



William Henrique Jerzewski

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO

Horizontina-RS

2023

William Henrique Jerzewski

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a o Trabalho Final de Curso na Engenharia de Controle e Automação da Faculdade Horizontina, sob orientação do professor Rodrigo Bastos (Me).

Horizontina-RS

2023

FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA

CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO

**Elaborada por:
William Henrique Jerzewski**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Controle e Automação

Aprovado em: dd/mm/20aa
Pela Comissão Examinadora

Titulação. Nome do orientador
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

Titulação. Nome do Examinador Interno
FAHOR – Faculdade Horizontina

Titulação. Nome do Examinador Interno
FAHOR – Faculdade Horizontina

Horizontina-RS

2023

Dedicatória

Aos meus queridos pais, Claudia Inês Dorneles, Luís Vanderlei Jerzewski e mãe de coração Valeria Bonetti Jerzewski, pelo amor e apoio incondicionais dados nesta jornada acadêmica. À minha amada esposa Gabriela Bin, companheira de todas as horas, cujo apoio e compreensão tornou possível superar obstáculos e perseguir este sonho.

RESUMO

O presente trabalho buscou desenvolver um sistema de irrigação automatizado de baixo custo para auxiliar produtores de hortifruticultura. O projeto foi desenvolvido a partir da dificuldade que os produtores enfrentam para irrigação de seus canteiros de maneira uniforme e garantir um fornecimento de água adequado para o desenvolvimento da planta. A partir disso, foi desenvolvido um protótipo de baixo custo que utiliza sensores para realizar o monitoramento de umidade da terra. Os sensores são integrados ao microcontrolador Arduino que recebe e interpreta as informações coletadas de umidade do solo e aciona uma eletroválvula que libera a água para irrigação. O desenvolvimento do estudo, teve como foco a irrigação de canteiros de melão, mas o mesmo pode ser aplicado para outros tipos de canteiros que utilizam o processo de irrigação por gotejamento. A partir da testagem do protótipo foi verificado que o mesmo se mostrou eficiente, possibilitando, portanto, a sua utilização para a irrigação.

Palavras-chave: Irrigação automatizada, Hortaliças, Umidade do solo, Controle de umidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Irrigação por Aspersão.-----	13
Figura 2 - Irrigação por Gotejamento. -----	14
Figura 3 – Irrigação por Sulcos. -----	15
Figura 4 - Cultivo em Canteiros. -----	17
Figura 5 – Hidroponia. -----	17
Figura 6 - Horta Orgânica. -----	18
Figura 7 - Cultivo em Estufas. -----	19
Figura 8 - Cultivo Vertical. -----	19
Figura 9 - Sensor Capacitivo. -----	20
Figura 10 - Sensor de Resistência. -----	21
Figura 11 - Sensor Óptico.-----	21
Figura 12 - Microcontrolador Arduino. -----	23
Figura 13 - Válvula Direcional. -----	24
Figura 14 - Válvula Proporcional. -----	24
Figura 15 - Válvula Controle de Pressão. -----	25
Figura 16 - Válvula Controle de Fluxo. -----	25
Figura 17 - Display 7 Segmentos. -----	26
Figura 18 - Display LCD (Liquid Crystal Display). -----	27
Figura 19 - Display Organic Light-Emitting Diode (OLED). -----	28
Figura 20 - Modulo Relé.-----	28
Figura 21 - Fluxograma Métodos. -----	30
Figura 22 - Fluxograma Desenvolvimento Protótipo.-----	31
Figura 23 - Fluxograma Funcionamento do Sistema. -----	35
Figura 24 - Fluxograma Projeto Elétrico. -----	36
Figura 25 - Programação 1. -----	37
Figura 26 - Programação 2. -----	37
Figura 27 - Programação 3. -----	38
Figura 28 - Programação 4. -----	38
Figura 29 – Prototipagem. -----	39
Figura 30 - Circuito Display.-----	39
Figura 31 – Testagem Protótipo.-----	41
Figura 32 - Testagem Protótipo 2. -----	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
1.1 TEMA	9
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	9
1.3 PROBLEMA DA PEQUISA	9
1.4 HIPÓTESES.....	9
1.5 JUSTIFICATIVA	10
1.6 OBJETIVOS	11
1.6.1 Objetivo geral.....	11
1.6.2 Objetivos específicos	11
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	12
2.1 IRRIGAÇÃO	12
2.1.1 Irrigação por Aspersão	13
2.1.2 Irrigação por Gotejamento	14
2.1.3 Irrigação por Sulcos.....	15
2.2 HORTALIÇAS	16
2.3 COMPONENTES ELÉTRICOS.....	20
2.3.1 Sensores de Umidade	20
2.3.2 Tipos de Sensores de Umidade.....	20
2.3.3 Aplicações dos Sensores de Umidade	21
2.4.1 Arduino	22
2.5 VÁLVULAS SOLENOIDES	23
2.5.1 Válvula Solenoide Direcional	24
2.5.2 Válvula Solenoide Fornecida	24
2.5.3 Válvula Solenoide Controle de Pressão	24
2.5.4 Válvula Solenoide Controle de Fluxo.....	25
2.6 DISPLAY	26

2.6.1 Display de 7 Segmentos.....	26
2.6.2 Display LCD (Liquid Crystal Display)	27
2.6.3 Display OLED (Organic Light-Emitting Diode).....	27
2.7 RELÉ.....	28
3 METODOLOGIA	29
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS	30
3.2. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS.....	32
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	33
4.1 DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE IRRIGAÇÃO.....	33
4.2 ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO	34
4.2.1 Programação da Automatização.....	35
4.2.2 Projeto Elétrico	36
4.2.3 Programação do Sistema	36
4.3 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO	39
4.4 TESTES E RESULTADOS OBTIDOS.....	40
CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o grande desafio da agricultura moderna é conseguir produzir uma maior quantidade de alimentos com menor quantidade de recursos. A tecnologia é uma aliada para otimizar as produções e aumentar a produtividade sem diminuir a qualidade dos produtos. Isso pode ser observado nas práticas de irrigação automatizadas, que possibilitam o controle das culturas de forma eficiente e redução do desperdício de água (GIOMO, 2019). Para Reis (2015) um sistema de irrigação eficiente além de ser essencial para qualidade e produtividade agrícola auxilia na minimização do uso de recursos hídricos e insumos, e contribui para a preservação do meio ambiente.

No que tange o cultivo agrícola da hortifruticultura o manejo da irrigação é fundamental, pois o excesso de água prejudica a planta ocasionando o apodrecimento das raízes, enquanto que a falta de água impede o desenvolvimento da planta e provoca a redução da produtividade. Neste sentido, um sistema de irrigação automatizado pode auxiliar os produtores no aumento de produtividade e mantê-los menos vulneráveis às condições climáticas adversas que impactam na produção (LIMA e COSTA, 2019).

O uso de tecnologias no desenvolvimento de sistemas de irrigação automatizados é uma aliada do produtor para otimizar a produção e oferecer a quantidade de água necessária para o desenvolvimento das suas culturas produtivas. Conforme Giomo (2019), muitos produtores não possuem acesso a essas tecnologias devido à falta de conhecimento técnico e o alto custo para instalação de um sistema automatizado. Para Reis (2015), os sistemas de irrigação modernos são munidos com equipamentos microprocessados de alta tecnologia e precisão para monitorar e controlar diversas variáveis ambientais que garantem o desenvolvimento da cultura, porém são de alto custo e de difícil acesso ao pequeno produtor.

Com todos estes fatores elencados, o objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado e de baixo custo para aplicação em plantações de hortifruticultura. Busca-se por meio deste, que o produtor consiga obter uma alta produtividade aliado com uma boa qualidade do seu produto e consequentemente reduzir o desperdício de água, que impacta no custo de sua produção e no uso racional deste recurso para o meio ambiente.

1.1 TEMA

Desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho delimita-se no desenvolvimento e implementação de um sistema de irrigação automatizado de baixo custo para utilização em plantações de hortifruticultura.

1.3 PROBLEMA DA PESQUISA

Para Marconi e Lakatos (2012) o problema de uma pesquisa é onde se encontra a dificuldade do projeto, a qual deve ser solucionada ao longo do estudo. Para a formulação do problema de pesquisa parte-se para os questionamentos, onde o tema proposto começa a ser discutido por parte do pesquisador.

O objetivo da irrigação é proporcionar umidade adequada ao desenvolvimento das plantas para aumentar a produtividade e superar o efeito dos períodos secos. Sendo adotada de forma correta proporciona maior competitividade e maior lucratividade ao produtor, pois auxilia em uma produção mais sustentável e ainda com impacto direto na redução do desperdício de água e energia (SEBRAE, 2015).

Para Marouelli e Silva (2011) todo sistema de irrigação aplica água com certo grau de desuniformidade. A eficiência depende de fatores inerentes ao próprio sistema, do dimensionamento hidráulico, da manutenção e manejo do sistema e das condições de solo e de clima. Ainda segundo Marouelli e Silva (2011) a escassez de mão de obra e a busca pela maior eficiência na produtividade tem feito com que alguns produtores de hortaliças busquem a automação de seus sistemas de irrigação.

Diante do exposto, o problema da pesquisa caracteriza-se com a seguinte pergunta: é possível desenvolver um sistema de irrigação automatizado de baixo custo para irrigação de áreas de plantio de hortifruticultura?

