

**CENTRO PAULA SOUZA
ETEC PHILADELPHO GOUVÊA NETTO
TÉCNICO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

**Fabiano de Falque Bonfim
Flávio Antônio Moura Turin
Rafael Felix Bonfim**

IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA PARA CULTIVO DE MORANGO

**São José do Rio Preto
2023**

Fabiano de Falque Bonfim
Flávio Antônio Moura Turin
Rafael Felix Bonfim

IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA PARA CULTIVO DE MORANGO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso Técnico em Automação Industrial da ETEC Philadelpho Gouvêa Netto, como requisito parcial para obtenção do título de Técnico em Automação Industrial

Orientador: Mario Kenji Tamura

São José do Rio Preto
2023

Aos nossos pais, esposas e filhos(as). Vocês são os motivos pelos quais enfrentamos, todos os dias, os obstáculos que surgem e os medos que sentimos. Por vocês procuramos, dia após dia, participarmos da construção de um mundo melhor!

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter nos guiado nessa trajetória nos dando forças e sabedoria, pois com sabedoria e confiança em Deus todo resto virá.

Aos professores por compartilharem seus conhecimentos, transmitirem suas experiências e nos ajudarem na incansável busca do aprendizado. Muito obrigado por nos auxiliarem nesta caminhada.

Aos companheiros de sala, pois com a união e ajuda de todos conseguimos alcançar os objetivos esperados.

Todas as conquistas começam com o simples ato de acreditar que elas são possíveis.

Autor desconhecido

RESUMO

Devido à escassez de água, é fundamental que seu uso seja deliberado e responsável. Numerosos sistemas de irrigação automatizados nesta linha ajudam os agricultores a otimizar o uso da água nas práticas agrícolas. No entanto, devido aos seus altos custos, esses sistemas não são viáveis para pequenos agricultores. Como resultado, este trabalho visa desenvolver um sistema de irrigação automatizado de baixo custo que possibilite a irrigação sem intervenção humana, bem como a melhor eficiência na produção do morangueiro de forma sustentável, minimizando o desperdício de água. Diante disso, foi desenvolvido um protótipo utilizando um controlador Arduino UNO para monitoramento e controle da umidade do solo, acionando a irrigação de forma automática conforme as necessidades específicas.

Palavras chave: irrigação, Arduino, automação.

ABSTRACT

Due to the water shortage, it is crucial that its use be deliberate and responsible. Numerous automated irrigation systems in this line help farmers optimize the use of water in agricultural practices. However, due to their high costs, these systems are not viable for small farmers. As a result, this work aims to develop a low-cost automated irrigation system that allows irrigation without human intervention, as well as the best efficiency in the production of strawberry in a sustainable way, minimizing water waste. In view of this, a prototype was developed using an Arduino UNO controller to monitor and control soil moisture, triggering irrigation automatically according to specific needs.

Key words: irrigation, Arduino, automation.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. Contextualização	10
1.2. Objetivos da pesquisa	10
1.3. Justificativa.....	12
1.4. Metodologia de pesquisa.....	13
2. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. Cultivo do Morango: Características e requisitos	15
2.2. Importância da Irrigação no Cultivo do Morango	16
2.3. Sistemas de Irrigação Automatizada	17
2.4. Tecnologia Arduino Uno: Características e Aplicações	18
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
3.1. Sensores de Umidade do Solo: Princípios e Funcionamento	20
3.2. Bombas Submersíveis: Tipos e Seleção Adequada.....	21
3.3. Controladores e Relés: Acionamento e Controle de Dispositivos.....	22
4. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA	23
4.1. Especificação dos componentes utilizados	23
4.2. Montagem e interconexão dos componentes.....	28
4.3. Planilha de custos do projeto.....	29
4.4. Programação do Arduino Uno para controle da irrigação.....	30
4.5. Testes e ajustes do sistema	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1. Análise dos dados coletados	35
5.2. Avaliação do desempenho do sistema.....	38
5.3. Comparação com métodos tradicionais de irrigação	39
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
6.1. Síntese dos resultados obtidos	40
6.2. Contribuições do projeto.....	40
6.3. Limitações e sugestões para trabalhos futuros	42
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Sensor de umidade higrômetro.....	24
Figura 2 - Minibomba submersível	25
Figura 3 - Arduino UNO.....	26
Figura 4 - Relé de saída 5V.....	27
Figura 5 - Croqui esquemático de ligação.....	28
Figura 6 - Organograma de funcionamento.....	30
Figura 7 - Leitura sensor em estado seco (umidade do ar).....	32
Figura 8 - Leitura sensor em estado úmido (diretamente na água).....	33
Figura 9 - Leitura sensor na umidade ideal	34
Figura 10 - Sistema montado	35
Figura 11 - Surgimento de flores	36
Figura 12 - Surgimento de flores e frutos	37

1. INTRODUÇÃO

O grande problema a ser enfrentado atualmente pela agricultura moderna é conseguir produzir mais alimentos de melhor qualidade com menos recursos. Para esse e diversos outros problemas, as novas tecnologias e o desenvolvimento da automação são os grandes aliados que podem possibilitar esse aumento de produção sem prejudicar a qualidade dos alimentos (DIOGO GIOMO, 2019).

O desenvolvimento de culturas depende intimamente do comportamento hídrico das regiões em que estão localizadas, podendo ter seu desenvolvimento comprometido pela escassez de chuvas, o que caracteriza um dos principais fatores na perda de lavouras (FARIAS, 2001). A Irrigação é uma técnica que tem por objetivo o fornecimento de água para plantas na quantidade ideal, de forma que estas possam se desenvolver de forma adequada (MAROUELLI, 2000), no entanto, outra preocupação consiste no uso eficiente da água de forma a diminuir os impactos ambientais, visto que a atividade consiste na prática que mais demanda água no mundo, utilizando cerca de 68% de toda a água potável (ANA, 2017).

Cada cultura apresenta diferentes tipos de necessidade quanto à irrigação, como é o caso do morango. O morangueiro é uma cultura extremamente sensível ao déficit hídrico do solo. Assim, a irrigação é uma técnica indispensável de produção para que se alcance produtividade em torno do máximo potencial da cultura, com adequada qualidade dos frutos (SANTOS, MEDEIROS, WREGGE, 2005).

Nesse aspecto, associado ao fato da disponibilidade necessária de trabalho humano para atender às necessidades hídricas da cultura de morango, surge a demanda de um sistema automático que avalie essas necessidades e aplique as ações necessárias de forma autônoma.

1.1. Contextualização

O cultivo de morangos é uma atividade agrícola de grande importância econômica e nutricional. A irrigação desempenha um papel fundamental no crescimento saudável das plantas, garantindo um suprimento adequado de água. No entanto, a aplicação manual da irrigação pode ser trabalhosa e imprecisa, podendo levar a desperdício de água ou a deficiências na umidade do solo. Essas inadequações podem resultar em problemas no desenvolvimento das plantas, diminuição da produtividade e qualidade das colheitas, bem como aumentar os custos de produção. (Antunes, Carvalho & Santos, 2011)

Considerando esses desafios, a automação da irrigação surge como uma solução promissora para otimizar o cultivo de morangos. Ao utilizar um sistema automatizado, é possível monitorar constantemente a umidade do solo e acionar a irrigação de forma precisa e eficiente, levando em conta as necessidades específicas das plantas. Dessa forma, é possível garantir a disponibilidade adequada de água, evitando tanto o excesso quanto a escassez, contribuindo para o crescimento saudável e maximizando o potencial produtivo das plantas de morango. (BRAGA, SANTOS & LEAL JUNIOR, 2019)

Além disso, a automação da irrigação pode trazer benefícios adicionais, como economia de água, redução dos custos de mão de obra e maior sustentabilidade ambiental. A aplicação do controle automatizado, utilizando o controlador Arduino Uno, oferece uma solução de baixo custo, flexível e acessível para pequenos e médios produtores, permitindo a implementação dessa tecnologia de forma mais ampla. (Barbosa, 2013)

Diante desse cenário, este trabalho de pesquisa visa desenvolver um sistema de irrigação automatizada para o cultivo do morango, utilizando o controlador Arduino Uno. Através da integração de sensores de umidade do solo e um relé de saída para o acionamento de uma bomba submersível, pretende-se criar um sistema eficiente, econômico e sustentável para o gerenciamento da irrigação no cultivo de morangos.

1.2. Objetivos da pesquisa

Os objetivos da pesquisa são elementos fundamentais para direcionar e delimitar o trabalho de forma clara e específica. Neste contexto, a presente pesquisa tem como objetivo principal desenvolver um sistema de irrigação automatizada para o cultivo do morango, utilizando o controlador Arduino Uno. Além disso, buscam-se os seguintes objetivos específicos:

1.2.1. Realizar um levantamento bibliográfico sobre o cultivo do morango, suas características, requisitos de irrigação e tecnologias existentes para automação desse processo.

1.2.2. Analisar as vantagens e limitações dos métodos tradicionais de irrigação utilizados no cultivo do morango, identificando as oportunidades de melhoria e eficiência.

1.2.3. Estudar a tecnologia Arduino Uno, suas características e aplicações, visando compreender sua viabilidade e adequação para a automatização do sistema de irrigação no cultivo do morango.

1.2.4. Selecionar e avaliar os sensores de umidade do solo adequados para a medição e controle da umidade do solo no cultivo do morango, considerando sua precisão e confiabilidade.

1.2.5. Especificar os componentes necessários para a montagem do sistema de irrigação automatizada, incluindo os sensores, bombas submersíveis, relés e demais elementos do circuito.

1.2.6. Desenvolver a programação do Arduino Uno para a leitura dos sensores de umidade do solo e o acionamento da bomba submersível, permitindo o controle automático da irrigação com base nas necessidades hídricas das plantas.

