
AUTOMAÇÃO DE IRRIGAÇÃO SUSTENTÁVEL COM ARDUÍNO

CAMARGO, Caroline de¹
REIS, Guilherme Iago dos²
PERUCCI, Camilo Cesar³

Centro Universitário Hermínio Ometto – UNIARARAS, Araras – SP, Brasil

Resumo

No contexto do uso eficiente dos recursos naturais em práticas agrícolas, a automação do sistema de irrigação surge como uma estratégia crucial para garantir a sustentabilidade, otimizando o consumo de água e energia. Tal estratégia visa não apenas minimizar o desperdício de água, mas também assegurar a vitalidade das plantas, prevenindo problemas como deficiências nutricionais e deterioração das raízes. Neste trabalho, propõe-se a utilização do Arduino como ferramenta central para essa automação, dada sua acessibilidade, custo-benefício e adaptabilidade. O projeto desenvolvido foca na implementação de um sistema automatizado de irrigação, que integra sensores de umidade, temperatura do solo e ambiente, além de mecanismos de controle de fluxo de água, programado em C++. Adicionalmente, o sistema é complementado por uma aplicação móvel que permite a seleção de diferentes culturas, monitoramento em tempo real, elaboração de relatórios adaptados às necessidades do usuário e cadastro de novas culturas. A eficácia do sistema foi testada em um protótipo de canteiro, com o intuito de verificar seu potencial em elevar a produtividade, diminuir gastos e melhorar a qualidade dos produtos agrícolas, reforçando o compromisso com práticas agrícolas sustentáveis.

Palavras-chave: Sustentabilidade, desenvolvimento, automação, agricultura.

¹ FHO|UNIARARAS. Aluno do Curso de Sistemas de Informação, Caroline Camargo, caroline.cmg01@alunos.uniararas.br

² FHO|UNIARARAS. Aluno do Curso de Sistemas de Informação, Guilherme Reis, cobaincorporatios@alunos.uniararas.br

³ FHO|UNIARARAS. Professor do Curso de Sistemas de Informação, Camilo Perucci, camiloperucci@fho.edu.br

1 Introdução

1.1 Contextualização

O interesse pela jardinagem, pelo cultivo de plantas e pelo consumo de alimentos orgânicos cresceu de forma expressiva, evidenciado por um aumento de 180% na busca por *kits* de jardinagem no primeiro trimestre de 2020, no período de 17/03 a 17/06 (RIBEIRO, 2020). O cultivo de plantas nem sempre é uma tarefa simples, uma vez que manter as plantas saudáveis requer conhecimento e vigilância diária, dependendo da espécie. Isso implica em famílias e agricultores dedicando mais mão de obra e tempo ao processo de cultivo.

A automação no cuidado das culturas representa um avanço significativo no manejo das plantas, eliminando a necessidade de supervisão diária e intervenções físicas constantes, tornando-a uma tarefa de observação ocasional. Essa abordagem não apenas economiza tempo e mão de obra, mas também se destaca como uma solução tecnológica e sustentável, contribuindo positivamente para o meio ambiente, ao evitar o desperdício de recursos naturais como água e energia (IRRIGAMATIC, 2020).

A automação no processo de irrigação desempenha um papel fundamental na promoção da sustentabilidade, uma vez que diferentes espécies de plantas têm necessidades específicas de água, variando de maior a menor demanda (DUARTE, 2017). Ao garantir uma irrigação precisa, evita-se o desperdício e minimizam-se problemas como deficiência de nutrientes, ressecamento e deterioração das raízes (PIMENTEL, 2004).

1.2 Tema de pesquisa

Desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado para otimizar o cultivo de plantas em canteiros e hortas, com o intuito de reduzir a necessidade de mão de obra e o uso eficiente dos recursos naturais, com um enfoque no contexto do uso eficiente dos recursos naturais e promoção da sustentabilidade e na produção de alimentos orgânicos.

1.3 Motivações e justificativas

A temática da automação em sistemas de irrigação sustentável, com o uso do Arduino, apresenta-se como de alta relevância no cenário atual. Ela converge para a aplicação de inovações tecnológicas visando superar desafios emergentes na área agrícola, tais como a iminente escassez hídrica e a imperativa gestão otimizada de recursos naturais. A adoção do Arduino, enquanto plataforma de automação, destaca-se por sua acessibilidade e praticidade de implementação, configurando-se como uma opção especialmente vantajosa para agricultores em busca de práticas mais sustentáveis. Dessa forma, entende-se que uma investigação aprofundada sobre este tema pode enriquecer e expandir a questão do conhecimento relativo a tecnologias verdes aplicadas à agricultura de base familiar, além de fomentar a conservação ambiental e potencializar a eficiência produtiva no setor agrário.

Além disso, o esforço dedicado ao avanço da automação em processos agrícolas é fundamental para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) relacionados à gestão eficiente de recursos naturais e à promoção da agricultura sustentável. Isso visa garantir que os recursos naturais sejam usados com alta adaptabilidade e resultem na melhoria constante da qualidade do solo.

1.4 Objetivos

1.4.1 – Objetivo geral

Desenvolver um sistema de irrigação automatizado e monitorado, baseado na plataforma Arduino.