1.4 HIPÓTESES

Para Gil (2018) a hipótese é a proposição que pode ser testável, deste modo podendo se tornar a solução do problema. Desta forma, o presente projeto apresenta como hipóteses:

- A implementação de um sistema de irrigação por meio de microcontrolador Arduino é um meio eficaz e de baixo custo para irrigação de hortifruticultura.
- A utilização de um sistema automatizado reduz a dependência de mão de obra manual para irrigação
- A prototipagem de um sistema microcontrolado para irrigação de áreas de hortifruticultura permite testar e validar a aplicação deste como um método de irrigação automatizado

1.5 JUSTIFICATIVA

De acordo com Pereira (2017) a água e a irrigação são os fatores mais importantes para se atingir a segurança alimentar e produção de alimentos para uma população em constante crescimento, e que por meio da evolução dos sistemas de irrigação atingiu-se diversos avanços para a produção agrícola em diferentes regiões do mundo. Falkenmark (2013), salienta que dada a importância da água, o uso incorreto deste recurso para a prática da irrigação pode provocar efeitos colaterais ambientais, como esgotamento de bacias dos rios e esgotamentos da água subterrânea.

Em um relatório publicado em 2014, a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura apontou que a agricultura familiar corresponde a cerca de 80% da produção de alimentos do mundo. Sendo assim, é fundamental para alcançar a segurança alimentar e reduzir a fome mundial (FAO, 2014).

Toledo e Toni (2016), destacam que é cada vez mais recorrente a falta de mão de obra para trabalhos rurais, fator que está diretamente ligado a urbanização, sendo que os moradores dessas áreas estão em busca de melhores salários e melhores condições de trabalho. Logo, destaca-se que pode haver a falta de mão de obra para realização de atividades agrícolas, entre elas a realização de irrigação de áreas de cultivos de hortifruticultura pois dependendo do tipo de planta, requer que a irrigação seja realizada várias vezes ao dia.

Mediante o exposto, este trabalho se justifica pois colabora com os pequenos agricultores oferecendo uma solução para: eficiência na aplicação da água (eliminando gastos desnecessários), otimização da mão de obra e preservação do meio ambiente. Por consequência, o produtor poderá obter uma maior produtividade e uma melhor qualidade do seu produto.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema de irrigação automatizado para auxiliar produtores de hortifruticultura.

1.6.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Desenvolver um protótipo para irrigação automatizada de plantações de hortifruticultura.
- Estudar e escolher o método de irrigação.
- Realizar o monitoramento da umidade do solo
- Testar e validar o protótipo em uma plantação de hortifruticultura.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Existem diversas maneiras de irrigar o solo, conforme será mencionado a seguir e para cada cultura há uma forma específica que se enquadra melhor. Além disso, para haver a irrigação é necessário a implementação de alguns equipamentos que também serão mencionados no decorrer desta revisão.

2.1 IRRIGAÇÃO

A irrigação, segundo Wendlandt, Burt e Clemmens (2002), é uma técnica que visa controlar e administrar a aplicação de água no solo, de maneira a atender às necessidades hídricas das plantas e minimizar as perdas por evaporação, escoamento superficial e percolação profunda, especialmente em locais onde as chuvas são escassas ou irregulares.

Contribuindo com essa afirmação, Braga e Calgaro (2010) afirmam que a irrigação é uma técnica milenar que tem como finalidade disponibilizar água às plantas para que estas possam produzir de forma adequada e que vem sendo aprimorada ao longo dos anos, chegando aos dias atuais com sistemas pontuais, onde a água é gotejada no momento, local e quantidade correta ao desenvolvimento das plantas.

Além disso, Bassoi (2021) destaca que a produtividade de um cultivo irrigado supera de duas a três vezes o cultivo sem irrigação e que a automação pode ajudar no manejo desta, ajustando o tempo (quando ligar) e a quantidade de água (quanto irrigar) bem como a agricultura de precisão, agricultura digital, a tecnologia da informação e a conectividade.

Os diversos sistemas de irrigação disponíveis hoje no mercado proporcionam aos produtores uma moderna tecnologia de produção agrícola que, juntamente com o manejo equilibrado da adubação e tratos culturais, reúnem todas as condições para que as plantas possam se desenvolver com seu melhor potencial genético. Entretanto, a escolha do sistema deve-se basear em uma análise técnico-econômica, levando em consideração os tipos de solo, topografia, clima, cultura, custo de equipamentos e energia, qualidade da água disponível e mão-de-obra, conforme citam Braga e Calgaro (2010).

2.1.1 Irrigação por Aspersão

De acordo com Neto e Souza (2017), a irrigação por aspersão (Figura 1) é uma técnica amplamente utilizada na agricultura e consiste na aplicação de água sobre a superfície do solo em forma de chuva artificial, através de aspersores fixos ou móveis.

Para Stone (2023), o sistema de aspersão convencional é considerado o sistema básico de irrigação por aspersão, do qual derivam os demais. Ele pode ser classificado em portátil, semi portátil e fixo, dependendo do grau de movimentação em campo.

Figura 1- Irrigação por Aspersão.



Fonte: Terra Molhada, (2014).

De acordo com Santos et al. (2015), a irrigação por aspersão apresenta diversas vantagens em relação a outros sistemas, como a facilidade de instalação e a ampla faixa de operação, possibilitando a utilização em diversas áreas e culturas.

Corroborando, Stone (2023) ressalta que a aspersão é um método de irrigação que pode atingir 70% de eficiência, podendo alcançar 90% em alguns sistemas ou até 50% em condições severas do clima.

Entretanto, é importante ressaltar que a irrigação por aspersão requer uma análise detalhada do solo e das condições climáticas locais para determinar a quantidade adequada de água e a frequência de irrigação, evitando desperdícios e prejuízos para a produção agrícola (Folegatti et al., 2017). É fundamental que o sistema de irrigação seja bem dimensionado e projetado para a cultura em questão, garantindo a eficiência e a uniformidade da aplicação de água.

Além disso, Stone (2023) ressalta que este sistema não é recomendado para lugares com ventos fortes, pois estes afetam a uniformidade da distribuição de água pelos aspersores.

2.1.2 Irrigação por Gotejamento

A irrigação por gotejamento é uma técnica de irrigação localizada que consiste em aplicar a água diretamente sobre a zona radicular das plantas através de pequenos gotejadores. Segundo Souza et al. (2014), esse sistema de irrigação apresenta muitas vantagens em relação a outros sistemas, principalmente a economia de água e energia, e a alta eficiência na aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas. Conforme Figura 2, temos um exemplo do que é uma irrigação por gotejamento.

Figura 2 - Irrigação por Gotejamento.



Fonte: Maxmaq, (2020).

De acordo com Marouelli e Franco (2017), a irrigação por gotejamento é ideal para culturas com alta demanda de água, como hortaliças, frutíferas e flores, além de ser indicada para regiões com escassez de água. Esse sistema de irrigação garante a uniformidade e precisão na aplicação de água, evitando desperdícios e prejuízos para a produção agrícola.

Entretanto, para implantar um sistema de irrigação por gotejamento é importante verificar a qualidade da água, a permeabilidade do solo, a salinidade, o pH do solo e a fertilidade do solo, entre outros aspectos (Folegatti et al., 2017). Além disso, a manutenção regular do sistema de irrigação é fundamental para garantir a eficiência e evitar danos às plantas.

2.1.3 Irrigação por Sulcos

A irrigação por sulcos, Figura 3, é um sistema de irrigação superficial que consiste em aplicar água em sulcos abertos ao longo das linhas de plantio. Segundo Vasconcelos Filho (2013), esse sistema de irrigação é indicado principalmente em áreas planas e com solos pouco permeáveis, onde a água pode infiltrar com dificuldade e ser perdida por escoamento superficial.

Figura 3 – Irrigação por Sulcos.



Fonte: Planeta Arroz, (2014).

De acordo com Oliveira et al. (2018), a irrigação por sulcos apresenta algumas vantagens em relação a outros sistemas, como a facilidade de construção e manutenção, e a possibilidade de aplicação de água e fertilizantes em fileiras específicas de plantio, o que favorece a absorção pelos sistemas radiculares das plantas.

Entretanto, para garantir a eficiência da irrigação por sulcos é importante verificar a qualidade da água e a uniformidade da aplicação nos sulcos, além de considerar as perdas por infiltração e evapotranspiração (Keller et al., 2018). Também é importante realizar a manutenção dos sulcos, evitando a obstrução por sedimentos e a criação de sulcos secundários que prejudicam a uniformidade da aplicação de água.

2.2 HORTALIÇAS

Segundo Makishima (2009), as hortaliças são plantas alimentares que se caracterizam pelo seu alto teor de vitaminas e sais minerais. Ele destaca que cada uma tem suas exigências de produção e também possuem características diversas como forma, tamanho, cor, ciclo (período entre plantio e colheita), resistência a determinadas doenças ou pragas e condições climáticas.

Para Puiatti (2019), a grande maioria das hortaliças requer tratos culturais intensivos durante seu cultivo e para isso o solo é um fator muito importante, pois as hortaliças apresentam um ciclo relativamente curto e também porque há um grande número de espécies. Dessa forma, ele afirma que em uma mesma área de solo poderá haver o cultivo com diferentes espécies, com diferentes variedades ao longo de um ano, sendo que o solo não fica sem ocupação.

A seguir, são mostrados os diferentes tipos de cultivo de hortaliças e suas principais características.

2.2.1 Tipos de Cultivos de Hortaliças

O cultivo de hortaliças é uma prática fundamental na agricultura, contribuindo para a produção de alimentos frescos e saudáveis em todo o mundo. Existem diversos tipos de cultivos de hortaliças, cada um com suas características específicas, que influenciam a escolha das técnicas de cultivo, a produtividade e a sustentabilidade agrícola.

O cultivo convencional em canteiros, como demonstra a Figura 4, é uma técnica tradicional amplamente adotada para hortaliças, especialmente em pequenas propriedades e hortas caseiras. Um bom canteiro pode ser construído com 1 metro de largura e comprimento de 3 metros, 5 metros ou até 10 metros e 20 centímetros de altura, com espaçamento em torno de 50 centímetros entre cada canteiro, para facilitar a movimentação das pessoas (EMBRAPA, 2020).

Figura 4 - Cultivo em Canteiros.



Fonte: Agraer, (2017).