1.2.7. Realizar testes e ajustes do sistema de irrigação automatizada, verificando sua eficácia na manutenção adequada da umidade do solo, economia de água e aumento da produtividade do cultivo de morango.

Os objetivos da pesquisa buscam aprimorar o processo de irrigação no cultivo do morango, proporcionando uma solução mais eficiente e sustentável por meio da automação. Ao alcançar esses objetivos, espera-se contribuir para o desenvolvimento tecnológico nessa área, promovendo melhorias no manejo da irrigação e impactando positivamente a produtividade e a rentabilidade dos produtores de morango.

1.3. Justificativa

A justificativa desta pesquisa baseia-se na importância e na necessidade de desenvolver um sistema de irrigação automatizada para o cultivo do morango. A agricultura enfrenta desafios crescentes, como a escassez de água, a demanda por maior eficiência no uso dos recursos hídricos e a busca por práticas mais sustentáveis.

No cultivo do morango, a irrigação desempenha um papel crucial para o sucesso da produção. A quantidade adequada de água e a manutenção da umidade do solo são essenciais para o crescimento saudável das plantas e para a obtenção de frutos de qualidade. No entanto, os métodos tradicionais de irrigação, como a irrigação por aspersão e gotejamento, muitas vezes apresentam limitações, como a aplicação excessiva ou insuficiente de água, resultando em desperdício ou déficit hídrico para as plantas.

Nesse contexto, a automação da irrigação por meio de um sistema controlado pelo Arduino Uno apresenta-se como uma solução promissora. Essa tecnologia permite monitorar continuamente a umidade do solo por meio de sensores específicos, garantindo uma irrigação precisa e eficiente, de acordo com as necessidades das plantas.

A implementação desse sistema de irrigação automatizada traz benefícios significativos, como a economia de água, a redução de custos operacionais, a maximização da produtividade e a melhoria da qualidade dos frutos. Além disso, o controle automatizado proporciona maior praticidade e precisão no manejo da irrigação, liberando os produtores para outras atividades de gerenciamento da plantação.

Com base na revisão bibliográfica realizada, observa-se uma lacuna de estudos e trabalhos que abordem especificamente a utilização do controlador Arduino Uno para automação da irrigação no cultivo do morango. Portanto, esta pesquisa visa preencher essa lacuna, explorando o potencial dessa tecnologia e contribuindo para o avanço do conhecimento científico e tecnológico nessa área.

Ao fornecer uma solução inovadora e sustentável para a irrigação do morango, espera-se que os resultados desta pesquisa possam ser aplicados na prática, beneficiando agricultores, produtores e a indústria agrícola como um todo. Além disso, a disseminação dos conhecimentos obtidos poderá incentivar o uso de tecnologias similares em outros cultivos, promovendo a sustentabilidade e o avanço da agricultura de precisão.

1.4. Metodologia de pesquisa

A metodologia de pesquisa adotada neste trabalho segue uma abordagem sistemática e organizada, visando alcançar os objetivos propostos e responder às questões de pesquisa de forma consistente e confiável. As etapas metodológicas são descritas a seguir:

1.4.1. Revisão bibliográfica: Realização de uma ampla pesquisa bibliográfica para obter um embasamento teórico sólido sobre o cultivo do morango, requisitos de irrigação, sistemas de irrigação automatizada e a tecnologia Arduino Uno. A busca por informações foi conduzida em fontes científicas, artigos, livros, periódicos e materiais relevantes relacionados ao tema.

1.4.2. Análise e seleção dos componentes: Com base na revisão bibliográfica, foram selecionados os componentes adequados para a implementação do sistema de irrigação automatizada. Isso incluiu a escolha dos sensores de umidade do solo, a bomba submersível, o controlador Arduino Uno, relés e demais elementos do circuito.

1.4.3. Montagem e interconexão dos componentes: Foi realizada a montagem física dos componentes, seguindo as especificações técnicas e as recomendações dos fabricantes. A interconexão adequada dos sensores, bomba submersível, controlador e demais elementos do circuito foi realizada, garantindo um funcionamento correto e eficiente do sistema.

1.4.4. Programação do Arduino Uno: Foi desenvolvida a programação do Arduino Uno para a leitura dos sensores de umidade do solo e o acionamento da bomba submersível com base nas medições obtidas. Foram implementadas as lógicas de controle e as instruções necessárias para automatizar o processo de irrigação.

1.4.5. Testes e ajustes do sistema: Após a montagem e programação do sistema, foram realizados testes para verificar o funcionamento adequado do sistema de irrigação automatizada. Os testes incluíram a verificação das leituras dos sensores, o acionamento da bomba submersível nos momentos necessários e a avaliação da eficiência do sistema na manutenção da umidade do solo.

1.4.6. Coleta e análise de dados: Durante os testes, foram coletados dados relacionados à umidade do solo, consumo de água e outros parâmetros relevantes. Esses dados foram analisados para avaliar o desempenho do sistema de irrigação automatizada e compará-lo com os métodos tradicionais de irrigação.

1.4.7. Avaliação dos resultados: Os resultados obtidos foram analisados e avaliados com base nos objetivos da pesquisa. Foi realizada uma comparação com os métodos tradicionais

de irrigação, levando em consideração a economia de água, a produtividade e outros indicadores relevantes.

A metodologia adotada permitiu a implementação do sistema de irrigação automatizada e a avaliação de seus resultados de forma precisa e confiável. As etapas metodológicas seguiram rigorosamente as boas práticas científicas, garantindo a validade e a consistência dos resultados obtidos.

2. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cultivo do Morango: Características e requisitos

O morangueiro (*Fragaria* spp.) é uma planta perene que pertence à família Rosaceae. É uma espécie que requer cuidados específicos para seu correto desenvolvimento. Em relação às exigências climáticas, o morango prefere climas amenos, com temperaturas entre 15°C e 25°C. Temperaturas muito altas podem prejudicar o crescimento e a frutificação da planta.

No que diz respeito ao solo, o morango se desenvolve melhor em solos bem drenados, ricos em matéria orgânica e com pH entre 5,5 e 6,5. A drenagem adequada é essencial para evitar o acúmulo de água, que pode levar ao apodrecimento das raízes. A presença de matéria orgânica no solo contribui para a melhoria da estrutura, retenção de umidade e fornecimento de nutrientes às plantas.

O ciclo de cultivo do morango é composto por diferentes fases, incluindo a seleção das mudas, a preparação do solo, o plantio, o manejo durante o crescimento vegetativo, a floração, a frutificação e a colheita. Cada fase requer cuidados específicos, como a adubação adequada, o controle de pragas e doenças e a manutenção da umidade do solo. (Antunes, Júnior & Schwengber, 2016)

Segundo Carvalho (2011), o cultivo do morango assume importância como diversificação de renda em propriedades rurais, com abrangência preponderante na agricultura familiar. Na classificação de pequenos frutos é a espécie de maior expressão em área cultivada e volume produzido. Antunes; Perez (2013) destacam que o cultivo é executado por pequenos e médios produtores (considerando módulo fiscal da região Sul, por exemplo), com 0.2 a 2.0 hectares cultivados. Fagherazzi et al. (2014), nos diz que diversas modalidades de cultivo podem ser empregadas na produção de morangos, dentre elas o cultivo em solo semi-hidropônico e hidropônico. A maior parte da produção é realizada no sistema convencional, com utilização de fertilizantes minerais, inseticidas e fungicidas. Existem estimativas de que apenas um por cento da área cultivada no país seja no sistema de produção orgânica (TONIN et al., 2017).

No cultivo do morango, é importante estar atento às principais pragas e doenças que afetam a cultura, como ácaros, tripses, pulgões, mofo cinzento e oídio. O controle integrado de pragas e doenças, que combina diferentes estratégias de manejo, é fundamental para garantir a saúde das plantas e a qualidade da produção.

Diversas técnicas de manejo agrícola são empregadas no cultivo do morango, como a poda, o desbaste das flores, a aplicação de adubos orgânicos e minerais, a irrigação

adequada e a proteção contra intempéries. O manejo correto durante todas as etapas do ciclo de cultivo contribui para o bom desenvolvimento das plantas e a obtenção de uma colheita de qualidade. (Antunes, Júnior & Schwengber, 2016)

A compreensão das características e requisitos do cultivo do morango é essencial para implementar práticas adequadas de manejo e obter uma produção eficiente e de qualidade. As informações apresentadas nesta revisão bibliográfica servirão de base para o desenvolvimento do sistema de irrigação automatizada para o cultivo do morango, utilizando o controlador Arduino Uno, que será abordado nos próximos capítulos.

2.2. Importância da Irrigação no Cultivo do Morango

A disponibilidade adequada de água é essencial para o crescimento saudável e o bom desenvolvimento das plantas de morango. A irrigação controlada permite suprir as necessidades hídricas das plantas de forma precisa, evitando tanto a escassez quanto o excesso de água no solo. (Sousa, Marouelli, Coelho, Pinto & Filho, 2011)

A manutenção da umidade ideal do solo é fundamental para o crescimento adequado das raízes e a absorção eficiente de nutrientes pelas plantas. A irrigação adequada auxilia no fornecimento contínuo de água às raízes, garantindo um suprimento constante de nutrientes e evitando situações de estresse hídrico que podem afetar negativamente o desenvolvimento das plantas.

Além disso, a irrigação também desempenha um papel importante na regulação da temperatura do solo. A água aplicada por meio da irrigação ajuda a resfriar o solo, reduzindo o estresse térmico nas raízes das plantas de morango.

