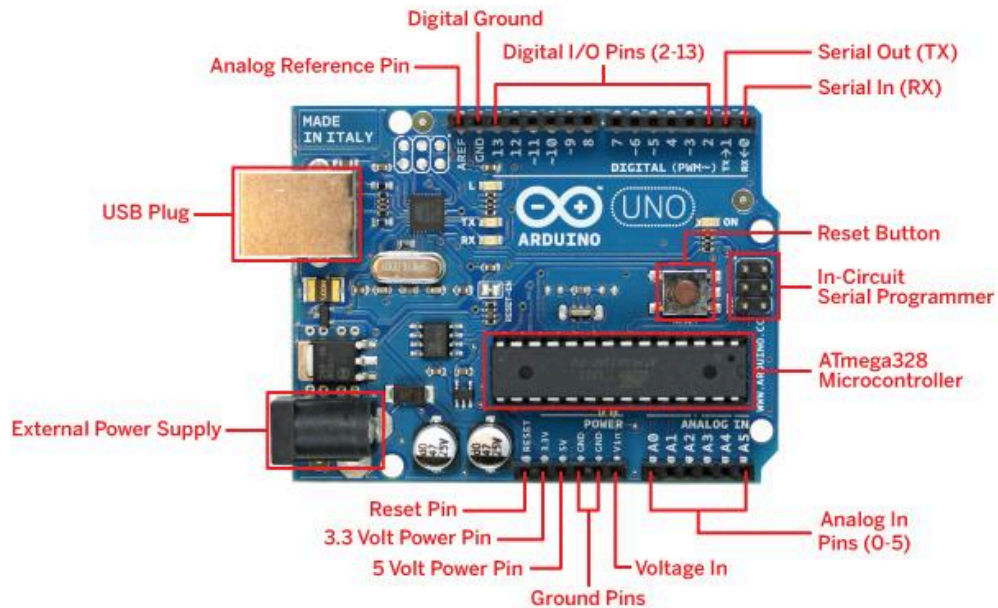
4.1 Materiais.

Com base nas informações obtidas na fundamentação teórica e em manuais técnicos, foram escolhidos os elementos necessários para o protótipo: microcontrolador Arduino Uno, sensor de umidade do solo, mini bomba d'água, display LCD, potenciômetro, *protoboard*, LEDs difusos, resistores, *jumpers* e módulos de acionamento. Os critérios de seleção consideraram a disponibilidade no mercado, o custo acessível e a compatibilidade com a programação em linguagem Arduino.

Além disso, foram utilizados recipientes com solo agrícola, fonte de alimentação 9V, cabos USB para gravação de código, computador com softwares de simulação (Tinkercad e Fritzing) e IDE Arduino para programação e testes.

O Arduino UNO (modelo R3 SMD) é uma placa de prototipagem eletrônica frequentemente utilizada em projetos de automação e sistemas embarcados, que é apresentado na Figura 1. Baseado no microcontrolador ATmega328P, o Arduino UNO oferece 14 pinos digitais de entrada e saída, seis entradas analógicas, comunicação serial via USB e alimentação flexível, o que o torna uma plataforma acessível e versátil para desenvolvimento de projetos eletrônicos (SOUZA, 2013).

Figura 1: Arquitetura do Arduino UNO.

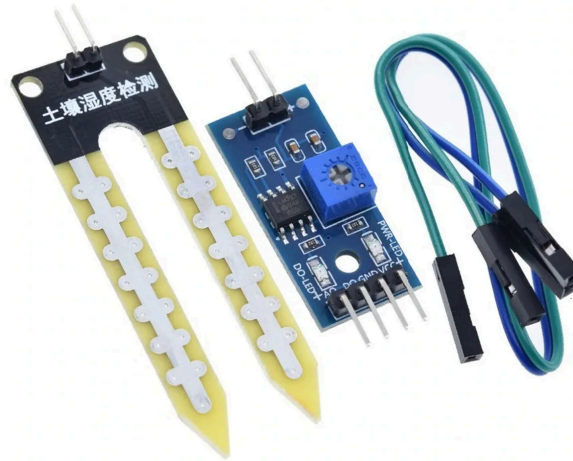


Fonte: Tech sul eletrônicos (2021).

Sensores de umidade do solo são dispositivos essenciais para o monitoramento das condições hídricas em sistemas agrícolas e de jardinagem automatizada, que é apresentado na Figura 2. Esses sensores geralmente operam por meio de princípios resistivos ou capacitivos, detectando a quantidade de água presente no solo e convertendo essa informação em sinais elétricos que podem ser interpretados por microcontroladores, como o Arduino (SIGMA SENSORS, 2025; MAKERHERO, 2025). A utilização desses sensores permite a automação da irrigação, promovendo economia de água e melhor desenvolvimento das plantas.

Além disso, o comparador de tensão LM393 atua como um conversor de sinal analógico para digital, detectando campos magnéticos e possibilitando a leitura precisa de variáveis físicas em sistemas embarcados, que é apresentado na Figura 2. Sua integração com o Arduino amplia as possibilidades de monitoramento e controle em projetos diversos (SMARTPROJECTSBRASIL, 2025).