Outro tipo de cultivo pode ser a hidroponia, que é uma técnica inovadora, a qual envolve o cultivo de hortaliças sem o uso de solo, visto na Figura 5. As plantas são cultivadas em soluções nutritivas em sistemas controlados, como estufas ou ambientes fechados. Esse método oferece maior eficiência no uso de água e nutrientes, resultando em um crescimento mais rápido e controle preciso das condições ambientais (RESH, 2018).

Nesse tipo de exploração sem solo, o que dá sustentabilidade às plantas são substratos inertes (permutita, cinasita, brita, areia, etc) e elas podem também ser presas pelo coleto (ponto de encontro da raiz com o caule da planta), ficando o sistema radicular em contato direto com a solução nutritiva (PUIATTI, 2019).

Figura 5 – Hidroponia.



Fonte: Sebrae, (2015).

Já a agricultura orgânica (Figura 6) é um tipo de cultivo que enfatiza a utilização de práticas sustentáveis, evitando o uso de produtos químicos sintéticos. No cultivo

de hortaliças orgânicas, são empregados fertilizantes orgânicos, compostagem e métodos naturais de controle de pragas e doenças. Essa abordagem visa produzir alimentos mais saudáveis e promover a saúde do solo (GOMES et al., 2020).

Segundo Puiatti (2019), esse tipo de cultivo é o que tem tido maior aceitabilidade entre os produtores de hortaliças no Brasil, sendo que neste tipo de exploração há a necessidade de auditoria da propriedade e monitoramento do órgão credenciado que irá certificar a propriedade, dando-lhe o direito de comercializar o produto ou não.

Figura 6 - Horta Orgânica.



Fonte: Revista agropecuária, (2023).

O cultivo em estufas, conforme Figura 7, também é uma técnica para a produção de hortaliças e requer um ambiente controlado para o crescimento destas. Isso permite o cultivo fora da estação e em regiões com climas adversos. As estufas oferecem proteção contra condições climáticas extremas, pragas e doenças, além de possibilitar o controle da umidade e da temperatura (HE, 2016).

Mas vale ressaltar que esse tipo de cultivo não é indicado para espécies de hortaliças com cultivo extensivo, como por exemplo de batatas, cenoura, alho, beterraba, etc, pelo fato de o custo de produção em ambiente protegido ser maior do que o cultivo em campo (PUIATTI, 2019).

Figura 7 - Cultivo em Estufas.



Fonte: Canal do Horticultor, (2018).

Outro tipo de cultivo é a agricultura vertical que é uma abordagem que empilha as hortaliças verticalmente, em camadas, muitas vezes em estruturas modulares. Essa técnica é especialmente vantajosa em ambientes urbanos com espaço limitado. Além disso, pode ser integrada a sistemas de hidroponia ou aquaponia para otimizar o uso de recursos (DESPIAN et al., 2019).

Figura 8 - Cultivo Vertical.



Fonte: Canal do horticultor, (2018).

Segundo a EMBRAPA (2020) o sucesso no cultivo de hortaliças depende de técnicas de plantio adequadas, incluindo a preparação do solo, o espaçamento das mudas e sementes, bem como o manejo da irrigação.

Além disso, é importante ressaltar que o controle de pragas e doenças é fundamental para garantir a qualidade e a produtividade das hortaliças. O uso de

práticas de manejo integrado, como rotação de culturas e uso de inimigos naturais, é recomendado (SILVA et al., 2019).

2.3 COMPONENTES ELÉTRICOS

2.3.1 Sensores de Umidade

Os sensores de umidade desempenham um papel fundamental em uma variedade de aplicações, desde a agricultura até a indústria de eletrônicos. Eles são projetados para medir e monitorar a quantidade de umidade presente em um ambiente ou em um material específico. No contexto brasileiro, onde a agricultura desempenha um papel crucial na economia, a utilização de sensores de umidade é de grande relevância para otimizar o uso da água e melhorar a produtividade.

2.3.2 Tipos de Sensores de Umidade

Sensores de Capacitância (Figura 9), medem a umidade ao detectar mudanças na capacitância elétrica entre duas placas condutoras. Quando a umidade aumenta, a capacitância também aumenta. Esses sensores são comumente usados em aplicações agrícolas para monitorar a umidade do solo (CUNHA et al., 2019).

Figura 9 - Sensor Capacitivo.



Fonte: RoboCore, (2023).

Sensores de Resistência (Figura 10), utilizam um material sensível à umidade, como cerâmica, para medir a resistência elétrica. A resistência diminui à medida que

a umidade aumenta. Esses sensores são amplamente empregados em sistemas de climatização e controle ambiental (MARTINS et al., 2020).

Figura 10 - Sensor de Resistência.



Fonte: DirectIndustry, (2023).

Sensores Ópticos (Figura 11) utilizam propriedades ópticas de materiais que mudam com a umidade, como fibras ópticas revestidas. Variações na intensidade da luz refletida ou transmitida são medidas para determinar a umidade relativa (SILVA et al., 2018).

Figura 11 - Sensor Óptico.



Fonte: B.A.T Soluções em eletricidade, (2023).

2.3.3 Aplicações dos Sensores de Umidade

De acordo com a fabricante de sensores Sigma, um sensor de umidade de solo é um módulo detector da resistividade da terra e que funciona exposto às condições do tempo, sendo instrumento resistente à corrosão. Além disso, os sensores possuem instalação simples e funcionam com dois eletrodos para conduzir corrente elétrica,

fazendo a leitura de umidade relativa por comparação com a resistência, pois a água diminui esta, enquanto o solo seco conduz com mais dificuldade.

Em um país como o Brasil, com uma agricultura altamente diversificada, os sensores de umidade desempenham um papel vital na agricultura de precisão. Eles permitem que os agricultores monitorem a umidade do solo e ajustem a irrigação de acordo com as necessidades das culturas (BRASIL, 2017).

Por outro lado, a indústria de alimentos brasileira também depende de sensores de umidade para garantir a qualidade e a segurança dos produtos alimentícios. Eles são usados para controlar a umidade em processos de produção e armazenamento (ABIA, 2018).

Outro setor que também utiliza sensores de umidade é o da energia, pois estes auxiliam na prevenção de falhas em equipamentos elétricos e na otimização da produção de energia, monitorando a umidade em transformadores e geradores (ANEEL, 2020).

2.4 MICROCONTROLADOR

Os microcontroladores desempenham um papel fundamental na automação e no controle de dispositivos eletrônicos em uma ampla gama de aplicações, desde eletrônicos de consumo até sistemas industriais. Eles são componentes essenciais em sistemas embarcados, fornecendo a capacidade de processamento e controle necessária para executar tarefas específicas.

2.4.1 Arduino

A placa Arduino (Figura 12) é uma plataforma de *hardware* e *software* livres, ou seja, os usuários possuem a liberdade de acessar e modificar qualquer parte que diz respeito à construção do Arduino. Ela é capaz de ler entradas - luz em um sensor ou um dedo em um botão, por exemplo - e transformá-los em uma saída - ativando um motor, ligando um LED, publicando algo online. Pode-se dizer à placa o que se quer, enviando um conjunto de instruções ao microcontrolador desta. (SOUZA, 2011).

Todos os protótipos seguem o mesmo princípio de execução: uma entrada de dados aferida por meio de sensores; o processamento executado pelo microcontrolador, que segue com base a programação que está escrita em sua

memória; e a saída, que representa uma tomada de decisão lógica pelo microcontrolador para a execução de alguma ação.(SILVA, et al., 2022).

O Arduino nasceu como uma ferramenta fácil para prototipagem rápida, mas foi sendo desenvolvido ao longo dos anos para se adaptar às novas necessidades e desafios, diferenciando a sua oferta de simples placas de 8 bits a produtos para aplicações IoT, *wearables*, impressão 3D e ambientes embarcados. (SOUZA, 2011).

Figura 12 - Microcontrolador Arduino.



Fonte: UsinaInfo, (2023).

2.5 VÁLVULAS SOLENOIDES

Solenoides são dispositivos eletromecânicos baseados no deslocamento causado pela ação de um campo magnético gerado por uma bobina e são muito utilizados na construção de outros dispositivos, como o caso das válvulas para controle de fluidos.(SILVA; LAGO, 2002)

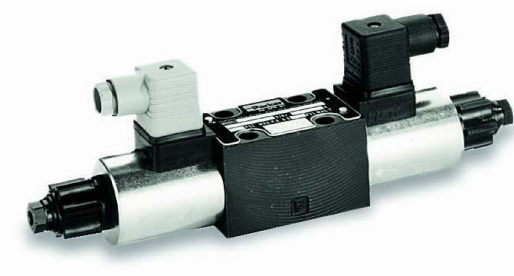
O funcionamento das válvulas solenoides baseia-se nos princípios de eletromagnetismo. Uma bobina, geralmente feita de fio de cobre, é enrolada em torno de um núcleo magnético. Quando uma corrente elétrica é aplicada à bobina, um campo magnético é gerado, o que atrai um êmbolo ou uma liberdade móvel, permitindo a abertura ou fechamento do fluxo de fluido (Ogata, 2010).

Ainda segundo Silva (2002), existem diversos modelos de válvulas solenoides compreendendo uma grande faixa de dimensões e capacidades para controle, desde pequenas vazões até grandes plantas industriais. A seguir são demonstrados alguns modelos de válvulas solenoides.

2.5.1 Válvula Solenoide Direcional

As válvulas solenoides direcionadas (Figura 13), são amplamente utilizadas em sistemas de controle de fluxo, onde o fluxo de fluido precisa ser direcionado para diferentes caminhos. Essas válvulas possuem diferentes portas de entrada e saída, e a aplicação de corrente elétrica na bobina direcionando o fluxo para a porta desejada (Kagan, 2016).

Figura 13 - Válvula Direcional.



Fonte: Tecnoring, (1998).

2.5.2 Válvula Solenoide Fornecida

Válvula solenoide proporcional ou fornecida, que permite controlar com precisão a quantidade de fluxo que passa por ela. Essas válvulas são amplamente utilizadas em sistemas onde é necessário um controle preciso do fluxo, como em sistemas de dosagem ou controle de pressão (Mendes, 2015). Conforme Figura 14.

