

## SISTEMA DE AUTOMAÇÃO DE IRRIGAÇÃO DOMÉSTICA COM PLATAFORMA DE ARDUINO

Caio Taveira de Castro

Graduando em Ciências da Computação – Uni-FACEF  
caiotaveiradecastro@gmail.com

Profa. Me. Débora Pelicano Diniz

Docente do Departamento de Computação – Uni-FACEF  
deboradiniz@facef.br

### Resumo

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de automação de irrigação doméstica utilizando a plataforma Arduino. O sistema foi projetado para monitorar a umidade do solo em tempo real e acionar automaticamente uma bomba d'água sempre que o nível estiver abaixo do valor pré-definido no código. Para isso, foram empregados componentes como sensor de umidade, módulo relé, minibomba submersa, *display* LCD e fontes de alimentação independentes. A metodologia envolveu a simulação do circuito no Tinkercad, seguida da montagem prática em *protoboard* e da programação em C/C++ na IDE do Arduino. O sistema mostrou-se eficiente, pois realiza a irrigação apenas quando necessário, evitando desperdícios e garantindo maior praticidade ao usuário. Assim, a proposta contribui para o uso consciente da água em ambientes domésticos, unindo acessibilidade, baixo custo e aplicabilidade prática.

**Palavras-chave:** automação; Arduino; irrigação; sustentabilidade; monitoramento de solo.

### Abstract

*This work presents the development of a domestic irrigation automation system using the Arduino platform. The system was designed to monitor soil moisture in real time and automatically activate a water pump whenever the level falls below the predefined value set in the code. Components such as a moisture sensor, relay module, submersible mini pump, LCD display, and independent power supplies were employed. The methodology involved simulating the circuit in Tinkercad, followed by practical assembly on a breadboard and programming in C/C++ using the Arduino IDE. The system proved to be efficient, irrigating only when necessary, reducing water waste, and providing greater convenience to the user. Thus, the proposal contributes to the conscious use of water in domestic environments, combining accessibility, low cost, and practical applicability.*

**Keywords:** automation; Arduino; irrigation; sustainability; soil monitoring.

### 1 Introdução

A água é um recurso natural indispensável à sobrevivência do ser humano e de todos os seres vivos do planeta. Infelizmente, esse recurso encontra-se cada vez mais limitado e exaurido pelas ações impactantes do homem sobre as bacias

hidrográficas, degradando sua qualidade e comprometendo os ecossistemas (Mendonça; Teodoro; Paz, 2006). Diante desse cenário de escassez, é fundamental buscar soluções que promovam o uso consciente e sustentável da água.

Nos últimos anos, a busca por soluções tecnológicas que ajudem na preservação dos recursos naturais tem se intensificado. Nesse contexto, os sistemas de automação se destacam por oferecer controle eficiente e inteligente de atividades rotineiras, como a irrigação de plantas. Essa prática é essencial para manter a saúde de plantas, hortas e jardins, especialmente em regiões com chuvas irregulares ou escassas.

Tradicionalmente, o processo de irrigação é realizado de forma manual ou por meio de sistemas convencionais que não consideram, em tempo real, a necessidade hídrica do solo. Essa prática pode resultar tanto no desperdício de água quanto em deficiência hídrica para as plantas, comprometendo a produtividade.

Com os avanços tecnológicos e a popularização de microcontroladores como o Arduino, tornou-se possível desenvolver sistemas automatizados de irrigação que monitoram a umidade do solo em tempo real e acionam a rega apenas quando necessário. Essas soluções não apenas otimizam o uso da água, como também facilitam o cuidado com as plantas em ambientes urbanos e residenciais, mesmo na ausência dos moradores.

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema de automação de irrigação doméstica, baseado na plataforma Arduino, capaz de acionar uma bomba d'água automaticamente conforme os níveis de umidade do solo. A proposta busca oferecer uma alternativa acessível e de fácil implementação com foco no uso eficiente da água, na redução do desperdício e na praticidade para o usuário residencial.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 aborda os sistemas de automação, apresentando seus conceitos, evolução histórica e suas principais áreas de aplicação. A Seção 3 descreve as ferramentas e metodologias utilizadas no desenvolvimento do projeto, com destaque para a plataforma Arduino e seus componentes. Na Seção 4 são discutidas as linguagens de programação aplicadas. A Seção 5 descreve o desenvolvimento da aplicação, detalhando o processo de montagem do sistema, a programação do Arduino e o funcionamento do sistema. Por fim, a Seção 6 apresenta as conclusões obtidas a partir da implementação do sistema proposto.

## **2 Sistemas de automação**

Desde a antiguidade, o ser humano sempre buscou aprimorar sua qualidade de vida, buscando maneiras de tornar suas tarefas mais simples. Inventou a roda, dominou o fogo e, com o advento da automação, aprimorou tecnologias e equipamentos que aumentaram sua produtividade e proporcionam melhores condições de vida (Lima, 2003).

Nesse contexto, os sistemas de automação surgiram como uma solução fundamental para a otimização de processos em diversas áreas. Como afirmado por Groover (2002), esses sistemas consistem na aplicação de tecnologias e dispositivos capazes de executar tarefas de forma autônoma, reduzindo ou eliminando a necessidade de intervenção humana constante. Eles integram máquinas, sensores e

controladores que operam de maneira coordenada para realizar ações com eficiência e precisão, conforme parâmetros previamente estabelecidos.

A aplicação da automação se estende a diversos setores, como a saúde, a agricultura, a indústria e até mesmo o ambiente doméstico, proporcionando maior conforto, segurança e eficiência. Conforme aponta a ABINEE (2023), embora a automação tenha se originado e consolidado inicialmente no setor industrial, ela tem se expandido significativamente para outras áreas da sociedade, contribuindo para a sustentabilidade e o desenvolvimento econômico. Entre seus principais benefícios, destacam-se a redução de custos operacionais, o aumento da produtividade, a minimização de erros humanos e o uso mais sustentável de recursos naturais.

No setor industrial, a automação se sobressai, permitindo uma produção contínua e com menos falhas humanas. Como destaca Coelho e Neves (2024), os sistemas automatizados reduzem o tempo de fabricação e garantem maior uniformidade na qualidade dos produtos. Além disso, um sistema automatizado fortalece a competitividade para aumentar a precisão na produção, reduzir custos de estoque e diminuir o tempo de desenvolvimento de novos produtos, graças às máquinas capacitadas para executar múltiplas entregas (Teixeira, 2016).

A automação também tem grande relevância no agronegócio e no ambiente doméstico. No agronegócio, a automação otimiza processos de plantio, colheita e supervisão, utilizando sistemas baseados na umidade do solo para garantir maior produtividade e eficiência no uso de recursos hídricos (SENSIX, 2025).

No ambiente doméstico, a automação melhora a qualidade de vida, com assistentes virtuais, eletrodomésticos inteligentes e sistemas de segurança. Esses dispositivos permitem maior controle e praticidade no cotidiano, criando ambientes mais eficientes e personalizados (Cabral, 2024). Além disso, no contexto residencial, sistemas de automação também são utilizados para cuidar de jardins e hortas, controlando automaticamente o uso da água com base na umidade do solo, promovendo conforto e economia ao evitar o desperdício (Machado, 2018).