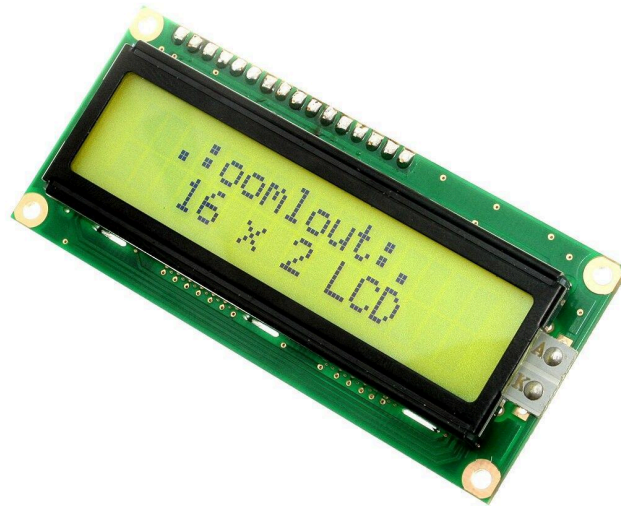
Figura 2: Sensor de umidade do solo e comparador LM393.



Fonte: Casa da Robótica(2022).

Para a interface com o usuário, o display LCD 16x2 é um componente comum em projetos com Arduino, possibilitando a exibição de informações em duas linhas com 16 caracteres cada, que é apresentado na Figura 3. Esse tipo de visor facilita a visualização de dados como níveis de umidade, situação de bombas e mensagens de alerta, contribuindo para a interação eficiente entre o sistema e o usuário (VICTORVISION, 2025). A comunicação entre o Arduino e o display pode ser realizada via interface paralela ou I2C, dependendo do modelo utilizado.

Figura 3: Display Lcd 16x2



Fonte: AutoCore Robótica (2021).

A prototipagem dos circuitos eletrônicos é facilitada pelo uso da *protoboard*, uma placa de ensaio que permite a montagem temporária de componentes sem a necessidade de soldagem, que é apresentado na Figura 4. O modelo 830 é amplamente utilizado devido à sua área adequada para conectar sensores, microcontroladores e módulos diversos, possibilitando testes e ajustes rápidos durante o desenvolvimento do projeto (VICTORVISION, 2025).

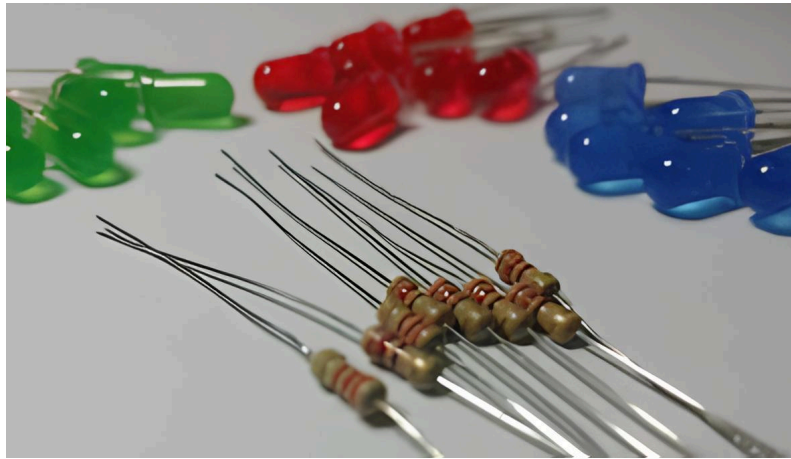
Figura 4: Protoboard modelo 400.



Fonte: Eletrogate (2021).

O LED verde difuso de 5mm é um componente eletrônico emissor de luz visível, muito utilizado em circuitos para indicar o funcionamento ou estado de um sistema, que é apresentado na Figura 5. O LED é um dispositivo eletrônico de tipo bipolar, que contém dois terminais: o ânodo e o cátodo. Conforme sua polaridade, ele pode permitir ou bloquear a passagem da corrente elétrica através de seu LED. O resistor de 470Ω (ohms) é usado em série com o LED para limitar a corrente elétrica que passa pelo LED, evitando que ele queime devido a correntes excessivas. (TECNOTRONICS, 2025).

Figura 5: Led e resistor de 470 ohms.



Fonte: Blogger (2021).

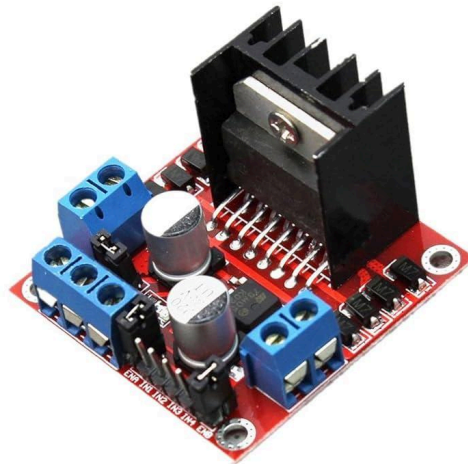
A alimentação dos sistemas embarcados pode ser realizada por meio de baterias recarregáveis do tipo 18650, que apresenta alta carga energética e durabilidade, sendo adequada para projetos portáteis que demandam autonomia prolongada (SECONDLIFESTORAGE, 2025). A escolha da bateria correta é importante para garantir o funcionamento estável do sistema.

Para realizar conexões rápidas e seguras entre os componentes, utilizam-se *jumper*s, fios condutores com conectores macho ou fêmea nas extremidades. Esses cabos são essenciais para a montagem em *protoboards*, oferecendo flexibilidade e praticidade na prototipagem (MAKERHERO, 2025).

