



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

JOHN LENNON NUNES DE SOUZA

**PROJETO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO PARA
AGRICULTURA FAMILIAR**

PAU DOS FERROS – RN

2021

JOHN LENNON NUNES DE SOUZA

**PROJETO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO PARA
AGRICULTURA FAMILIAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Campus Pau dos Ferros, em cumprimento às exigências legais como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Dr. Francisco Carlos Gurgel da Silva Segundo

PAU DOS FERROS – RN

2021

JOHN LENNON NUNES DE SOUZA

**PROJETO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO PARA
AGRICULTURA FAMILIAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso Superior de Bacharelado
Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, da
Universidade Federal Rural do Semi-Árido -
UFERSA, Campus Pau dos Ferros, em
cumprimento às exigências legais como
requisito para à obtenção do título de Bacharel
Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

PAU DOS FERROS-RN, 31 DE MAIO DE 2021

BANCA EXAMINADORA

**FRANCISCO CARLOS GURGEL DA
SILVA SEGUNDO:06062106444**

Assinado de forma digital por FRANCISCO CARLOS
GURGEL DA SILVA SEGUNDO:06062106444
Dados: 2021.06.02 22:08:15 -03'00'

Prof. Dr. Francisco Carlos Gurgel da Silva Segundo – Presidente

Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA

**CECILIO MARTINS DE SOUSA
NETO:06286737448**

Assinado de forma digital por CECILIO
MARTINS DE SOUSA NETO:06286737448
Dados: 2021.06.03 14:06:33 -03'00'

Prof. Dr. Cecílio Martins de Sousa Neto - 1 ° Membro

Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA

WESLEY DE OLIVEIRA
SANTOS:01354154380

Assinado de forma digital por WESLEY DE OLIVEIRA
SANTOS:01354154380
Dados: 2021.06.03 10:07:23 -03'00'

Prof. Dr. Wesley de Oliveira Santos - 2 ° Membro

Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

L729p Lennon Nunes de Souza, John .
projeto de um sistema de irrigação para
agricultura familiar / John Lennon Nunes de
Souza. - 2021.
52 f. : il.

Orientador: Francisco Carlos Gurgel da Silva
Segundo.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de , 2021.

1. Automação. 2. Acionamento. 3. Sensor de
umidade. 4. Coriandrum sativum. 5. Hidroponia. I.
Carlos Gurgel da Silva Segundo, Francisco,
orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter dado toda a capacitação e discernimento necessário para a realização deste trabalho, contribuindo ativamente e possibilitando com que o mesmo viesse a ser concluído.

Agradeço aos meus responsáveis (Jildivania Maria e Marcondes Silva) por terem me apoiado, tanto em minhas escolhas quanto durante a minha graduação, me mantendo sempre motivado e me cobrando, de maneira que eu estivesse me dedicando inteiramente a realização deste sonho de infância.

Aos meus irmãos Janneson José, Davi Euclides, Kércia Nogueira, Bianca Cavalcante, Jassira Rodrigues, Gildeão Soares, Gildemberg Soares e Melissa Diógenes, que na graduação, foram as pessoas que tive o privilégio de me aproximar e colaboraram imensamente com a minha permanência no curso, tornando os últimos 3 anos de minha vida acadêmica uma experiência extremamente satisfatória, de maneira que recordarei as boas lembranças pelo resto de minha limitada existência e me fizeram analisar as más lembranças pelo lado cômico, além de todo o auxílio neste trabalho. Agradeço também ao Sr. Edson e a Sra. Gilvanete que juntamente com Janneson, foram responsáveis por me abrigar durante um bom período da graduação, e mais do que isso, foram responsáveis por constituir o meu segundo lar.

Sou profundamente grato a Grasielle de Souza, que antes mesmo do início desta jornada, sempre me motivou e foi um ombro amigo nas horas em que mais necessitei de alguém para desabafar, sendo alguém de extrema importância me apoiando em todas as decisões e cooperando ativamente para que no presente, fosse possível concluir mais uma etapa.

Agradeço aos meus irmãos João Vitor, José Ronaldo, Júlio César e Ricassily Bruno, que me apoiaram tanto na escolha do curso, quanto em seus desafios, estando sempre presentes ao longo de todo este trajeto.

Sou extremamente grato ao meu orientador Dr. Francisco Carlos Gurgel da Silva Segundo, pelo total empenho nas orientações, além de toda a disponibilidade e prestatividade na elaboração deste trabalho.

Agradeço também ao Msc. José Wagner Cavalcanti Silva por todos os seus conselhos e auxílios durante minha carreira acadêmica, não se restringindo apenas ao que deveria ser abordado em suas disciplinas, além de toda a sua disponibilidade e encorajamento.

Aos demais companheiros que não foram citados, tanto por limitações de memória quanto de espaço, sou grato por todo o apoio, pois sei que na ausência de qualquer um de vocês, minha trajetória seria muito mais difícil, ou não teria ocorrido da maneira como se sucedeu.

“Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes.”

Isaac Newton

RESUMO

A agricultura é uma antiga prática dominada pelo homem que evoluiu ao longo do tempo e possibilitou com que o mesmo deixasse de ser nômade, garantindo o suprimento de alimentos e determinadas matérias-primas. No Brasil, aliada aos avanços tecnológicos teve seu crescimento tão expressivo que atualmente representa uma grande parcela do PIB. Todavia, mesmo com toda a tecnologia empregada, a agricultura ainda se mostra ineficiente no que diz respeito ao uso sustentável dos recursos hídricos, uma vez que é responsável atualmente por desperdiçar cerca de 70% de toda a água potável utilizada pela humanidade, corroborando para a escassez de recursos hídricos no planeta. Tendo em vista isso, nota-se que a boa administração dos recursos hídricos contribui não somente para o aumento na produção, mas também colabora de maneira sustentável para com as gerações futuras. O presente trabalho surge ao encontro disso com a proposta de desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado por hidroponia para o plantio de coentro (*Coriandrum sativum*), tendo baixo custo e fácil manuseio, voltado para a agricultura familiar, porém, podendo ser aplicado em escalas maiores, com a premissa da aplicação eficiente dos recursos hídricos, podendo economizar de 60% a 70% da água através de seu reuso. No desenvolvimento deste trabalho foi feito um levantamento bibliográfico acerca de sistemas de irrigação automatizados e parâmetros para o cultivo do coentro (*Coriandrum sativum*), bem como o desenvolvimento de todo circuito elétrico do sistema. Após a montagem e testes, o sistema de irrigação demonstrou desempenho satisfatório, podendo ser utilizado com as devidas adaptações no cultivo de diferentes tipos de plantas e técnicas de irrigação, não se limitando apenas a irrigação por hidroponia.

Palavras-Chave: Automação; Acionamento; Sensor de umidade; *Coriandrum sativum*; Hidroponia.

