
SISTEMA DE IRRIGAÇÃO SUSTENTÁVEL AUTOMATIZADO COM ARDUINO E REUSO DA ÁGUA DA CHUVA

Marieli Buri da Silva

marieli.silva@fatec.sp.gov.br

Fatec Ourinhos

Felipe Henrique de Oliveira Cândido

felipe.candido5@fatec.sp.gov.br

Fatec Ourinhos

Yasmin de Oliveira

yasmin.oliveira20@fatec.sp.gov.br

Fatec Ourinhos

Jéssica Antonio Delgado

jessica.delgado@fatecourinhos.edu.br

Fatec Ourinhos

Isaque Katahira

isaque.katahira@fatecourinhos.edu.br

Fatec Ourinhos

Elaine Paqualini

elaine.pasqualini@fatecourinhos.edu.br

Fatec Ourinhos

Resumo: A agricultura consome aproximadamente 70% da água disponível para uso humano, configurando-se como uma das atividades de maior impacto no gerenciamento dos recursos hídricos. Diante desse cenário, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de irrigação sustentável e automatizada, baseado no aproveitamento da água da chuva e no uso de tecnologias de baixo custo. O sistema foi planejado para integrar diferentes componentes de forma simples e eficiente, contando com um reservatório de captação pluvial, um sensor de umidade do solo conectado a uma placa Arduino e uma bomba hidráulica responsável pela distribuição da água ao solo, garantindo irrigação apenas quando necessário. O protótipo foi submetido a testes controlados, nos quais diferentes níveis de umidade foram simulados, permitindo avaliar a precisão do sensor e a resposta do sistema ao acionar a bomba. Esses testes demonstraram a viabilidade do protótipo em manter a umidade do solo dentro de parâmetros ideais, evitando desperdícios e promovendo economia significativa de água potável. Além disso, a configuração automatizada proporciona praticidade para o produtor, eliminando a necessidade de monitoramento constante e permitindo ajustes flexíveis conforme as condições climáticas e a necessidade hídrica das plantas. Outro aspecto relevante é a possibilidade de replicação do sistema, que pode ser facilmente implementado por pequenos e médios produtores rurais devido ao baixo custo dos componentes e à simplicidade do design. A abordagem adotada contribui, portanto, para práticas agrícolas mais sustentáveis, associando conservação ambiental, eficiência no uso da água e acessibilidade tecnológica. Nos testes realizados, observou-se que o sistema automatizado reduziu em até 40% o volume de água utilizado em comparação com a irrigação manual contínua, reforçando seu potencial de aplicação em práticas agrícolas sustentáveis.

Palavras-chave: Agricultura sustentável; Automação agrícola; Arduino; Irrigação automatizada; Reuso de água.

1. Introdução

A água é um recurso indispensável à vida e à produção de alimentos. A escassez hídrica tem se mostrado um desafio crescente, agravado pelo uso intensivo na agricultura. Segundo a FAO

(2022), a agropecuária responde por cerca de 70% da água retirada no mundo, e o problema vai além da disponibilidade, envolvendo a necessidade de gestão eficiente (IAEA, 2023).

No Brasil, cerca de 8,2 milhões de hectares já são irrigados, com previsão de expansão de até 4,2 milhões até 2040 (ANA, 2021a; NOTÍCIAS AGRÍCOLAS, 2021). Contudo, apenas 22% da área agropecuária nacional poderia ser irrigada com segurança hídrica, exigindo planejamento adequado (GLOBO RURAL, 2021).

Apesar de deter 12% da água doce superficial do planeta, o país enfrenta desperdício e consumo elevado — em média 200 litros por pessoa/dia, quase o dobro da média mundial de 110 (ANA, 2021b; ONU, 2021). O uso excessivo nas plantações contribui para seca e degradação ambiental, destacando a urgência de tecnologias que promovam economia de água (LOURO, 2022).

Nesse cenário, soluções automatizadas de irrigação com microcontroladores, como o Arduino, vêm ganhando destaque (SINGH et al., 2020; LOKESH et al., 2025). Estudos apontam que práticas sustentáveis e de baixo custo são essenciais para enfrentar os desafios hídricos, sobretudo para pequenos produtores (KUNT, 2025; WADA; GONÇALVES, 2021).

Assim, este trabalho tem como objetivo desenvolver um protótipo de irrigação automatizada e sustentável, baseado na coleta de água da chuva e em tecnologias acessíveis.

2. Materiais e Métodos

Para a construção do protótipo do sistema de irrigação sustentável, foram utilizados os seguintes materiais:

Placa Arduino Uno R3 – microcontrolador responsável pelo processamento dos dados do sensor e pelo acionamento da bomba.