O controle de motores DC em projetos com Arduino é comumente realizado por meio do driver de motor ponte H L298N, que permite a variação da velocidade e direção do motor por meio de sinais digitais, que é apresentado na Figura 6. A ponte H integrada no módulo

possibilita a inversão da polaridade da tensão aplicada ao motor, sendo fundamental para aplicações que requerem movimentação controlada, como sistemas de irrigação automatizados (MAKERHERO, 2025).

Figura 6: Driver de motor ponte H L298N.



Fonte: Amazon (2018).

A mini bomba d'água é um atuador utilizado para movimentar líquidos em sistemas automatizados, sendo acionada conforme a necessidade detectada pelo sensor de umidade do solo, que é apresentado na Figura 7. A bomba utilizada neste projeto foi reaproveitada de uma bomba para garrafão de água, retirando-a de lixo eletrônico, o que agrega valor ao trabalho ao promover a reutilização de componentes e a redução do descarte inadequado de resíduos eletrônicos, alinhando-se às práticas de sustentabilidade. O controle da bomba por meio do Arduino e do driver de motor permite a irrigação eficiente, evitando desperdício de água e promovendo a sustentabilidade do sistema.

Figura 07: Frente da mini bomba d'água.



Fonte: Usinainfo (2021).

Por fim, projetos que utilizam Arduino para monitoramento de plantas demonstram a aplicabilidade prática dessa plataforma em sistemas automatizados de irrigação. A combinação de sensores de umidade do solo, atuadores como bombas d'água e displays LCD possibilita o desenvolvimento de soluções eficientes que promovem economia de água e melhor cuidado com as plantas (MAKERHERO, 2025).

4.2 Método.

Como instrumentos de pesquisa teórica, foram empregados a análise documental (para levantamento teórico e técnico), a observação direta dos testes em campo e o registro manual dos parâmetros coletados durante os ensaios. A pesquisa contemplou informações sobre frequência de irrigação, variações na umidade do solo e consumo de água.

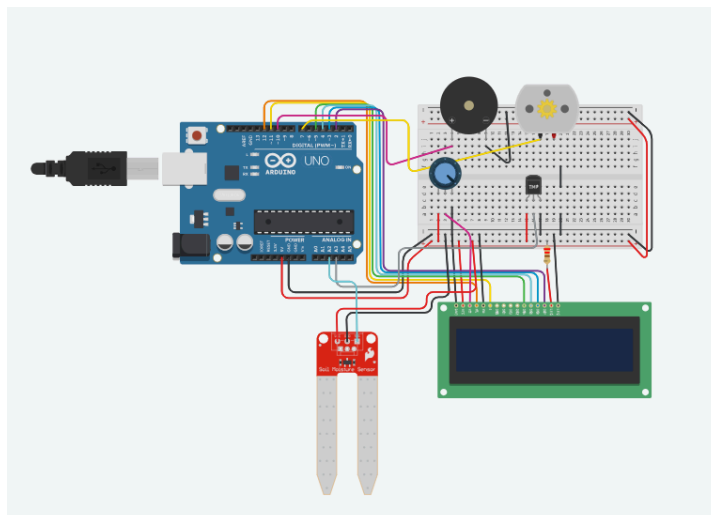
O método de análise combinou uma abordagem laboratorial e quantitativa. Cada dado analisado corresponde diretamente às medições registradas pelo sensor de umidade, permitindo avaliar a eficiência do sistema, sua estabilidade operacional e sua adequação às condições reais de uso.

A programação do Arduino é realizada por meio da Arduino IDE, um ambiente de desenvolvimento integrado que oferece uma interface simples para escrita, compilação e upload de códigos. A IDE disponibiliza bibliotecas específicas para sensores, atuadores e comunicação serial, facilitando o desenvolvimento de sistemas (VICTORVISION, 2025).

Ferramentas de prototipagem e simulação, como o Fritzing e o Tinkercad, são amplamente utilizadas para o design e teste de circuitos eletrônicos. O Fritzing permite a criação de esquemas e layouts de placas, enquanto o Tinkercad oferece uma plataforma online para simulação de circuitos e programação Arduino, sendo recursos valiosos para o aprendizado e desenvolvimento de projetos (FRITZING, 2025; TINKERCAD, 2025).

O circuito foi projetado e testado em ambientes de simulação. No Tinkercad, foi possível validar a comunicação entre o sensor de umidade e o display LCD, além de ajustar a lógica de programação preliminar, que é apresentada na Figura 8.

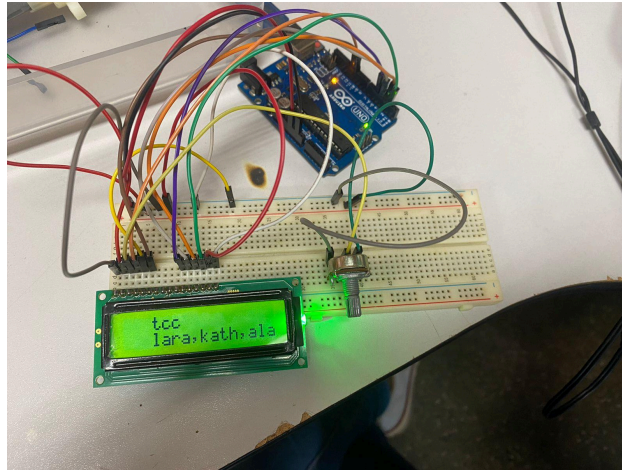
Figura 8: Projeto simulado na plataforma Tinkercad.