1.4.2 – Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste projeto englobam:

- Realização de uma pesquisa abrangente para estabelecer critérios eficazes de monitoramento para canteiros e hortas;
- Desenvolvimento de um *software* dedicado para gerenciamento e controle do sistema de irrigação, bem como para monitorar as condições do solo;
- Programação do Arduino para efetuar o controle automatizado da irrigação;
- Elaboração de um protótipo funcional de um canteiro automatizado para validar a eficácia do sistema de irrigação e demonstrar a utilização sustentável dos recursos naturais.

2 Revisão bibliográfica

2.1 Conceitos relacionados

Nessa seção são apresentados conceitos relacionados à automação, irrigação, cultivo e o uso do Arduino para o desenvolvimento do trabalho.

2.1.1 Agricultura

Segundo Guitarrara (2023), agricultura é a prática milenar de cultivo do solo, visando a produção de alimentos e matérias-primas, desempenhando um papel central na economia como parte do setor primário. Ela se divide em diversas categorias com base nas técnicas de cultivo, objetivos de produção e varia de sistemas extensivos e intensivos, dependendo da mão de obra, investimento de capital e práticas agrícolas adotadas. A produção agrícola é o pilar econômico de muitos países, exemplificado pelo caso do Brasil. Com a modernização da agricultura, que ganhou força a partir da segunda metade do século XX, houve um notável aumento na produtividade e expansão das áreas cultivadas em todo o mundo, atendendo à crescente demanda por alimentos e matérias-primas.

2.1.2 Plantio e cultivo de culturas

O plantio e cultivo de culturas desempenham um papel fundamental na agricultura, fornecendo alimentos, fibras e matérias-primas para diversos setores. Conforme mencionado pela Embrapa (2021), esse processo envolve o ato de semear ou transplantar sementes ou mudas de plantas em uma área específica, permitindo que cresçam e amadureçam até a fase de colheita, conforme os seguintes tópicos:

1. Para o plantio de culturas, a seleção do local apropriado, considerando fatores como clima, disponibilidade de água, tipo de solo e topografia da área são relevantes. Cada cultura possui necessidades específicas em relação a esses elementos, tornando vital a escolha de um local que atenda às exigências da cultura em questão.
2. Uma vez definido o local, é essencial preparar o solo, incluindo a remoção de ervas daninhas, a aração do solo para afrouxá-lo e a adição de nutrientes, como fertilizantes orgânicos ou inorgânicos, para melhorar sua qualidade. O objetivo é criar um ambiente propício para o crescimento saudável das plantas.
3. As sementes ou mudas são cuidadosamente plantadas no solo, seguindo as orientações específicas para cada cultura, como profundidade, espaçamento entre as plantas e densidade de semeadura, que podem variar de acordo com a cultura escolhida. Garantir o contato adequado das sementes ou mudas com o solo é essencial para que possam absorver água e nutrientes necessários ao crescimento.
4. Após o plantio, é necessário cuidar das culturas ao longo de seu ciclo de crescimento, incluindo irrigação regular, controle de pragas, doenças e ervas daninhas, além de práticas adicionais, como poda e adubação, dependendo da cultura.
5. Conforme as culturas crescem, é crucial monitorar seu desenvolvimento, detectar sinais de estresse ou doenças e implementar medidas corretivas quando necessário. A colheita ocorre quando as culturas atingem a maturidade, e essa fase pode ser realizada manualmente ou com o auxílio de máquinas, dependendo da escala da operação e do tipo de cultura.

Ressalta-se que o plantio e cultivo de culturas exige conhecimento, experiência e dedicação por parte dos agricultores, que precisam estar atentos às necessidades das plantas, às condições ambientais e às melhores práticas agrícolas. Com os devidos cuidados, essa atividade contribui para a segurança alimentar, a sustentabilidade e a produção de alimentos de qualidade (EMBRAPA, 2021).

2.1.3 Sustentabilidade e o manejo da irrigação

A sustentabilidade, definida como a capacidade de atender às necessidades presentes sem comprometer as gerações futuras, abrange aspectos econômicos, sociais, culturais e ambientais (SOUSA, [s.d.]). No contexto da agricultura, a irrigação sustentável

desempenha um papel crucial. Tradicionalmente, a irrigação pode resultar na saturação do solo, contaminação de rios e aquíferos pelo uso de agrotóxicos e desperdício de água (SILVA, 2016). Para mitigar esses problemas, é fundamental adotar práticas de irrigação mais eficientes e utilizar inovações tecnológicas para melhorar a gestão dos recursos hídricos.

A irrigação sustentável envolve a aplicação de água de forma eficaz, levando em consideração as necessidades reais das plantas. Nesse contexto, o uso de sensores de solo se destaca como uma inovação tecnológica eficiente. Esses dispositivos permitem medir a umidade do solo em tempo real e ajustar a quantidade de água fornecida às plantas com base nesses dados. Isso evita tanto o excesso quanto a escassez de irrigação, aumentando a eficiência no uso da água e reduzindo as perdas por evaporação ou escoamento (ESTADÃO, 2019).