Figura 14 - Válvula Proporcional.



Fonte: Conexão e Válvulas, (1998).

2.5.3 Válvula Solenoide Controle de Pressão

Válvulas solenoides também podem ser utilizadas em sistemas de controle de pressão, onde são responsáveis pela pressão regular do fluido em um determinado

sistema. Essas válvulas solenoides de controle de pressão (Figura 15) possuem uma câmara de controle que é regulada pela aplicação de corrente elétrica na bobina, ajustando assim a pressão do fluido (Lemos, 2013).

Figura 15 - Válvula Controle de Pressão.



Fonte: Total Automação, (2022).

2.5.4 Válvula Solenoide Controle de Fluxo

No contexto de sistemas de supervisão automatizados, as válvulas solenoides desempenham um papel fundamental no controle do fluxo de água em diferentes partes do sistema. Elas podem ser acionadas por um controlador centralizado, que envia sinais elétricos para abrir ou fechar as válvulas, permitindo assim a privacidade de áreas específicas (Siqueira, 2017). Conforme Figura 16.

Figura 16 - Válvula Controle de Fluxo.



Fonte: Usinainfo, (2023).

2.6 DISPLAY

Os displays desempenham um papel fundamental em projetos envolvendo microcontroladores como o Arduino, pois são responsáveis por fornecer informações visuais aos usuários. No contexto brasileiro, é importante destacar a contribuição de pesquisadores e instituições para o avanço da tecnologia de displays. O trabalho de autores como Silva et al. (2018) exploraram as aplicações de displays em ambientes educacionais, destacando a importância dessas tecnologias na aprendizagem.

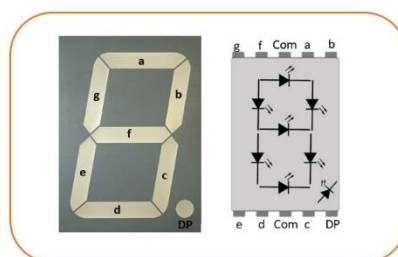
Além disso, uma pesquisa realizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) sobre displays para aplicações espaciais, conforme descrito por Souza e Santos (2019), evidencia o papel crucial dos displays em sistemas críticos.

Apesar dos avanços, desafios persistem, como a melhoria da eficiência energética e a busca por materiais mais sustentáveis na fabricação de displays. Autores como Lima (2020) discutem essas questões, destacando a necessidade de inovações contínuas.

2.6.1 Display de 7 Segmentos

Este tipo de display recebe este nome por ser formado por sete LEDs, posicionados de tal forma que permita a exibição de números de 0 a 9, e das letras de A à F, sendo que os segmentos são nomeados de “A” a “G” e o ponto decimal é chamado *decimal point* (DP), como mostra a Figura 17. (STUART et al, 2021).

Figura 17 - Display 7 Segmentos.



Fonte: STA Eletrônica, (2023).

Ainda segundo os mesmos autores, para a montagem do circuito que aciona o display de 7 segmentos é necessário ter um elemento de ativação que permitirá o fluxo de energia através dos LEDs, resistores que limitarão a corrente nestes e garantirão o brilho suficiente para a visualização.

2.6.2 Display LCD (Liquid Crystal Display)

De acordo com Ryan e Donoghue (*apud* JUCHNESKI, 2013, p.20), as telas de cristal líquido são compostas por duas placas de vidro preenchidas com cristal líquido, sendo que neste vidro há polarizadores, tendo na tela folhas difusoras, folhas reflexivas, lâmpadas fluorescentes e placas de circuito impresso.

Há dois tipos de sistemas LCD: de matriz passiva e de matriz ativa. No primeiro é usada uma grade simples para fornecer a carga para um pixel específico na tela, sendo este um sistema mais simples, tendo sua aplicação principalmente em equipamentos que não exigem variação de cor, contraste e brilho. Já na matriz ativa há a existência de um filme de transistores na camada de vidro que permite que cada pixel seja controlado individualmente. (JUCHNESKI, 2013).

Figura 18 - Display LCD (Liquid Crystal Display).



Fonte: UsinaInfo, (2023).

2.6.3 Display OLED (Organic Light-Emitting Diode).

Segundo Bertoleti (2019) os displays OLED (Figura 19) são muito econômicos, pois não necessitam de *backlight*. Além disso, devido a características de sua tecnologia, a cor preta (cor de fundo) é muito definida, dando um ótimo contraste à imagem exibida.

Figura 19 - Display Organic Light-Emitting Diode (OLED).



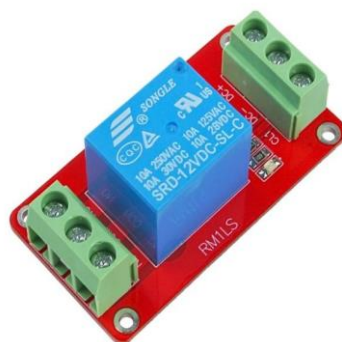
Fonte: UsinaInfo, (2023).

2.7 RELÉ

De acordo com Silva et al (2022), o relé (Figura 20) é descrito como um componente eletromecânico, composto por uma haste interna e que se movimenta mediante a ativação elétrica de bobina interna do relé, gerando a passagem de uma corrente elétrica.

Conforme Santos (*apud* Silva, 2022), os relés têm contatos chamados NA (normalmente aberto - que não permite a passagem de corrente), NF (normalmente fechados - não permite a passagem de corrente) e C (comum ou central - que faz a ligação entre NA ou NF), além dos contatos que são responsáveis por ligar a bobina eletromagnética.

Figura 20 - Modulo Relé.



Fonte: UsinaInfo, (2023).

3 METODOLOGIA

Segundo Severino (2013), “a ciência se constitui aplicando técnicas, seguindo um método e apoiando-se em fundamentos epistemológicos”, tendo assim, elementos gerais que são comuns a todos os processos de conhecimento que se pretende realizar. Estes resultados, vale ressaltar, são oriundos de diferentes modos de investigação científica. Para Severino (2013) se têm uma diversidade de perspectivas epistemológicas que se pode adotar e de enfoques diferenciados que se pode assumir no trato com os objetos pesquisados. Por isso, várias são as modalidades de pesquisa que se podem praticar.

Corroborando, Gil (2002) destaca que a metodologia traz de forma detalhada os procedimentos que são utilizados ao longo da pesquisa, onde cada estudo possui sua própria abordagem, procedimentos e técnicas. Para Pradanov e Freitas (2013), os métodos têm como objetivo esclarecer os procedimentos lógicos que devem ser seguidos no processo de investigação científica dos fatos da natureza e da sociedade. Buscando assim explicar como se processa o conhecimento da realidade. Assim, os métodos de abordagem aplicados neste trabalho foram os dedutivos e os quantitativos.

Para Gil (2008) a abordagem dedutiva parte de princípios reconhecidos como verdadeiros e indiscutíveis, que possibilita chegar a conclusões de maneira puramente formal, para atingir um resultado. Segundo Prodanov e Freitas (2013), a abordagem dedutiva tem o objetivo de explicar o conteúdo das premissas, por intermédio de uma cadeia de raciocínio descendente, da análise do geral ao particular, chegando a uma conclusão. Assim, a partir do referencial bibliográfico do tema em estudo, buscou-se aprofundar os principais assuntos relacionados com este trabalho, como forma de embasar adequadamente o estudo desenvolvido.

A abordagem quantitativa apresenta suas conclusões a partir de dados numéricos e análises estatísticas (MARCONI; LAKATOS, 2018). Este tipo de abordagem se aplica neste trabalho pois buscou-se a leitura de umidade do solo por meio de sensores, para então aplicar uma quantidade de água específica para o correto desenvolvimento da planta.

Quanto aos procedimentos utilizados no desenvolvimento deste trabalho, foram utilizadas a pesquisa descritiva e experimental. Conforme Marconi e Lakatos (2018) esta é a etapa mais concretas da investigação do estudo, com a finalidade de

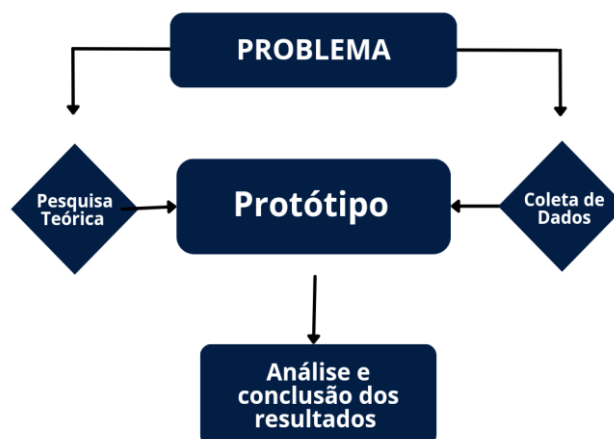
explicar o termo geral. A pesquisa descritiva, segundo Gil (2002) busca fazer a descrição das características de determinado fenômeno ou o estabelecimento de relações entre as variáveis. Neste estudo, a pesquisa descritiva foi utilizada para descrever como é realizado o processo de irrigação nos canteiros de produção de melão, que foram alvo deste estudo.

Já a pesquisa experimental de acordo com Gil (2017) baseia-se na escolha de um objeto com as respectivas variáveis que o afetam, para então, proceder uma experimentação controlada com a finalidade de observar os efeitos produzidos a fim de obter resultados. Este trabalho possui variáveis de entrada e saída no processo automatizado para irrigação de canteiros de hortifruti, neste caso aplicado na produção de melão, sendo necessário realizar a manipulação e controle das variáveis.

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS

Como o objetivo deste trabalho é o estudo da implementação de um sistema automatizado de irrigação para hortifruticultura, foi utilizada uma metodologia de pesquisa para determinar quais os procedimentos, técnicas e abordagens são necessários para tal. Dessa forma, a Figura 21 demonstra quais as etapas foram seguidas na busca dos resultados.