Fonte: Organizado pelos autores (2025).

Foi escrito um programa em linguagem C++, utilizando a IDE Arduino, com instruções que permitiram a leitura dos dados do sensor de umidade do solo e a exibição em tempo real no display LCD, que é apresentada na Figura 09. O código incluiu estruturas condicionais para acionar a irrigação automaticamente quando o nível de umidade estivesse abaixo do limite definido de trinta por cento (30%), além de calibrações para aumentar a precisão das leituras.

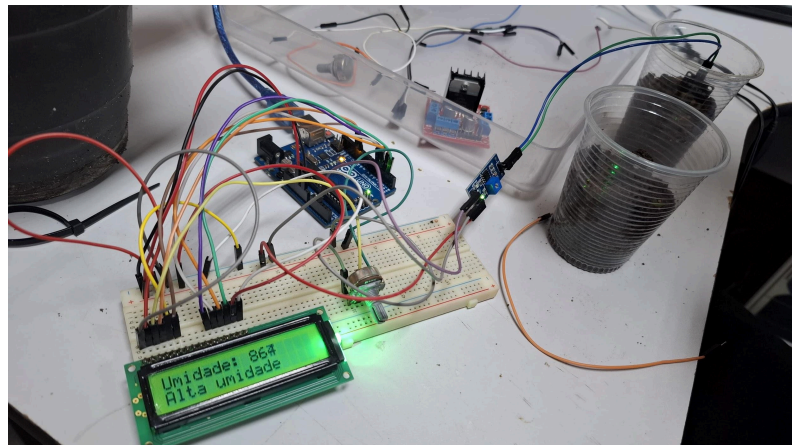
Figura 9: Visor interligado.



Fonte: Organizado pelos autores (2025).

Com base nas simulações e no código desenvolvido, o protótipo foi montado em uma *protoboard*, apresentado na Figura 10. Foram realizados testes em recipientes com solo úmido e seco, de forma a verificar a resposta do sensor e a correspondência entre os valores medidos e a realidade observada. Nessa etapa, foi possível identificar ajustes necessários, como a estabilização da leitura do sensor e a correção de ruídos no sinal.

Figura 10: Projeto interligado e alimentado



Fonte: Organizado pelos autores (2025).

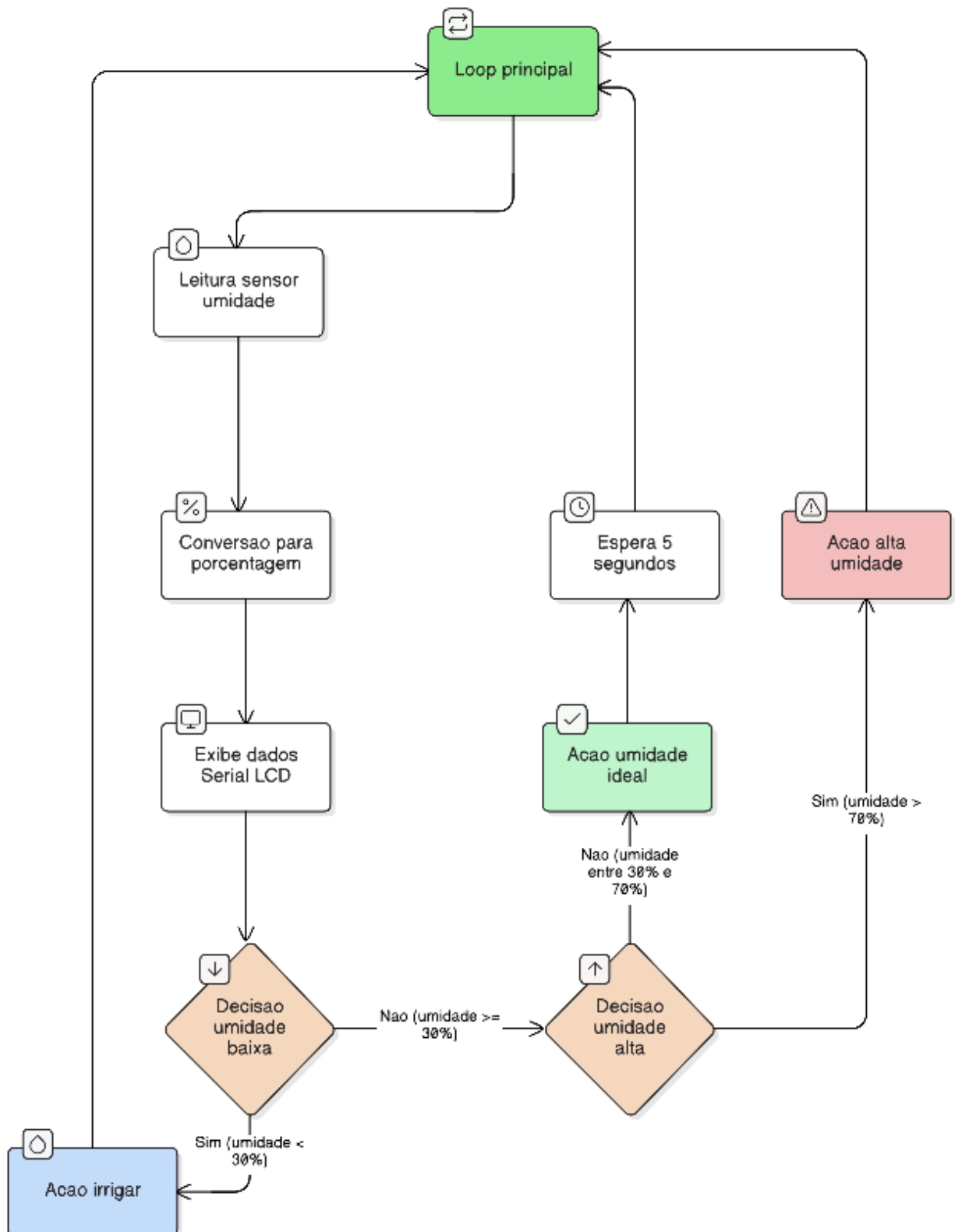
Em sequência, foi monitorado o comportamento do sensor ao longo de diferentes condições de umidade, a eficiência do uso da água durante o processo de irrigação e a confiabilidade do sistema em funcionamento contínuo.