ABSTRACT

Agriculture is an ancient practice dominated by man that has evolved over time and has made it possible for them to stop being nomadic, guaranteeing the supply of food and certain raw materials. In Brazil, agriculture in conjunction with technological advances has its growth been so expressive that it currently represents a large portion of GDP. However, even with all the technology used, agriculture is still inefficient with regard to the sustainable use of water resources, since it is currently responsible for wasting around 70% of all drinking water used by humanity, corroborating the scarcity of water resources on the planet. In view of this, it is noted that the good management of water resources not only contributes to the increase in production, but also collaborates in a sustainable manner towards the future generations. The current work meets this specific problem with the proposal to develop an automated irrigation system by hydroponics for planting coriander (*Coriandrum sativum*), having low cost and easy handling, aimed at family farming, although, it can be applied on larger scales, with the premise of the efficient application of water resources, being able to save 60% to 70% of the water through its reuse. In the development of this work, a bibliographical survey was made about automated irrigation systems and parameters for the cultivation of coriander (*Coriandrum sativum*), as well as the development of the entire electrical circuit of the system. After assembling the irrigation system and testing, it has shown satisfactory performance, and can be used with the necessary adaptations in the cultivation of different types of plants and irrigation techniques, not just limited to hydroponic irrigation.

Keywords: Automation; Trigger; Humidity sensor; *Coriandrum sativum*; Hydroponics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	– Horta hidropônica.....	17
Figura 02	– Escala de pH.....	19
Figura 03	– Escala de temperatura.....	19
Figura 04	– Contator de carga.....	23
Figura 05	– Chave seletora.....	23
Figura 06	– Botoeira de pulso.....	24
Figura 07	– Botão cogumelo com trava.....	25
Figura 08	– Relé térmico.....	26
Figura 09	– Disjuntor termomagnético monofásico.....	27
Figura 10	– Temporizador.....	29
Figura 11	– Chave boia de nível.....	29
Figura 12	– Sensor de umidade.....	31
Figura 13	– Módulo relé 5V.....	31
Figura 14	– Bomba hidráulica.....	32
Figura 15	– Diagrama do circuito de carga.....	33
Figura 16	– Diagrama do circuito de comando.....	35
Figura 17	– Diagrama do circuito de umidade do solo.....	36
Figura 18	– Circuito de carga e controle.....	36
Figura 19	– Interface de controle do usuário.....	39
Figura 20	– Projeto do sistema de irrigação por hidroponia.....	40
Figura 21	– Conexões feitas no quadro de comando.....	42
Figura 22	– Interface de controle do usuário com sensor de umidade e boia de nível....	42
Figura 23	– Sistema de irrigação montado.....	43
Figura 24	– Sensor de umidade anexado à saída da plantação.....	43
Figura 25	– Encanação e quadro de controle.....	44
Figura 26	– Mudas de coentro.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NA	Normalmente aberto (não há passagem de corrente elétrica no estado de repouso)
NF	Normalmente fechado (há passagem de corrente elétrica no estado de repouso)
CNA	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
Cepea	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
VCC	Tensão em corrente contínua
GND	Filtro de densidade neutra (Potencial elétrico nulo)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1. Trabalhos relacionados	15
2.2. Parâmetros do cultivo	17
2.2.1. Potencial hidrogeniônico (pH)	18
2.2.2. Temperatura	19
2.2.3. Umidade do solo	20
3 MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1 Metodologia	21
3.2 Elementos de automação	22
3.2.1 Contator de Carga	22
3.2.2 Chave Seletora	23
3.2.3 Botoeira de Pulso	24
3.2.4 Botão Cogumelo	25
3.2.5 Relé Térmico	26
3.2.6 Disjuntor Termomagnético	27
3.2.7 Temporizador	28
3.2.8 Chave Boia de Nível	29
3.2.9 Sensor de Umidade	30
3.2.10 Módulo relé 5V	31
3.2.11 Bomba hidráulica	32
4 DESCRIÇÃO DO PROJETO DE AUTOMAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO	33
4.1. Projeto do sistema de irrigação	33
4.1.1 Circuito da umidade do solo	35
4.1.2 Circuito de carga	33
4.1.3 Circuito de controle	34
4.1.4 Circuito do sistema de irrigação	36

4.1.5 Estados de funcionamento do circuito	37
4.2 Construção da plataforma de irrigação	40
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

A agricultura consiste de um conjunto de ferramentas utilizadas para cultivar plantas, com a finalidade de, a partir disso, obter alimentos, bebidas, matéria-prima para roupas, medicamentos e outros. Os primeiros vestígios do estabelecimento da agricultura remontam ao período neolítico, momento em que os seres humanos notaram que as sementes poderiam ser semeadas. Após isso, os povos que antes eram nômades, passaram a se tornar sedentários, pelo fato de que a agricultura melhorou a oferta de alimento e já não tinham que migrar em busca de mantimentos. Contudo, como os registros da agricultura são anteriores ao da escrita, por conta disso, não se sabe exatamente o seu início. (MAZOYER; ROUDART, 1998).

Com o passar do tempo, foi possível notar um ligeiro crescimento da agricultura familiar brasileira. Ela está sendo responsável por gerar impactos na renda, garantia de suprimentos, preservação ambiental e movimentação dos recursos econômicos do país, não apenas se restringindo ao setor agropecuário. Segundo a CNA (2021), a agricultura sozinha foi capaz de movimentar só no ano de 2019 cerca R\$ 1,06 Trilhão. Contudo, ainda há uma carência, no que diz respeito a introdução de tecnologias com a finalidade de alavancar os processos de produção. (CUNHA; ROCHA, 2015).

Segundo Marinho (2019), através dos avanços tecnológicos e implementação das tecnologias na agricultura, o Brasil veio a se tornar um dos líderes mundiais de produção na agroindústria, colaborando também para o aumento da movimentação no mercado financeiro.

De acordo com a Cepea (2020), as atividades da agricultura representam 21,31% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil. Portanto, é uma área estratégica e de suma importância para a economia nacional (GARCIA *et al*, 2020). Por outro lado, é a área que mais consome e desperdiça água tratada.

Segundo reportagem do Globo Ecologia, a agricultura é responsável pelo desperdício de 70% da água tratada no país (GLOBO, 2013). Para Coelho Filho e Oliveira (2005), apesar da evolução tecnológica corroborar para a redução do consumo de água, estima-se que em 2025, cerca de 3 bilhões de pessoas sofrerão com a escassez de recursos hídricos. Portanto, fazer uso de recursos tecnológicos e a sua disseminação não apenas nos grandes produtores, mas também na agricultura familiar contribuirá para a racionalização da água, reduzindo o seu desperdício.