Sensor de umidade do solo capacitivo v1.2 – utilizado para medir a umidade em tempo real, com saída analógica conectada ao Arduino.

Bomba d'água submersa DC 3–6V, 120 L/h – responsável pelo bombeamento da água do reservatório para a área de irrigação.

Módulo relé 5V – atuador que permitiu o acionamento automático da bomba de água a partir do sinal enviado pelo Arduino.

LEDs azul, amarelo, verde e vermelho – utilizados como indicadores visuais para sinalizar diferentes estados do sistema,

Tubos de PVC de 1/2" – empregados para simular a captação da água da chuva e condução até o reservatório.

Recipiente plástico de 2 litros – utilizado para representar o tanque de armazenamento de água pluvial.

Mangueiras flexíveis de 6 mm – conectadas à bomba para simular a irrigação no solo.

Protoboard e jumpers – empregados para a montagem do circuito eletrônico.

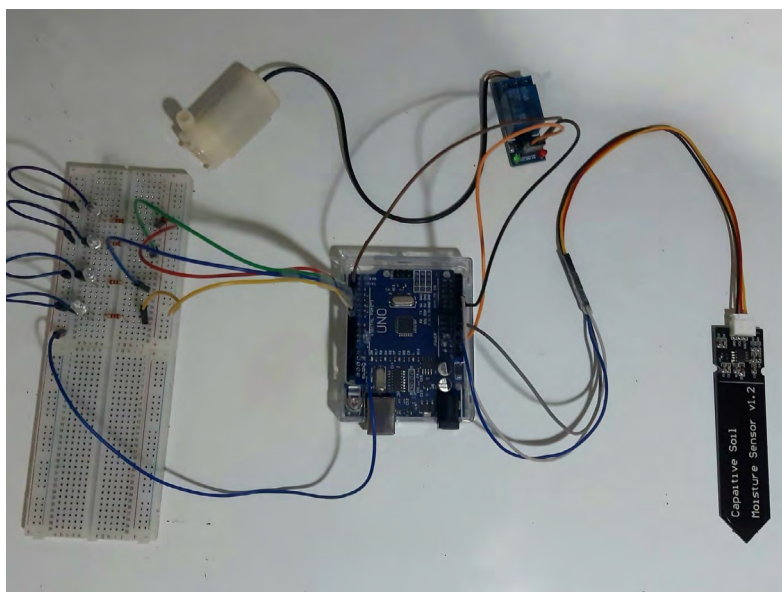
Fonte de alimentação 9V / 1A – utilizada para energizar o Arduino e a bomba.

O método envolveu a integração do sensor de umidade do solo à placa Arduino, de forma que a bomba de água fosse acionada automaticamente sempre que os níveis de umidade se encontrassem abaixo do valor definido. Para a captação da chuva, foram utilizados tubos de PVC presos a estrutura da estufa que fazem a função de canaletas para coletar e encaminhar a água para o tanque reservatório, permitindo demonstrar o funcionamento do sistema de maneira prática e controlada.

O projeto de irrigação automática desenvolvido conta com quatro modos distintos, cada um representado por um LED de cor diferente verde, amarelo, vermelho e azul que indicam o tipo de funcionamento selecionado para o sistema.

No modo representado pelo LED verde, a irrigação ocorre diariamente, ajustando a quantidade de água conforme a umidade do solo: se o solo estiver muito úmido, a irrigação é reduzida, evitando desperdícios; se estiver seco, a irrigação é mais intensa, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Protótipo inicial Arduino Uno



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

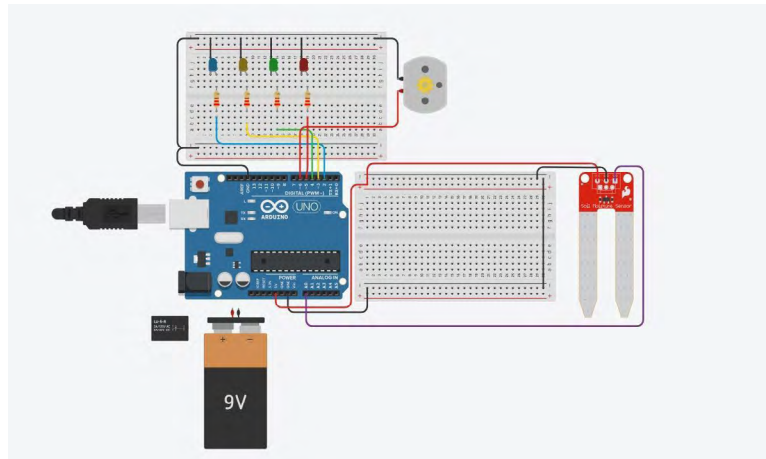
Os outros modos, indicados pelos LEDs amarelo, azul, verde e vermelho, configuram diferentes estratégias de irrigação, o amarelo indica que o sensor está fazendo a leitura do solo, o verde é para quando está sendo realizada a irrigação, já o azul revela que o solo está com umidade em excesso, portanto não é realizada a rega, por fim o vermelho denuncia que houve um erro ao realizar a leitura. Essa configuração permite retornar ao agricultor informações referentes ao solo.