4.2.1 Programação do dispositivo Arduino.

Para a programação do Arduino Uno foi utilizado o código da linguagem C++. Após testes de calibração foram estabelecidos o nível mínimo de trinta por cento (30%) e o nível máximo de cem por cento (100%) de umidade presente no solo para o acionamento e desligamento da bomba d'água. Para o tempo de leitura do sensor de umidade ficou estabelecido um loop de 5 segundos.

A codificação em C++ no Arduino foi simples e clara de ser executada, sendo possível encontrar em plataformas diversos exemplos de adaptações para atividades cotidianas, apresentado na Figura 11. Neste caso, com sistemas de irrigação, facilitou o desenvolvimento do projeto.

Figura 11: Fluxograma do código desenvolvido para a identificação da temperatura e ativação da bomba.

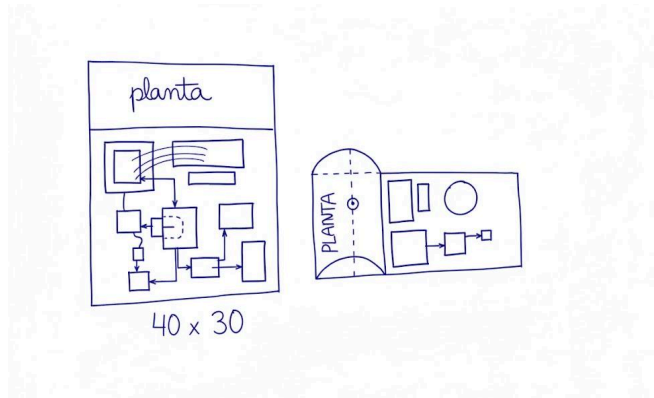


Fonte: Organizado pelos autores (2025).

4.2.2 Criação do protótipo.

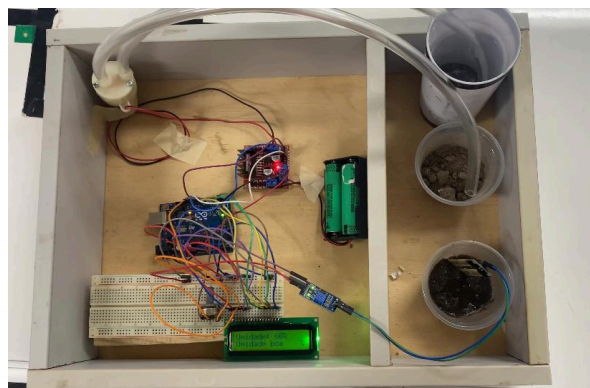
Devido o uso de equipamentos eletrônicos foi decidido usar algo para protegê-los da umidade. Uma estratégia foi utilizar uma caixa de madeira , que é apresentada na Figura 12, medindo 40 cm x 30 cm.

Figura 12: Idealização do protótipo.



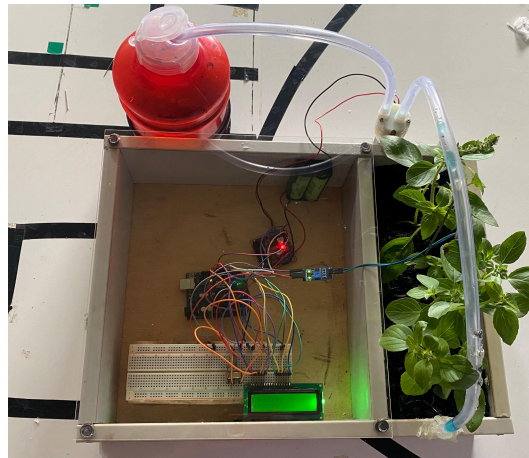
Fonte: Organizado pelos autores (2025).

Figura 13: protótipo.



Fonte: Organizado pelos autores (2025).

Figura 14: Modelo final.



Fonte: organizado pelos autores (2025).

4.2.2.1 Testes do protótipo.

Os testes do protótipo foram realizados para verificar a resposta do sistema em diferentes condições de umidade do solo. O primeiro teste ocorreu com o solo completamente seco, no qual o sensor registrou valores baixos de umidade e a bomba foi acionada automaticamente, permanecendo ligada até o solo atingir o nível mínimo definido no código. O LED piscou corretamente, indicando o funcionamento da irrigação.

Em seguida, o sistema foi testado em solo moderadamente úmido. Nessa condição, as leituras permaneceram acima do limite de acionamento, e a bomba não foi ativada, demonstrando que a lógica ajustada evitou acionamentos desnecessários e manteve o LED apagado durante todo o processo.