Os sistemas de irrigação são extremamente relevantes para a produção agrícola, uma vez que são os responsáveis por fornecer água à plantação em períodos de baixa precipitação de chuva. Contudo, segundo Guimarães (2011), não é uma tarefa simples administrar os

recursos hídricos, sendo necessário definir o momento ideal para irrigar e a quantidade de água que deve ser aplicada, demonstrando com isso a necessidade de monitorar e alterar parâmetros, visando obter a melhor eficiência na produtividade agrícola.

Para Cunha e Rocha (2015), o pequeno produtor rural, por vezes, se abstém de ferramentas mecânicas que poderiam cooperar na tarefa de irrigar, tendo como pivô o custo elevado dos sistemas convencionais de irrigação, ou até mesmo pela ausência de conhecimento técnico para operar o maquinário, fazendo com que ele venha a temer o uso de um sistema automatizado. Em virtude disso, o agricultor, se propõe a controlar e monitorar toda a sua plantação de maneira manual, sujeitando-se a possíveis problemas, como por exemplo a má irrigação, desperdício de água, energia e baixa produtividade (CUNHA; ROCHA, 2015).

Para Oliveira (2018), é de extrema importância a utilização de um sistema de irrigação automatizado, uma vez que por meio deste, é possível aumentar a produção, garantindo também a minimização do desperdício de água e reduzindo a necessidade de mão-de-obra na tarefa de averiguar rotineiramente se houve a irrigação completa da plantação e se a mesma se deu na quantidade correta.

Segundo Avarenga, Ferreira e Fortes (2014), a utilização de um sistema de irrigação automatizado, possibilita ter o controle, de maneira eficiente da aplicação de água no cultivo, além de proporcionar o controle das operações de fertirrigação - técnica responsável por levar nutrientes à plantação através da água da irrigação - e o monitoramento das variáveis que estão atreladas ao cultivo, corroborando para que ocorra melhorias no consumo de eletricidade, água e aumento da produção.

Com base nos argumentos supracitados, o tema proposto se torna relevante, no sentido de que visa contribuir com a agricultura através da automação, fazendo o uso de componentes acessíveis, abordando os métodos de irrigação para que seja possível obter a maior eficiência e demonstrando a relevância da utilização de um sistema automatizado.

Tendo em vista a relevância da utilização de um sistema de irrigação, a redução no desperdício de água, energia e o aumento da produção, o presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento e confecção de um sistema de irrigação automático, utilizando dispositivos eletrônicos e um sensor de umidade, tendo em vista o baixo custo dos mesmos, barateando a confecção do aparato, a fim de tornar acessível aos pequenos agricultores.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, são apresentados os relatos acerca de trabalhos relacionados ao tema, que serviram de base para a construção e delimitação deste trabalho, juntamente com os parâmetros de cultivo e a modalidade de irrigação escolhida, ferramentas utilizadas para construção da lógica de funcionamento do sistema e os equipamentos utilizados no desenvolvimento do sistema de irrigação por hidroponia.

2.1 Trabalhos relacionados

Cunha e Rocha (2015) desenvolveram em seu trabalho um sistema de irrigação automatizado, pensado para o pequeno produtor rural, com ênfase na agricultura familiar. Desenvolveu-se um sistema de irrigação automatizado, com sensores de umidade do solo, temperatura e umidade do ar, com a premissa de que o aparato fosse eficiente para a agricultura convencional, porém, de baixo custo e fácil manuseio, tornando-se acessível ao pequeno produtor rural. Para que houvesse uma boa eficiência no uso da água, foi utilizada a irrigação por gotejamento, de maneira que a área próxima do cultivo estaria sempre úmida, cooperando para que a produção não fosse prejudicada.

Oliveira (2018) automatizou um sistema de irrigação para uma pequena plantação de abacaxi, visando aumentar a produção e tornar eficiente o uso de recursos hídricos. Para tal, foi utilizado como base a plataforma arduino e um pluviômetro báscula, objetivando o monitoramento da precipitação de chuvas na área da plantação. Após isso, foi realizado um estudo acerca da precipitação média necessária para que o cultivo não fosse prejudicado, de maneira que o sistema de irrigação serviria como chuva artificial, em períodos em que a precipitação não suprisse a quantidade de água necessária e em períodos de maior precipitação, o sistema de irrigação funcionaria com menor frequência de maneira a economizar água e energia.

Macedo *et al* (2010), em seu trabalho estudou o desempenho da irrigação através da tensão de água no solo. O trabalho consistiu em automatizar um sistema de irrigação por microaspersão de maneira a controlar a irrigação através de sensores de tensão localizados no solo, analisando a tensão devido a água, de maneira que as motobombas eram acionadas quando a tensão radicular no solo atingia valores pré-estabelecidos. Quando os sensores tinham bom funcionamento, notava-se um bom desempenho do sistema.

Duarte Luís (2019), em seu trabalho buscou dimensionar um sistema de irrigação para

o cultivo de várias culturas em uma pequena propriedade rural sustentável, de maneira a economizar água e eletricidade, assim como possibilitar um aumento na produção. O trabalho teve o objetivo de estudar e desenvolver um sistema de irrigação automatizado por aspersão com direcionamento de fluxo automático de água baseado na medição da umidade do solo através de sensores que se comunicam com o microcontrolador sem fios, simplificando tanto a instalação, quanto o manejo do sistema, se tornando acessível para mais produtores rurais.

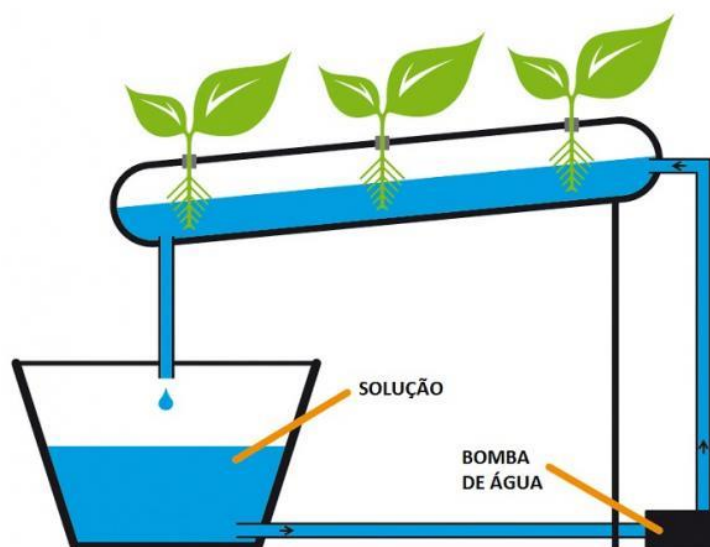
Segundo Guimarães (2011), para se ter um sistema de irrigação eficiente, é necessário ter o controle de determinados parâmetros acerca da área em que se pretende realizar o plantio. Um exemplo é a umidade do solo, dado importante, capaz de informar se há ou não a necessidade de irrigar o solo. Também é necessário conhecer a temperatura ambiente, possibilitando saber a evapotranspiração do plantio. Outro parâmetro relevante é a ocorrência de chuvas, de maneira que conhecendo a precipitação, é possível que o sistema de irrigação possa ser desligado, evitando a ação desnecessária do mesmo, economizando água e eletricidade.