Existem diferentes sistemas de irrigação, cada um com suas características e aplicações específicas:

- **Sistema de Irrigação Superficial:** Utiliza sulcos, faixas, corrugações e inundação, distribuindo a água sob a superfície do solo. É de baixo custo, requer pouca energia e mão de obra, sendo adequado para a maioria dos solos, exceto os de alta infiltração (SILVA, 2023).
- **Sistema de Irrigação Subsuperficial:** Este método utiliza o lençol freático controlado por comportas e drenagem do solo, com baixo custo, mão de obra e consumo de energia. No entanto, pode favorecer a salinização do solo (AGROJET, 2022).
- **Sistema de Irrigação por Aspersão:** Neste sistema, a irrigação simula uma chuva sobre o solo. Embora exija baixa mão de obra, o custo é mais elevado. É versátil e pode ser aplicado em diversos tipos de solo, permitindo a automação e a aplicação de fertilizantes e pesticidas via água, além de uma distribuição uniforme da água (AGROJET, 2022).
- **Sistema de Irrigação Localizada:** A água é aplicada próxima às raízes das plantas, evitando molhar toda a superfície do solo. No entanto, esses sistemas tendem a demandar um investimento significativo e podem enfrentar o risco de entupimento dos gotejadores. Entre suas variantes, estão o sistema de gotejamento, que aplica a água diretamente na raiz por meio de gotejadores, e o sistema de microaspersão, que distribui a água em áreas específicas em forma de setores e círculos (AGROJET, 2022).

Em síntese, a abordagem da irrigação sustentável é de extrema importância na agricultura contemporânea, visando à otimização dos recursos hídricos, à preservação ambiental e à garantia da produção de alimentos de alta qualidade. A escolha cuidadosa do sistema de irrigação e a adoção de práticas de manejo eficientes desempenham um papel essencial nesse contexto (RODRIGUES, 2022).

2.1.4 Automação

A automação se trata de todo processo executado sem a intervenção humana, ou seja, de forma automática. Um controle automático compreende determinadas mudanças sob o sistema sendo capaz de realizar determinada ação corretiva sem intervenção humana (CAMARGO, 2014).

2.1.5 Arduino

O Arduino é uma plataforma de desenvolvimento eletrônico que utiliza *hardware* e *software* de código aberto. Consiste em uma placa de circuito integrado (PCB) com uma variedade de pinos de entrada e saída, possibilitando a conexão de diversos componentes eletrônicos, como sensores, motores e luzes.

A plataforma oferece uma *Integrated Development Environment* (IDE), na qual os usuários podem escrever e carregar códigos diretamente no microcontrolador da placa, permitindo o controle dos dispositivos conectados. A programação é baseada em funções programadas em C e C++, facilitando o desenvolvimento de projetos interativos e inovadores com baixo custo, mesmo para aqueles sem conhecimento avançado em eletrônica ou programação (MAKIYAMA, 2022).

2.2 Trabalhos relacionados

Na sequência serão apresentados quatro trabalhos relacionados, que foram utilizados como referências e fontes de informações necessárias para o desenvolvimento deste projeto.

Segundo Barbosa (2013), a utilização do Arduino permite a automatização do processo de irrigação, proporcionando um controle mais preciso e eficiente da quantidade de água fornecida às plantas. O sensor de umidade do solo é utilizado para monitorar o nível de umidade do solo e acionar a irrigação somente quando necessário, economizando água e energia.

Medeiros (2018) apresenta diversas vantagens a partir da irrigação por gotejamento como o alcance de todas as plantas pela tubulação e a eficiência na aplicação da água, como a facilidade de programação e customização, a redução de custos em relação a sistemas comerciais e a possibilidade de controle remoto por meio da internet. Além disso, o sistema automatizado permite um melhor gerenciamento do uso da água, evitando desperdícios e garantindo uma irrigação eficiente.

O projeto de Lopes *et al.* (2022) mostra que a automação aumenta a produtividade e reduz custos de produção. O sistema desenvolvido apresentou um bom desempenho no controle da umidade do solo e na irrigação das plantas, mantendo o solo sempre úmido e evitando tanto o excesso quanto a falta de água. Também permitiu uma economia significativa de água em comparação com a irrigação manual. Os autores também destacam a facilidade

de implementação e o baixo custo do sistema, tornando-o acessível a pequenos produtores rurais.

Straub (2019) introduz um modelo de automação que, através da medição contínua da temperatura e umidade do solo, utiliza funções programadas, sensores e uma válvula para controlar o fluxo de água, liberando a quantidade necessária. Além disso, o sistema gerencia regras específicas para cada espécie de planta, adaptando o ciclo de rega conforme suas exigências individuais.

3 Metodologia

A metodologia deste trabalho foi dividida em quatro etapas distintas:

3.1 Pesquisa e revisão bibliográfica

Para embasar o conhecimento necessário ao desenvolvimento do sistema automatizado de irrigação, foram conduzidas pesquisas e revisões bibliográficas. Essas fontes incluíram livros e artigos científicos que abordam os fundamentos do assunto. Foram selecionados 9 materiais, sendo 5 artigos científicos e 4 capítulos de livros, todos relacionados ao tema em questão. Além disso, foram considerados 3 artigos científicos que tratam da automação da irrigação e 2 livros, um que aborda os cuidados e o passo a passo para criar um canteiro e cultivar plantas, e outro sobre o uso do Arduino para desenvolver sistemas de automação.