O teste em solo saturado confirmou que, mesmo com o solo encharcado, o sistema permaneceu estável e não apresentou interferências causadas pelo contato direto com a água. As leituras se mantiveram elevadas e a bomba permaneceu desligada, validando o funcionamento adequado do protótipo.

Por fim, um teste de operação contínua foi realizado para avaliar a estabilidade ao longo do tempo. Durante cerca de três horas, o solo teve sua umidade alterada manualmente, e o sistema respondeu corretamente em todas as situações, acionando apenas quando necessário. A autonomia das baterias foi suficiente, e o LED indicou corretamente cada ciclo de irrigação.

De forma geral, os testes demonstraram que o protótipo funciona de maneira confiável, identificando adequadamente as diferentes condições de umidade e acionando a irrigação somente quando necessário.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.

No desenvolvimento deste trabalho, cada objetivo específico foi analisado considerando os desafios enfrentados e as soluções adotadas para superá-los. O primeiro objetivo consistiu em pesquisar tecnologias acessíveis para automação de irrigação. Durante essa etapa, o principal problema identificado foi a instabilidade dos sensores resistivos de umidade, que apresentavam variações bruscas de leitura ao entrarem em contato direto com a água. Essa característica poderia comprometer a confiabilidade do sistema. A solução encontrada foi selecionar componentes de baixo custo, mas com boa adaptação ao protótipo, reconhecendo suas limitações e planejando ajustes futuros na programação. Assim, o objetivo foi alcançado, pois foi possível selecionar tecnologias viáveis que permitiram o avanço para as etapas seguintes.

O segundo objetivo consistiu em montar e programar o protótipo utilizando sensores e atuadores. Durante a montagem e a implementação do código, o problema predominante foi o acionamento indevido da bomba d'água, causado pelas leituras instáveis do sensor. A solução aplicada foi modificar a lógica de funcionamento do sistema, ampliando o intervalo do loop de leitura de 1 segundo para 5 segundos. Essa alteração impediu que a irrigação fosse interrompida imediatamente após o sensor ser molhado, garantindo maior eficiência no processo. Outro problema observado foi a limitação energética das baterias, que impossibilitou o uso de duas sinalizações luminosas conforme planejado. A solução adotada foi manter apenas um LED, programado para piscar enquanto a irrigação estivesse em andamento. Com esses ajustes, o protótipo foi concluído com sucesso, atendendo ao objetivo proposto.

No terceiro objetivo, que tratou dos testes do sistema em diferentes condições de umidade do solo, o problema inicial esteve relacionado à verificação da estabilidade do sensor em situações variadas — solo seco, moderadamente úmido e saturado. Após as correções feitas na programação, a solução se mostrou eficaz: o sistema passou a identificar corretamente cada faixa de umidade, acionando a irrigação apenas quando necessário. Nos testes, o protótipo respondeu adequadamente às mudanças de umidade, funcionando de forma consistente e sem acionamentos indevidos. O LED indicador também cumpriu sua função de monitoramento visual, mesmo com a limitação energética já mencionada. Dessa forma, o objetivo foi plenamente atingido, demonstrando a capacidade do sistema de operar de forma automática e confiável.

De modo geral, a relação entre os objetivos, os problemas encontrados e as soluções implementadas evidencia que o desenvolvimento do protótipo exigiu adaptações ao longo do processo, mas essas adaptações fortaleceram o desempenho final da proposta. Os resultados obtidos confirmam a viabilidade do uso de tecnologias acessíveis para automação de irrigação e mostram que, mesmo com limitações, soluções simples podem ser eficazes quando acompanhadas de ajustes adequados no código e na estrutura do sistema.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.

O presente trabalho apresentou o desenvolvimento e a implementação de um sistema automatizado de irrigação utilizando a plataforma Arduino, com o objetivo de otimizar o uso de água em pequenas hortas urbanas. A proposta envolveu a integração de sensores de umidade de solo, um módulo de acionamento e uma mini bomba d'água, controlados por meio de programação em linguagem C++ na IDE Arduino. A solução desenvolvida demonstrou-se funcional e eficiente na automação do processo de irrigação, permitindo o acionamento da bomba apenas quando o nível de umidade do solo estava abaixo do limite estabelecido. O uso do display LCD possibilitou o monitoramento em tempo real das leituras dos sensores, enquanto os testes em *protoboard* e ambiente simulado comprovaram a estabilidade e confiabilidade do sistema.

O projeto também evidenciou a importância das ferramentas de prototipagem e simulação, como o Tinkercad e o Fritzing, para a redução de erros durante a montagem. Além disso, a descrição detalhada do percurso metodológico permite a replicação da pesquisa por outros pesquisadores em contextos semelhantes, além de contribuir para o aprimoramento contínuo de sistemas de irrigação automatizados voltados à agricultura familiar e às hortas urbanas. consumo de energia e dos impactos ambientais, ao mesmo tempo em que mantém a irrigação precisa e eficiente (Wanyama et al., 2023; Abdelhamid et al., 2025; IJERT, 2020).

Outra melhoria relevante seria a implementação de um banco de dados contendo informações sobre a umidade ideal do solo para diferentes plantas e vegetais. Esse banco de dados permitiria que o sistema ajustasse automaticamente os parâmetros de irrigação conforme as características específicas de cada espécie cultivada, promovendo maior eficiência no uso da água e contribuindo para o desenvolvimento saudável das plantas.