Figura 21 - Fluxograma Métodos.



Fonte: Autor, (2023).

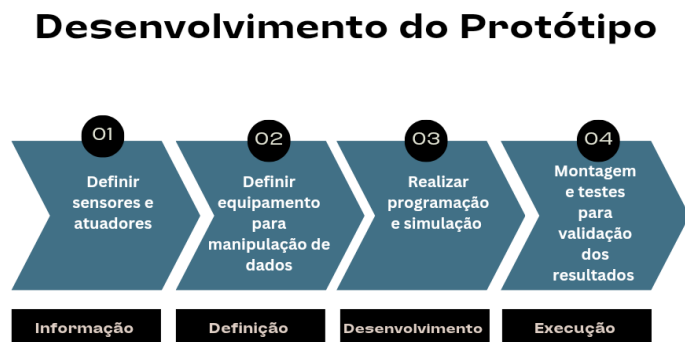
Com o tema proposto, identificou-se o problema em questão e os objetivos a serem atingidos, bem como buscou-se delimitar o tipo de abordagem necessária para

o desenvolvimento do trabalho e o direcionamento para a coleta dos dados e posteriormente a organização da prototipagem. Paralelo a isso, foi realizada a fundamentação teórica, baseada em fontes como livros, revistas, artigos, trabalhos de conclusão de curso e meios eletrônicos. Esta etapa foi crucial para embasar a pesquisa com informações importantes para auxiliar no desenvolvimento do trabalho.

A coleta de dados deu-se por meio da observação do problema com o intuito de mapear as variáveis envolvidas nele. Como a hortifruticultura representa a produção das mais variadas frutas e verduras, onde cada espécie possui particularidades de irrigação para o seu correto desenvolvimento, escolheu-se em focar no desenvolvimento do protótipo de irrigação automatizado em canteiros de produção de melão. Assim, entrevistas informais com um produtor de melão que cedeu o espaço para desenvolvimento do estudo foram realizadas para compreender como se dá a produção desta fruta e sua necessidade de água para o correto crescimento da planta.

A partir disso, foi desenvolvido um protótipo com o intuito de simular o sistema de irrigação proposto. As etapas para o desenvolvimento do protótipo são demonstradas na Figura 22.

Figura 22 - Fluxograma Desenvolvimento Protótipo.



Fonte: O Autor, (2023).

Por último, tem-se a análise e discussão dos resultados que apresenta os resultados atingidos, possibilitando a contextualização com as referências bibliográficas e o desenvolvimento prático do protótipo.

3.2. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Para a criação do protótipo foi necessário alguns materiais e recursos, imprescindíveis para o funcionamento do mesmo. Ressaltando que a escolha adequada destes é de extrema importância para a garantia da funcionalidade de seu bom desempenho.

Dessa forma, no Quadro 1 estão descritos todos os materiais utilizados:

Quadro 1 - Materiais Utilizados.

Descrição do Item	Quantidade	Unidade de Medida
Arduino Uno	1	Peça
Módulo Relé	1	Peça
Válvula Solenoide DC 12V	1	Peça
Sensor Capacitivo	1	Peça
Display LCD 16X2	1	Peça
Jumpers	30	Peça
Resistores	2	Peça
Fonte 12 V	1	Peça
Bateria 9 V	1	Peça
Protoboard	1	Peça
Fio preto 1,5 mm	5	Metros
Fio branco 1,5 mm	5	Metros
Caixa Passagem PVC 150x150x90	1	Peça
Mangueira Silicone 1/2	5	Metros
Flange Adaptador Caixa D`agua 20 mm x 1/2	1	Peça
Terminal isolado luva fêmea	2	Peça
Software Arduino IDE	1	

Fonte: O Autor, (2023).

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Nesta etapa estão relatados os tópicos de cada etapa necessária para a implementação do protótipo, bem como os resultados obtidos com a implementação do mesmo.

4.1 DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE IRRIGAÇÃO

Segundo Testezlaf (2017) a irrigação é formada por algumas séries de técnicas, formas ou maneiras de aplicar a água de maneira artificial nas plantas, tendo em vista o sucesso em suas necessidades e em busca da produção ideal dimensionada pelo usuário. Mello e Silva (2007) definem a irrigação como um método artificial de se aplicar água diretamente no solo, em quantidades ajustadas, com base na umidade do solo como um dos fatores mais importantes para o prosseguimento com o objetivo de converter a falta ou má divisão das chuvas.

A agricultura de forma irrigada pode se desenvolver em inúmeras condições de meio físico, abrangendo uma grande diversidade de culturas e interesses sociais e econômicos, deste modo não é possível ter apenas um especial sistema de irrigação ideal, capaz de ser efetivo em qualquer condição e objetivo envolvido. Em decorrência, é necessário escolher o sistema de irrigação mais apropriado a cada condição exclusiva, considerando a magnitude envolvida (TESTEZLAF, 2017).

Pelos fatos apresentados, decidiu-se escolher um tipo de cultura para definir um tipo de irrigação para o desenvolvimento do protótipo. Desta forma, optou-se pela cultura do melão pelo fato do pesquisador possuir familiares que trabalham com este tipo de cultivar. Mediante a isso, buscou-se informações sobre os tipos de irrigação para a cultura de plantio do melão. A Tabela 1 identifica diversos tipos de cultura e apresenta técnicas de irrigação, onde (O) indica que possui baixa influência na seleção do sistema; (+) indica alta razão para preferência; e (-) indica razão para escolher um sistema alternativo.

Tabela 1- Cultura e Técnicas de Irrigação.

<i>Hortaliças</i>	Faixa Superficial	Inundação	Subsuperficial	Pivô Central	Micro Aspersão	Gotejamento
<i>Alho</i>	○	○	○	○	○	○
<i>Batata</i>	○	-	○	+	○	○
<i>Batata Doce</i>	-	-	○	○	○	○
<i>Berinjela</i>	-	-	○	○	○	○
<i>Cebola</i>	○	○	-	○	○	○
<i>Cenoura</i>	○	-	-	+	○	○
<i>Ervilha</i>	-	-	○	○	○	○
<i>Feijão</i>	-	-	○	-	-	-
<i>Folhosas</i>	-	-	○	○	○	○
<i>Melancia</i>	-	-	○	○	○	+
<i>Melão</i>	-	-	○	○	-	+
<i>Milho</i>	○	○	○	○	○	-
<i>Pimentão</i>	-	-	○	-	○	+
<i>Sementes</i>	-	-	○	-	-	+
<i>Tomate</i>	-	-	○	○	○	+

Fonte: Marouelli e Silva, (2011).

Conforme pode ser observado na Tabela 1, em se tratando do cultivo do melão, a técnica de irrigação mais indicada é por gotejamento, a qual foi, portanto, considerada para o desenvolvimento do protótipo.

4.2 ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO

No projeto do protótipo constam as especificações de toda a cadeia necessária para o seu funcionamento e para evitar possíveis surpresas na execução de sua montagem.

O mesmo foi desenvolvido baseado no item anterior, considerando a produção de melão, onde consta o sistema de irrigação por gotejamento, por entender que este seria o mais adequado para a implementação do projeto.

Para isso, ficou estabelecido que o sensor de umidade (inserido a 10 cm do solo) é acionado quando a mesma estiver abaixo de 40% e ficará ligado por dois

minutos. Se, ao desligar a válvula e o sensor identificar que a umidade ainda permanece abaixo do esperado, ele inicia a irrigação novamente, visto que este é um tempo estimado e poderá ser regulado conforme cada particularidade da produção.

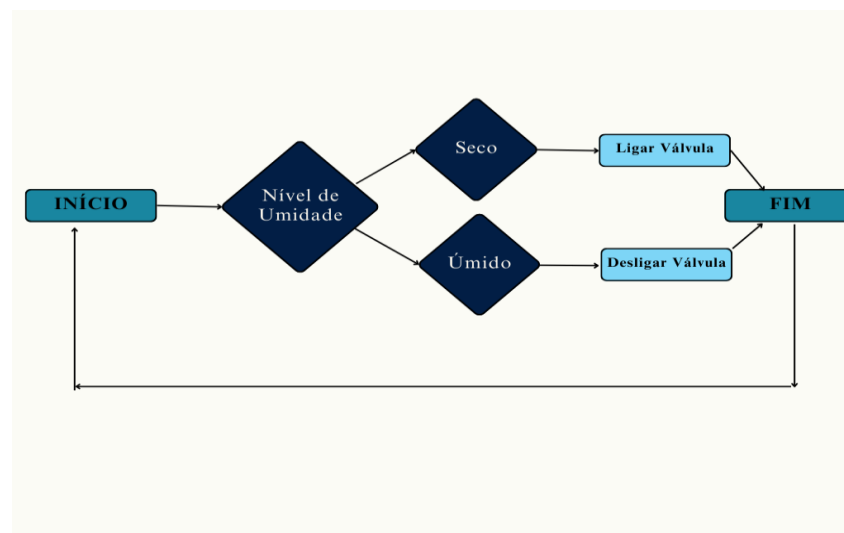
Não foram utilizados cálculos para identificar informações específicas a respeito de solo e clima e, por não haver uma padronização na produção, os testes foram realizados com base na leitura do sensor e nas configurações de níveis de umidade.

Sendo assim, os principais componentes do projeto são o sensor de umidade capacitativo, que indicará o nível de umidade do solo, sendo este classificado como seco ou úmido, e o microcontrolador arduino, responsável pelo controle da umidade e de toda a programação do protótipo. Vale ressaltar que o sensor ficará a um raio de 15 cm do centro do gotejamento.

4.2.1 Programação da Automação

Depois de determinar as especificações de como o sistema vai funcionar, foi elaborado um fluxograma com as etapas do processo a ser executado, conforme mostrado na Figura 23.

Figura 23 - Fluxograma Funcionamento do Sistema.