3.2 Arquitetura do projeto

O ciclo de vida adotado para este projeto foi o modelo clássico, também conhecido como modelo cascata. Neste modelo, os requisitos foram identificados desde o início do projeto, com base em pesquisa em livros e artigos científicos.

A arquitetura do projeto foi desenvolvida com a utilização de um protótipo funcional baseado no Arduino, responsável pela coleta de dados e controle dos sensores. Complementando essa estrutura, foi criada uma aplicação móvel dedicada ao monitoramento e controle do sistema.

3.2.1 Protótipo funcional Arduino para coleta de dados e controle de sensores

Para a programação do Arduino, foi utilizada a linguagem de programação C/C++, linguagem denominada por baixo nível. Linguagem de baixo nível é um padrão de codificação no qual permite-se um melhor entendimento e controle do *hardware* (ROVEDA, 2021). Ela é utilizada pelo compilador da plataforma, e foi codificada no IDE proprietária do Arduino.

Para a realização do projeto, foi escolhida a utilização da placa de desenvolvimento Arduino UNO, que permite agregar diversas expansões, sensores e outros recursos, aliando baixo custo e facilidade para encontrar os periféricos. Para o controle do solo durante o cultivo, foi utilizado um sensor de umidade e temperatura ambiente do tipo

DHT11, além de um sensor de umidade do solo que obtém os dados para a placa de desenvolvimento, permitindo o controle do fluxo de água.

O desenvolvimento da automação de rega para hortas e canteiros requer alguns materiais indicados. Segundo Stevan Junior e Silva (2015), a construção de um sistema de automação de irrigação requer os seguintes materiais:

- Sensor DHT11: é um sensor de temperatura e de umidade ambiente, capaz de identificar uma determinada temperatura que pode variar entre 0 °C e 50 °C e umidade na faixa de 20 a 90%;
- LM393: é um sensor de umidade do solo, capaz de identificar uma determinada umidade que pode variar entre 0% e 100%;
- Sensor de vazão de água YF-S201: O sensor de vazão permite coletar o volume da vazão de água;
- Arduino UNO: é uma placa de desenvolvimento que oferece 14 pinos digitais de entrada/saída e 6 entradas analógicas. Essas características permitem a execução de projetos de forma satisfatória, proporcionando versatilidade e flexibilidade para a conexão de sensores, atuadores e outros componentes eletrônicos;
- Válvula solenoide que permite a abertura e o fechamento do fluxo d'água;
- W5100: Placa que permite a comunicação do Arduino com a rede internet via cabo;
- Relês para controlar a passagem de energia elétrica.

3.2.2 Aplicação móvel

Para o desenvolvimento da aplicação móvel foi utilizado HTML, CSS, PHP, JAVASCRIPT, WEBVIEW no Android Studio utilizando Java e ChartJS. Também foi utilizado o PhpMyAdmin para administração do banco de dados dentro do Clever Cloud, um serviço em nuvem. O site está hospedado na 000webhost. Foi desenvolvido um *mockup* do protótipo das telas da aplicação móvel, todas as telas foram projetadas no Figma antes de serem desenvolvidas.

3.2.3 Canteiros de mudas

Para o desenvolvimento da estrutura do protótipo, foi utilizado um vaso de plástico, o Arduino, seus sensores e componentes, uma *proto board*, ventoinha para refrigeração interna do sistema e mangueiras de poliuretano. A escolha da cultura recai sobre o rabanete, devido ao seu ciclo de crescimento rápido, estimado em cerca de 22 dias.

3.3 Validação do projeto

Para validar o projeto, uma avaliação minuciosa foi conduzida para verificar a capacidade da automação implementada em manter níveis de umidade do solo apropriados durante todo o ciclo de cultivo. Isso envolveu a coleta regular de dados sobre a umidade do solo, que foram comparados com os requisitos específicos de cada cultura plantada. O objetivo principal foi assegurar que o sistema automatizado é eficaz na entrega da quantidade ideal de água, evitando a escassez, e, assim, contribuindo para o desenvolvimento saudável das plantas. Além disso, a aplicação móvel também foi submetida a um processo de validação. Isso ocorreu por meio da consulta aos dados armazenados no banco de dados, exibição desses dados, apresentação de gráficos que representam dados relevantes e a capacidade de cadastrar novas culturas.