Outra linha para estudos futuros é a customização do sistema para diferentes culturas, ampliando as capacidades do protótipo para responder às necessidades específicas de irrigação, considerando variações de solo, clima e estágio de desenvolvimento vegetal.

Por fim, sugerem-se testes em ambientes reais urbanos e rurais, com acompanhamento a longo prazo da eficiência do sistema, economia de água e impacto ambiental, para validar e aprimorar o protótipo em condições variadas.

Este trabalho abre diversas possibilidades para continuidade e aprimoramento, tanto para os autores quanto para outros estudantes que desejem dar seguimento ou ampliar o sistema desenvolvido. Um caminho promissor é a inclusão de uma mini placa solar integrada

ao sistema automatizado de irrigação. Essa adição permitiria que o sistema funcionasse de maneira autônoma e sustentável, utilizando energia renovável para alimentar os sensores, atuadores e a bomba d'água, reduzindo a dependência da rede elétrica e os custos operacionais.

A utilização de energia solar em sistemas de irrigação automatizados tem se mostrado eficiente para aumentar a sustentabilidade e a autonomia do sistema, além de possibilitar seu uso em regiões remotas e sem acesso à energia elétrica convencional. Estudos recentes indicam que sistemas de irrigação alimentados por energia solar contribuem para a redução significativa do consumo de energia e dos impactos ambientais, ao mesmo tempo em que mantêm a irrigação precisa e eficiente (Wanyama et al., 2023; Abdelhamid et al., 2025; IJERT, 2020).

Outra melhoria relevante seria a implementação de um banco de dados contendo informações sobre a umidade ideal do solo para diferentes plantas e vegetais. Esse banco de dados permitiria que o sistema ajustasse automaticamente os parâmetros de irrigação conforme as características específicas de cada espécie cultivada, promovendo maior eficiência no uso da água e contribuindo para o desenvolvimento saudável das plantas.

Outra linha para estudos futuros é a customização do sistema para diferentes culturas, ampliando as capacidades do protótipo para responder às necessidades específicas de irrigação, considerando variações de solo, clima e estágio de desenvolvimento vegetal.

Por fim, sugerem-se testes em ambientes reais urbanos e rurais, com acompanhamento a longo prazo da eficiência do sistema, economia de água e impacto ambiental, para validar e aprimorar o protótipo em condições variadas.

REFERÊNCIAS.

ABDELHAMID, Ahmed et al. Maximização da energia por meio de irrigação inteligente alimentada por energia solar: Uma avaliação experimental. *Journal of Cleaner Production*, [S.l.], v. 345, 2025.

AGÊNCIA BRASIL. Agricultura familiar é 8ª maior produtora de alimentos do mundo. Agência Brasil, 6 jul. 2023. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2023-07/agricultura-familiar-e-8a-maior-produtora-de-alimentos-do-mundo>. Acesso em: 14 nov. 2025.

ARDUINO UNO (R3 SMD). Embarcados, [s.d.]. Disponível em: <https://embarcados.com.br/arduino-uno/>. Acesso em: 10 jul. 2025.

BARBOSA, J. W. Sistema de Irrigação Automatizado utilizando a plataforma Arduino. Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA – Assis, 2013. 57 p.

CFN - Conselho Federal de Nutrição. Agricultura Familiar Brasileira: desafios contemporâneos. 2023. Disponível em: <https://www.cfn.org.br/agricultura-familiar-desafios/>. Acesso em: 14 nov. 2025.

DISPLAY LCD 16X2. Victor Vision, [s.d.]. Disponível em: <https://victorvision.com.br/blog/display-lcd-16x2/>. Acesso em: 13 jul. 2025.

EMBRAPA. Multifuncionalidade da agricultura familiar: importância na produção e preservação ambiental. Portal Embrapa, 31 dez. 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/39957943/multifuncionalidade-da-agricultura-familiar>. Acesso em: 14 nov. 2025.

FRITZING. Fritzing, [s.d.]. Disponível em: <https://fritzing.org/>. Acesso em: 13 jul. 2025.

GUIMARÃES, R. S. Irrigação Manual. In: *Manual de Agricultura Familiar*. EMBRAPA, 2011.

INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING RESEARCH & TECHNOLOGY (IJERT). Sistema de irrigação inteligente usando Arduino com energia solar. IJERT, 2020.

Disponível em: <https://www.ijert.org/smart-irrigation-system-using-arduino-with-solar-power>. Acesso em: 14 nov. 2025.

IPEA - Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas. Desafios da agricultura familiar no Brasil. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/agricultura-familiar/>. Acesso em: 14 nov. 2025.

JUMPERS MACHO/FÊMEA. MakerHero, [s.d.]. Disponível em: <https://www.makerhero.com/categoria/prototipagem/jumpers/>. Acesso em: 17 jul. 2025.

LED VERDE DIFUSO 5MM. Tecnotronics, [s.d.]. Disponível em: <https://www.tecnotronics.com.br/led-verde-difuso.html>. Acesso em: 17 ago. 2025.

MAKERHERO. Sensor de umidade do solo higrômetro. 2025. Disponível em: <https://www.makerhero.com/produto/sensor-de-umidade-do-solo-higrometro/>. Acesso em: 10 jul. 2025.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. O Brasil que alimenta: uma celebração à agricultura familiar. Brasília, 16 out. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2024/10/o-brasil-que-alimenta-uma-celebracao-a-agricultura-familiar>. Acesso em: 14 nov. 2025.