Apoiando-se nas ideias de Bernardo, Soares e Mantovani (2006), considerando que o solo se encontra saturado, em condição de lençol freático profundo, a água esboça movimento vertical para baixo, migrando para as camadas inferiores de maneira significativa até o ponto em que o teor de umidade do solo seja suficiente alto para que a condutividade hídrica se torne desprezível, ao acontecer isso, o solo se encontra em estado de capacidade de campo, tal que o solo consiga reter uma quantidade suficiente de água nas camadas mais superficiais, se tornando ideal para o cultivo. Não é possível determinar com exatidão a condição de campo, pelo fato de que depende de várias condições em relação ao tempo que leva para que a drenagem da água se torne muito baixa, tal que possa ser desprezada.

2.2 Hidroponia

Diferente das plantações convencionais em que as sementes são plantadas diretamente no solo, a plantação por hidroponia ocorre em meio líquido ou em substrato inerte (ilustrada na figura 01) de maneira que ocorre em uma plataforma suspensa de determinada inclinação, possibilitando o escoamento da água por gravidade até uma calha de nível inferior ao da plantação, sendo responsável por recolher toda a água não absorvida pela plantação e conduzi-la novamente ao reservatório por meio de tubulações, podendo ser utilizada para efetuar a irrigação novamente.

Figura 01: Horta hidropônica.



Fonte: SILVA,2014.

Segundo a revista Campo & Negócios (2019), a hidroponia possibilita maior aceleração na maturação e ganho na qualidade da plantação de coentro, estimando também uma economia de 60% a 70% do gasto hídrico em comparação à agricultura tradicional feita no solo, e em alguns casos, podendo chegar a 90% de economia segundo o Grupo Cultivar (2015).

O sistema visa ser capaz de realizar a irrigação corretamente, garantindo que o cultivo não seja prejudicado e reduzindo o consumo de água. Segundo Pires *et al* (2020), a irrigação por hidroponia, pelo fato de ser capaz de reutilizar a água, propicia a economia da mesma, além de garantir a precocidade do cultivo e a diminuição da necessidade de utilização dos agrotóxicos.

Para o trabalho, apesar de ser possível empregar vários tipos de irrigação no sistema automatizado, tendo como base os argumentos supracitados, optou-se pela hidroponia, em virtude de seu caráter sustentável e eficiente no uso de água, ainda também por ser adotado o cultivo em regime familiar, de maneira que a hidroponia se torna uma alternativa mais barata e possibilita o plantio em um espaço reduzido.

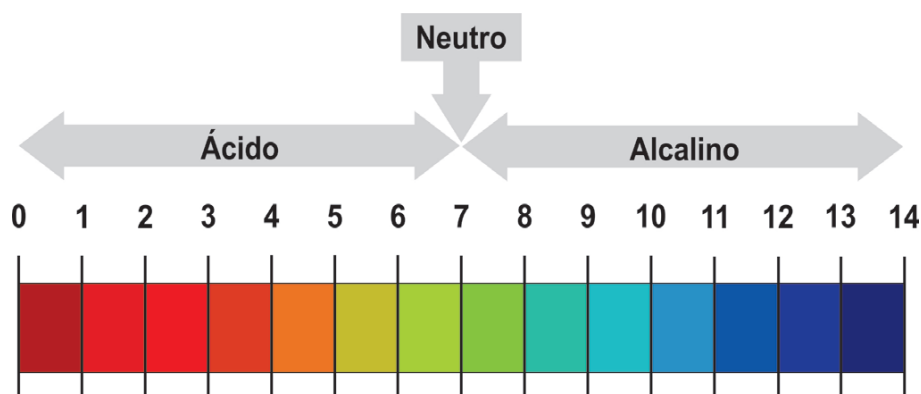
2.3 Parâmetros do cultivo

Neste tópico, será feito um levantamento, tendo como base artigos e reportagens que abordem os parâmetros de cultivo ideais, tais como: umidade do solo, temperatura e pH do

solo, para que se tenha uma boa produção de coentro. Porém, é importante salientar que para a irrigação do sistema desenvolvido neste trabalho, foi utilizado apenas o sensor de umidade.

2.3.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH é um índice que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade em qualquer meio. Esse parâmetro mensura a concentração de íons de Hidrogênio (H^+) presentes no material a ser analisado (solo, água e etc.) (PEREIRA *et al*, 2015). A escala de valores do pH vai de 0 a 14, dividindo-se da seguinte forma, os valores de 0 até 7, é considerado que o meio é ácido, valores acima de 7 são considerados básicos e, em torno de 7, são considerados neutros. Essa medida pode ser realizada tanto de forma manual quanto utilizando um aparelho chamado phmetro. Para ter conhecimento do valor do pH do meio de forma manual, é necessário o uso de uma substância que é chamada de indicador. Esse indicador pode ser tanto a fenolftaleína quanto o papel tornassol. A substância a ser analisada em presença de um desses indicadores mudam de coloração e, por meio da escala de cores, define-se se é básico, ácido ou neutro, conforme Figura 02.

Figura 02 - Escala de pH

Fonte: Adaptado de: PEREIRA *et al*, (2015).

Já utilizando o phmetro, constituído basicamente por um eletrodo e um amplificador de instrumentação. Em que, após ser calibrado, o eletrodo é inserido no material que deseja conhecer o pH e, na saída do mesmo é produzido uma tensão elétrica que, a partir dela, estipula o valor do pH do material analisado.

Segundo as pesquisas realizadas por Reis e Lopes (2016), a plantação de coentro é pouco exigente em relação ao pH do meio, porém, tem sua produtividade beneficiada em solos de acidez fraca, com pH próximo a 6,0.

2.3.2 Temperatura

A temperatura é uma das grandezas fundamentais da física, responsável por mensurar o grau de agitação das moléculas, de maneira que a temperatura aumenta proporcionalmente com o grau de agitação. A temperatura é uma das sete grandezas fundamentais da física, de maneira que sua medida é dada por padrão em graus Kelvin (K), porém, há outras escalas de medição, como por exemplo a escala celsius (°C) ou fahrenheit (°F) (HELERBROCK, 2019).

A escala de temperatura tem apenas um valor mínimo, definido como o zero da escala kelvin, porém, não tem um valor máximo, conforme a figura 03.

Figura 03 - Escala de temperatura.