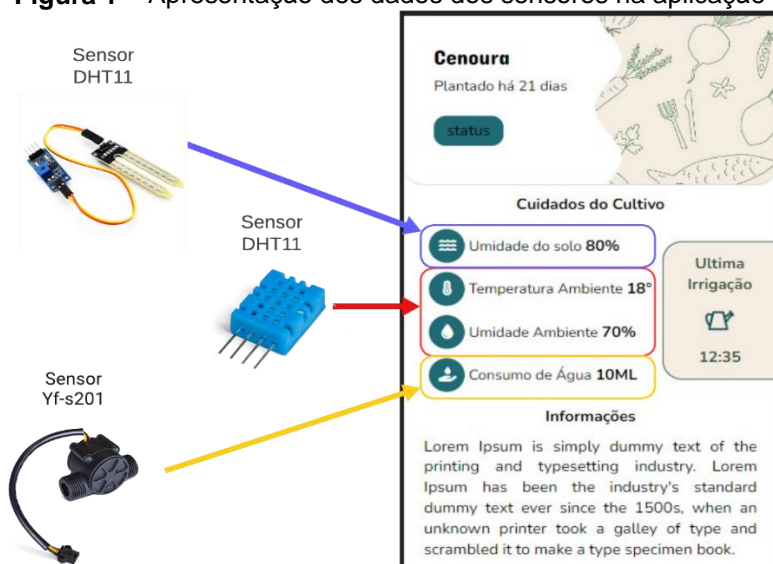
3.4 Automação do cultivo

Para a apresentação dos resultados, uma aplicação móvel dedicada foi desenvolvida. O código fonte do Arduino foi elaborado com base em casos de teste, permitindo a validação da leitura dos sensores de temperatura e umidade. Quando necessário, o sistema ativou a válvula d'água para garantir o fornecimento adequado de água às plantas. Essa integração eficaz entre o *hardware* do Arduino e a aplicação móvel proporcionou um controle preciso do sistema e permitiu o monitoramento em tempo real das condições do solo, facilitando a tomada de decisões para otimizar o cultivo.

4 Resultados obtidos

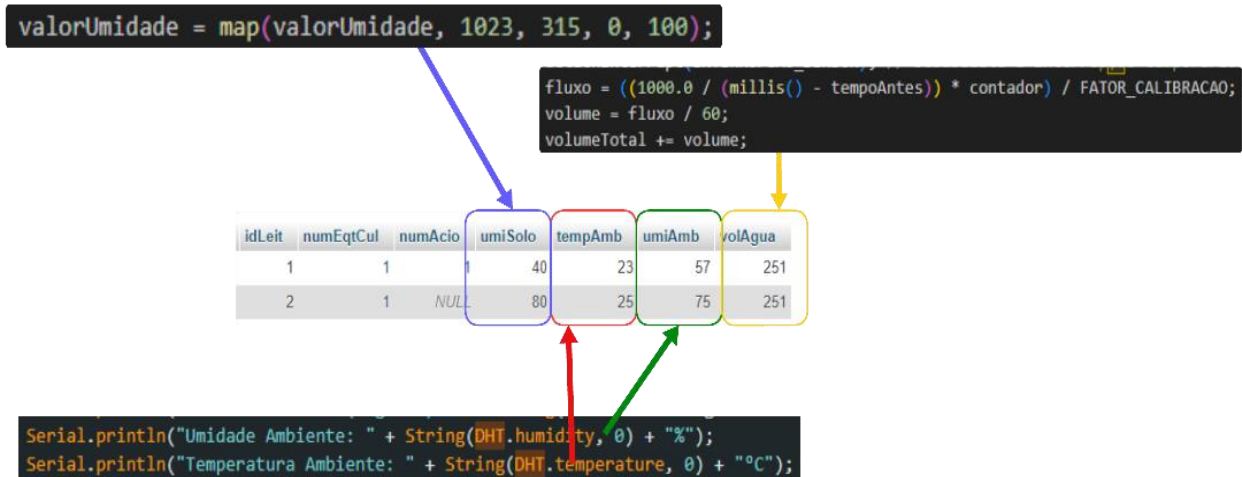
Após o desenvolvimento do projeto, foi possível coletar, armazenar, exibir e tratar dados de umidade do solo, temperatura e umidade ambiente e de consumo de água, como é apresentado nas Figuras 1 e 2. Os dados são coletados a partir dos sensores, são exibidos no aplicativo e armazenados no banco de dados.

Figura 1 – Apresentação dos dados dos sensores na aplicação



Fonte: os autores

Figura 2 – Inserção das informações no banco de dados



Fonte: os autores

A Figura 3 apresenta o monitoramento em tempo real da cultura, como o tipo, o nível de umidade e temperatura do ambiente, a umidade do solo e informações dos últimos acionamentos bem como o volume de água utilizado na última irrigação, para isso, é utilizada uma função PHP de consulta, como é apresentado na Figura 4.

Figura 3 – Consulta de dados gerais



Fonte: os autores

Figura 4 – Função de consulta

```
try {  
    // Prepara e executa a consulta SQL.  
    $stmt = $conn->prepare("  
        SELECT a.numAcio, a.numLeit, a.datAcio, a.horAcio, a.tipAcio,  
        l.idLeit, l.numEqnCul, l.numAcio, l.umiSolo, l.tempAmb, l.umiAmb, l.volAgua  
        FROM acionamento a  
        JOIN leitura l ON a.numLeit = l.idLeit");  
}
```

Fonte: os autores

A Figura 5 apresenta a tela de cadastro de culturas, permitindo que sejam incluídos no banco de dados, novos tipos de plantas, seu nível de umidade média e outras características por meio da função PHP apresentada na Figura 6.