A irrigação adequada no cultivo do morango contribui para a maximização da produção e qualidade dos frutos. A falta de água pode resultar em deficiências no crescimento das plantas, redução do número de frutos e diminuição da qualidade. Por outro lado, o excesso de água pode levar ao apodrecimento das raízes, desenvolvimento de doenças e diluição da qualidade dos frutos. (Sousa, Marouelli, Coelho, Pinto & Filho, 2011)

A implementação de um sistema de irrigação automatizada proporciona benefícios adicionais, como a eficiência no uso da água e a economia de recursos. Com o uso de sensores e controladores, é possível monitorar continuamente a umidade do solo e ajustar a aplicação de água de acordo com as necessidades das plantas, evitando o desperdício e garantindo uma irrigação precisa e eficiente.

Dessa forma, a irrigação automatizada no cultivo do morango contribui para o crescimento saudável das plantas, maximização da produção e qualidade dos frutos, otimização do uso de água e recursos, além de redução dos custos de produção.

No próximo capítulo, será apresentada a revisão dos sistemas de irrigação automatizada existentes, com foco na escolha e implementação do controlador Arduino Uno para o desenvolvimento do sistema de irrigação automatizada para o cultivo do morango.

2.3. Sistemas de Irrigação Automatizada

Dentre os sistemas de irrigação automatizada mais utilizados estão o gotejamento, a aspersão, a microaspersão e a subirrigação. Cada um desses sistemas possui características distintas que os tornam adequados para diferentes condições e necessidades de cultivo.

O sistema de irrigação por gotejamento é amplamente utilizado no cultivo do morango devido à sua eficiência no uso da água e na aplicação direta de água nas raízes das plantas. Nesse sistema, pequenos tubos ou mangueiras com emissores gotejadores são instalados próximo às plantas, permitindo uma liberação lenta e controlada da água diretamente no solo, próximo às raízes. Isso reduz perdas por evaporação e lixiviação, resultando em uma utilização mais eficiente da água e economia de recursos hídricos. (TESTEZLAF, MATSURA, DEUS, CARDOSO, FERRAREZI, 2017)

O sistema de irrigação por aspersão consiste na aplicação de água por meio de emissores que lançam jatos d'água sobre a cultura. Esse sistema é adequado para áreas com espaçamento maior entre as plantas e solos com boa capacidade de drenagem. A aspersão proporciona uma cobertura mais ampla, atingindo uma área maior, porém requer um monitoramento cuidadoso para evitar a formação de poças e o desperdício de água devido à evaporação.

A microaspersão é um sistema de irrigação semelhante ao de aspersão, porém com emissores que liberam um volume de água menor, em forma de neblina ou gotas finas. Esse sistema é especialmente adequado para culturas como o morango, que necessitam de uma distribuição uniforme da água. A microaspersão proporciona uma cobertura mais precisa, atendendo às necessidades específicas das plantas.

Outra opção de sistema de irrigação é a subirrigação, também conhecida como irrigação subsuperficial. Nesse sistema, a água é aplicada diretamente abaixo da superfície do solo, sendo absorvida pelas raízes das plantas por capilaridade. A subirrigação é adequada para solos com boa capacidade de retenção de água, fornecendo umidade constante às raízes e evitando perdas por evaporação. No entanto, requer um sistema de drenagem adequado para evitar o acúmulo de água. (TESTEZLAF, MATSURA, DEUS, CARDOSO, FERRAREZI, 2017)

Além dos diferentes métodos de irrigação, a automação da irrigação pode ser alcançada por meio da integração de sensores de umidade do solo e controladores, como o Arduino Uno. Esses sensores monitoram o nível de umidade no solo, permitindo que o

controlador acione a irrigação de acordo com as necessidades da cultura. A automação da irrigação traz benefícios como a economia de água, a redução de mão de obra e a melhoria na eficiência do processo.

2.4. Tecnologia Arduino Uno: Características e Aplicações

A tecnologia Arduino Uno é uma placa microcontroladora amplamente utilizada em projetos de automação e controle. Caracterizada por sua simplicidade de uso, flexibilidade e baixo custo, o Arduino Uno se tornou uma escolha popular para desenvolvedores e entusiastas que desejam criar sistemas interativos.

O Arduino Uno é baseado no microcontrolador ATmega328P, que possui uma arquitetura RISC de 8 bits e uma frequência de clock de 16 MHz. Isso oferece capacidade de processamento suficiente para lidar com as tarefas necessárias no controle da irrigação automatizada.

O Arduino Uno também possui uma quantidade adequada de pinos de entrada e saída, incluindo portas digitais e analógicas, que podem ser utilizadas para conectar sensores, atuadores e outros componentes eletrônicos necessários no sistema de irrigação automatizada. Além disso, ele possui interfaces de comunicação, como UART, SPI e I2C, que possibilitam a integração com outros dispositivos e módulos externos.

Uma das grandes vantagens do Arduino Uno é a facilidade de programação. Utilizando a linguagem de programação Arduino, baseada em C/C++, os desenvolvedores podem criar o código necessário para controlar o sistema de irrigação automatizada. A comunidade Arduino é ampla e ativa, proporcionando uma vasta quantidade de recursos, tutoriais e exemplos de código que podem ser utilizados como referência e auxílio no desenvolvimento do projeto.

No contexto da agricultura, o Arduino Uno tem sido amplamente utilizado para automação de sistemas de irrigação. Sua flexibilidade permite adaptar o sistema de irrigação às necessidades específicas do cultivo do morango, como ajustar o tempo e a quantidade de água fornecida, com base em dados coletados por sensores de umidade do solo.

Além disso, o Arduino Uno pode ser utilizado para monitorar e registrar dados relevantes para o cultivo, como temperatura, umidade ambiental e luminosidade. Essas informações podem ser usadas para otimizar a irrigação e criar um ambiente ideal para o crescimento saudável das plantas.

Dessa forma, o uso da tecnologia Arduino Uno no desenvolvimento do sistema de irrigação automatizada oferece uma solução viável e acessível, possibilitando o controle preciso da irrigação e contribuindo para a melhoria da eficiência no uso de recursos hídricos.

Em resumo, o Arduino Uno apresenta características adequadas para o desenvolvimento do sistema de irrigação automatizada no cultivo do morango. Sua capacidade de processamento, quantidade de pinos de entrada e saída, interfaces de comunicação e facilidade de programação permitem a implementação de um sistema eficiente, flexível e adaptável às necessidades do cultivo. As aplicações bem-sucedidas do Arduino Uno na agricultura comprovam seu potencial e relevância nesse contexto.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Sensores de Umidade do Solo: Princípios e Funcionamento

Os sensores de umidade do solo desempenham um papel fundamental no monitoramento das condições do solo, fornecendo dados essenciais para a tomada de decisões relacionadas à irrigação. Eles são projetados para medir a umidade presente no solo de forma precisa e confiável.

Existem diferentes tipos de sensores de umidade do solo disponíveis, com base em diferentes princípios de funcionamento. Um dos tipos mais comuns é o sensor resistivo de umidade do solo. Esse tipo de sensor consiste em duas sondas metálicas inseridas no solo, formando uma ponte resistiva. A umidade do solo afeta a condutividade elétrica entre as sondas, permitindo que o sensor determine o nível de umidade presente.

Outro tipo de sensor utilizado é o sensor capacitivo de umidade do solo. Esses sensores têm uma sonda que emite uma corrente elétrica de alta frequência para o solo. A capacitância entre a sonda e o solo é afetada pela umidade presente, permitindo que o sensor calcule a umidade do solo com base nas alterações capacitivas.

Os sensores de umidade do solo são geralmente acompanhados por um circuito de aquisição de dados que converte as leituras do sensor em valores digitais, tornando-os compatíveis com o Arduino Uno. Esses dados são então utilizados pelo controlador para determinar quando e quanto irrigar o cultivo de morango.

A utilização dos sensores de umidade do solo no sistema de irrigação automatizada traz benefícios significativos. Ao monitorar a umidade do solo em tempo real, é possível evitar a irrigação excessiva ou insuficiente, garantindo um suprimento adequado de água para as plantas. Isso resulta em um uso mais eficiente da água, evitando o desperdício e contribuindo para a sustentabilidade ambiental.

Além disso, os sensores de umidade do solo permitem o ajuste do sistema de irrigação com base nas necessidades específicas do cultivo de morango. Com base nas leituras dos sensores, o Arduino Uno pode controlar o acionamento da bomba submersível, garantindo que a irrigação seja realizada no momento ideal, quando a umidade do solo atinge níveis pré-determinados.

Portanto, a utilização de sensores de umidade do solo é crucial para o sucesso do sistema de irrigação automatizada no cultivo do morango. Esses sensores fornecem informações valiosas que permitem um controle preciso da irrigação, promovendo um crescimento saudável das plantas e uma otimização dos recursos hídricos utilizados.

3.2. Bombas Submersíveis: Tipos e Seleção Adequada

As bombas submersíveis são dispositivos essenciais no sistema de irrigação automatizada, responsáveis por fornecer a água necessária para as plantas de morango. Elas são projetadas para serem instaladas diretamente no poço ou reservatório de água, imersas no líquido a ser bombeado.

Existem diferentes tipos de bombas submersíveis disponíveis no mercado, cada uma com suas características e aplicações específicas. Os principais tipos de bombas submersíveis incluem bombas de drenagem, bombas de esgoto e bombas de água limpa. A seleção do tipo adequado de bomba depende das necessidades de irrigação específicas do cultivo do morango.

Ao selecionar uma bomba submersível, é necessário levar em consideração alguns fatores importantes. Primeiramente, é necessário avaliar a vazão de água necessária para atender às demandas de irrigação do cultivo. Essa vazão dependerá da área cultivada, da taxa de evapotranspiração das plantas e das necessidades hídricas específicas do morango em diferentes estágios de crescimento.