Para validar o funcionamento do sistema antes da montagem física, foi desenvolvido um protótipo virtual na plataforma Tinkercad, que permite simular circuitos eletrônicos com Arduino de forma prática e segura. Na simulação, a bomba d'água foi representada por um motor DC, enquanto o sensor de umidade utilizado foi o modelo de duas hastes resistivo, uma vez que a versão capacitiva v1.2 não está disponível na plataforma. Essa abordagem possibilitou testar a lógica de acionamento, a leitura dos sensores e o comportamento dos LEDs indicativos, garantindo que o código funcionasse corretamente.

Os testes do protótipo foram conduzidos em ambiente de laboratório, com simulação de condições de solo seco e úmido, sem exposição a variações climáticas externas. Essa abordagem permitiu controlar os parâmetros de irrigação e avaliar a resposta do sistema em diferentes situações. Em estudos futuros, pretende-se replicar os experimentos em campo aberto, considerando períodos chuvosos e secos.

A Figura 2 apresenta o protótipo montado no Tinkercad, ilustrando a conexão entre Arduino, relé, motor e LEDs, bem como a configuração do sensor no ambiente virtual.

Figura 2 - Protótipo na plataforma Tinkercad



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

No desenvolvimento do código apresentado na Figura 3, foi utilizado o Arduino IDE como ambiente de programação, por sua interface intuitiva e ampla compatibilidade com placas Arduino.

Figura 3 - Desenvolvimento do código

```
if (valorSensor < 0 || valorSensor > 1023) {  
  // LED vermelho aceso, bomba desligada  
  Serial.println("Erro: leitura do sensor invalida!");  
} else if (valorSensor > limiteSeco) {  
  // Solo seco → ligar bomba, LED verde aceso  
  Serial.println("Solo seco: irrigando...");  
} else if (valorSensor >= limiteUmido && valorSensor <= limiteSeco) {  
  // Solo ideal → bomba desligada, LED azul aceso  
  Serial.println("Solo ideal: irrigacao desativada.");  
} else {  
  // Solo muito úmido → bomba desligada, LED azul aceso  
  Serial.println("Solo muito úmido: irrigacao desativada.");  
}
```

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

No código exemplificado na Figura 3, a lógica de decisão do sistema de irrigação foi organizada em blocos (if) para cada situação do solo, há um comentário curto indicando a ação esperada do sistema. Paralelamente, o Serial Monitor exibe mensagens correspondentes a cada estado, permitindo ao usuário acompanhar de forma clara e imediata o funcionamento do sistema.

O código implementado no Arduino foi essencial para o funcionamento autônomo e inteligente do sistema de irrigação. Por meio dele, foi possível configurar quatro modos distintos de operação, identificados pelos LEDs de cores diferentes, permitindo adaptar o sistema a diferentes cenários de irrigação. A lógica de programação incluiu a leitura contínua do sensor de umidade do solo, a interpretação dos dados captados e o controle do acionamento da bomba hidráulica conforme os critérios definidos para cada modo. Essa integração entre hardware e software permitiu que o protótipo operasse de forma eficiente e responsiva às condições reais do solo, o que pôde ser verificado nos testes práticos realizados, conforme será apresentado na próxima seção.