Um dos primeiros dispositivos automáticos criados pelo homem foi o relógio d'água, inventado por volta do século II a.C, permitindo uma medição mais precisa do tempo. Sempre em busca de progresso, a humanidade explora novas formas de inovação e automação. Com a Revolução Industrial, surgiu a máquina a vapor, e James Watt contribuiu para essa evolução ao desenvolver o primeiro controlador automático para um processo industrial (Lima, 2003).

Com o avanço da tecnologia a utilização da automação vem sendo cada vez mais essencial, pois, com a automação foi possível deixar os processos menos complexos e com custos reduzidos. Porém, é importante ressaltar a diferença entre a mecanização e a automação: a mecanização busca substituir o esforço humano com equipamentos mecânicos, enquanto a automação vai além, introduzindo sistemas inteligentes que podem operar de forma independente.

Inicialmente, convém salientar que automação é diferente de mecanização. Enquanto a mecanização está baseada na utilização de máquinas para executar determinada tarefa em substituição do esforço físico, a automação possibilita fazer uma tarefa por meio de

máquinas que são controladas automaticamente (Roggia; Fuentes, 2016, p. 15).

Atualmente, os sistemas de automação estão cada vez mais avançados, incorporando tecnologias como inteligência artificial (IA), Internet das Coisas (IoT) e aprendizado de máquina para tornar os processos ainda mais eficientes e independentes. Além disso, o aprendizado de máquina faz com que os sistemas automatizados se adaptem com base nas informações que recebem, melhorando continuamente seu desempenho sem a necessidade de reprogramação constante (Moraes, 2024). Dessa forma, a automação moderna não apenas melhora a produtividade e reduz desperdícios, mas também transforma a maneira como as pessoas interagem com a tecnologia no cotidiano.

## **2.1 Uso doméstico da automação**

A automação no ambiente doméstico tem se tornado cada vez mais presente, sendo utilizada de maneira mais simples e acessível. Com o avanço das tecnologias, a automação residencial passou a ser uma ferramenta eficiente para melhorar a qualidade de vida, aumentar o conforto e a otimização do consumo de recursos.

Atualmente, as preocupações no desenvolvimento deste ramo concentram-se em torno da redução de custos dos equipamentos e de sua integração, visando ao compartilhamento de recursos (Wortmeyer; Freitas; Cardoso, 2005, p. 02).

Segundo Cardozo (2021), ações como o controle de robôs aspiradores por meio de dispositivos móveis para a limpeza da residência, a gestão remota da iluminação, o monitoramento da casa por meio de sistemas de segurança, o acompanhamento do consumo de energia dos equipamentos e a detecção de situações que podem comprometer a saúde dos moradores são exemplos de processos que, graças aos avanços tecnológicos na área da automação, podem ser realizados de maneira rápida, simples e eficiente. Esses sistemas integram diversas funções, permitindo ao usuário monitorar e ajustar o funcionamento dos dispositivos de acordo com suas necessidades, tudo a partir de um único ponto de controle.

Além dessas aplicações, a automação também pode ser altamente utilizada em sistemas de irrigação doméstica, trazendo benefícios para a manutenção dos jardins e hortas, e proporcionando economia por meio da maior eficiência no uso da água (CONIC-SEMSP, 2013). Com o auxílio de sensores de umidade do solo, temporizadores e controladores inteligentes, esses sistemas garantem que as plantas recebam a quantidade exata de água necessária para o seu desenvolvimento, evitando tanta supervisão humana e diminuindo o desperdício de água (Cunha, 2022).

Esses sistemas podem possuir a capacidade de serem programados para operar em horários específicos ou ser ajustados dinamicamente de acordo com as condições climáticas. Dessa forma, evita-se desperdício de água em períodos de chuva, tornando o processo mais sustentável e eficiente. Além disso, sistemas mais avançados permitem que o controle da segurança seja realizado remotamente por meio de aplicativos móveis, proporcionando ao usuário a possibilidade de monitorar e

modificar o funcionamento do sistema a qualquer momento e de qualquer lugar (Cunha, 2022).

Sem um sistema automatizado, as plantas são frequentemente inundadas, resultando em perda significativa de água. Isso não apenas pode sobrecarregar o abastecimento hídrico, como também pode levar ao encharcamento do solo, causando problemas de drenagem e atrofiamento das plantas (Abreu, 2023, p. 11).

A automação residencial aplicada à supervisão do ambiente tem um impacto direto na economia de água, reduzindo significativamente os custos na conta mensal e promovendo o uso consciente desse recurso essencial. A implementação de tecnologias sustentáveis, como o reaproveitamento da água da chuva, reforça ainda mais o papel da automação como uma aliada na preservação ambiental. Conforme destaca Gomes e Pereira (2019), sistemas automatizados podem ser integrados a práticas sustentáveis, como a captação de água da chuva e o controle inteligente de dispositivos, promovendo maior eficiência e responsabilidade no consumo. Além disso, ao integrar soluções inovadoras, a modernização dos processos domésticos não só torna o cotidiano mais prático e eficiente, mas também incentiva a adoção de práticas mais ecológicas, responsáveis e controladas com foco na sustentabilidade a longo prazo.

## **2.2 Uso da automação no agronegócio**

O agronegócio ocupa um papel de grande relevância na economia brasileira, representando aproximadamente 22% do Produto Interno Bruto (CEPEA - USP, 2023) do país e sendo responsável por uma significativa geração de empregos e exportações. O Brasil se destaca como um dos maiores produtores mundiais de *commodities* agrícolas, como café, cana-de-açúcar e outros produtos primários (CEPEA - USP, 2023).

Diante desse cenário, torna-se evidente a importância do agronegócio para o desenvolvimento econômico nacional. No entanto, devido à vasta extensão territorial e à diversidade climática e geográfica do país, a agricultura precisa ser adaptada para atender às especificidades de cada região. Segundo a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2022), o setor agrícola brasileiro atualmente conta com práticas ajustadas às diferentes condições regionais. Para que essa adaptação fosse possível, a implementação da tecnologia deu um papel fundamental, revolucionando o segmento e proporcionando avanços expressivos em produtividade e eficiência.

A automação tem revolucionado a forma como as atividades agrícolas são conduzidas, promovendo ganhos de produtividade e eficiência. A integração de tecnologias de ponta, como sensores, sistemas de supervisão automatizados, drones, máquinas autônomas e monitoramento em tempo real, tem permitido um manejo mais preciso dos cultivos, redução de custos operacionais e aumento da sustentabilidade da produção agrícola. Esses sistemas inteligentes monitoram o solo, o clima e o crescimento das plantas, permitindo uma maior eficácia nas atividades agrícolas (Simões; Soler, 2017).



De forma generalizada a agricultura automatizada, conectada ou da era digital, envolve o emprego de tecnologias que antes eram abordadas por outras áreas como a industrial e a de informática, mas que estão migrando para o setor agropecuário, neste sentido, uma das técnicas que apresentam expressiva alavancagem da modernização é o processo de irrigação (Cosmo; Galeriani, 2020, p. 187).