Além disso, é essencial considerar a altura manométrica necessária, ou seja, a altura vertical que a bomba precisa vencer para fornecer água com pressão adequada. Essa altura é determinada pela diferença de nível entre o poço ou reservatório de água e o local de irrigação, bem como pelas perdas de carga do sistema, como tubulações e acessórios.

Outro fator a ser considerado é a potência da bomba, que está relacionada à capacidade de bombeamento e à eficiência energética. É importante selecionar uma bomba com potência adequada para atender às demandas de irrigação, levando em conta a economia de energia e a sustentabilidade do sistema.

Além disso, é crucial considerar a qualidade e durabilidade da bomba, bem como sua resistência a fatores ambientais, como a presença de substâncias químicas ou impurezas na água. É recomendado escolher uma bomba de alta qualidade, com materiais resistentes e proteções adequadas contra danos e obstruções.

Ao selecionar uma bomba submersível, também é importante verificar as recomendações e especificações do fabricante, garantindo a compatibilidade com o sistema de irrigação e as necessidades específicas do cultivo do morango.

Portanto, a seleção adequada das bombas submersíveis é fundamental para o sucesso do sistema de irrigação automatizada no cultivo do morango. Considerando fatores como vazão de água, altura manométrica, potência, qualidade e durabilidade, é possível escolher a bomba mais adequada para fornecer a água necessária de forma eficiente e confiável.

3.3. Controladores e Relés: Acionamento e Controle de Dispositivos

Os controladores desempenham um papel crucial na automação do sistema de irrigação, permitindo o controle e a programação das operações do sistema. No contexto do sistema de irrigação automatizada para o cultivo do morango, o Arduino Uno atua como o controlador central. Ele é responsável por receber os dados dos sensores, processar as informações e tomar decisões com base nas condições do solo e nas necessidades hídricas das plantas.

O Arduino Uno possui a capacidade de receber e interpretar os dados dos sensores de umidade do solo, permitindo a tomada de decisões precisas em relação ao acionamento da bomba submersível. Com base nas leituras dos sensores, o Arduino Uno pode ativar o relé de saída correspondente para ligar ou desligar a bomba, controlando assim o fornecimento de água para o cultivo.

Os relés desempenham um papel importante no sistema de irrigação automatizada, atuando como interruptores controlados eletronicamente. Eles permitem que o Arduino Uno acione dispositivos elétricos, como a bomba submersível, através do controle de corrente. O relé de saída é conectado ao Arduino Uno e à bomba submersível, permitindo que o controlador acione ou desligue a bomba com base nas condições de umidade do solo.

O uso de relés oferece a vantagem de isolar eletricamente o Arduino Uno dos dispositivos de potência, protegendo o controlador contra possíveis sobrecargas e danos. Além disso, os relés permitem o controle independente de múltiplos dispositivos, possibilitando a expansão do sistema de irrigação automatizada para atender às necessidades de diferentes áreas de cultivo.

É importante ressaltar que a escolha adequada dos relés é fundamental para garantir o funcionamento seguro e confiável do sistema. É necessário selecionar relés compatíveis com as especificações elétricas da bomba submersível e considerar a capacidade de corrente e tensão suportada pelos relés, levando em conta a potência e as demandas do sistema de irrigação.

Em resumo, os controladores e relés desempenham um papel essencial no sistema de irrigação automatizada para o cultivo do morango. O Arduino Uno atua como o controlador central, processando os dados dos sensores e acionando os relés correspondentes para controlar a bomba submersível. Os relés, por sua vez, permitem o acionamento e controle dos dispositivos elétricos, garantindo um funcionamento eficiente e seguro do sistema de irrigação automatizada.

4. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA

Levando em consideração o tempo hábil para execução do projeto e a disponibilidade dos integrantes do grupo, não foi possível a implementação do sistema em uma plantação de grande escala para avaliação das quantidades de produção de morango em função da aplicação do sistema automatizado. No entanto, considerando o intuito do trabalho como a aplicação dos conhecimentos adquiridos durante o curso de automação industrial, foi então desenvolvido um protótipo em pequena escala aplicado a uma muda de morango, permitindo a avaliação dos resultados e a projeção em aplicações de maior escala, nas quais pode ser utilizada a mesma programação e interface de controle, complementando apenas os componentes de potência para aplicação adequada.

Diante disso, será apresentado a seguir o desenvolvimento do protótipo do sistema de irrigação automatizado para cultivo de morango.

4.1. Especificação dos componentes utilizados

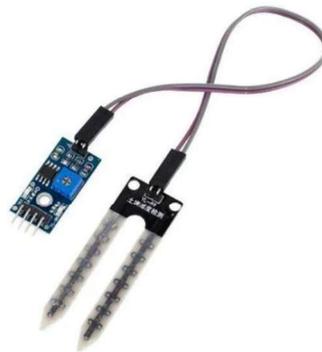
Neste item, serão apresentadas as especificações dos componentes utilizados na montagem do sistema de irrigação automatizada para o cultivo do morango. A seleção adequada dos componentes é fundamental para garantir o desempenho e a eficiência do sistema. Os componentes escolhidos foram os seguintes:

- **Sensor de umidade do solo - Higrômetro**

Foi selecionado um sensor de umidade do solo compatível com o Arduino Uno. Esse sensor é capaz de detectar as variações de umidade no solo, sendo que quando o solo está seco a saída do sensor fica em estado alto, e quando úmido em estado baixo.

O limite entre seco e úmido fornecido pela sonda pode ser ajustado através do potenciômetro presente no sensor que regulará a saída digital a ser conectada ao microcontrolador.

Figura 1 - Sensor de umidade higrômetro.



Fonte: https://www.arducore.com.br/sensor-de-umidade-do-solo-higrometro-2020-07-23-12-08-41?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=Cj0KCQjwyLGjBhDKARIsAFRNgW9jvAWIdl4D2jdbusOZaNc-2Eg-oQegTZV7ySXaWNUIA9jGbcLhpEEaAoLOEALw_wcB

Especificações:

- Tensão de Operação: 3,3-5v
- Sensibilidade ajustável via potenciômetro
- Saída Digital e Analógica
- Led indicador para tensão (vermelho)
- Led indicador para saída digital (verde)
- Comparador LM393
- Dimensões PCB: 3x1,5 cm
- Dimensões Sonda: 6x2 cm
- Comprimento Cabo: 21 cm

- **Bomba submersível:**

Optou-se por uma bomba submersível adequada ao tamanho do sistema e à demanda hídrica do cultivo da muda de morango. Por trabalhar submersa, a minibomba submersível não aquece, o que aumenta sua vida útil e inibe a produção de ruído. Por conta da faixa de tensão de operação de 2,5V a 6V, foi utilizada uma fonte externa estabilizada de 6V composta por 4 pilhas 1,5V, de forma a garantir a máxima potência da bomba.

Figura 2 - Minibomba submersível



Fonte: https://www.piscaled.com.br/mini-micro-bomba-agua-submersivel-motor-dc-3-6v?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=Cj0KCQjwyLGjBhDKARIsAFRNqW9CsgQOB-uSNfv9_VA2YDN1u_NPX4mpr_1P-sPYJnstL2GtnLm_Zr0aAgZ4EALw_wcB

Especificações:

- Tensão de funcionamento: 2,5 - 6 V
- Elevação máxima: 40-110 cm
- Vazão: 80-120L/h
- Diâmetro externo de saída de água: 7,5 mm
- Dentro diâmetro de saída de água: 4,7 mm
- Diâmetro: aprox. 24 mm
- Comprimento: aprox. 45 mm
- Altura: aprox. 33 mm
- Material: plástico
- Vida de trabalho contínuo de 500horas

- **Controlador Arduino Uno**

O Arduino Uno foi escolhido como o controlador central do sistema. Trata-se de uma placa microcontroladora versátil e amplamente utilizada, que oferece recursos de programação e conectividade necessários para a automação da irrigação.

Figura 3 - Arduino UNO.



Fonte: <https://mtektrobotica.com.br/produto/compativel-arduino-uno-r3-atmega328-smd-com-cabo-usb/>

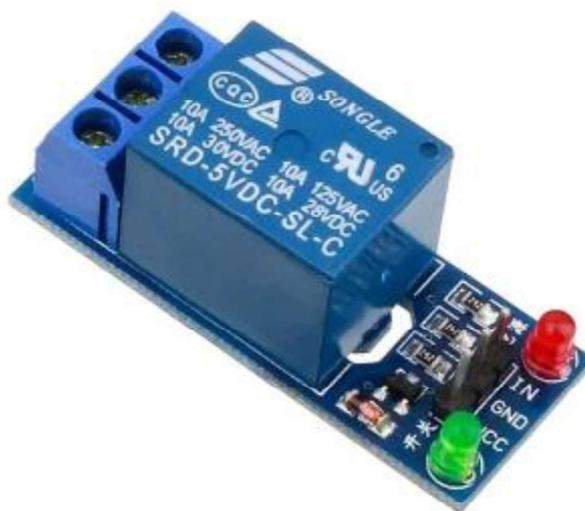
Especificações:

- Microcontrolador: ATmega328
- Tensão de Operação: 5v
- Pinos de entrada/saída: 14 (dos quais 6 podem ser PWM)
- Pinos de entrada analógica: 6
- Corrente DC por pino I/O: 40mA
- Corrente DC para pino 3,3v: 50mA
- Memória Flash: 32KB (dos quais 0,5KB são usados pelo Bootloader)
- SRAM: 2KB – EEPROM: 1KB
- Velocidade do Clock: 16MHz

- **Relé de saída**

Foi utilizado um relé de saída para acionar a bomba submersível a partir do sinal enviado pelo Arduino Uno. Esse relé é responsável por controlar o funcionamento da bomba, permitindo que seja ligada ou desligada de acordo com as necessidades de irrigação.

Figura 4 - Relé de saída 5V.