Fonte: Adaptado de: HALLIDAY; RESNICK; WALKER, (2014).

Segundo Anacleto (2007), a medição da temperatura é de interesse e estudo não só da ciência, mas para várias áreas, inclusive é de extrema importância para o setor econômico, se tornando possivelmente uma das grandezas físicas mais medidas e controladas. A medida de temperatura pode ser realizada de maneira manual com o auxílio de um termômetro, de maneira que após tocar com a ponta do termômetro no que se deseja medir, será expressa a temperatura no mostrador do mesmo.

Segundo Reis e Lopes (2016), o coentro é intolerante a baixas temperaturas, de maneira que sua produção é beneficiada em temperaturas maiores que 25°C . Segundo o artigo de João Mathias (2016) escrito para o Globo Rural, o cultivo de coentro é resiliente no que diz respeito às condições climáticas, contudo, é favorecido em temperaturas mais elevadas, de maneira que durante a germinação, o melhor intervalo de temperaturas é de 20°C a 30°C enquanto que durante o período de maturação apresenta bom desempenho entre 18°C e 25°C .

2.3.3 Umidade do solo

Segundo Caputo (1988), a umidade do solo pode ser definida como a razão da massa de água (MA) contida em um determinado volume de solo pela massa seca do solo (MS), após um processo de secagem em estufa a 105°C ou 110°C , multiplicada por 100, após isso, o valor de umidade é dado em porcentagem. A umidade do solo tem apenas um limite inferior (0%), que ocorre quando o solo está completamente seco, podendo ser calculada através da equação 1:

$$\text{Umidade de solo\%} = \frac{MA}{MS} 100 \quad (1)$$

A umidade do solo tem apenas um limite inferior (0%), que ocorre quando o solo está completamente seco.

Segundo Gutierrez e Neves (2021), o conhecimento acerca da umidade do solo é relevante pelo fato de que através dele, é possível conhecer as hídricas da área irrigada, corroborando para a diminuição de gastos com água e energia elétrica, por possibilitar um planejamento e manejo de irrigação adequado.

Segundo o artigo de João Mathias (2016) escrito para o Globo Rural, o coentro é pouco exigente no que diz respeito ao tipo de solo, porém, é importante que o mesmo não seja encharcado. Para Meurer *et al* (2007), o processo de nitrificação do solo ocorre próximo a 70% da capacidade de campo, sendo essa a condição ideal para o cultivo, pelo fato de que através da nitrificação, é gerado o nitrato, importante para o processo de nutrição da planta.

Para Veihmeyer e Hendrickson (1949), a capacidade de campo pode ser definida como a capacidade de retenção hídrica de um solo, após o excesso ter escoado, de maneira que o escoamento descendente tenha diminuído consideravelmente, como geralmente ocorre cerca de 2 ou 3 dias após as chuvas.

O trabalho foi desenvolvido inteiramente com base na umidade do solo, de maneira que a irrigação foi controlada exclusivamente pelo sensor de umidade, tendo em vista que os outros parâmetros serviram apenas para realizar correções na água e/ou solo ou medidas a fim de atingir a temperatura desejada.

Como será utilizado a medida do sensor de umidade para fazer a irrigação do cultivo do coentro, este será abordado na seção 3.2.9.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Metodologia

A pesquisa realizada é de caráter experimental quanto aos procedimentos que foram adotados e caracteriza-se como exploratória quanto aos seus objetivos. Em relação às etapas metodológicas, foi realizado, primeiramente, um levantamento bibliográfico dos materiais e teorias necessárias para suportar o projeto, que no caso são artigos e reportagens que abordam a agricultura, de maneira a expor os aspectos mais importantes que são necessários para uma

boa produção agrícola, como temperatura, pH, umidade do solo e o conteúdo necessário para a área de interesse. Além disso, foram estudadas algumas formas de irrigação que venham a contribuir com o sistema, a fim de reduzir o consumo de água na agricultura.

Para a construção do aparato, foi feito primeiramente um levantamento acerca dos tipos de sensores e atuadores que podem ser empregados no projeto. Ao final, priorizou desenvolver o sistema com sensores e atuadores, com foco no projeto de irrigação, de maneira que através dele seja possível realizar a irrigação de forma mais otimizada e simples. Por fim, foi feito um estudo acerca dos comandos elétricos para desenvolver a lógica para acionamento da bomba hidráulica e em seguida realizou-se a montagem e os testes com o protótipo do sistema de acionamento da bomba hidráulica.

3.2 Elementos de automação

Neste capítulo, estão apresentados os componentes necessários para construção da lógica de irrigação, bem como uma ilustração de cada um destes, juntamente com uma descrição sucinta acerca de seu funcionamento. Dentre os componentes será apresentado logo abaixo o contator de carga, chave seccionadora, botoeira, relé térmico, disjuntor termomagnético, temporizador, chave boia de nível, sensor de umidade, módulo relé, bomba hidráulica e botão cogumelo.

3.2.1 Contator de Carga

O contator de carga, conforme ilustrado na Figura 04, é um dispositivo eletromecânico essencial que tem seu funcionamento semelhante ao de um interruptor, no que diz respeito ao circuito de carga de uma bomba hidráulica, motores e etc, sendo responsável por controlar diretamente a passagem de corrente, tendo em vista que essa corrente tem um valor elevado e não poderia ser controlada por um interruptor comum.

O contator tem entrada e saída para múltiplas fases, o contator em questão tem 3 fases, porém, neste trabalho, será utilizada apenas uma fase e o neutro, pelo fato de utilizar uma bomba hidráulica monofásica. O controle da passagem de corrente se dá por um circuito auxiliar monofásico (entradas A1 e A2) que compõem o contator, de maneira que ocorre a passagem de corrente, uma bobina interna é energizada e o circuito se fecha e quando a corrente no circuito auxiliar é interrompida, o circuito de múltiplas fases é aberto.

Além do circuito auxiliar, o contator geralmente tem um contato NA e outro NF, que podem ser utilizados em conjunto com botoeiras, tendo a finalidade de implementar um contato de selo. Esse contato de selo possibilita que o contator seja acionado apenas com um pulso no botão.

Figura 04 - Contator de carga



Fonte: ADOLPHO ELETRICISTA, (2015).

3.2.2 Chave Seletora

A chave seletora, conforme ilustrada na Figura 05, é uma chave comutadora que ao girar, permite alternar entre determinado número de circuitos monofásicos - que no caso deste projeto, foi utilizada uma de 3 posições, podendo ser usada para definir estados de funcionamento (que foi a premissa neste projeto).

Figura 05 - Chave seletora.



Fonte: MATTEDE, (2014).

3.2.3 Botoeira de Pulso

A botoeira de pulso, Figura 06, é um dispositivo de comando que permite abrir/fechar o circuito com a ação de pressionar o botão, mudando o estado do circuito enquanto está pressionado e voltando ao estado inicial após soltar o botão.