A introdução da automação no campo possibilitou o aprimoramento de uma das técnicas mais antigas realizadas pela humanidade, a irrigação. Com a incorporação de tecnologias avançadas, como sensores de umidade do solo, monitoramento em tempo real das condições climáticas e análise das necessidades hídricas das plantas, tornou-se possível obter um conhecimento muito mais detalhado das áreas cultivadas. Esse nível de precisão possibilita a aplicação da irrigação de forma mais eficiente e estratégica, garantindo que cada plantação receba a quantidade exata de água necessária para seu desenvolvimento possibilita uma melhor aplicação da irrigação. Dessa forma, evita-se tanto o desperdício de recursos hídricos quanto os danos causados pelo excesso ou pela falta de integridade. Além disso, o uso racional da água contribui diretamente para a redução dos custos de produção e para a sustentabilidade ambiental, minimizando os impactos negativos da atividade agrícola no meio ambiente (SENSIX, 2025).

A comparação entre os métodos tradicionais e os automatizados demonstra de forma clara os benefícios da modernização do setor agrícola. Muitas vezes os métodos tradicionais podem resultar em desperdícios e os sistemas automatizados garantem uma distribuição eficiente da água, maximizando o desenvolvimento das culturas e economizando o consumo desnecessário de recursos naturais. Dessa forma, a automação agrícola se consolida como uma ferramenta necessária para aumentar a eficiência, reduzir custos e tornar a produção mais sustentável.

### **2.3 Principais áreas de aplicação da automação**

A automação está presente em diversos setores além do ambiente doméstico e do agronegócio, mudando a forma como processos são executados e otimizando a eficiência em diferentes áreas.

De acordo com Rosário (2009, p. 18), “Automação é todo o processo que executa tarefas e atividades de maneira autônoma ou que ajuda o homem nas suas tarefas de rotina”.

No setor industrial, a automação tem desempenhado um papel fundamental na otimização dos processos produtivos. Robôs automatizados executam tarefas repetitivas e de alta precisão, afetando a incidência de erros humanos e aumentando significativamente a produtividade. Além disso, sistemas inteligentes são amplamente utilizados para prever falhas em equipamentos, permitindo a implementação da manutenção preditiva e minimizando o tempo de inatividade das máquinas, o que resulta em maior eficiência operacional (ABINEE, 2023).

Segundo Martins (2012), a automação industrial surge como resposta a diversas necessidades do setor, proporcionando um alto nível de qualidade nos

produtos, maiores vantagens na produção de diferentes modelos, redução de custos operacionais e minimização de desperdícios de energia e matéria-prima. A adoção eficiente de tecnologias automatizadas também facilita a implementação de práticas mais sustentáveis, contribuindo para o uso mais dos recursos naturais e a redução do impacto ambiental nas fábricas.

Na área da saúde, a automação revolucionou o atendimento médico e os processos hospitalares. Equipamentos automatizados auxiliam no monitoramento contínuo de pacientes, na realização de cirurgias robóticas de alta precisão e na administração controlada de medicamentos, o que reduz riscos de erros e melhora a segurança dos procedimentos. Além disso, a inteligência artificial, juntamente com a automação, tem sido empregada na análise de exames laboratoriais e na interpretação de imagens médicas, proporcionando diagnósticos mais rápidos, precisos e acessíveis. A automação também tem sido fundamental na gestão hospitalar, com sistemas que automatizam o agendamento de consultas, a distribuição de medicamentos e o controle de estoques, garantindo um atendimento mais ágil e eficiente (ABINEE, 2023).

Outro setor que tem se beneficiado amplamente da automação é o de transportes. A introdução de veículos autônomos e sistemas inteligentes de tráfego permite uma mobilidade mais eficiente e segura, reduzindo congestionamentos e minimizando os impactos ambientais. Além disso, a automação tem otimizado a logística de transporte público, gerenciando de forma mais eficiente os horários, as rotas e os custos operacionais. Em portos e aeroportos, sistemas automatizados controlam a entrega de cargas e a segurança, garantindo maior eficiência no transporte de mercadorias e passageiros. A automação também é utilizada para otimizar a gestão de frotas, aumentando a segurança e o desempenho dos veículos e reduzindo os custos operacionais relacionados à manutenção e ao consumo de combustível (PUMATRONIX, 2024).

Ao automatizar as operações de negócios, você pode se concentrar em tarefas com um impacto mensurável. Devido à maior produtividade e eficiência, você prioriza a inovação e a expansão. A automação de processos pode concluir tarefas até 70% mais rápido que uma pessoa, tornando-a mais eficiente que os humanos. Como resultado, as operações se tornam muito mais eficientes. (SEBRAE, 2023, on-line).

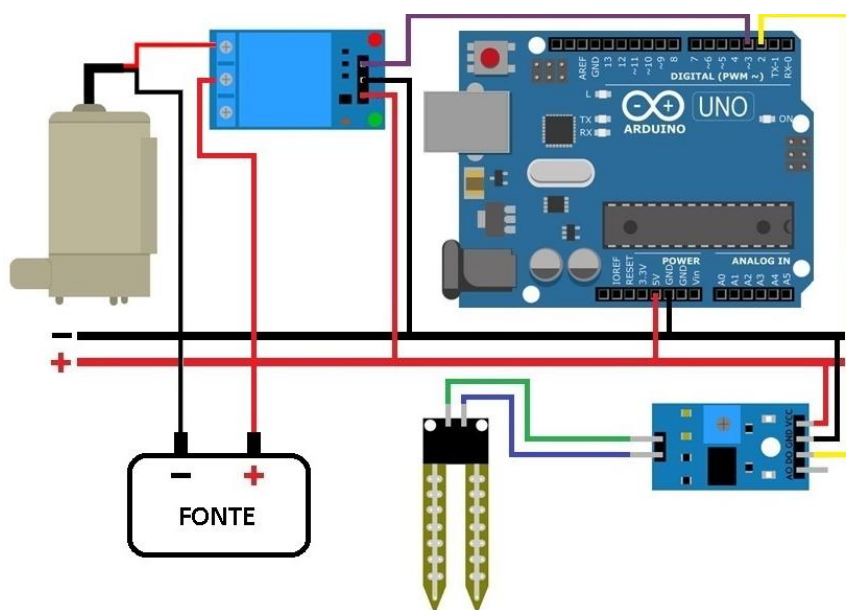
A integração da automação com a Internet das Coisas (IoT) tem impulsionado ainda mais seu avanço em diversas áreas, permitindo maior conectividade entre dispositivos e controle remoto de processos. A IoT tem ampliado o alcance da automação, criando ambientes mais inteligentes e interconectados. No setor doméstico, isso se reflete na criação de casas inteligentes, onde tudo, desde o controle da temperatura até a segurança, pode ser gerenciado remotamente. No setor industrial, a IoT permite que as máquinas se comuniquem entre si, otimizando o processo de produção e tornando-o mais adaptável às condições do tempo real. Dessa forma, a automação continua a expandir sua presença em diferentes setores, promovendo maior eficiência, segurança e inovação em diversas atividades do cotidiano e da economia (Moraes *et al.*, 2022).

### 3 Ferramentas e metodologias

O projeto foi elaborado visando a automação do processo de irrigação de plantas, de forma que a umidade do solo seja monitorada em tempo real e, quando necessário, o sistema acione automaticamente uma bomba d'água. Para alcançar esse objetivo, foram utilizadas ferramentas de *hardware* e *software* adequadas à proposta, como a placa Arduino Uno, sensor de umidade do solo, módulo relé, minibomba de água submersa, *proto board*, cabos *jumpers*, *display* LCD com interface I2C e fonte de alimentação. No âmbito do *software*, a programação foi realizada na IDE do Arduino, utilizando uma linguagem baseada em C/C++.