Fonte: https://www.eletrogate.com/modulo-rele-1-canal-5v?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gad=1&gclid=Cj0KCQjwyLGjBhDKARIsAFRNqW94nZpl6Tr3w1gSxPfuZjYIouW9SGNe1C_in81glnRkegn9pu-SPQcaAnwEALw_wcB

Especificações:

- Tensão de operação: 5V DC (VCC e GND)
- Tensão de sinal: TTL – 5V DC (IN)
- Corrente típica de operação: 80 mA
- Contato: 1 NAF
- Capacidade do relé: 30V DC e 10A ou 250V AC e 10A
- Tempo de resposta: 5~10ms
- Dimensões: 43mm (L) x 17mm (C) x 19mm (H)

- **Componentes adicionais**

Além dos componentes principais mencionados, foram utilizados outros componentes para a montagem do sistema, como fios de conexão, placa de montagem, reservatório e mangueira de água. Esses componentes auxiliares foram empregados para garantir a correta interconexão e funcionamento dos elementos do circuito.

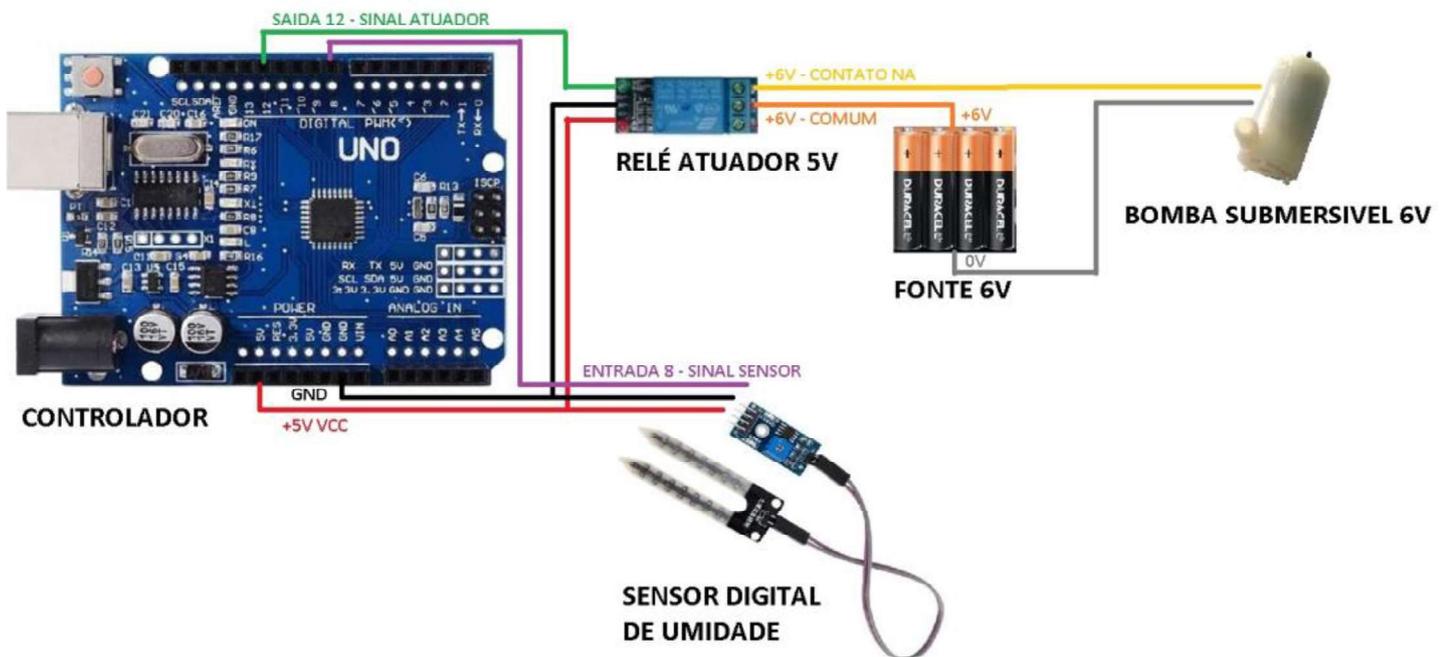
A escolha criteriosa desses componentes levou em consideração fatores como a compatibilidade com o Arduino Uno, a qualidade, a disponibilidade no mercado e a adequação às necessidades do sistema de irrigação automatizada para o cultivo do morango. As especificações técnicas de cada componente foram verificadas e comparadas para garantir a integração adequada e o desempenho otimizado do sistema.

4.2. Montagem e interconexão dos componentes

Inicialmente, foram organizados todos os componentes necessários para a montagem do sistema, incluindo o sensor de umidade do solo, a bomba submersível, o Arduino Uno, o relé de saída e os demais componentes auxiliares.

Foram então definidas as entradas e saídas do Arduino UNO a serem utilizadas e esboçado o croqui para montagem dos circuitos elétricos.

Figura 5 - Croqui esquemático de ligação.



Fonte: Elaboração própria.

A montagem física consistiu em posicionar os componentes de forma adequada, considerando fatores como acesso aos sensores, proteção contra umidade e segurança elétrica. A bomba submersível foi colocada em um recipiente com água, enquanto o Arduino Uno e os componentes auxiliares foram dispostos em uma placa de prototipagem.

As conexões elétricas foram estabelecidas de acordo com o esquema de circuito previamente definido. Os fios de conexão foram utilizados para ligar os componentes entre si, seguindo as especificações técnicas e as instruções de montagem. A conexão entre o Arduino Uno e o relé de saída foi realizada por meio da saída digital no pino 12, permitindo o controle da bomba submersível.

O sensor de umidade do solo foi conectado ao Arduino Uno utilizando a entrada digital do pino 8, permitindo a leitura das medições de umidade do solo pelo Arduino Uno, proporcionando o monitoramento contínuo das condições do solo.

A bomba submersível a ser alimentada pela fonte 6V foi conectada ao relé de saída, que por sua vez estava conectado ao Arduino Uno. Essa interconexão permitiu que o Arduino Uno acionasse a bomba submersível com base nas leituras do sensor, ativando-a quando necessário para realizar a irrigação adequada.

Após a montagem e conexão dos componentes, foi realizada uma verificação cuidadosa para garantir que todas as conexões estivessem corretas e firmes. Verificou-se também a correta funcionalidade dos sensores, da bomba submersível e do circuito de controle.

A montagem e interconexão adequadas dos componentes foram essenciais para o funcionamento eficiente do sistema de irrigação automatizada. A correta conexão elétrica e o posicionamento adequado dos componentes garantiram a integridade e a segurança do sistema. A organização e o cuidado durante essa etapa contribuíram para evitar problemas de mau funcionamento ou falhas durante o processo de irrigação.

Com a montagem e interconexão dos componentes concluídas, o sistema de irrigação automatizada estava pronto para ser programado e testado, visando à automação do processo de irrigação no cultivo do morango. Essa etapa é crucial para garantir o correto funcionamento do sistema e obter os resultados esperados em termos de economia de água, eficiência na irrigação e otimização do crescimento.

4.3. Planilha de custos do projeto

Placa Arduino UNO + kit cabos	R\$ 62,90
Relé de saída 5V	R\$ 9,00
Bomba submersível + Mangueira	R\$ 19,20
Sensor de umidade de solo higrômetro + Módulo interface	R\$ 15,00
Reservatório diagramado	R\$ 12,90
Fonte 6V - kit 4 pilhas AA 1,5V	R\$ 22,90
Fita isolante	R\$ 5,19
Muda de morango	R\$ 5,00
TOTAL	R\$ 152,09

4.4. Programação do Arduino Uno para controle da irrigação

A programação adequada do Arduino Uno é fundamental para acionar a bomba submersível com base nas leituras do sensor de umidade do solo, garantindo uma irrigação precisa e eficiente.

Foi utilizado o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) do Arduino para programar o Arduino Uno. Esse ambiente oferece recursos e ferramentas necessárias para a escrita, compilação e upload do código para o microcontrolador.

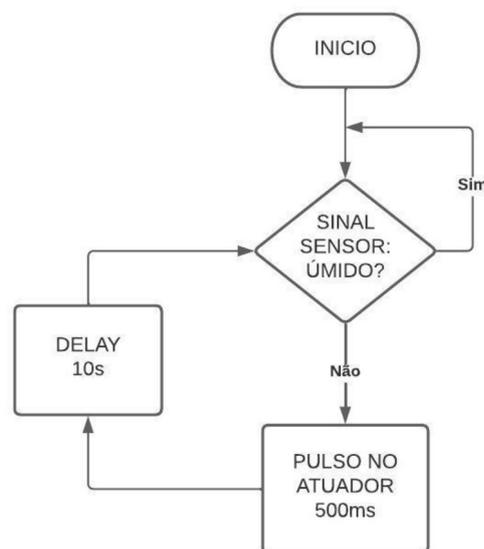
Conforme definições das portas e pinos do Arduino Uno a serem utilizados para a conexão dos componentes, foram declaradas a entrada e saída digital para o sensor de umidade do solo e acionamento do relé de saída.

Foi então desenvolvida a lógica de programação para a leitura do sensor de umidade do solo. Utilizando a entrada digital 8 do Arduino Uno, foram realizadas leituras periódicas do estado de umidade do solo a cada 10 segundos, com a leitura anterior sendo armazenada em uma variável booleana para identificação de alteração de estado em comparação com a leitura atual. Esse intervalo também possibilitará tempo suficiente para absorção da água pelo solo de forma a garantir que a sonda faça a leitura correta.

Com base nas leituras do sensor foram estabelecidas as condições para acionar ou desligar a bomba submersível. Por meio da saída digital 12 do Arduino Uno, o relé de saída foi configurado para acionar a bomba durante um período de 500ms no estado seco, de forma a evitar excesso de água, permitir a drenagem da água pelo solo e repetir a operação caso necessário.