A botoeira de pulso pode ter diferentes cores (verde, vermelho, preto, azul, branco ou amarelo), de maneira que cada cor tem uma sinalização específica. A ligação pode ser NA (Normalmente Aberta) ou NF (Normalmente Fechada), de maneira que a vermelha será utilizada na configuração NF e a botoeira verde na configuração NA.

Através da associação entre uma botoeira NA e outra NF e o circuito NA do contator é possível criar um contato de selo, de maneira que é possível manter o circuito aberto ou fechado sem necessitar manter a botoeira pressionada, sendo necessário apenas pressionar.

Figura 06 - Botoeira de pulso.



Fonte: AGILITECH BRASIL, (2020).

3.2.4 Botão Cogumelo

O botão cogumelo, Figura 07, é um dispositivo de comando que permite abrir/fechar o circuito com a ação de pressionar ou girar o seu botão, mudando o estado do circuito ao ser pressionada, ficando travada neste estado, até que o botão seja girado no sentido indicado, fazendo voltar ao estado inicial.

O botão cogumelo, também conhecido como botão de emergência, pode ser encontrado em diferentes cores, de maneira que cada cor tem uma sinalização específica. A ligação pode ser NA(normalmente aberta) ou NF(normalmente fechada), de maneira que neste trabalho será utilizado um botão vermelho que será utilizado na configuração NA.

Figura 07 - Botão cogumelo com trava.



Fonte: DIMENSIONAL, (2020).

3.2.5 Relé Térmico

O relé térmico, conforme ilustrado na Figura 08, ou também conhecido como relé de sobrecarga, é um dispositivo de proteção contra sobrecarga que pode atuar interrompendo o circuito para não danificar o elemento a ser acionado (motor, bomba d'água etc). A proteção pode ser feita por meio de 2 circuitos, sendo um NA e o outro NF, de maneira que quando a sobrecarga é atingida, o circuito NA é fechado, enquanto que o circuito NF é aberto.

O dispositivo funciona geralmente acoplado à saída do contator, baseado no efeito joule, passando a corrente elétrica por suas lâminas metálicas internas, aumentando a temperatura, de maneira que as lâminas sofrem dilatação térmica, chegando ao ponto de modificar o estado dos circuitos auxiliares após determinado tempo de funcionamento em que o circuito estiver sofrendo com sobrecorrente.

O relé térmico atua em dois modos, sendo o H (*hand*, que em português se remete a manual) e A (*automatic*, que em português se remete a automático) de maneira que no primeiro modo, após interromper o circuito, ele só volta a ser ligado manualmente após pressionar o botão de partida, enquanto que no modo A ele religa automaticamente após voltar às condições padrão de funcionamento.

Figura 08 - Relé térmico.



Fonte: ALUMBRA, (2015).

3.2.6 Disjuntor Termomagnético

O disjuntor termomagnético, Figura 09, é um dispositivo de segurança capaz de interromper o circuito automaticamente, a fim de proteger os componentes elétricos contra sobrecargas e curtos-circuitos. Pode ser encontrado no mercado em 3 tipos, sendo o monofásico (que será utilizado no projeto), bifásico e trifásico.

O dispositivo secciona o circuito tanto por acionamento térmico quanto magnético. O princípio magnético consiste em uma bobina, na qual a corrente circula e a partir de determinado valor - individual para cada disjuntor - gera um campo magnético suficiente para mover a lâmina e seccionar o circuito. O princípio térmico é semelhante ao do relé térmico (com a diferença de que o relé é ajustável para o motor), que com o atrito da passagem de corrente pela lâmina, vai dilatando o material por efeito joule, chegando ao ponto crítico em que a lâmina se dilata tanto ao ponto de seccionar o circuito e interromper a passagem de corrente.

Figura 09 - Disjuntor termomagnético monofásico.



Fonte: MAGAZINE LUIZA, (2021).

3.2.7 Temporizador

O temporizador, ilustrado na Figura 10, é um dispositivo de acionamento de circuitos. O mesmo conta com um circuito auxiliar (que são as entradas A1 e A2) para realizar o controle, além de outros dois circuitos, sendo um NA (entrada 15 e saída 18) e um NF (entrada 15 e saída 16).

O temporizador utilizado neste projeto tem 2 modos de funcionamento, que podem ser alternados girando o último potenciômetro (de cima para baixo), sendo possível alternar entre o RI e RE. No modo RI, definido como pulso na energização, após o contato auxiliar ser energizado, o relé arma e fecha circuito NA pelo tempo que foi determinado pelo usuário, logo após, o relé desarma e abre novamente o circuito, o inverso ocorre para o circuito NF.

No modo RE, definido como retardo na energização, após o contato auxiliar ser energizado, o relé demora o intervalo de tempo que foi determinado pelo usuário para armar, logo após, ele fecha o circuito NA e abre o circuito NF, ficando nesse estado até que o contato auxiliar seja desenergizado, de maneira que ele volta ao seu estado inicial.

O tempo pode ser configurado pelo usuário através dos 2 primeiros potenciômetros (de cima para baixo) que estão na parte frontal do temporizador, sendo o de cima T2 e o outro T1.

Para configurar o intervalo de ativação, é possível ajustar o potenciômetro T1 em 1 segundo, 10 segundos, 1 minuto, 10 minutos, 1 hora, 10 horas ou 100 horas, enquanto que o potenciômetro T2 funciona em termos de porcentagem do valor de T1, com o menor valor sendo 10% e o maior 100%, sendo possível alterar os valores com intervalos de 10%.

O temporizador é amplamente empregado em projetos de aquecedores de piscina, ar-condicionado, bombas hidráulicas - que será utilizada neste projeto - e entre outros.

Figura 10 - Temporizador.



Fonte: VIEWTECH, (2020).

3.2.8 Chave Boia de Nível

A chave boia de nível, Figura 11, é um dispositivo que atua como uma chave automática, dependendo da instalação, como sendo de nível inferior ou superior, a boia pode funcionar como circuito NA ou NF, mudando de acordo com o estado do nível.

A boia pode ser usada como uma chave NF em nível baixo, de maneira que quando o nível da água estiver nível baixo, o circuito é fechado e ocorre o acionamento de uma bomba hidráulica, abrindo o circuito quando a água estiver em nível alto, com a finalidade de encher novamente o reservatório, porém, pode também ser usada como proteção para a bomba hidráulica - que é a sua finalidade neste projeto -, funcionando como uma chave NF em nível alto, de maneira que quando o nível da água está muito baixo, ela abre o circuito, impedindo que ocorra o acionamento do motor, protegendo o mesmo de funcionar a seco podendo danificar ou até mesmo queimar.

Figura 11 - Chave boia de nível.