A metodologia adotada seguiu uma abordagem prática e experimental, começando pelo levantamento dos requisitos e a pesquisa dos componentes necessários. Em seguida, foi realizado o desenvolvimento de um modelo no simulador Thinkercad, onde foi criada uma representação virtual do projeto para visualizar seu funcionamento e identificar possíveis ajustes antes da montagem física. A Figura 1 ilustra esse projeto.

Figura 1 – Modelo do projeto da irrigação automática no Thinkercad



Fonte: (Santos et al., 2023)

A criação desse modelo foi essencial para o entendimento da lógica e dos componentes que serão utilizados na construção prática do projeto.

#### 3.1 Arduino

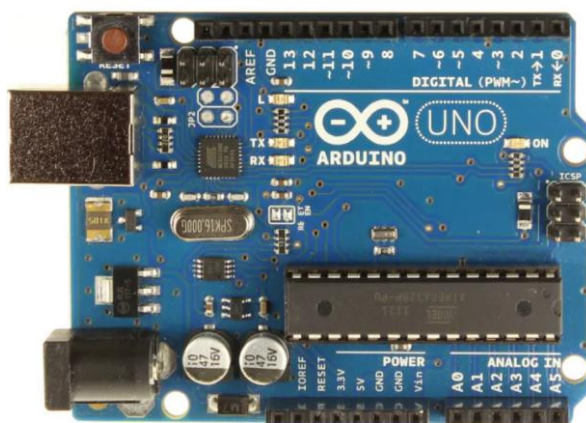
O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto, amplamente utilizada em projetos de automação, robótica e Internet das Coisas (IoT). Sua estrutura, que pode ser visualizada na Figura 2, é composta por uma placa com microcontrolador e um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE), que possibilita a programação em uma linguagem simplificada, baseada de C/C++.



Entre suas principais vantagens destacam-se o baixo custo, a facilidade de uso, a vasta documentação disponível e uma comunidade ativa (Levi, 2023).

Para o desenvolvimento deste projeto, foi utilizada a placa Arduino Uno, que possui o microcontrolador ATmega328P, com 14 pinos digitais (sendo 6 compatíveis com PWM), 6 entradas analógicas, clock de 16 MHz e comunicação via USB. O valor da placa adquirida foi de R\$ 32,90.

**Figura 2 – Arduino Uno**



**Fonte: Autoria própria**

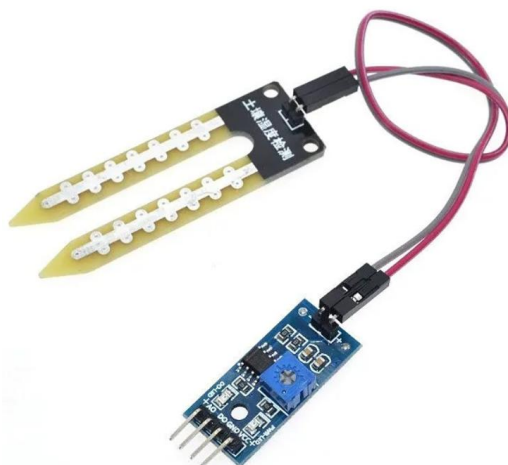
A escolha do Arduino Uno foi realizada devido à sua capacidade de atender aos requisitos do sistema, além da ampla compatibilidade com sensores e módulos que serão utilizados na construção do projeto.

### 3.2 Componentes

Para o funcionamento completo do sistema, foram utilizados diversos componentes eletrônicos e elétricos integrados ao Arduino. Os principais componentes utilizados no sistema são:

- **Sensor de Umidade de Solo:** este sensor possui duas hastes metálicas que são inseridas no solo. Ele mede a resistência elétrica do solo, que varia de acordo com a presença de água. Quanto maior a umidade, menor a resistência e, consequentemente, maior a saída de tensão lida pelo Arduino. O modelo utilizado foi o sensor analógico de umidade, com o módulo comparador que possui saída compatível com as entradas analógicas do Arduino, conforme mostrado na Figura 3, e foi adquirido por R\$ 14,40.

**Figura 3 – Sensor de Umidade de Solo**



Fonte: Autoria própria

- **Módulo Relé:** o relé é um componente essencial para o controle de cargas de maior potência, como motores ou bombas d'água. Neste projeto, foi utilizado um módulo relé de 1 canal, capaz de suportar cargas de até 10A. O Arduino envia um sinal digital ao módulo, que por sua vez aciona a bomba de irrigação de forma segura, isolando eletricamente os circuitos. O módulo foi adquirido por R\$ 12,99.
- **Minibomba de Água Submersa (3V-5V JT100 1.5L/Min):** a bomba é o atuador responsável por fornecer a água necessária à planta. A escolha dessa bomba, que é de baixa tensão e baixo consumo, foi feita para garantir a operação eficiente em sistemas compactos. A bomba é ativada automaticamente sempre que a umidade do solo estiver abaixo do limite definido no código e foi adquirida por R\$14,59. A Figura 4 apresenta um exemplo da Minibomba de Água Submersa.

Figura 4 – Minibomba de Água Submersa

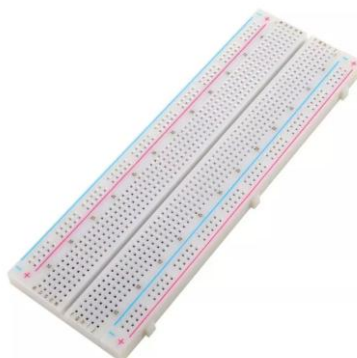


Fonte: Autoria própria

- **Fonte de Alimentação:** para garantir o funcionamento adequado do sistema, foram utilizadas fontes separadas para o Arduino e para a bomba d'água, evitando interferências e quedas de tensão. Uma fonte de celular de 5V foi utilizada para alimentar a bomba, já que ela pode operar com fontes variando de 3V a 6V. Para alimentar o Arduino, foi utilizada uma fonte de 12V.
- **Protoboard e Cabos Jumpers:** esses itens foram utilizados para realizar as conexões elétricas de forma prática, sem a necessidade de soldagem. A

*protoboard* permite a montagem de circuitos temporários e facilita a substituição de componentes durante os testes. A *protoboard* foi adquirida por R\$17,49, e um conjunto com 30 cabos *jumper*s por R\$14,90. A Figura 5 apresenta um exemplo de *protoboard*.

**Figura 5 – Protoboard**



**Fonte: Autoria própria**

- **Display LCD com interface I2C:** um *display* LCD com interface I2C 16x2 vai ser adicionado ao sistema para exibir os valores de umidade e o *status* da irrigação. Este componente foi adquirido por R\$ 28,80 e permite o monitoramento local do sistema sem a necessidade de um computador. A Figura 6 apresenta um exemplo do *display* LCD com interface I2C.

**Figura 6 – Display LCD**



**Fonte: Autoria própria**

#### **4 Linguagens de Programação**

Para o desenvolvimento do sistema de irrigação automática, foi utilizada a linguagem de programação da plataforma Arduino, baseada em C/C++ (Levi, 2023). Essa linguagem é amplamente adotada em projetos de automação e sistemas embarcados devido à sua simplicidade, robustez e compatibilidade com microcontroladores da família AVR, como o ATmega328P presente na placa Arduino Uno.