Fonte: O Autor, (2023).

Ao ligar o sistema de irrigação, o sensor é acionado e ao identificar a umidade abaixo de 40% (esse valor foi mensurado a partir de conversas com agricultores, baseado em suas experiências de cultivo) aciona um relé, pois identifica o solo como

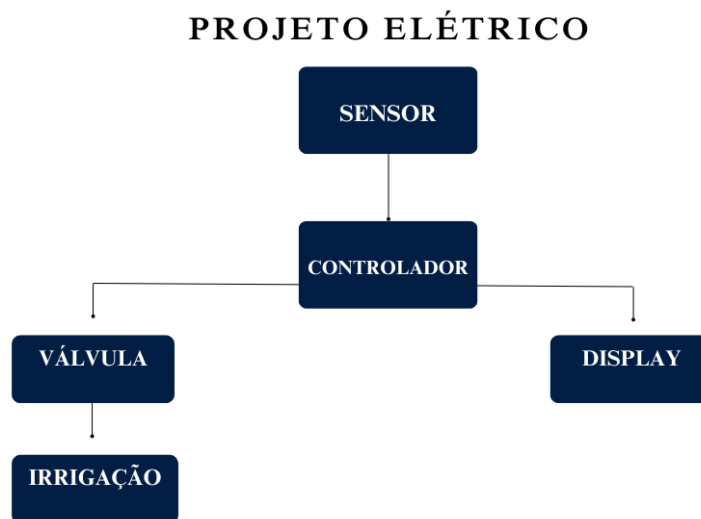
seco, dessa forma, manda um sinal para a válvula solenoide e esta libera a passagem da água para a mangueira, a qual fica ligada por dois minutos, deixando o solo úmido. Se o mesmo ainda não estiver acima de 40%, o sensor aciona a irrigação novamente até que a umidade necessária seja atingida. Desta forma, o relé é desligado e por consequência, a válvula é fechada.

4.2.2 Projeto Elétrico

O projeto elétrico (Figura 24) é formado por um conjunto de sensor, válvula, controlador, display, relé, jumpers, resistores e uma protoboard.

Além disso, há o sistema de força que é alimentado por duas fontes, uma de 5 VDC para alimentar o controlador e seus apêndices (display e relé) e a outra de 12 VDC para acionamento da válvula solenoide.

Figura 24 - Fluxograma Projeto Elétrico.



Fonte: O Autor, (2023).

4.2.3 Programação do Sistema

O funcionamento do protótipo de irrigação se deu com base na programação C++ através do Software Arduino IDE.

Dessa forma, primeiramente foi necessário incluir a biblioteca do display e em seguida foram determinadas as portas a serem utilizadas pelos componentes. Sendo assim, foi utilizado um sensor de umidade conectado à porta analógica A0 e a válvula solenoide, conectada à porta 8. Também foram determinadas as demais variáveis necessárias para o decorrer do código, conforme pode ser visto na Figura 25.

Figura 25 - Programação 1.



```

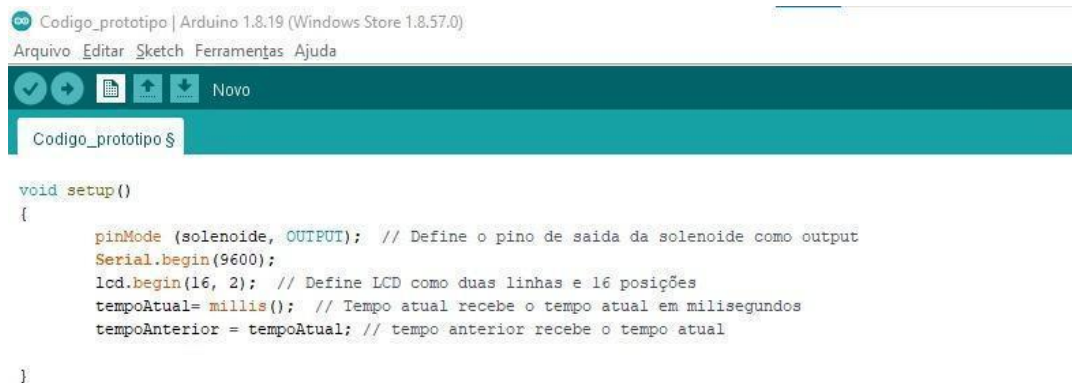
Codigo_prototipo | Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
Carregar
Codigo_prototipo $
#include <LiquidCrystal.h> // Biblioteca LCD
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
const int solenoide = 8;
int umidade;
int valorFinal;
unsigned long tempoAtual= millis();
unsigned long tempoAnterior = 0;
long int diferencaTempo=0;
int i=0;

```

Fonte: O Autor, (2023).

Posteriormente, foi definido o pino de saída da válvula solenoide como OUTPUT a ser utilizado pelo módulo relé, também foi definido o LCD como duas linhas e 16 posições. O tempo atual (segundos/minutos) receberá uma conversão para milissegundos, conforme Figura 26.

Figura 26 - Programação 2.



```

Codigo_prototipo | Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
Novo
Codigo_prototipo $
void setup()
{
  pinMode (solenoide, OUTPUT); // Define o pino de saida da solenoide como output
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16, 2); // Define LCD como duas linhas e 16 posições
  tempoAtual= millis(); // Tempo atual recebe o tempo atual em milissegundos
  tempoAnterior = tempoAtual; // tempo anterior recebe o tempo atual
}

```

Fonte: O Autor, (2023).

Em seguida, os códigos inseridos no Void Loop foram necessários para a leitura do valor da umidade do solo a cada ciclo e também para atualizar o display. Além disso, foram necessários para verificar se a válvula solenoide devia ser acionada ou não. Esta etapa está demonstrada na Figura 27.

Figura 27 - Programação 3.



```

Codigo_prototipo | Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

Codigo_prototipo $

void loop() {

    tempoAtual= millis(); // Tempo atual recebe o tempo atual em ms
    diferencaTempo = (tempoAtual-tempoAnterior); // calcula a difereca de tenoi
    diferencaTempo=diferencaTempo/60000; // calcula a diferenca de tempo em minutos
    umidade = analogRead(A0); // faz a leitura em bits da entrada analogica
    int Porcento = map(umidade, 800, 910, 100, 0); // seleciona o range 800 =0% 910 = 100%

    if (Porcento <= 40) // se a umidade baixar de 40% liga a valvula
    {
        i = 1; // controle de de if
        tempoAnterior = tempoAtual; // atribui o tempo atual ao tempo anterior
        digitalWrite(solenoid, HIGH); // liga a solenoide
    }
    if ( i == 1 && diferencaTempo >= 1) // se a solenoide estiver ligada e o tempo for menor que 1 desliga a valvula
    {
        i = 0; // zera o i para a proxima vez
        digitalWrite(solenoid, LOW); // desliga a valvula
    }
}

```

Fonte: O Autor, (2023).

Na Figura 28 são mostrados códigos que posicionam e imprimem informações no display.

Figura 28 - Programação 4.



```

Codigo_prototipo | Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

Codigo_prototipo $

    lcd.clear(); // limpa o LCD
    lcd.setCursor(0,0); //posiciona o cursor na linha 1 na posicao 1
    lcd.print("Umidade:");
    lcd.setCursor(8,0); // posiciona o cursor na linha 1 na posicao 9
    lcd.print(Porcento);
    lcd.setCursor(12,0); // posiciona o cursor na linha 1 na posicao 9
    lcd.print("%");

    if (i==1) // se a valvula estiver ligada entra no if
    {
        lcd.setCursor(0,1); // posiciona na linha 2 na posicao 1
        lcd.print("Valvula Ligada!");
    }

    delay (1000);

}

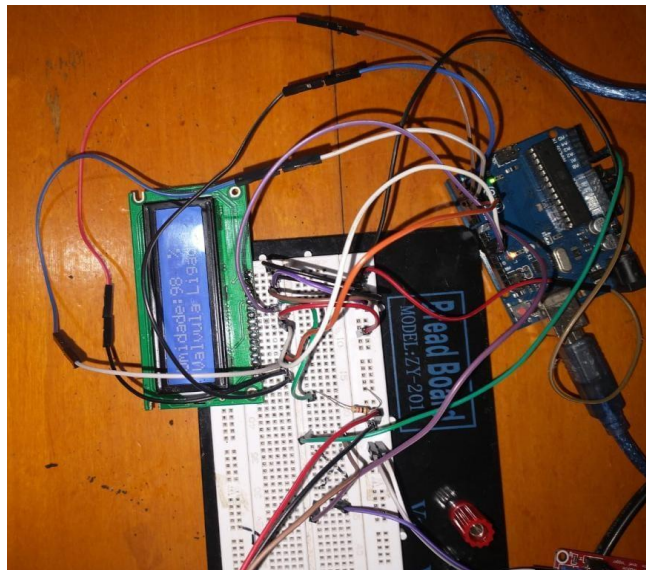
```

Fonte: O Autor, (2023).

4.3 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

Com base na programação demonstrada anteriormente, foi construído então o protótipo para a execução do projeto (Figura 29).

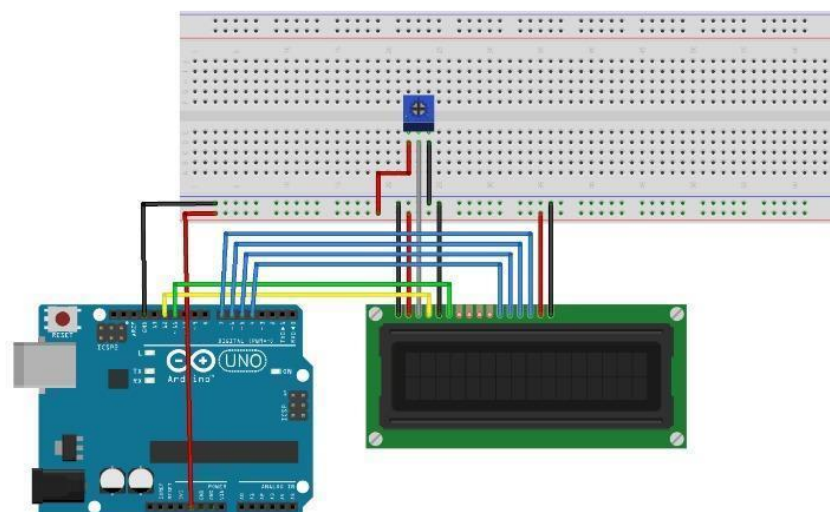
Figura 29 – Prototipagem.