Figura 5 – Tela de cadastro de novas culturas

Adicionar Novo Cultivo

Nome

Nome

Tipo

Leguminosa

Descreva abaixo informações para o cultivo da nova espécie

Umidade %

Umidade

Descrição da Espécie

Descrição

Instruções para Plantio

Características do Plantio

Botão de confirmação com ícone de planta

Fonte: os autores

Figura 6 – Função de cadastro de culturas

```
try {
    $stmt = $conn->prepare("INSERT INTO cultura (tipCult, deCult, umidCult, carCult, armazenamento, nome)
    VALUES (:tipo, :descricao, :umidade, :caracteristicas, :armazenamento, :nome)");

    $stmt->bindParam(':tipo', $tipo);
    $stmt->bindParam(':descricao', $descricao);
    $stmt->bindParam(':umidade', $umidade);
    $stmt->bindParam(':caracteristicas', $caracteristicas);
    $stmt->bindParam(':armazenamento', $armazenamento);
    $stmt->bindParam(':nome', $nome);
    $stmt->execute();
}
```

Fonte: os autores

As Figuras 7 e 8 exibem a interface de monitoramento do consumo, proporcionando a visualização e análise do desempenho do canteiro por meio de gráficos visuais que representam os dados coletados durante o cultivo da cultura.

Figura 7 – Apresentação dos gráficos de umidade do solo e da quantidade diária de água utilizada



Fonte: os autores

Umidade do solo

Gráfico de linha mostrando a variação da umidade do solo ao longo do dia (00:00 a 22:00). O eixo Y varia de 0 a 100. A umidade flutua entre aproximadamente 25% e 95%.

Irrigação Média Diária

Gráfico de barras mostrando a irrigação média diária em litros por dia (07/11 a 13/11). O eixo Y varia de 0 a 120. Os valores são aproximadamente: 07/11: 45L, 08/11: 100L, 09/11: 70L, 10/11: 20L, 11/11: 25L, 12/11: 60L, 13/11: 70L.

Temperatura Ambiente

Gráfico de linha mostrando a variação da temperatura ambiente ao longo do dia (00:00 a 22:00). O eixo Y varia de 15 a 45. A temperatura varia entre aproximadamente 20°C e 32°C.

Acompanhe abaixo a variação da temperatura ambiente por hora

Hora	Ícone	Temperatura
08:00	🌡️	24°
09:00	🌡️	24°
10:00	🌡️	26°
12:00	🌡️	28°
13:00	🌡️	29°
14:00	🌡️	30°

A Figura 9 apresenta o protótipo do canteiro em sua versão final.

A custom-built wooden enclosure for a Raspberry Pi. The enclosure is made of light-colored wood and has a circular cutout on the front panel revealing a black cooling fan. A green flexible hose is connected to a white container (likely a water reservoir) and runs along the top and side of the enclosure. The hose is secured with black zip ties. A blue plastic fitting is visible where the hose connects to the container. The entire setup is designed for a Raspberry Pi project, likely for a water-based cooling system.

Fonte: os autores

A Figura 10 apresenta a parte interna do protótipo, contando com as ligações elétricas, ventoinha de refrigeração, sensores e ligações conectadas à rede de abastecimento de água residencial.

Figura 10 – Ligações internas



Fonte: os autores

A Figura 11 apresenta a parte superior do canteiro, contendo a mangueira por onde a água flui até a planta por meio de pequenos furos e o sensor de umidade do solo.

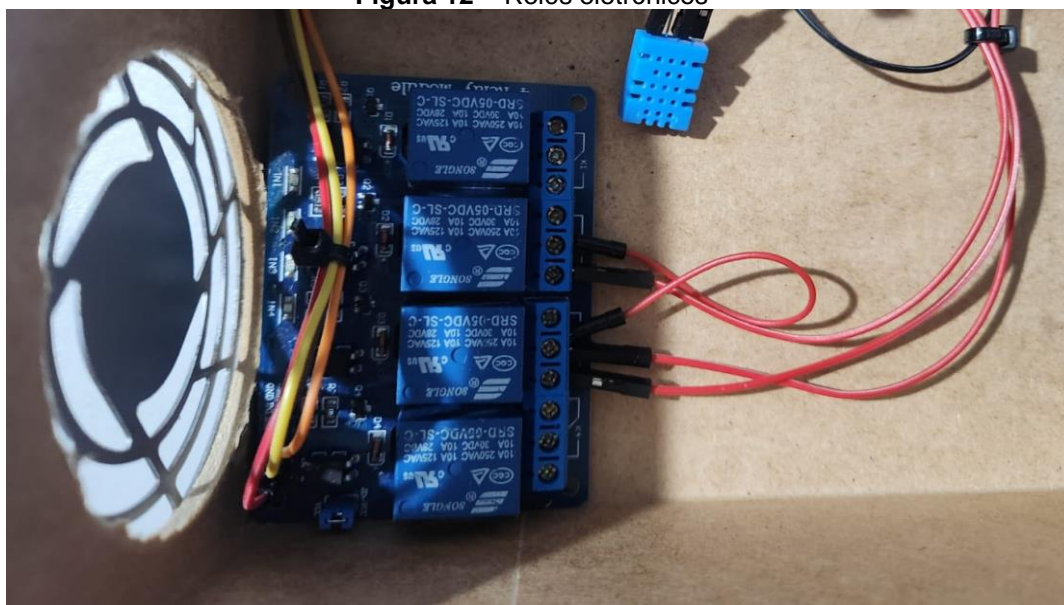
Figura 11 – Vaso de plantas



Fonte: os autores

A Figura 12 apresenta os relés eletrônicos. Eles têm a finalidade de controlar o fluxo de água pela válvula solenoide e a ventoinha para o resfriamento interno do protótipo.