A escolha da linguagem C/C++ se deu pela integração direta com a IDE do Arduino, pela grande quantidade de documentação disponível e pela facilidade de comunicação com os componentes eletrônicos utilizados no projeto, o que torna o processo de programação mais eficiente e acessível.

## 5 Desenvolvimento da aplicação

O desenvolvimento do sistema começou com uma pesquisa detalhada sobre a plataforma Arduino e os componentes necessários para o projeto. Para isso, realizou-se uma pesquisa exploratória em plataformas de vídeo e documentação técnica *online*, que abordaram não apenas o funcionamento do Arduino, mas também o papel de cada componente do sistema.

Durante os estudos sobre a bomba d'água, foi possível entender a necessidade do uso de um módulo relé, responsável por atuar como um intermediário seguro entre o Arduino e a bomba, garantindo seu acionamento de forma adequada e protegida. Também foi observada, em alguns vídeos, a utilização de um *display* LCD, o que despertou o interesse em implementá-lo no projeto como uma forma de exibir o funcionamento do sistema e o valor da umidade do solo em tempo real.

No momento da pesquisa para aquisição do *display*, foi observada a existência de dois modelos: o LCD tradicional e o modelo com interface I2C. Após um comparativo entre as vantagens e desvantagens, optou-se pelo modelo I2C devido aos seus benefícios, como a redução do número de fios e pinos utilizados (graças ao uso das linhas SDA e SCL) e maior simplicidade de implementação, já que a maioria dos microcontroladores oferece suporte nativo ao protocolo.

Com esse conhecimento, o próximo passo foi criar uma simulação no ambiente virtual Tinkercad (Autodesk Tinkercad, 2025), no qual foi possível montar o circuito e testar a lógica do sistema de forma segura e econômica, garantindo maior segurança antes da montagem física.

Após as etapas iniciais de estudo e simulação, foram adquiridos os principais componentes: placa Arduino Uno, sensor de umidade do solo, módulo relé, bomba d'água submersa, *protoboard*, cabos *jumpers* e *display* LCD com interface I2C. A escolha desses elementos levou em consideração a compatibilidade entre os dispositivos, a facilidade de integração entre eles e a acessibilidade em termos de custo, tornando o projeto mais viável financeiramente.

### 5.1 Montagem

A montagem do sistema teve início com a organização dos componentes e a definição da estrutura física do circuito sobre a *protoboard*, escolhida por oferecer praticidade na acomodação dos módulos, maior organização e a possibilidade de ajustes sem necessidade de soldagem. Para a leitura de umidade do solo, foi utilizado um sensor resistivo com módulo comparador (LM393), composto pelas hastes de medição e pelo próprio módulo.

Inicialmente, as hastes do sensor foram conectadas ao módulo comparador por meio de um *jumper* fornecido com o conjunto. Observa-se que esse conector não possui polaridade definida para as hastes, permitindo conexão em qualquer orientação. Em seguida, o módulo comparador foi inserido na *protoboard*, e

suas ligações realizadas com cabos jumpers, garantindo maior flexibilidade na montagem.

A alimentação do módulo foi feita a partir do Arduino Uno. Do pino 5V do Arduino saiu um jumper para o trilho positivo (vermelho) da *protoboard*, deste trilho outro *jumper* conectou-se ao pino VCC do módulo. Da mesma forma, do pino GND do Arduino saiu um jumper para o trilho negativo (azul) da *protoboard*, deste trilho outro *jumper* conectou-se ao pino GND do módulo, garantindo referência comum entre todos os componentes.

Para a leitura do sinal de umidade em escala contínua, o pino AO (saída analógica do módulo) foi conectado ao pino A0 do Arduino. O módulo também dispõe de uma saída digital (DO), ajustável por meio de potenciômetro e indicada pelo acionamento de um LED, mas sua utilização é opcional, uma vez que fornece apenas uma resposta binária sendo 1 para solo seco e 0 para solo úmido, enquanto a saída analógica permite medições mais detalhadas em escala contínua.

Com todas as ligações concluídas, verificou-se a presença do LED de “Power” no módulo ao energizar o Arduino via USB, confirmando a correta distribuição de 5 V na *protoboard*. Realizou-se, então, uma leitura preliminar do canal A0 para validar a variação do sinal conforme a umidade do substrato, assegurando a integração elétrica e funcional entre sensor, módulo comparador, *protoboard* e Arduino.

Na sequência, foi realizada a conexão do *display* LCD 16x2 com interface I2C, responsável pela exibição dos dados coletados. Diferentemente do sensor, o *display* não foi encaixado diretamente na *protoboard*, em vez disso, utilizou-se um conjunto de cabos *jumpers* para interligar seus pinos ao Arduino, passando pela *protoboard* para manter a organização. A alimentação foi obtida a partir dos trilhos já energizados da *protoboard*: o pino VCC do *display* foi conectado ao trilho positivo (5V) e o pino GND ao trilho negativo (GND).

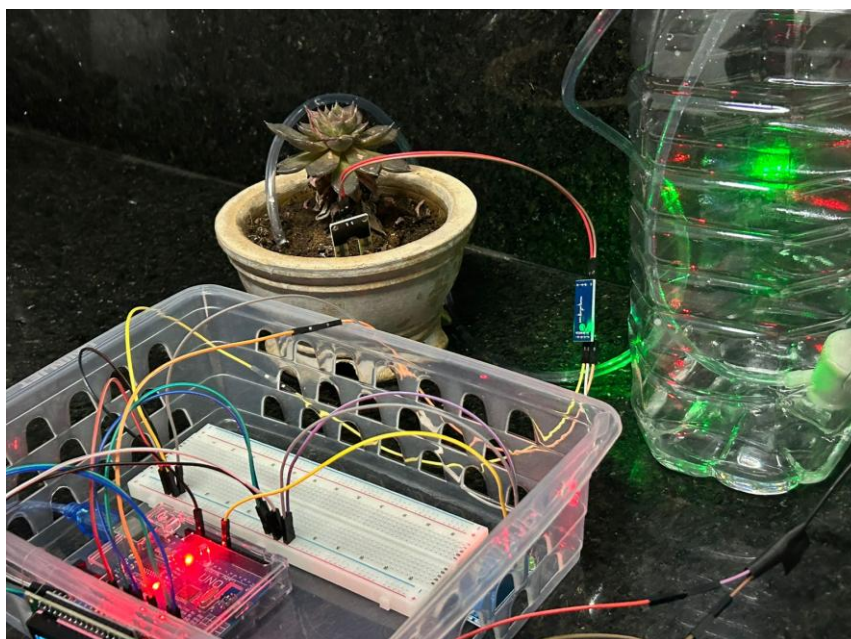
Para a comunicação de dados, o pino SDA do *display* foi ligado ao pino A4 do Arduino Uno, enquanto o pino SCL foi ligado ao pino A5 do Arduino Uno, respeitando o padrão de *hardware* I2C do microcontrolador ATmega328P. Ao energizar o sistema, verificou-se a iluminação do *backlight* do *display*, confirmando a correta alimentação. Em seguida, foi carregado um código de teste com a biblioteca LiquidCrystal\_I2C, que exibiu mensagens iniciais e valores de umidade lidos pelo sensor, confirmando a comunicação bem-sucedida entre o módulo I2C e o Arduino.