Fonte: O Autor, (2023).

Nessa primeira etapa foi feita a testagem do display LCD 16 x 2, de acordo com o que está demonstrado na montagem do circuito da Figura 30.

Figura 30 - Circuito Display.

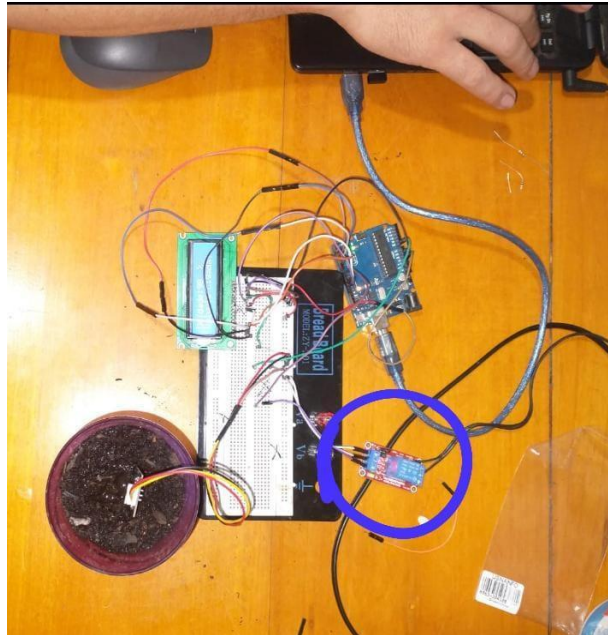


Fonte: Flavio Barros, (2023).

Em seguida, com o funcionamento do display, foi adicionado o sensor de umidade capacitivo para a verificação do mesmo.

Após essa etapa, foi inserido o módulo relé para o acionamento da válvula solenoide (Figura 31).

Figura 31 - Teste Módulo Relé.



Fonte: O Autor, (2023).

No decorrer das etapas foram identificados alguns erros na programação do display, onde foi verificado a falta de algumas bibliotecas do display 16 x 2 do modelo GDM1602B. Tendo isso em vista, foram realizados ajustes para o funcionamento do mesmo e posteriormente a isso, as demandas da programação foram atendidas.

4.4 TESTES E RESULTADOS OBTIDOS

Com o protótipo montado, foram realizados os testes para a validação dos resultados. Os mesmos foram feitos em um canteiro doméstico de hortaliças, devido às condições climáticas que acabaram prejudicando a produção de melão.

Ao ligar o protótipo o sensor identificou que o solo do canteiro não estava úmido o suficiente (menos que 40% de umidade), dessa forma, acionou o microcontrolador Arduino através de um sinal analógico. O Arduino emitiu um comando para o relé que acionou a válvula solenoide (esta estava conectada diretamente a uma torneira),

permitindo a passagem de água e iniciando o processo de irrigação, conforme Figura 32 e Figura 33

Figura 31 – Testagem Protótipo.



Fonte: O Autor, (2023).

Figura 32 - Testagem Protótipo 2.



Fonte: O Autor, (2023).

Após o período de dois minutos e da umidade do solo atingir nível acima dos 40%, conforme programação, o sensor emitiu um sinal para o microcontrolador que enviou um comando para o relé e este desligou a válvula, que interrompeu a passagem de água.

Este projeto não acarretou em muitos custos, por não ser aplicado em larga escala, os custos aproximadamente saíram em torno de R\$ 300,00, onde o maior custo é proveniente da parte mecânica do projeto, que seria a parte estrutural do sistema de irrigação.

CONCLUSÃO

Após o desenvolvimento do protótipo é possível afirmar que o objetivo geral do estudo correspondente ao desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado para auxiliar produtores de hortifruticultura foi alcançado. Quanto aos objetivos específicos, no que tange o primeiro objetivo de desenvolver um protótipo para irrigação automatizado o mesmo foi atingido, conforme exposto no capítulo 4. O segundo objetivo específico de estudar e escolher o método de irrigação, foi alcançado conforme exposto do item 4.1. Destaca-se aqui, que por conta das implicações climáticas que ocorreram nos últimos meses, não foi possível testar o protótipo na plantação de melão, que era o foco para o sistema de irrigação desenvolvido. O terceiro objetivo específico de monitorar a umidade do solo foi alcançado com a utilização de sensores de umidade do tipo capacitivo. Por fim, o último objetivo específico de testar e validar o protótipo também foi alcançado com os testes efetuados em um canteiro de tempero verde.

Este mesmo trabalho foi de muita valia para mim, em um âmbito acadêmico, onde pude demonstrar e aplicar o conhecimento adquirido ao longo do curso. Vale ressaltar que ainda é possível melhorias no projeto, para melhor aperfeiçoamento e facilidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DA ALIMENTAÇÃO. "Uso de Sensores na Indústria de Alimentos." 2018

AGRAER. **Cultivo de hortaliças na estação mais quente e chuvosa do ano requer atenção, alerta Agraer.** Disponível em: <<https://www.agraer.ms.gov.br/cultivo-de-hortaliças-na-estacao-mais-quente-e-chuvosa-do-ano-requerer-atencao-alerta-agraer/>> Acesso em 15 de nov. 2023.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. "Gestão da Umidade em Equipamentos Elétricos." 2020.

BASSOI, L. H., (2021). **Irrigação no Brasil: necessidade e opção estratégica.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62692713/artigo-irrigacao-no-brasil-necessidade-e-opcao-estrategica>> Acesso em 12 dez 2023.

B.A.T. SOLUÇÕES EM ELETRECIDADE. **Sensor óptico refletivo LRR C23PA BNK 404.** Disponível em: <<https://www.batsolucoes.com.br/sensor-optico-refletivo-lrr-c23pa-nmk-404/p/3116>> Acesso em 15 de nov. 2023.

BRAGA, M. B., CALGARO, M. **Sistema de Produção de Melancia.** Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia/irrigacao.htm>> Acesso em 12 dez 2023

BERTOLETI, P. (2019). **LOM3258 - Introdução à Eletrônica e Computação Física.** Disponível em: <<https://edisciplinas.usp.br/mod/page/view.php?id=2558115>> Acesso em 13 dez 2023.

CANAL DO HORTICULTOR. **Cinco cuidados essenciais para implementar uma estufa em sua propriedade.** Disponível em: <<https://canaldohorticultor.com.br/5-cuidados-essenciais-para-implementar-uma-estufa-em-sua-propriedade/>> Acesso em 20 de nov. 2023.

CONEXOES E VALVULAS. **Valvula solenoide proporcional.** Disponível em: <<https://www.conexoesevalvulas.com.br/valvula-solenoide-proporcional>> Acesso em 15 nov. de 2023.

CUNHA, L. S., et al. (2019). "Soil Moisture Sensors in Precision Agriculture: A Review." **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.**

DIRECT INDUSTRY. **Termorresistência RTDs.** Disponível em: <<https://www.directindustry.com/pt/prod/watlow-electric-manufacturing-company/product-7347-41882.html>> Acesso em 15 de nov. 2023.

EMBRAPA - **Preparo de Canteiros para o cultivo de hortaliças.** Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/219557/1/PreparoCanteirosCultivoHortaliças.pdf>> Acesso em 25 de nov. 2023.

FALKENMARK, M. **Growing water scarcity in agriculture: Future challenge to global water security.** *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, v. 371, n. 2002, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1098/rsta.2012.0410>> Acesso em 20 de out. 2023.

FAO. **The State of Food and Agriculture: Innovation in family farming. 2014.** Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i4040e.pdf>> Acesso em: 09 set. 2023.

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. (2019). **Boas práticas agrícolas para a produção de hortaliças.**

FLAVIO BABOS. Display LCD com Arduino uno: Como Controlar?. Disponível em: <<https://flaviobabos.com.br/display-lcd-arduino/>> Acesso em: 15 nov de 2023.

FOLEGATTI, Marcos Vinícius; MANTOVANI, Everardo Chartuni; MARIN, Fábio Ricardo. **Irrigação: princípios e métodos.** Editora UNESP, 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

GIOMO, D. **Desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado de baixo custo.** 2019. 107 f. Dissertação de mestrado do programa de pós graduação em engenharia de energia na agricultura. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus de Cascavel, 2019.

GOMES, R. L., et al. (2020). **"Práticas de manejo em hortas orgânicas na região do Vale do Ribeira."** *Horticultura Brasileira*, 38(2), 200-206.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017-2018: Análise do Consumo Alimentar Pessoal no Brasil.** IBGE 2020

JUCHNESKI, N. C. F.,. **Monitores de LCD: Caracterização dos materiais e processamento mecânico das placas de circuito impresso.** 2013. 112 f. Dissertação de mestrado do programa de Pós graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2013.

KAGAN, N. **Automação Industrial: Controle e Automação de Processos Contínuos e Discretos.** 2016

KELLER, J.; BLIESNER, R. D.; BJORNSTAD, D. **Progress in Precision Irrigation**. Springer International Publishing AG, 2018.

LEMOS, RT. **Automação Industrial: Conceitos, Métodos e Técnicas**. 2013.

LIMA, A. E. F; COSTA, L. M. R. **Sistema de controle de irrigação automatizado utilizando placa microcontroladora para sistemas agrícolas**. 2019. 63f. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal Rural da Amazônia, campus Capitão Poço, Pará, 2019.