Dessa forma, o programa funcionará conforme o organograma a seguir:

Figura 6 - Organograma de funcionamento.



Fonte: Própria

Após a programação do Arduino Uno, foi realizada uma verificação cuidadosa para garantir que todas as instruções e condições foram corretamente implementadas. A seguir, o código de programação implementado:

```

bool leituraSensor; //Variavel da leitura do sensor
bool leituraAnterior; //Variavel para armazenamento da leitura antiga do sensor

void setup() {

    pinMode(8, INPUT); //Entrada digital do sensor de umidade
    pinMode(12, OUTPUT); //Saida digital do rele de acionamento da bomba
}

void loop() {

    leituraSensor = digitalRead(8); //leitura do sensor
    //Ao entrar no estado seco
    if (leituraSensor && !leituraAnterior) {
        while (digitalRead(8)) {
            digitalWrite(12, HIGH); //acionamento rele / bomba
            delay(500);
            digitalWrite(12, LOW); //desligamento rele / bomba
            delay(10000);
        }
    }
    leituraAnterior = leituraSensor; //Armazena status do sensor
}

```

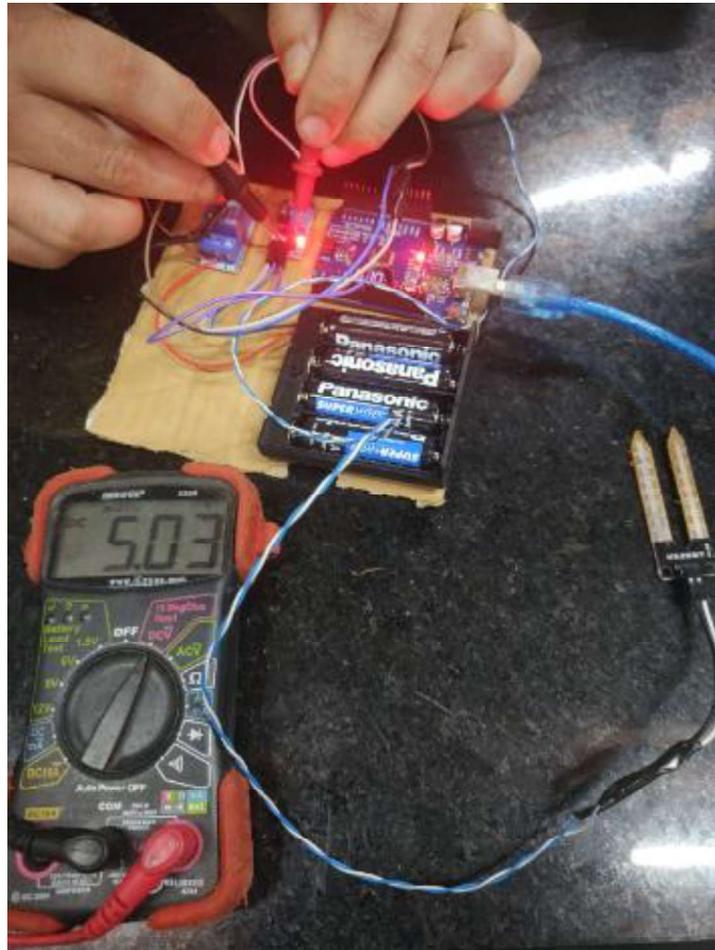
A programação do Arduino Uno permitiu a automação do processo de irrigação no cultivo do morango, utilizando as leituras dos sensores de umidade do solo para acionar a bomba submersível nos momentos adequados. Com a programação corretamente implementada, espera-se obter uma irrigação precisa e eficiente, contribuindo para o crescimento saudável das plantas e a maximização da produção de morangos.

4.5. Testes e ajustes do sistema

Após a montagem, interconexão e programação do Arduino Uno, é fundamental realizar uma série de testes para verificar o funcionamento adequado do sistema e fazer os ajustes necessários.

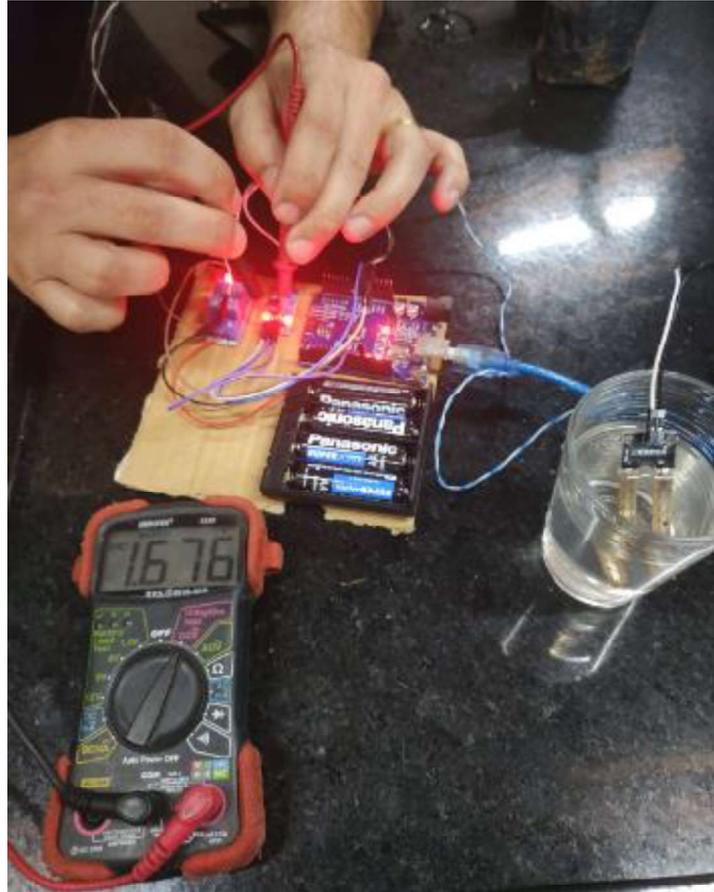
Inicialmente, foram realizados testes para verificar a correta leitura do sensor de umidade do solo pelo Arduino Uno. Utilizando diferentes níveis de umidade no solo, foi verificado o acionamento do sensor e comparado com as expectativas. Com isso, foi ajustado o potenciômetro do sensor de forma a identificar a transição do estado úmido para seco na condição desejada. A identificação foi realizada por meio de medição do pino analógico do sensor de forma a obter uma análise quantitativa da leitura:

Figura 7 - Leitura sensor em estado seco (umidade do ar)



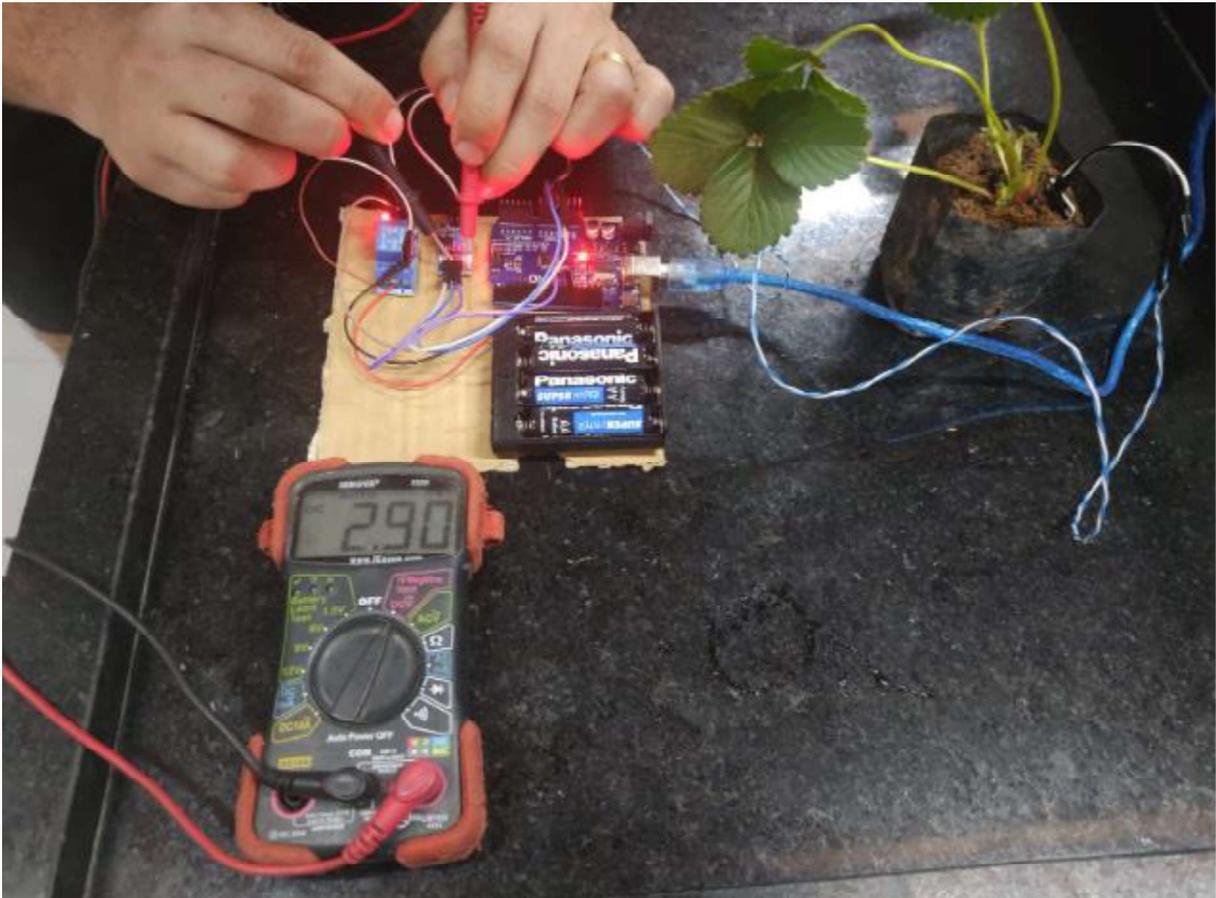
Fonte: Própria

Figura 8 - Leitura sensor em estado úmido (diretamente na água)



Fonte: Própria

Figura 9 - Leitura sensor na umidade ideal



Fonte: Própria

Em seguida, foram realizados testes para verificar o correto acionamento do relé de interface e da bomba submersível com base na leitura do sensor. Com o auxílio de uma esponja a ser aplicada ao sensor para simulação do solo, foi verificado que a bomba era acionada durante 500ms em intervalos de 10s quando a umidade do solo estava abaixo do limiar estabelecido (sensor acionado) e não acionada na condição de estado úmido.