3. Resultados e Discussão

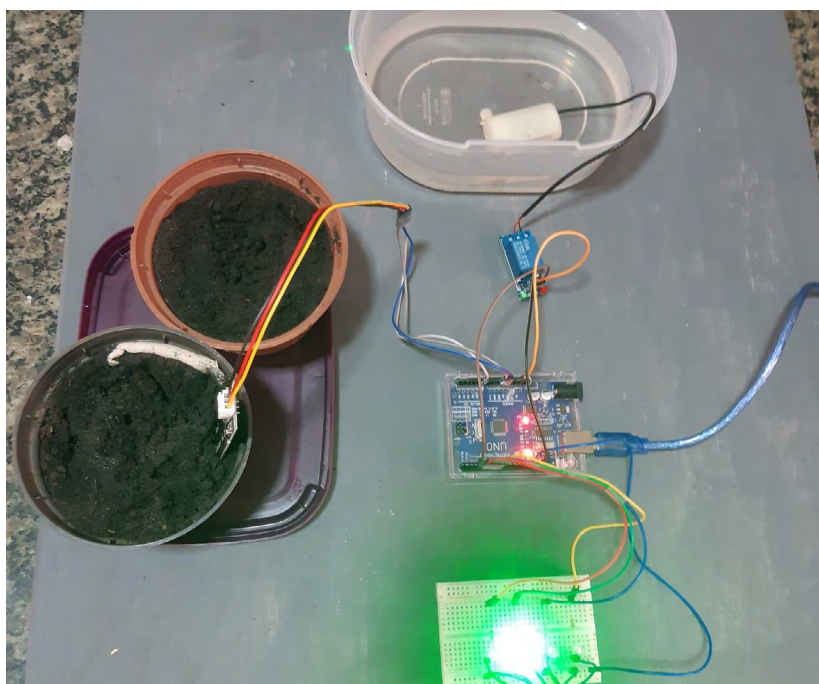
O protótipo desenvolvido demonstrou a viabilidade de um sistema de irrigação automatizado voltado à economia de água, utilizando principalmente a água da chuva. Um sensor de umidade do solo capacitivo v1.2, conectado ao Arduino, aciona a bomba apenas quando a umidade está abaixo da faixa ideal, garantindo irrigação eficiente sem desperdício.

Nos testes, o sensor respondeu de forma estável e a bomba operou de maneira confiável. O tanque de água pluvial permitiu simular o processo em condições controladas, mostrando potencial para aplicação em diferentes contextos agrícolas.

O Arduino se mostrou adequado pela versatilidade e possibilidade de expansão com outros sensores (temperatura, luminosidade ou nível de reservatório), tornando o sistema eficiente, de baixo custo e facilmente replicável, especialmente para pequenos produtores e agricultores urbanos.

O sensor capacitivo v1.2 foi escolhido por evitar corrosão e fornecer leituras mais confiáveis que modelos resistivos antigos, como o HL-69. A faixa de umidade ideal foi calibrada considerando a leitura analógica do Arduino (0–1023): valores abaixo de 200 indicam solo encharcado, entre 200 e 450 solo adequado, e acima de 450 solo seco, acionando a irrigação. O LED verde indica irrigação ativa (Figura 4) e o LED azul sinaliza solo úmido ou ideal (Figura 5).

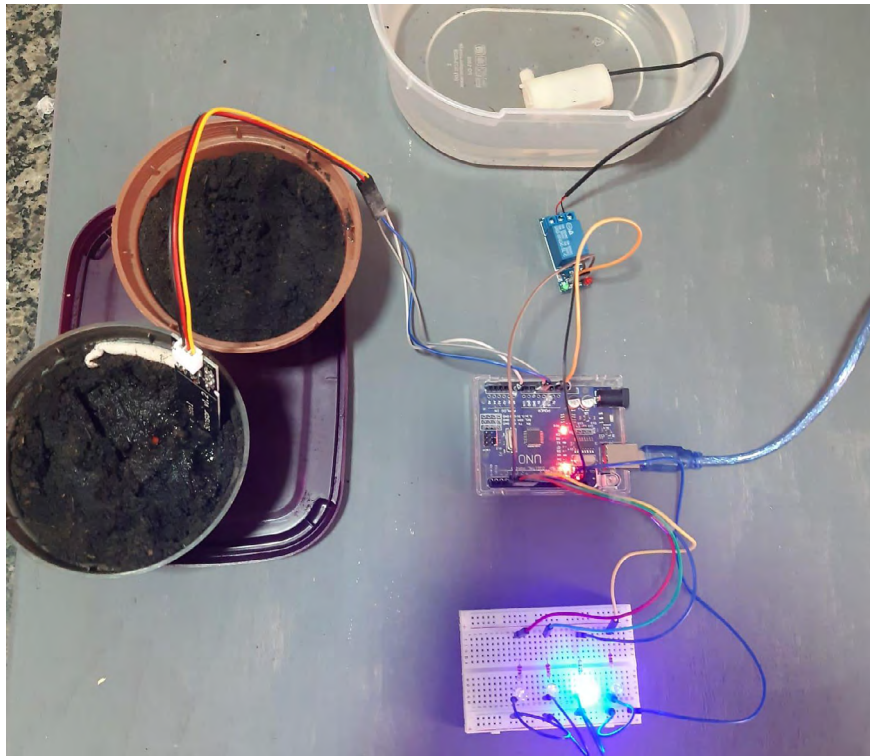
Figura 4 - Sensor Seco (LED verde ativado)



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Na Figura 4, é possível observar o LED verde aceso, indicando que o sensor identificou o solo como seco (valor de 453) e, portanto, acionou o sistema de irrigação. Essa situação representa a condição em que a bomba precisa atuar para corrigir o déficit de umidade. Já a Figura 5 mostra o cenário oposto: o sensor registrou um valor de 231, dentro da faixa ideal de umidade, e o LED azul foi ativado para sinalizar que não há necessidade de irrigação naquele momento.