Para o controle da bomba submersa de 5V, utilizou-se um módulo relé conectado ao Arduino. A bomba foi alimentada por uma fonte externa de 5V (carregador de celular), garantindo corrente suficiente sem sobrecarregar o Arduino. As ligações foram realizadas da seguinte forma: o pino VCC do módulo relé foi conectado ao 5V do Arduino, o pino GND ao GND do Arduino e o pino de controle do relé (IN) a um pino digital do Arduino (por exemplo, D8). A bomba foi ligada aos terminais do relé (normalmente aberto – NO e comum – COM), de modo que o acionamento elétrico pelo Arduino permite ligar e desligar a bomba de forma segura.

Na Figura 7 está representada a disposição prática do sistema, com a bomba submersa no reservatório de água e o sensor de umidade inserido no solo da planta.

**Figura 7 - Disposição da bomba submersa e do sensor de umidade**



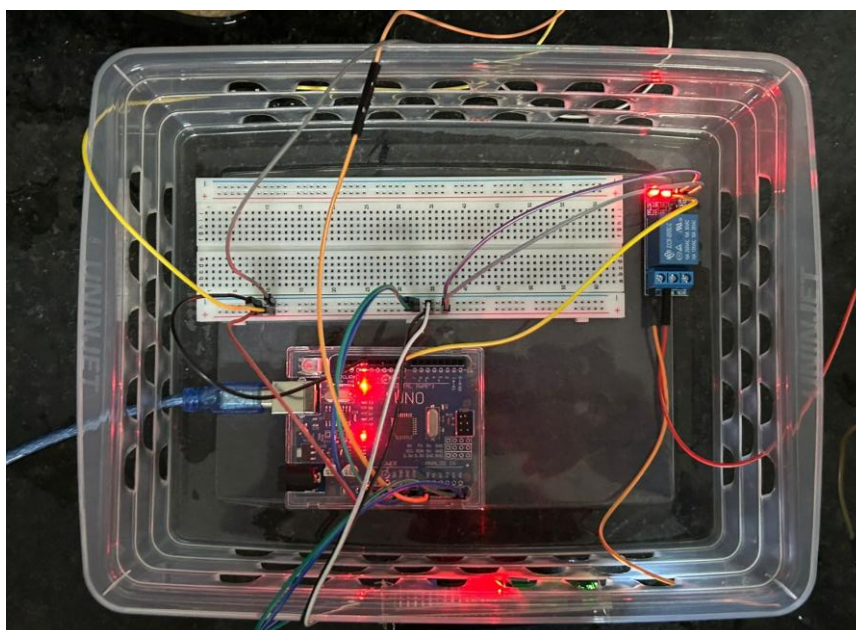


**Fonte: Autoria própria**

Após a finalização das conexões e energização do sistema, inicialmente foi carregado um código de teste no Arduino com a finalidade de acionar a bomba manualmente. Esse procedimento teve como objetivo verificar o correto funcionamento do módulo relé e da bomba submersa antes da implementação da lógica automática. Confirmado o funcionamento, o sistema ficou pronto para receber a programação definitiva, na qual a bomba passa a ser acionada de forma automática de acordo com os valores de umidade detectados pelo sensor.

Na Figura 8 está representada a montagem do circuito na protoboard, mostrando a disposição dos módulos, cabos de ligação e a conexão com o Arduino.

**Figura 8 - Circuito do sistema finalizado**



Fonte: Autoria própria

### Mapa de ligações:

- **Sensor de umidade:**
  - Arduino 5V → trilho vermelho da *protoboard* → VCC (módulo).
  - Arduino GND → trilho azul da *protoboard* → GND (módulo).
  - AO (módulo) → A0 (Arduino Uno).
  - Hastes → conector de 2 vias do módulo.
- **Display LCD I2C:**
  - VCC (LCD) → trilho vermelho da *protoboard* (5V do Arduino).
  - GND (LCD) → trilho azul da *protoboard* (GND do Arduino).
  - SDA (LCD) → A4 (Arduino Uno).
  - SCL (LCD) → A5 (Arduino Uno).
- **Bomba submersa com relé:**
  - Relé VCC → 5V (Arduino).
  - Relé GND → GND (Arduino).
  - Relé IN → D8 (Arduino).
  - Bomba 5V → fonte externa (carregador de celular) ligada aos terminais NO e COM do relé.

### 5.2 Programação do Arduino

A programação do sistema foi realizada na IDE do Arduino, utilizando a linguagem baseada em C/C++. Inicialmente, a placa foi conectada ao computador utilizando o *software* oficial da plataforma Arduino. Para verificar seu funcionamento, foi realizado um teste simples com o LED embutido da placa, alterando o código de exemplo “Blink” para modificar o tempo de piscar do LED de 1 segundo para 0,5 segundo. Esse teste inicial serviu para confirmar que a placa estava operando corretamente e que o ambiente de desenvolvimento estava configurado de forma adequada.

Com o funcionamento validado, deu-se início ao desenvolvimento do código principal do sistema de irrigação. O programa implementado tem como funções: realizar a leitura da umidade do solo através do sensor resistivo, exibir os valores no *display* LCD 16x2 com interface I2C e acionar automaticamente a bomba de água por meio do módulo relé, quando a umidade do solo estiver abaixo de um limite pré-estabelecido.

Inicialmente, foram incluídas as bibliotecas necessárias para o controle do *display* (Wire.h e LiquidCrystal\_I2C.h). Em seguida, foram definidos os pinos responsáveis pelas conexões do sensor de umidade e do módulo relé, além de variáveis auxiliares para armazenamento e tratamento dos dados coletados, incluindo as variáveis que determinam o valor mínimo e o valor máximo de umidade para o acionamento da bomba, conforme podem ser observadas no código apresentado na Figura 9.

**Figura 9 - Programação Inicial**

```
1  #include <Wire.h>
2  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3
4  #define PINO_SENSOR A0 // Saída analógica do sensor de umidade
5  #define PINO_RELE 8    // Pino do relé que liga a bomba
6
7  int umidade;           // Valor lido do sensor (0-1023)
8  int porcentagem;       // Conversão para escala 0-100%
9  int limiteInferior = 15; // Liga bomba abaixo deste valor
10 int limiteSuperior = 35; // Desliga bomba ao atingir este valor
11
12 bool bombaLigada = false;
13
14 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Endereço I2C do display
15
16 void setup() {
17     Serial.begin(9600);
18
19     pinMode(PINO_RELE, OUTPUT);
20     digitalWrite(PINO_RELE, HIGH); // Relé desligado inicialmente
21
22     lcd.init();
23     lcd.backlight();
24
25     lcd.setCursor(0, 0);
26     lcd.print("Sistema pronto");
27     delay(2000);
28     lcd.clear();
29 }
```

**Fonte: Autoria própria**

Durante a execução, como mostrado no código da Figura 10, o valor analógico obtido do sensor (0 a 1023) é convertido em uma escala percentual de 0% (solo seco) a 100% (solo úmido). Esse valor é exibido no *display*, possibilitando o acompanhamento em tempo real da umidade. A lógica de controle da bomba utiliza dois limites configuráveis: um valor mínimo, abaixo do qual a bomba é acionada, e um valor máximo, ao atingir o qual a bomba é desligada. Assim, quando a umidade está abaixo do limite mínimo, o relé é ativado e a bomba entra em funcionamento; quando

a umidade alcança ou ultrapassa o limite máximo, o relé é desativado, mantendo a bomba inativa.