Fonte: ELETORASTRO, (2021).

3.2.9 Sensor de Umidade

O sensor de umidade, Figura 12, é uma ferramenta que possibilita aferir a umidade do meio - que no caso deste projeto, é o solo -, de maneira que os valores são dados em porcentagem.

O sensor escolhido é compatível com a plataforma arduino, porém, dependendo do uso, o mesmo por si só pode ser utilizado sem o uso da placa de prototipagem, cumprindo algumas tarefas como acionamento de relés e entre outros.

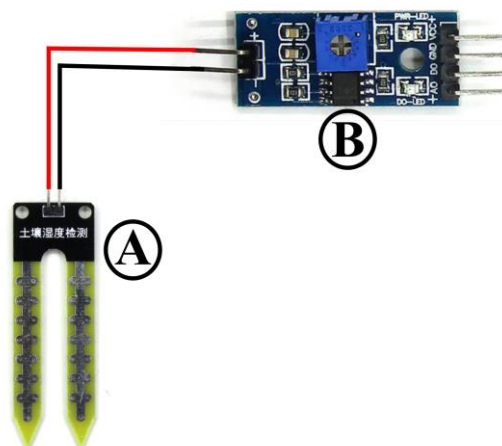
O processo de aferir se dá pela inserção da ponta de prova (item A, na Figura 12) no meio, de maneira que com a umidade, as pás do circuito vão entrando em curto, pelo fato de que a corrente elétrica consegue ir de uma extremidade do sensor para a outra através da umidade presente no meio.

A ponta de prova é conectada ao módulo comparador (item B da figura 12), que recebe os dados e é responsável por comparar com uma tensão de referência. O módulo comparador possui 2 entradas - que são conectadas à ponta de prova - e 4 saídas, sendo GND, VCC, saída digital e saída analógica. O GND e VCC devem ser alimentados por uma fonte de 5V.

Para utilizar o arduino, é necessário apenas conectar a saída analógica do módulo comparador em uma entrada analógica do arduino, não sendo necessário utilizar a saída digital nesse caso. A saída digital pode ser configurada pelo próprio potenciômetro no módulo comparador, de maneira que definindo um valor de umidade, que quando atingido, a saída

digital emite sinal alto, podendo ser usado para acionar um relé - que foi a finalidade explorada neste projeto -, ou outro dispositivo.

Figura 12 - Sensor de umidade.



Fonte: AUTORES, (2021).

3.2.10 Módulo relé 5V

O módulo relé, Figura 13, é um dispositivo eletromecânico que é capaz de abrir e interromper o circuito. O funcionamento relé se dá por meio de uma bobina interna, que ao ser energizada, gera um campo magnético que atrai os contatos, seccionando ou fechando o circuito.

O módulo em questão é compatível com a plataforma arduino, tendo 3 entradas, sendo elas: VCC, GND e IN (uma entrada digital que quando alterna entre sinal alto/baixo, abre ou fecha o circuito). O VCC e o GND podem ser alimentados pelo arduino ou uma fonte de 5V DC. A entrada digital pode ser conectada a um arduino ou ao módulo comparador - que é o item B da Figura 12 - que emite um sinal alto/baixo e é capaz de controlar o relé.

O relé tem 3 saídas, sendo elas a COM, NA, NF. A saída COM é a comum que pode ser utilizada em conjunto com NA ou NF, fazendo um circuito normalmente aberto ou normalmente fechado, respectivamente.

Figura 13 - Módulo relé 5V.



Fonte: AUTORES, (2021).

3.2.11 Bomba hidráulica

A bomba hidráulica, Figura 14, é uma espécie de estação elevatória, que apresenta um motor que utiliza a energia elétrica, podendo ser monofásica - que é modelo utilizado no projeto - ou trifásica, para gerar pressão e deslocar um fluido (que no caso deste projeto, é a água). A bomba hidráulica em questão que será utilizada no projeto, tem $\frac{1}{2}$ cv de potência, vazão de 1800 L/h.

Figura 14 - Bomba hidráulica.



Fonte: GUIA DE INVESTIMENTO, (2020).

4 DESCRIÇÃO DO PROJETO DE AUTOMAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

Neste capítulo será detalhado o projeto do sistema de irrigação, a construção da lógica do circuito de carga e de controle e a construção da plataforma de plantio, bem como a utilização de cada um dos componentes citados no capítulo 3.2.

4.1 Projeto do sistema de irrigação

Para a construção do sistema, prezou-se por selecionar materiais de baixo custo, fácil manuseio e que há grande quantidade de oferta no mercado (para que seja obtido com facilidade), porém, sem prejudicar a segurança do operador ou do circuito como um todo. O funcionamento do circuito é idealizado para uma rede monofásica de 220 V.

Para implementar o projeto, é cabível separar em 2 circuitos, de maneira a simplificar o funcionamento e descrição de seus componentes. Com base nisso, foi feita a divisão entre circuito de carga descrito na seção 4.1.2, Figura 15, responsável pelo funcionamento da irrigação e o circuito de controle na seção 4.1.3, Figura 16, que irá controlar o circuito de carga e determinar quando o mesmo irá funcionar. Para o protótipo, os materiais utilizados estão marcados nas Figuras 15, 16 e 17.

4.1.1 Circuito de carga

Para a construção do circuito de carga, foram utilizados os materiais listados abaixo e suas respectivas marcações podem ser encontradas no diagrama do circuito de carga (Figura 15).

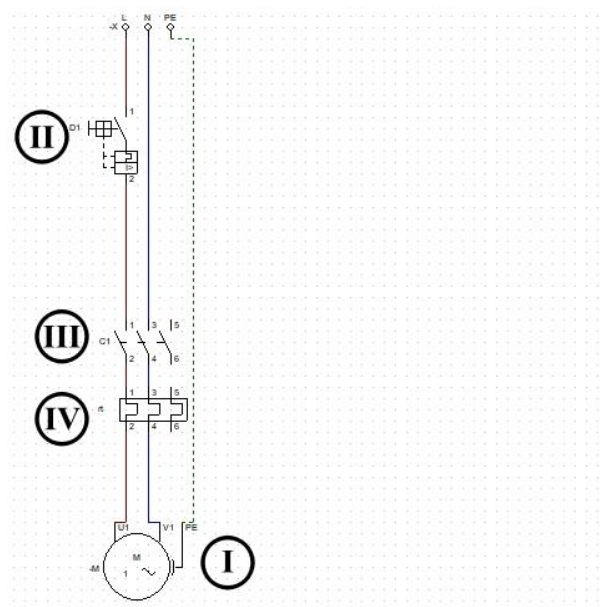
Motor monofásico (I);

Disjuntor termomagnético (II);

Contator (III);

Relé térmico (IV).

Figura 15 - Diagrama do circuito de carga.