LIMA, F. (2020). "**Tendências Sustentáveis na Tecnologia de Displays**". Revista Brasileira de Inovação Tecnológica, 15(3), 78-94.

LEMPERT, P. **Fazendas verticais em cheque: elas são Hype ou solução?**. Disponível em: <<https://forbes.com.br/forbesagro/2023/09/fazendas-verticais-em-xeque-elas-sao-hype-ou-solucao/>> Acesso em 10 de nov. 2023.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia do Trabalho Científico**. 2012. 7 ed. São Paulo: Atlas. ISBN 9788522448784.

MARQUELLI, W. A.; FRANCO, L. A. M. **Irrigação por Gotejamento**. Embrapa Hortaliças, 2017.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Seleção de sistema de irrigação para hortaliças**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, DF, 2011

MARTINS, F. R., et al. (2020). "**Humidity Sensors Based on Electrospun Conductive Polymer Nanofibers: A Review**." Polymers, 12(4), 840.

MAXMAQ. **Conheça a Irrigação por Gotejamento**. Disponível em: <<https://maxmaq.com.br/blog/irrigacao-por-gotejamento>> Acesso em: 15 nov. de 2023.

MELLO, J. L. P.; SILVA, D. B. **Irrigação**. Rio de Janeiro – RJ, abr. 2007. Disponível em: <http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20157/Irriga%E7%E3o_Vers%E3o3.5.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2023.

MENDES, RL (2015). **Introdução à Automação Industrial**.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Programa de Agricultura de Baixo Carbono (ABC)**. 2021.

NETO, O. A.; SOUZA, T. L. A. **Irrigação por aspersão**. Embrapa, 2017.

OGATA, KATSUHIKO;. **Engenharia de Controle Moderno**. 2010 5 ed. Pearson Universidades. ISBN13 978-8576058106

OLIVEIRA, F. G.; VIANA, T. V. A.; OLIVEIRA, R. A. **Irrigação por sulcos**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2018.

PLANETA ARROZ. **Rumo à consolidação**. Disponível em: <<https://planetaarroz.com.br/rumo-a-consolidacao/>> Acesso em 15 de nov. 2023.

PEREIRA, L. S. Water, Agriculture and Food: Challenges and Issues. **Water Resources Management**, v. 31, n. 10, p. 2985–2999, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1664-z>. Acesso em 09 set 2023.

PEREIRA, A., Almeida, R. (2017). "Avanços na Tecnologia LCD: Uma Revisão Atualizada". *Jornal de Tecnologia de Exibição*, 13(5), 420-432.

PUIATTI, M. **A arte de cultivar hortaliças**. Livro eletrônico, ISSN 2179-1732; n. 40, Disponível em: <<https://serieconhecimento.cead.ufv.br/wp-content/uploads/2020/03/Olericultura-download.pdf>> Acesso em 12 dez 2023.

REIS, J. S. **Sistema de controle aplicado à automação de irrigação agrícola**. 2015. 73 f. Monografia (Graduação) – Universidade Federal Tecnológica do Paraná.

RESH, H. M. (2018). "**Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower**." CRC Press

ROBO CORE. **Sensor de umidade de solo capacitivo**. Disponível em: <https://www.robocore.net/sensor-ambiente/sensor-de-umidade-de-solo-capacitivo?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA9dGqBhAqEiwAmRpTC5buhYKl73y2oCo86Cp7R48dXsPGdqfVthXM_s2IKM9aK7bi1xC-OB0C6ilQAvD_BwE> Acesso em 20 nov. de 2023.

SANTOS, M.; MÁRQUEZ-GARCÍA, G.; MUÑOZ-GARCÍA, M. A. **Strategies of irrigation management for gravity and sprinkler systems in crops**. *International Journal of Agriculture and Biology*, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2015.

SANTOS, J., OLIVEIRA, M. (2019). "**Perspectivas e Desafios dos Displays OLED em Dispositivos Móveis**". *Revista Brasileira de Tecnologia de Display*, 8(2), 87-101.

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Sebrae (2015). Disponível em: <[https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/8af4c78945062d5e1d6c4fa50885cc81/\\$File/7129.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/8af4c78945062d5e1d6c4fa50885cc81/$File/7129.pdf)> Acesso em 16/06/2023.

SEBRAE RESPOSTAS. **Avanço na produção de hortaliças hidropônicas.** Disponível em: <<https://respostas.sebrae.com.br/avancos-na-producao-de-hortalicas-hidroponicas/>> Acesso em 20 de nov. 2023.

SIGMA SENSORES. **Sensor de umidade do solo.** 2023. Disponível em: <<https://sigmasensors.com.br/sensor-de-umidade-do-solo#:~:text=Um%20Sensor%20de%20Umidade%20do,medi%C3%A7%C3%A3o%20da%20umidade%20da%20terra>> Acesso em 12 dez 2023.

SILVA, A. e outros. (2018). **“A Utilização de Displays Interativos no Processo de Ensino-Aprendizagem”.** Revista Brasileira de Tecnologia Educacional, 26(2), 45-60.

SILVA, A. B., et al. (2018). **"Optical Fiber Sensors for Moisture Monitoring in Soils and Concrete: A Review."** Journal of Sensors, 2018.

SILVA, G. F. T. L., et al (2022). O uso da automação por arduino no controle da proliferação de microrganismos. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento.** 2022. ISSN: 2448-0959. Disponível em <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-da-computacao/proliferao-de-microrganismos>> Acesso em 13 dez 2023.

SILVA, J. A. F.; LAGO, C. L. (2002). Módulo Eletrônico de controle para válvulas solenoides. **Revista Quím. Nova.** 2002. v. 25. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/qn/a/Qn3Wygtr4yNrfvhFzkSkXn/>> Acesso em 13 dez 2023

SILVA, R. S., et al. (2019). **Manejo integrado de pragas e doenças em hortaliças.**

SOUZA, Anderson R. de et al. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, pp. 01-05, 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/FWYNZZqJJgkchRqBQcLbYyh/?lang=pt.>> Acesso em 13 dez. 2023.

SOUZA, R., SANTOS, M. (2019). **"Displays para Aplicações Espaciais: Desafios e Inovações"**. Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Aeroespacial, 10, 120-135.

SOUZA, W. M.; SILVA, V. R. F.; FERNANDES, H. J. **Irrigação por gotejamento.** In: Irrigação. Viçosa, MG: UFV, 2014. p. 202-221.

STA Eletrônica. **Funcionamento de um display de 7 segmentos com o Arduino.** Disponível em: <<https://www.sta-eletronica.com.br/artigos/arduinos/funcionamento-de-um-display-de-7-segmentos-com-o-arduino>> Acesso em: 12 dez 2023.

STONE, L. F., (2023). **Irrigação por aspersão.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/pre-producao/metodos-de-irrigacao/irrigacao-por-aspersao>> Acesso em 12 dez 2023.

STUART, V. et al. (2021). **Desenvolvimento de display utilizando o método de desmultiplexação e persistência da visão.** Cardeno Progressus, 1(2), 19-33 Disponível em: <<https://www.cadernosuninter.com/index.php/progressus/article/view/1971>> Acesso em 13 dez 2023.

TECNORING. **Válvula direcional solenoide.** Disponível em: <<https://www.tecnoring.com.br/valvula-direcional-solenoide>> Acesso em 15 de nov. de 2023.

TERRA MOLHADA. **Projeto de Irrigação de aspersores.** Disponível em: <<https://www.terramolhada.com/projetos-de-irrigacao-de-aspersores>> Acesso em 15 de nov. 2023

TESTEZLAF, Roberto. Irrigação: **Métodos, Sistemas e Aplicações.** Campinas – SP, fev. 2017. Disponível em: <https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/testezlaf_irrigacao_metodos_sistemas_aplicacoes_2017.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2023.

TOLEDO, E.; TONI, F. **Existe um processo de esvaziamento populacional nas regiões rurais brasileiras?** Revista do Desenvolvimento Regional - Faccat, Taquara, RS, v. 13, n. 1, p.89-107, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.26767/coloquio.v13i1.381>. Acesso 18 nov 2023.

TOTAL AUTOMAÇÃO. **Válvula de controle independente de pressão – VRW2.** Disponível em: <<https://www.totalautomacao.com.br/produto/valvula-de-controle-independente-de-pressao-vrw2/>> Acesso em 15 nov. de 2023.

USINAINFO. **Display 7 Segmentos Vermelho - Anodo Comum.** Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/display-7-segmentos/display-7-segmentos-vermelho-anodo-comum-4503.html?search_query=display+7+segmentos&results=27> Acesso em 15 de nov. 2023.

USINAINFO. **Display LCD 16x2 com fundo azul.** Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/display-arduino/display-lcd-16x2-com-fundo-azul-2304.html>> Acesso em 15 de nov. de 2023.

USAINFO. **Display OLED 0.96" SPI 128x64 Branco para Arduino.** Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/display-arduino/display-oled-096-spi-128x64-para-arduino-2831.html>> Acesso em 15 nov. de 2023.

USINAINFO. **Placa Uno R3 Arduino + Cabo USB.** Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/placas-arduino/placa-uno-r3-arduino-cabo-usb-3513.htm>> Acesso em 15 de nov. de 2023.

USINAINFO. **Válvula Solenoide para Água 12V NA 180° (3/4 x 3/4).** Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/valvulas-solenoides/valvula-solenoide-para-agua-12v-na-180-34-x-34-5530.html>> Acesso em 15 nov. de 2023

VASCONCELOS FILHO, S. C. **Irrigação por Sulco.** In: Irrigação. Viçosa, MG: UFV, 2013. p. 171-185.

WENDLANDT, J. L., BURT, C. : M., & CLEMMENS, A. J. (2002). **Irrigation engineering.** American Society of Agricultural and Biological Engineers.

WIKIPEDIA. **Arquitetura ARM.** Disponível em : <https://pt.wikipedia.org/wiki/Arquitetura_ARM> Acesso em 15 nov. 2023.