MONITORE SUA PLANTA USANDO ARDUINO. MakerHero, [s.d.]. Disponível em: <https://www.makerhero.com/blog/monitore-sua-planta-usando-arduino/>. Acesso em: 01 ago. 2025.

MÓDULO SENSOR DE EFEITO HALL LM393. Smart Projects Brasil, [s.d.]. Disponível em: <https://www.smartprojectsbrasil.com.br/modulo-sensor-de-efeito-hall-lm393>. Acesso em: 31 jul. 2025.

MOTOR DC E ARDUINO – PONTE H L298N. MakerHero, [s.d.]. Disponível em: <https://www.makerhero.com/blog/motor-dc-arduino-ponte-h-l298n/>. Acesso em: 31 jul. 2025.

PANASONIC CGR18650AF – CELL SPECIFICATIONS. Second Life Storage, [s.d.]. Disponível em: <https://secondlifestorage.com/index.php?threads/panasonic-cgr18650af-cell-specifications.1753/>. Acesso em: 17 jul. 2025.

PROTOBOARD (MODELO 400). Victor Vision, [s.d.]. Disponível em: <https://victorvision.com.br/blog/o-que-e-protoboard/>. Acesso em: 3 out. 2025.

RESISTOR 470R 1/4W. Tecnotronics, [s.d.]. Disponível em: <https://www.tecnotronics.com.br/resistor-470r-14w-kit-com-10-unidades.html>. Acesso em: 01 ago. 2025.

SENSOR DE UMIDADE DO SOLO. Sigma Sensors, [s.d.]. Disponível em: <https://sigmasensors.com.br/sensor-de-umidade-do-solo>. Acesso em: 10 jul. 2025.

SENSOR DE UMIDADE DO SOLO HIGRÔMETRO. MakerHero, [s.d.]. Disponível em: <https://www.makerhero.com/produto/sensor-de-umidade-do-solo-higrometro/>. Acesso em: 10 jul. 2025.

SIGMA SENSORS. Sensor de umidade do solo. 2025. Disponível em: <https://sigmasensors.com.br/sensor-de-umidade-do-solo>. Acesso em: 10 jul. 2025.

SMARTPROJECTSBRASIL. Módulo sensor de efeito Hall LM393. 2025. Disponível em: <https://www.smartprojectsbrasil.com.br/modulo-sensor-de-efeito-hall-lm393>. Acesso em: 31 jul. 2025.

SOUZA, F. O. Arduino UNO R3 SMD. Embarcados, [s.d.]. Disponível em: <https://embarcados.com.br/arduino-uno/>. Acesso em: 10 jul. 2025.

TINKERCAD. Autodesk, [s.d.]. Disponível em: <https://www.tinkercad.com/>. Acesso em: 15 jul. 2025.

VICTORVISION. Display LCD 16X2. 2025. Disponível em: <https://victorvision.com.br/blog/display-lcd-16x2/>. Acesso em: 13 jul. 2025.

WANYAMA, Joseph et al. Desenvolvimento de um sistema de controle inteligente de irrigação alimentado por energia solar para agricultura sustentável. *Renewable Energy Reviews*, [S.l.], v. 27, p. 123–137, 2023.

ZAZUETA, F. S.; SMAJSTRLA, A. G.; CLARK, G. A. Controladores de sistema de irrigação. Universidade da Flórida. Flórida, 1994. 65 p.

APÊNDICE

```

#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd_1(12, 11, 5, 4, 3, 2);

int ledPin = 7;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  lcd_1.begin(16, 2);

  pinMode(A2, INPUT); // sensor de umidade
  pinMode(8, OUTPUT); // irrigação
  pinMode(9, OUTPUT); // irrigação
  pinMode(10, OUTPUT); // irrigação
  pinMode(A3, OUTPUT); // controle de temperatura (reserva)
  pinMode(ledPin, OUTPUT);

  lcd_1.noCursor();
}

void loop() {
  int umidade = analogRead(A2);
  int umidadePorcentagem = map(umidade, 0, 1023, 100, 0);

  Serial.print("Umidade (%): ");
  Serial.println(umidadePorcentagem);

  lcd_1.setCursor(0, 0);
  lcd_1.print("Umidade: ");
  lcd_1.print(umidadePorcentagem);
  lcd_1.print("%  ");

  if (umidadePorcentagem < 30) {
    lcd_1.setCursor(0, 1);
    lcd_1.print("Irrigando...  ");
    digitalWrite(8, HIGH);
    digitalWrite(9, LOW);
    analogWrite(10, 120);

    // Faz o LED piscar rapidamente
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
    delay(100); // Espera 100ms
  }
}

```

```
    digitalWrite(ledPin, LOW);
    delay(100); // Espera 100ms
}
else if (umidadePorcentagem > 70) {
    lcd_1.setCursor(0, 1);
    lcd_1.print("Alta umidade ");
    digitalWrite(8, LOW);
    digitalWrite(9, LOW);
    analogWrite(10, 0);
    digitalWrite(ledPin, LOW); // LED desligado
}
else {
    lcd_1.setCursor(0, 1);
    lcd_1.print("Umidade boa ");
    digitalWrite(8, LOW);
    digitalWrite(9, LOW);
    analogWrite(10, 0);
}

delay(5000); // Espera 5 segundos antes da próxima leitura
}
```