Figura 12 – Relés eletrônicos



Fonte: os autores

A Figura 13 representa o vaso com a terra, já conta com as sementes de rabanete, mas elas ainda não tinham se desenvolvido.

Figura 13 – Vaso com terra



Fonte: os autores

A Figura 14 representa o vaso com a terra e as folhas do rabanete, é possível observar o sistema ativando a irrigação, onde os pingos de água estão caindo, umidificando o solo.

Figura 14 – Vaso com rabanete e irrigação



Fonte: os autores

A partir dos dados coletados ao fim do projeto, foi possível notar uma eficiência de controle no nível de umidade necessário para o desenvolvimento das culturas que, se ativa ou não dependendo do valor de umidade coletado, tendo um monitoramento simples que é feito por aparelho móvel.

5 Considerações finais

O objetivo do projeto foi criar um sistema de irrigação automatizada e monitorada. Ao término do projeto foi entregue uma solução em que a aplicação móvel e o Arduino estão integrados e estabelecendo comunicação com o banco de dados. Foram enfrentados alguns desafios, como a complexidade da comunicação entre o Arduino e o banco de dados local (rodando em um computador próximo ao protótipo), por isso foi adotado um banco de dados em nuvem, sem a necessidade de manter um computador local ligado somente para esse fim. Também foram enfrentadas certas dificuldades na construção dos gráficos na aplicação móvel, devido à complexidade desse processo e ao tempo limitado, tendo isso em vista, é aconselhável desenvolver esse requisito o quanto antes.

O banco de dados utilizado foi o Clever Cloud MySQL em sua versão gratuita, isso permite até 10 MB de dados e até 5 conexões simultâneas. A conexão entre o Arduino e o banco foi finalizada de forma fácil e rápida tendo em vista que a equipe de suporte da Clever Cloud se mostrou bem prestativa e disposta a sanar dúvidas mesmo no plano gratuito.

O investimento necessário para adquirir o Arduino e seus componentes também foi um desafio, devido ao custo envolvido na aquisição do *hardware* necessário, somando um valor total de R\$ 598,00, sem contar a placa Arduino e o módulo *ethernet* dela. Outro desafio encontrado refere-se à complexidade da implementação dos códigos e às dificuldades na comunicação entre os dispositivos, principalmente no módulo *wifi* Esp8266, que posteriormente foi substituído pelo módulo com fio W5100. Foi necessário dedicar tempo ao estudo técnico do Arduino e a compreensão de sua estrutura de código, o que exigiu um esforço considerável.

É fundamental destacar que o comportamento das culturas cultivadas também pode representar um fator de incerteza significativo. Diversas circunstâncias adversas, como a eclosão de pragas ou o apodrecimento das raízes, podem ocorrer, e tais eventos imprevistos têm o potencial de ter um impacto significativo nos resultados de um cultivo. Felizmente, esses desafios não foram enfrentados, e em 22 dias, foi possível cultivar rabanetes de forma eficaz, mantendo a umidade do solo em níveis ideais para um desenvolvimento saudável das plantas.

Para futuras melhorias ou implementações, é recomendado desenvolver a aplicação móvel para funcionar na plataforma iOS e Android, ampliando assim o público-alvo, tendo em vista que atualmente a aplicação pode ser utilizada somente em plataformas Android. Além disso, a redução de custos pode ser explorada, considerando a possibilidade de utilizar dispositivos Sonoff, semelhantes aos relés do Arduino, que têm um custo mais baixo, cerca de R\$ 30,00, em comparação aos relés do Arduino, que custam entre R\$ 80,00 e R\$ 100,00.

Referências bibliográficas

AGROJET. **Gotejador X Microaspersor – Irrigação Localizada**, 2022. Disponível em: <<https://www.agrojet.com.br/gotejador-x-microaspersor-irrigacao-localizada/>>. Acesso em: 10 de maio de 2023.

BARBOSA, José Willian. **Sistema de Irrigação Automatizado Utilizando Plataforma Arduino**, 2013. Disponível em: <<https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/1011330043.pdf>>. Acesso em: 10 de maio de 2023.

CAMARGO, Valter Luís Arlindo De. **Elementos de Automação**. 1.ed. Érica, 2014.

DURANTE, Stéphanie. **Descubra a quantidade certa de rega**. Globo Rural, São Paulo, 01 de fev. de 2017. Disponível em: <<https://revistacasaedjardim.globo.com/Casa-e-Jardim/Paisagismo/noticia/2017/02/descubra-quantidade-certa-de-rega.html>> Acesso em: 30 de agosto de 2022.

EMBRAPA. **Produção de sementes**, Embrapa, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/pre-producao/producao-de-sementes>> Acesso em: 15 de maio de 2023.

ESTADÃO. **Como a irrigação sustentável pode combater o aquecimento global**. O Estado de São Paulo, Canal AGRO., 2019. Disponível em: <<https://summitagro.estadao.com.br/sustentabilidade/como-a-irrigacao-sustentavel-pode-combater-o-aquecimento-global/>>. Acesso em: 08 de maio de 2023.