O sistema foi então deixado em funcionamento por um período determinado, possibilitando o registro de seu comportamento e realização de ajustes necessários.

Após os ajustes, foram realizados novos testes para validar os resultados obtidos. Os testes foram repetidos em diferentes condições e períodos, verificando-se a consistência dos resultados e a estabilidade do sistema ao longo do tempo. A validação dos resultados foi essencial para garantir a confiabilidade e a eficácia do sistema de irrigação automatizada.

Os testes e ajustes do sistema foram fundamentais para assegurar o seu funcionamento adequado e eficiente no cultivo do morango. Por meio dessas etapas, foi possível identificar e corrigir eventuais problemas, otimizando a irrigação e maximizando os benefícios proporcionados pela automação do processo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a implementação do sistema e realização dos testes, a muda de morango utilizada foi plantada definitivamente em um jardim se incidência contínua de sol e o sistema de irrigação aplicado em regime contínuo para a coleta de dados. Para isso, foi utilizado um reservatório com medidas estampadas, possibilitando a identificação do volume de água utilizado e, conseqüentemente, a quantidade de acionamentos da bomba e umidade do solo ao longo do tempo. A coleta de dados foi realizada diariamente durante o período de 15 dias.

Figura 10 - Sistema montado



Fonte: Própria

5.1. Análise dos dados coletados

Ao analisar os registros diários do reservatório, verificou-se que o sistema de irrigação automatizada foi eficaz em manter a umidade adequada para o cultivo do morango. O sensor de umidade do solo forneceu leituras precisas e permitiu o acionamento da bomba submersível nos momentos adequados, evitando tanto o déficit quanto o excesso de água no solo. Essa precisão no controle da irrigação contribuiu para o desenvolvimento saudável das plantas, resultando em um bom crescimento e um melhor aproveitamento dos recursos hídricos.

Além disso, o sistema automatizado ajustou a quantidade de água fornecida com base nas necessidades reais das plantas, evitando desperdícios e garantindo uma irrigação eficiente em comparação aos métodos tradicionais de irrigação. Foi possível observar uma média de 2 acionamentos diários em dias quentes e nenhum acionamento em dias chuvosos ou frios. Cada acionamento consome aproximadamente 25ml de água, o que é compatível com a vazão teórica da bomba, resultando em uma média de 50ml por dia na muda. Isso não

apenas resultou em economia de água, mas também contribuiu para a sustentabilidade do cultivo de morango.

Outro aspecto observado durante a análise dos dados foi o desenvolvimento saudável das plantas de morango. O sistema de irrigação automatizada proporcionou um ambiente favorável para o crescimento das plantas, garantindo um suprimento adequado de água e evitando problemas relacionados à falta ou excesso de umidade no solo. Como resultado, apesar do curto tempo hábil de aplicação do sistema não possibilitar o acompanhamento completo do desenvolvimento da planta desde o plantio até a produção, as plantas apresentaram um bom vigor, folhagem verde, crescimento evidente e surgimento inicial de flores e frutos. Esses resultados são indicativos de que o sistema de irrigação automatizada contribuiu positivamente para o cultivo do morango.

Figura 11 - Surgimento de flores



Fonte: Própria

Figura 12 - Surgimento de flores e frutos



Fonte: Própria

Em suma, a análise dos dados coletados demonstrou que o sistema de irrigação automatizada para o cultivo do morango apresentou resultados positivos. O controle preciso da umidade do solo, a redução do consumo de água e o desenvolvimento saudável das plantas são evidências de que o sistema automatizado é eficiente e benéfico para a produção de morangos. Esses resultados encorajadores indicam que a tecnologia Arduino Uno pode ser uma solução viável e promissora para o cultivo sustentável e produtivo de morangos por meio da irrigação automatizada.

5.2. Avaliação do desempenho do sistema

Durante o período de funcionamento do sistema, foi observado um controle preciso da umidade do solo, mantendo-a em níveis ideais para o crescimento das plantas de morango. Isso foi possível graças à integração dos sensores de umidade do solo e do controlador Arduino Uno, que acionaram a bomba submersível sempre que a umidade atingiu o limite mínimo estabelecido. A resposta rápida do sistema em fornecer água quando necessário contribuiu para evitar situações de estresse hídrico nas plantas, favorecendo seu desenvolvimento saudável.

Outro aspecto importante avaliado foi a facilidade de operação e controle do sistema. A programação do Arduino Uno e a configuração dos sensores e relés foram realizadas de forma intuitiva e simplificada, permitindo um gerenciamento eficiente da irrigação automatizada. Além disso, o sistema apresentou estabilidade e confiabilidade, garantindo um funcionamento consistente ao longo do período de cultivo.

Quanto à economia de água, a utilização precisa e controlada, de acordo com as necessidades das plantas, evitou desperdícios e otimizou o uso dos recursos hídricos disponíveis. Essa economia de água não apenas contribui para a sustentabilidade do cultivo de morango, mas também reduz os custos associados à irrigação.

Adicionalmente, os bons resultados obtidos com o sistema de irrigação automatizada refletiram-se no desenvolvimento saudável das plantas de morango. Observou-se um crescimento vigoroso, folhagem verde e surgimento inicial de flores e frutos. Esses resultados positivos indicam que o sistema automatizado proporcionou um ambiente propício para o cultivo do morango, fornecendo a quantidade adequada de água de forma consistente ao longo do ciclo de cultivo.

Com base nessa avaliação, pode-se concluir que o sistema de irrigação automatizada para o cultivo do morango demonstrou um bom desempenho, atingindo os objetivos propostos. A eficiência na regulação da umidade do solo, a economia de água, a facilidade de operação e controle, juntamente com o desenvolvimento saudável das plantas, são evidências claras dos benefícios e da viabilidade dessa abordagem no contexto do cultivo do morango.

Esses resultados positivos encorajam a continuidade da pesquisa e a possibilidade de implementação do sistema de irrigação automatizada em larga escala, visando a otimização da produção de morangos, a redução dos custos de irrigação e o uso sustentável dos recursos hídricos.

5.3. Comparação com métodos tradicionais de irrigação

Inicialmente, é importante ressaltar que o sistema de irrigação automatizada demonstrou uma eficiência significativa em relação ao uso de água. Comparado aos métodos tradicionais, nos quais a água é aplicada de forma geral e nem sempre precisa, o sistema automatizado proporcionou uma irrigação mais precisa e controlada. Isso resultou em uma redução considerável no consumo de água, evitando desperdícios e garantindo que apenas a quantidade necessária fosse fornecida às plantas de morango. Essa economia de água é vantajosa tanto do ponto de vista econômico quanto do ponto de vista ambiental, contribuindo para a sustentabilidade do cultivo.

Além disso, a automatização do sistema permitiu um controle mais preciso da umidade do solo, evitando problemas como o déficit ou o excesso de água. O sensor de umidade do solo integrado ao sistema foi capaz de monitorar constantemente as condições do solo, acionando a irrigação apenas quando necessário. Dessa forma, as plantas de morango receberam a quantidade ideal de água, evitando problemas relacionados ao estresse hídrico ou à falta de irrigação. Esse controle preciso resultou em um desenvolvimento mais saudável e vigoroso das plantas.

Outro benefício do sistema de irrigação automatizada é a redução do trabalho manual. Nos métodos tradicionais, a aplicação de água muitas vezes é realizada manualmente, exigindo um esforço considerável e um tempo significativo. Com o sistema automatizado, a irrigação é realizada de forma autônoma, sem a necessidade de intervenção manual frequente. Isso permite uma maior praticidade e eficiência no manejo do cultivo, liberando o agricultor para outras atividades essenciais.

Por fim, é importante ressaltar que a implementação do sistema de irrigação automatizada para o cultivo do morango é altamente escalável. Com a utilização de componentes acessíveis e tecnologia Arduino Uno, é possível replicar e adaptar o sistema para diferentes áreas e cultivos. Essa flexibilidade torna a abordagem automatizada uma alternativa viável e promissora, não apenas para o cultivo de morango, mas também para outras culturas que requerem uma irrigação precisa e eficiente.

Em suma, a comparação entre o sistema de irrigação automatizada e os métodos tradicionais destacou as vantagens do sistema automatizado. A economia de água, o controle preciso da umidade do solo, a redução do trabalho manual e a escalabilidade do sistema são fatores que demonstram a superioridade e a viabilidade dessa abordagem. Esses resultados positivos reforçam a importância da adoção de tecnologias automatizadas na agricultura, visando a otimização dos recursos, a sustentabilidade e a melhoria dos resultados de produção.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1. Síntese dos resultados obtidos

O sistema de irrigação automatizada demonstrou eficiência hídrica significativa, proporcionando um controle preciso da umidade do solo, evitando o desperdício de água. Isso resultou em uma redução no consumo de água em comparação com os métodos convencionais, contribuindo para a conservação desse recurso vital e para a sustentabilidade do cultivo do morango.