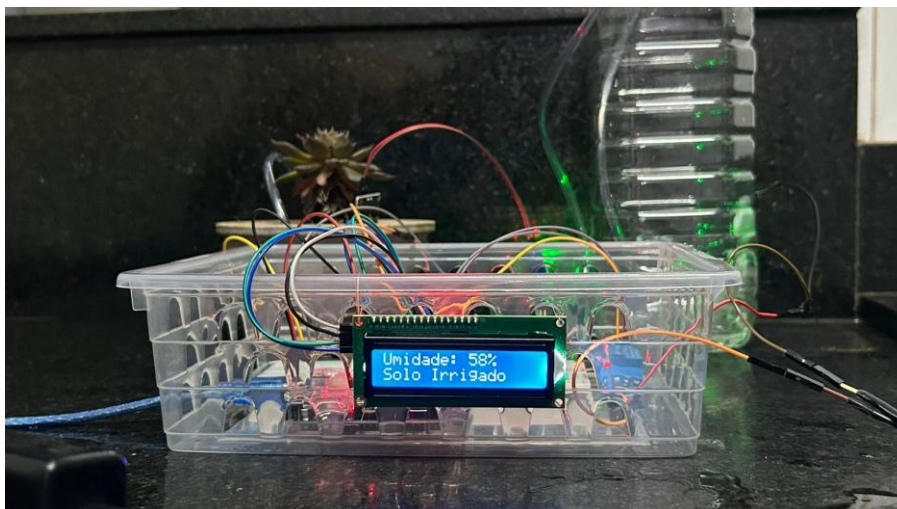
**Figura 10 - Programação da lógica**

```
31 void loop() {  
32   // Leitura do sensor  
33   umidade = analogRead(PINO_SENSOR);  
34   porcentagem = map(umidade, 1023, 0, 0, 100); // 1023 = seco, 0 = úmido  
35  
36   // Controle da bomba  
37   if (porcentagem < limiteInferior) {  
38     bombaLigada = true;  
39   }  
40   if (porcentagem >= limiteSuperior) {  
41     bombaLigada = false;  
42   }  
43  
44   digitalWrite(PINO_RELE, bombaLigada ? LOW : HIGH);  
45  
46   // Exibe no LCD  
47   lcd.setCursor(0, 0);  
48   lcd.print("Umidade: "); // Linha 0 fixa  
49   lcd.print(porcentagem);  
50   lcd.print("% "); // Limpa sobra de números anteriores  
51  
52   lcd.setCursor(0, 1);  
53   lcd.print(bombaLigada ? "Irrigando... " : "Solo Irrigado "); // Linha 1 depende da bomba  
54  
55   delay(1000); // Atualiza a cada 1 segundo  
56 }
```

**Fonte: Autoria própria**

No *display* LCD, além da exibição contínua da porcentagem de umidade do solo, é apresentada uma mensagem indicativa do estado do sistema, informando quando a irrigação está em andamento, o que facilita o monitoramento em tempo real, conforme apresentado na Figura 11.

**Figura 11 - Display LCD exibindo os dados**



**Fonte: Autoria própria**

### 5.3 Funcionamento da aplicação



O funcionamento da aplicação inicia-se na etapa de medição da umidade do solo, realizada pelo sensor resistivo. Este sensor é composto por duas hastes metálicas que, quando inseridas no solo, funcionam como eletrodos. A resistência elétrica entre as hastes varia de acordo com a presença de água no substrato: quanto maior a umidade, menor a resistência; quanto mais seco o solo, maior a resistência. Essa variação é convertida em sinal elétrico e enviada ao módulo comparador acoplado (baseado no circuito LM393), que fornece duas saídas: uma analógica (AO) e uma digital (DO). A saída analógica gera valores contínuos entre 0 e 1023, correspondentes à umidade relativa do solo, enquanto a saída digital aciona um LED indicativo quando o nível de umidade cruza o limiar definido pelo potenciômetro do módulo.

O sinal analógico é lido pelo Arduino Uno, que processa os dados recebidos e os converte em uma escala percentual de 0% a 100%, representando o nível de umidade do solo. Esse valor é exibido em tempo real no *display* LCD 16x2 com interface I2C, permitindo que o usuário acompanhe constantemente o estado do sistema. Além do valor percentual, o *display* também apresenta uma mensagem informativa indicando quando a irrigação está em andamento.

A etapa de irrigação é controlada pelo módulo relé, responsável por atuar como um interruptor eletrônico entre o Arduino e a bomba de água submersa. O relé é acionado quando a umidade do solo está abaixo do valor mínimo configurado no código (15%), iniciando a irrigação. A bomba permanece em funcionamento até que a umidade atinja ou ultrapasse o valor máximo configurado (35%), momento em que o Arduino desativa o relé, desligando a bomba. Essa lógica de controle com dois limites distintos evita acionamentos frequentes, garantindo maior eficiência e preservação do equipamento.

Dessa forma, o sistema realiza de maneira autônoma o ciclo de monitoramento e irrigação, garantindo que a planta receba água apenas quando necessário. Com isso, a aplicação torna-se eficiente, prática e adequada ao ambiente doméstico, promovendo o uso racional da água e diminuindo a necessidade de intervenção manual por parte do usuário.

## 6 Conclusão

O desenvolvimento do sistema de automação de irrigação doméstica baseado na plataforma Arduino possibilitou alcançar o objetivo proposto: criar uma solução acessível, funcional e sustentável para o acionamento automático de uma bomba d'água conforme os níveis de umidade do solo. A integração entre sensor de umidade, módulo relé, minibomba submersa e *display* LCD demonstrou eficiência tanto na coleta e exibição de dados quanto no controle da irrigação, garantindo maior praticidade ao usuário e evitando desperdícios de água.

Além de funcional, o sistema mostrou-se financeiramente acessível justamente por ser escalável. Com um custo inicial de R\$136,07, sua expansão para outras plantas pode ser feita de forma simples, bastando adicionar novos sensores de umidade, bombas de água e, se necessário, *displays* LCD adicionais para monitoramento. Graças ao uso da *proto board* e à flexibilidade do código, essas adaptações podem ser implementadas sem grandes dificuldades.



Os resultados obtidos evidenciam que a automação aplicada ao ambiente doméstico traz benefícios diretos para o usuário. O sistema dispensa a necessidade de irrigação manual periódica, economizando tempo, evitando problemas caso o usuário esqueça de regar ou precise se ausentar em viagens, e garantindo que a planta receba apenas a quantidade necessária de água, prevenindo tanto a escassez quanto o excesso. Dessa forma, promove-se não apenas maior comodidade, mas também o uso consciente da água.

Como trabalhos futuros, destaca-se a possibilidade de integração com plataformas de Internet das Coisas (IoT), permitindo o monitoramento remoto, o armazenamento de dados históricos e ajustes dinâmicos do limiar de irrigação conforme necessário.

Conclui-se, portanto, que o sistema desenvolvido cumpre de forma simples, eficiente e econômica seu propósito de automatizar a irrigação, representando uma solução prática, escalável e sustentável para o ambiente doméstico, capaz de aliar tecnologia, economia de tempo e uso consciente da água.