GUITARRARA. **O que é agricultura?**. Brasil Escola, 2023. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/geografia/o-que-e-agricultura.htm#:~:text=Agricultura%20%C3%A9%20a%20pr%C3%A1tica%20de,econ%C3%B4mica%20pertencente%20ao%20setor%20prim%C3%A1rio>> Acesso em: 31 de outubro de 2023.

IRRIGAMATIC. **Conheça as vantagens da irrigação automatizada**. 2020. Disponível em: <<https://www.irrigacaoparajardins.com.br/conheca-as-vantagens-da-irrigacao-automatizada>>. Acesso em: 11 de set. de 2022.

IRRIGAT. **Consequências do excesso e falta de água na irrigação: o que fazer?**. 2021. Disponível em: <<https://irrigat.com.br/#:~:text=Na%20fase%20de%20semeadura%20ou,reduzindo%20a%20fixa%C3%A7%C3%A3o%20de%20nitrog%C3%AAnihttps://www.irrigacaoparajardins.com.br/conheca-as-vantagens-da-irrigacao%20automatizada>>. Acesso em: 15 de maio de 2023.

LOPES, David Elias de Souza; PIRES, Fabio Rocha de Sousa; GODOI, Guilherme Henrique dos Santos; SANTANA, Tales Vítor Gonçalves de. **Sistema de irrigação autônomo com Implementação em Arduino**, 2022. Disponível em:

<<http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/19712/1/TC%20Sistema%20de%20irriga%C3%A7%C3%A3o%20aut%C3%B4nomo%20com%20Implementa%C3%A7%C3%A3o%20m%20Arduino.pdf>>. Acesso em: 10 de maio 2023.

MAKIYAMA, MARCIO. **O que é Arduino, para que serve, benefícios e projetos**. Victor Vision, 2022. Disponível em: <<https://victorvision.com.br/blog/o-que-e-arduino/>>. Acesso em: 8 de maio de 2023.

MARQUELLI, Waldir Aparecido; SILVA, Washington Luiz De Carvalho E; SILVA, Henoque Ribeiro Da. **Manejo da Irrigação em Hortaliças**. 5.ed. Embrapa, 1996.

MEDEIROS, Pedro Henrique Silva. **Sistema de Irrigação Automatizado para Plantas Caseiras**, 2018. Disponível em:

<https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/1199/1/MONOGRAFIA_SistemaIrriga%C3%A7%C3%A3oAutomatizado.pdf>. Acesso em: 10 de maio de 2023.

PIMENTEL, Carlos. **A relação da planta com a água**. Seropédica: Editora EDUR, 2004. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/mini/A-Rela--o-da-Planta-com-a-Agua-by-Carlos-Pimentel--2004-.pdf> Acesso em: 31 ago 2022.

RIBEIRO, Cassiano. **Pandemia de Covid-19 aumenta interesse dos brasileiros em jardinagem e horta urbana**. **Globo Rural**, São Paulo, 23 jun 2020. Disponível em:

<<https://globorural.globo.com/Colunas/Cassiano-Ribeiro/noticia/2020/06/pandemia-de-covid-19-aumenta-interesse-dos-brasileiros-em-jardinagem-e-horta-urbana.html>> Acesso em: 29 de ago. de 2022.

RODRIGUES, Lineu Neiva. **Agricultura irrigada e sua importância na produção de alimento: nexo água**

alimento, Embrapa, 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/71510678/artigo-agricultura-irrigada-e-sua-importancia-na-producao-de-alimento-nexo-agua-alimento>> Acesso em: 30 de outubro de 2023.

ROVEDA, Ugo. **O que é linguagem de alto nível e baixo nível e qual a melhor**. **Kenzie**. 2021. Disponível em: <<https://kenzie.com.br/blog/linguagem-de-alto-nivel/>>. Acesso em: 27 set 2022.

SANTOS, Maria Gabriela de Souza dos; GABRIEL, Camila Pires Cremasco; BOSO, Ana Cláudia Marassá Roza. **Métodos sustentáveis de irrigação**. Toledo 2016. Disponível em: <<http://intertemas.toledoprudente.edu.br/index.php/ETIC/article/view/5353/5089#>>. Acesso em: 08 de maio de 2022.

SILVA, João Lucas. **A correção do solo para estabelecer o equilíbrio da terra e o desenvolvimento das plantas**. Gecal 2023. Disponível em: <<https://www.gecal.com.br/a-correcao-do-solo-para-estabelecer-o-equilibrio-da-terra-e-o-desenvolvimento-das-plantas>>. Acesso em: 15 de maio de 2023.

SOUSA, Rafaela. **Sustentabilidade**; Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/educacao/sustentabilidade.htm>>. Acesso em 13 de novembro de 2023.

STEVAN JUNIOR, Sergio Luiz; SILVA, Rodrigo Adamshuk. **Automação e instrumentação industrial com Arduino teorias e projetos**. 1. ed. Érica, 2015.

STRAUB, Matheus. **Projeto Arduino de irrigação automática – sua planta sempre bem cuidada**. UsinaInfo Eletrônica e Robótica, 2019. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/blog/projeto-arduino-de-irrigacao-automatica-sua-planta-sempre-bem-cuidada/>> Acesso em: 31 de agosto de 2022.

STRAWBRIDGE, DICK; STRAWBRIDGE, JAMES. **Feito em Casa Legumes e Verduras**. 1.ed. PubliFolha, 2015.