Além disso, o sistema automatizado apresentou economia de recursos, tanto em termos de água quanto de energia elétrica, o que resulta em benefícios econômicos para os agricultores. A otimização dos recursos disponíveis, aliada à redução da mão de obra necessária, também contribuiu para uma maior eficiência operacional e redução de custos.

Os resultados obtidos com o sistema de irrigação automatizada refletiram-se diretamente na produtividade do cultivo de morangos. O fornecimento adequado de água e o controle preciso da umidade do solo resultaram em um crescimento saudável das plantas, o que pode vir a ser traduzido em uma maior produção de frutos de qualidade. Isso proporciona benefícios tanto em termos de rentabilidade para os agricultores quanto de oferta de morangos de qualidade para o mercado consumidor.

A comparação com os métodos tradicionais de irrigação evidenciou as vantagens do sistema automatizado, destacando sua eficiência, sustentabilidade e economia de recursos. Esses resultados sugerem que a utilização do sistema de irrigação automatizada pode ser uma estratégia promissora para o cultivo do morango, permitindo melhorias significativas no manejo da irrigação e no desempenho das plantas.

Em síntese, os resultados obtidos com o sistema de irrigação automatizada para o cultivo do morango confirmam sua eficácia e viabilidade como uma alternativa sustentável e eficiente aos métodos tradicionais de irrigação. Esses resultados contribuem para a compreensão e a disseminação do conhecimento sobre o uso dessa tecnologia no setor agrícola, além de fornecerem uma base sólida para futuras pesquisas e aplicações práticas no campo da agricultura de precisão.

6.2. Contribuições do projeto

A implementação do sistema de irrigação automatizada utilizando o controlador Arduino Uno representa um avanço tecnológico no campo da agricultura de precisão. A combinação do sensor de umidade do solo e bomba submersível controlada pelo Arduino possibilitou o monitoramento e o controle precisos da irrigação, levando a um manejo mais eficiente e inteligente da água no cultivo do morango.

O sistema automatizado contribuiu significativamente para a eficiência hídrica no cultivo do morango. A utilização do sensor de umidade do solo permitiu uma aplicação precisa e controlada da água, evitando o desperdício e garantindo o fornecimento adequado às plantas. Isso resultou em uma redução no consumo de água em comparação com os métodos tradicionais de irrigação, contribuindo para a conservação desse recurso natural valioso.

O sistema automatizado trouxe benefícios econômicos ao reduzir os custos de água e energia elétrica no cultivo do morango. A utilização eficiente e controlada da água, aliada à automação do processo de irrigação, resultou em uma economia de recursos significativa para os agricultores. Além disso, a redução da mão de obra necessária para a irrigação manual também contribuiu para a otimização dos recursos disponíveis.

O sistema de irrigação automatizada proporcionou um melhor desenvolvimento da planta. O fornecimento adequado e controlado de água permitiu um crescimento saudável da planta, o que virá a resultar em uma maior produção de frutos de qualidade. Isso não apenas contribui para a rentabilidade dos agricultores, mas também para a oferta de morangos de alta qualidade para o mercado consumidor.

O projeto contribuiu para a sustentabilidade do cultivo do morango ao promover o uso eficiente dos recursos naturais. A redução do consumo de água e energia elétrica, a minimização do desperdício e a otimização da mão de obra refletem o compromisso com a preservação do meio ambiente. Além disso, a automação do processo de irrigação contribuiu para a redução do impacto ambiental associado aos métodos tradicionais de irrigação.

O projeto de irrigação automatizada para o cultivo do morango também contribuiu para a disseminação do conhecimento na área da agricultura de precisão. Os resultados obtidos e as experiências adquiridas fornecem um conjunto de informações valiosas para outros pesquisadores, agricultores e profissionais do setor agrícola interessados em adotar tecnologias similares.

Em resumo, o projeto de irrigação automatizada para o cultivo do morango trouxe contribuições significativas, tanto em termos de avanço tecnológico quanto de sustentabilidade e eficiência no manejo da irrigação. As melhorias alcançadas podem beneficiar diretamente os agricultores, promovendo uma produção mais eficiente, econômica e ambientalmente responsável. Além disso, o conhecimento gerado pelo projeto tem o potencial de impulsionar a adoção de práticas sustentáveis na agricultura e contribuir para o desenvolvimento de novas soluções na área da agricultura de precisão.

6.3. Limitações e sugestões para trabalhos futuros

O projeto foi conduzido em uma escala experimental, com foco em apenas uma muda de morango para aplicação do protótipo. Portanto, é importante considerar a replicação e a validação dos resultados em escalas maiores, como cultivos comerciais, a fim de confirmar a viabilidade e os benefícios do sistema de irrigação automatizada em um contexto mais amplo.

Durante o projeto, foram consideradas condições controladas em relação à umidade do solo e às características ambientais. No entanto, é necessário levar em consideração a variabilidade natural que ocorre nos ambientes de cultivo, como variações climáticas sazonais e variações na qualidade do solo. Estudos futuros podem explorar a adaptação do sistema de irrigação automatizada a diferentes localidades e condições ambientais, avaliando sua capacidade de lidar com essas variações.

O projeto se concentrou principalmente na irrigação automatizada com base na umidade do solo. No entanto, existem outras variáveis importantes a serem consideradas no manejo do cultivo de morango, como a temperatura, a luminosidade e a nutrição das plantas. Sugere-se explorar a possibilidade de integrar essas variáveis ao sistema de controle automatizado, permitindo um gerenciamento mais abrangente e preciso do ambiente de cultivo.

Durante o projeto, foram estabelecidos parâmetros de controle para acionamento da irrigação com base na umidade do solo. No entanto, é importante investigar a otimização desses parâmetros, considerando diferentes estágios de crescimento das plantas, variações sazonais e características específicas do cultivar de morango. A calibração adequada dos sensores e a definição dos valores ideais de umidade do solo podem aprimorar ainda mais a eficiência do sistema.

Uma sugestão para trabalhos futuros é explorar a implementação de um sistema de monitoramento remoto e gestão de dados para o sistema de irrigação automatizada. Isso permitiria o acompanhamento em tempo real das condições de umidade do solo, o controle remoto da irrigação e a coleta de dados para análises posteriores. A integração de tecnologias de comunicação sem fio e plataformas de gerenciamento de dados pode proporcionar maior praticidade e eficiência na operação do sistema.

Em suma, embora o projeto tenha apresentado resultados promissores, é importante reconhecer suas limitações e explorar oportunidades para pesquisas futuras. A continuidade dos estudos nessa área pode contribuir para a evolução e aperfeiçoamento do sistema de irrigação automatizada, ampliando seu potencial de aplicação e beneficiando ainda mais o cultivo do morango e outros cultivos agrícolas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, G. M.; FREIRE, L.; CRUZ, R. P. –Sistema de irrigação por gotejamento. Trabalho de conclusão de curso técnico, Centro Paula Souza ETEC “Jorge Street”, São Caetano do Sul –SP, 2015. Disponível em: <<https://www.bibliotecaagpatea.org.br/agricultura/irrigacao/livros/SISTEMA%20DE%20IRRIGACAO%20POR%20GOTEJAMENTO.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2022.

ANTUNES, L. E. C.; CARVALHO, G. L.; SANTOS, A. M. dos. - A cultura do morango - 2. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128281/1/PLANTAR-Morango-ed02-2011.pdf>> Acesso em 21 de fevereiro de 2023.

ANTUNES, L. E. C.; JÚNIOR, C. R.; SCHWENGBER, J. E.; - Morangueiro - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Clima Temperado Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/179724/1/Luis-EduardoMORANGUEIRO-miolo.pdf> Acesso 26 fevereiro 2023.

BARBOSA, J. W. - SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO UTILIZANDO PLATAFORMA ARDUINO. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, Assis 2013. Disponível em: < <https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/1011330043.pdf>>. Acesso em: 20 março 2023.

BRAGA, Felipe Luis; SANTOS, Mauricio Rangel dos; LEAL JUNIOR, Ricardo Pacheco. Automação no agronegócio de pequeno porte: automatização da irrigação em cultivo de morango. Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia de Controle e Automação - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8206/1/CT_COEAU_2019_1_08.pdf. Acesso em: 20 de março 2023.

GIOMO, D. –Desenvolvimento de um sistema de irrigação Automatizado de baixo custo. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel –PR, 2019. Disponível em: <<https://www5.unioeste.br/portalunioeste/arq/files/PPGEA/Dissertacao.Diogo.Giomo.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2022.

MEDEIROS, P. H. S. –Sistema de irrigação automatizado para plantas caseiras. Trabalho de conclusão de curso II, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade – MG, 2019. Disponível em: <https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/1199/1/MONOGRAFIA_SistemaIrrigacaoAutomatizado.pdf>. Acesso em: 30 set. 2022.

SANTOS, A. L. T. -Produtividade de morango em ambiente protegido sob diferentes estratégias de irrigação. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul – RS, 2019. Disponível em:

<<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/19277/TCC%20Andr%c3%a9%20Luis%20Tel%20dos%20Santos%20%281%29%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 30 set. 2022.

SOUSA, V. F.; MAROUELL, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; FILHO, M. A. C. - Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Clima Temperado Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. Disponível em:
< <http://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00061500.pdf>> Acesso 01 março 2023.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E.; DEUS, F. P. de.; CARDOSO, J. L.; FERRAREZI, R. S. – Irrigação: Métodos, Sistemas e Aplicações - Ficha Catalográfica Universidade Estadual de Campinas Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura 2017. Disponível em:
https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/testezlaf_irrigacao_metodos_sistemas_aplicacoes_2017.pdf Acesso 01 março 2023.