## Referências

ABINEE. **A automação da indústria aos demais setores**. Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica, 2023. Disponível em: <https://www.abinee.org.br/a-automacao-da-industria-aos-demais-setores/>. Acesso em: 28 maio 2025.

ABREU, A. **Sistemas de irrigação automatizado para hortas verticais**. Russas: Universidade Federal do Ceará, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/77400>. Acesso em: 5 abr. 2025.

AUTODESK THINKERCAD. **Thinkercad**. Disponível em: <https://www.tinkercad.com/>. Acesso em: 4 jun. 2025.

CABRAL, R. A. **O papel dos assistentes virtuais na automação residencial**. 2024. Disponível em: <https://blog.ricardoarturocabral.com/o-papel-dos-assistentes-virtuais-na-automacao-residencial/>. Acesso em: 20 maio 2025.

CARDOZO, G. **Inteligência artificial aplicada a sistemas supervisórios de automação residencial com internet das coisas**. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie – UPM, 2021. Disponível em: <https://adelpha-api.mackenzie.br/server/api/core/bitstreams/e93db373-628b-481b-bd32-98902d85385d/content>. Acesso em: 10 mar. 2025.

CEPEA-USP. **PIB do agronegócio brasileiro**. São Paulo: CEPEA – USP, 2023. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 15 mar. 2025.

CNA. **Panorama do agro**. 2022. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/cna/panorama-do-agro>. Acesso em: 5 abr. 2025.

COELHO, I; NEVES, D. **Automação industrial no Brasil: análise dos benefícios e perspectivas futuras**. REASE, 2024. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/16051>. Acesso em: 22 abr. 2025.

CONIC-SEMSP. **Sistema de irrigação automatizado baseado na umidade do solo**. 2013. Disponível em: <https://www.conic-semesp.org.br/anais/files/2013/1000015934.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2025.

COSMO, B.; GALERIANI, T. **Introdução à automação agrícola: automação nos sistemas de irrigação em tempo real**. Botucatu: UNESP, 2020. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/desafios/article/view/8742/20112>. Acesso em: 16 mar. 2025.

CUNHA, I. C. **Sistema de irrigação automatizado com controle de umidade do solo**. São José dos Campos: Universidade Federal de São Paulo, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/bitstreams/c849de8e-0f96-41c4-af11-390ebae24445/download>. Acesso em: 28 maio 2025.

GOMES, A. L. T.; PEREIRA, F. S. C. **Automação residencial sustentável**. *Revista UNI-RN*, 2019. Disponível em: <https://revistas.unirn.edu.br/index.php/revistaunirn/article/view/506>. Acesso em: 22 abr. 2025.

GROOVER, M. P. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2002. Disponível em: <https://livrariapublica.com.br/livros/automacao-industrial-e-sistemas-de-manufatura-mikell-groover/>. Acesso em: 27 maio. 2025.

LEVI, R. **Automação com Arduino — Parte 2: desenvolvimento embarcado com C++**. Medium, 2023. Disponível em: <https://medium.com/@rafaellevissa/automa%C3%A7%C3%A3o-com-arduino-parte-2-desenvolvimento-embarcado-com-c-90faaf4a9b05>. Acesso em: 17 abr. 2025.

LIMA, F. **A automação e sua evolução**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, 2003. Disponível em: [https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1\\_16.pdf](https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_16.pdf). Acesso em: 21 fev. 2025.

MACHADO, M. **Vantagens da irrigação automatizada para áreas residenciais**. Casa e Construção, 2018. Disponível em: <https://www.casaconstrucao.org/dicas/vantagens-da-irrigacao-automatizada-para-areas-residenciais/>. Acesso em: 22 maio 2025.

MARTINS, G. **Princípios de automação industrial**. Santa Maria: UFSM, 2012. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/78624637/apostila-principios-de-automacao-industrial-ufsm-2012>. Acesso em: 17 abr. 2025.

MENDONÇA, F.; TEODORO, R.; PAZ, V. **Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente**, 2006. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/FWpZyggjyVwnxN8v4rbq9c/>. Acesso em: 11 maio 2025.

MORAES, F. C. **Como a IA e o aprendizado de máquina estão mudando a automação industrial**. *Indústria 4.0*, 2024. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/25600-como-ia-aprendizado-maquina-estao-mudando-automacao-industrial>. Acesso em: 05 maio 2025.

MORAES, J. M.; QUIRINO, C.; ALMEIDA, R. M.; NEVES, J. E. D. A. **Internet das Coisas (IoT): casa inteligente, definições e aplicações**. *Revista Brasileira em Tecnologia da Informação*, 2022. Disponível em: <https://www.fateccampinas.com.br/rbti/index.php/fatec/article/view/52>. Acesso em: 19 mar. 2025.

PUMATRONIX. **Sistemas de Transporte Inteligente (ITS): o que são e como funcionam?** Curitiba: Pumatronix, 2024. Disponível em: <https://pumatronix.com/sistemas-transporte-inteligente-its-o-que-sao-e-como-funcionam/>. Acesso em: 18 mar. 2025.

ROGGIA, L.; FUENTES, R. C. **Automação industrial**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, Rede e-Tec Brasil, 2016. Disponível em: [https://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/18451/material/arte\\_automacao\\_industrial.pdf](https://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/18451/material/arte_automacao_industrial.pdf). Acesso em: 21 fev. 2025.

ROSÁRIO, J. **Automação industrial**. São Paulo: Editora Baraúna, 2009. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=YsUHLcHdbh4C&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 8 abr. 2025.

SANTOS, H.; VILANI, J. W.; SALLES, M. E.; SALVADOR, R. L. **Controle de irrigação inteligente – Arduino**. São Carlos – SP: Etec Paulino Botelho, 2023. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/13567/1/TCC%20-%20SISTEMA%20DE%20IRRIGA%C3%87%C3%83O%20INTELIGENTE-2023.pdf>. Acesso em: 15 maio 2025.

SEBRAE. **Conheça as vantagens e desvantagens da automação industrial**. 2023. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/conheca-as-vantagens-e-desvantagens-da-automacao-industrial,4e6896bdbe056810VgnVCM1000001b00320aRCRD>. Acesso em: 17 abr. 2025.

SENSIX. **Automação na irrigação: potencializando a produtividade e sustentabilidade agrícola**. Disponível em: <https://blog.sensix.ag/automacao-na-irrigacao-potencializando-a-produtividade-e-sustentabilidade-agricola/>. Acesso em: 28 maio 2025.

SIMÕES, M.; SOLER, L. S.; PY, H. **Tecnologias a serviço da sustentabilidade e da agricultura**. Boletim Informativo da SBCS, mai. 2017. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1080538>. Acesso em: 14 maio 2025.

TEIXEIRA, A. F. **Automação industrial: seus desafios e perspectivas**. FEPI. 2013. Disponível em: <http://revista.fepi.br/revista/index.php/revista/article/viewFile/404/278>. Acesso em: 3 maio 2025.

WORTMEYER, C.; FREITAS, F.; CARDOSO, L. **Automação residencial: busca de tecnologias visando o conforto, a economia, a praticidade e a segurança do usuário**. Resende: Associação Educacional Dom Bosco – AEDB, 2005. Disponível em: [https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos05/256\\_SEGET%20-%20Automacao%20Residencial.pdf](https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos05/256_SEGET%20-%20Automacao%20Residencial.pdf). Acesso em: 10 mar. 2025.