Figura 5 - Sensor úmido (LED azul ativado)



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

A comparação entre a Figura 4 e a Figura 5 evidencia que o sistema adapta-se automaticamente às condições de umidade do solo, facilitando a interpretação pelo usuário e reforçando sua eficiência no manejo sustentável da água.

Em um ensaio de 10 minutos, a irrigação manual contínua consumiu cerca de 500 mL de água, enquanto o sistema automatizado utilizou aproximadamente 300 mL, representando uma economia de 40%.

O controle automatizado é possível graças ao módulo relé de 5V, que atua como interruptor eletrônico acionado pelo Arduino. Esse relé protege o microcontrolador, permitindo ligar a bomba apenas quando necessário e controlando com precisão o tempo de funcionamento para garantir irrigação eficiente.

4. Considerações Finais

O trabalho apresentou uma solução prática, acessível e sustentável para irrigação, combinando automação por Arduino e aproveitamento da água da chuva, reduzindo o consumo de água potável. O sistema é funcional, de baixo custo e passível de aprimoramento com sensores adicionais.

Entre as limitações estão a dependência de energia elétrica, ausência de testes em campo e falta de integração com monitoramento remoto. Para estudos futuros, recomenda-se incluir sensores de luminosidade, temperatura e qualidade da água (turbidez, pH e condutividade) e integrar IoT com energia solar, ampliando autonomia e eficiência. A solução é viável e promissora para pequenos e médios produtores.

5. Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Atlas irrigação atualiza área irrigada total no Brasil em 8,2 milhões de hectares. Brasília: ANA, 2021a. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/atlas-irrigacao-atualiza-area-irrigada-total-no-brasil-em-8-2-milhoes-de-hectares>. Acesso em: 25 ago. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021. Brasília: ANA, 2021b. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/monitoramento/conjuntura>. Acesso em: 25 ago. 2025.

FAO. How to overcome water challenges in agriculture. Rome: FAO, 2022. Disponível em: <https://fao.sitefinity.cloud/newsroom/detail/How-to-overcome-water-challenges-in-agriculture/en>. Acesso em: 25 ago. 2025.

GLOBO RURAL. Brasil tem água para irrigar só 22% da sua área agropecuária atual. Globo Rural, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://globorural.globo.com/Noticias/Agricultura/noticia/2021/02/brasil-tem-agua-para-irrigar-so-22-da-sua-area-agropecuaria-atual.html>. Acesso em: 25 ago. 2025.

KUNT, Y. E. Development of IoT and AI based Smart Irrigation System. B.Sc. Thesis (Electrical and Electronics Engineering) – Mugla Sitki Kocman University, Mugla, 2025. LOKESH, C.; RAVI, D.; PRASHANTH, M.; MUDIGAL, P. Arduino-powered soil nutrient and moisture management for sustainable farming. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), v. 14, n. 5, p. 327-331, maio 2025.

LOURO, P. V. C. Desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado e controlado por aplicativo para um quintal produtivo. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecatrônica) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Campus Divinópolis, Divinópolis, 2022.

NOTÍCIAS AGRÍCOLAS. Área irrigada do Brasil pode avançar 4,2 milhões de hectares até 2040, projeta ANA. Notícias Agrícolas, 2021. Disponível em: <https://www.noticiasagricolas.com.br/videos/agronegocio/283511-area-irrigada-do-brasil-pode-avancar-42-milhoes-de-hectares-ate-2040-projeta-ana.html>. Acesso em: 25 ago. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2021: valorizando a água. Paris: UNESCO, 2021. Disponível em: <https://www.unesco.org/reports/wwdr/2021/pt>. Acesso em: 25 ago. 2025.

SINGH, N.; et al. Arduino based automatic plant watering/irrigation system. International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology, v. 4, n. 12, p. 273-276, 2020.

WADA, E. R.; GONÇALVES, M. S. Automação agrícola 4.0: sistema de irrigação e monitoramento com baixo custo. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2021.