Fonte: AUTORES, (2021).

Dessa forma, a ativação do circuito de carga se dará quando o disjuntor fechar o circuito e o contator fechar os contatos, fazendo com que a bomba hidráulica funcione. Caso ocorra um pico de energia ou curto-circuito, o disjuntor irá agir interrompendo o sistema. Caso ocorra um superaquecimento o relé térmico agirá abrindo o circuito do contator.

4.1.2 Circuito de controle

Para a construção do circuito de controle, foram utilizados os materiais listados abaixo e suas respectivas marcações podem ser encontradas no diagrama do circuito de controle (Figura 16).

Disjuntor Termomagnético (II);

Botoeira de pressão verde NA (V);

Botoeira de pressão vermelha NF (VI);

Caixa plástica para comportar as botoeiras e o interruptor, que constituem a interface de controle do usuário (VII);

Chave seccionadora (VIII);

Circuito NA do contator (IX);

Botão cogumelo (X);

Circuito de umidade de solo (XI);

Boia elétrica (XII);

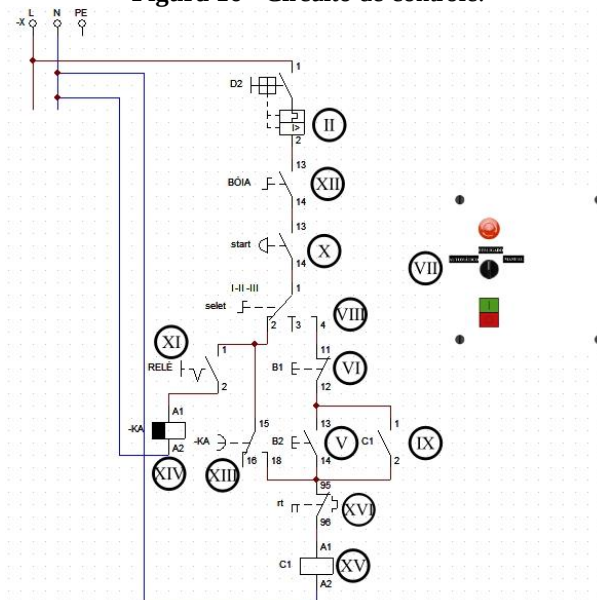
Temporizador (XIII);

Circuito auxiliar do temporizador (XIV);

Circuito auxiliar do contator (XV);

Circuito NF do relé térmico (XVI).

Figura 16 - Circuito de controle.



Fonte: AUTORES, (2021).

Dessa forma, a ativação do circuito de controle se dará quando o disjuntor e o botão cogumelo fechar o circuito, a boia estiver em nível alto, que é quando o reservatório tem água, e a botoeira verde tiver sido pressionado ou o módulo relé estiver com circuito fechado, em virtude da leitura de baixa umidade do solo pelo sensor de umidade. Dessa forma, fazendo com que o circuito auxiliar feche o circuito, energiza a bobina interna do contator, de maneira que seus contatos sejam fechados. O botão cogumelo é o botão de segurança, caso tenha algum problema no sistema, só é girar o mesmo que o sistema para. O sistema não funcionará no caso de estar no estado “desligado”, quando o botão cogumelo não for pressionado, ou caso ocorra um pico de energia ou curto-circuito, de maneira que o disjuntor irá agir interrompendo o sistema, ou então caso o solo esteja úmido ou o reservatório de água esteja vazio.

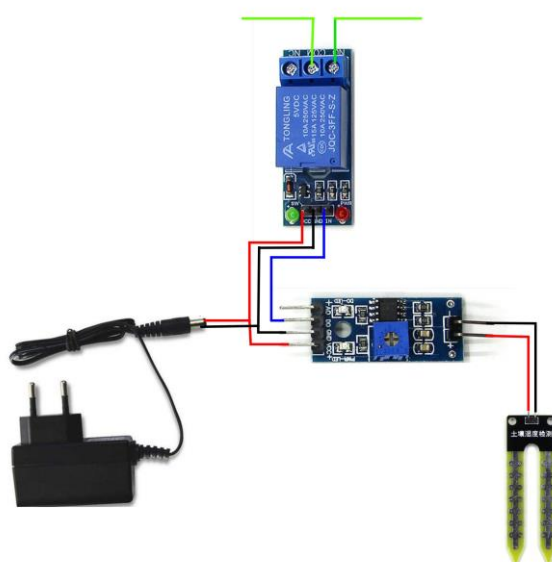
4.1.3 Circuito da umidade do solo

Para a construção do circuito de umidade do solo (Item XI, figura 16), Figura 17, foi utilizado o sensor de umidade, módulo comparador, módulo relé e uma fonte de 5 V.

Os pinos VCC e GND do comparador do sensor de nível e do módulo relé foram ligados, respectivamente, no polo positivo (fio vermelho) e negativo da fonte (fio preto). A saída digital do amplificador é ligada ao pino IN (entrada digital) do módulo relé por meio do fio azul.

O relé estará ligado ao circuito de controle por meio dos fios verdes, na configuração NA (normalmente aberto), de maneira que o circuito só será fechado quando o solo estiver seco, fazendo com que o comparador emita um sinal e feche o circuito do relé.

Figura 17 - Diagrama do circuito de umidade do solo.

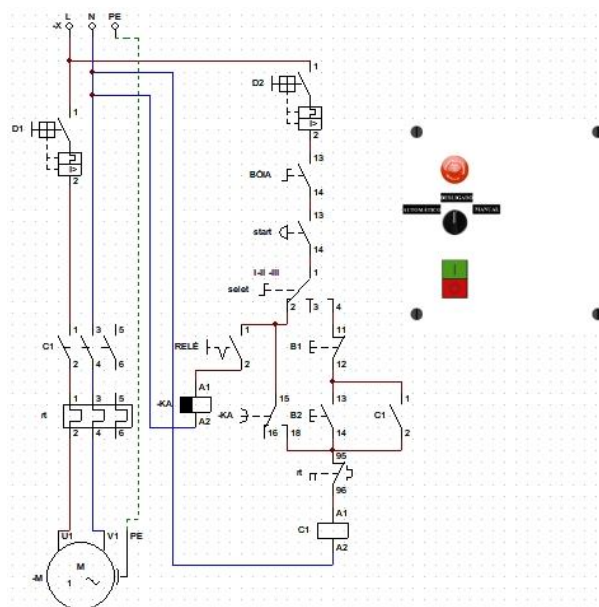


Fonte: AUTORES, (2021).

4.1.4 Circuito do sistema de irrigação

O circuito do sistema de irrigação, expresso na Figura 18, se dá pela junção dos circuitos citados acima (circuito de carga, controle e umidade de solo), de maneira que seu comportamento está descrito no próximo Capítulo.

Figura 18 - Circuito de carga e controle.



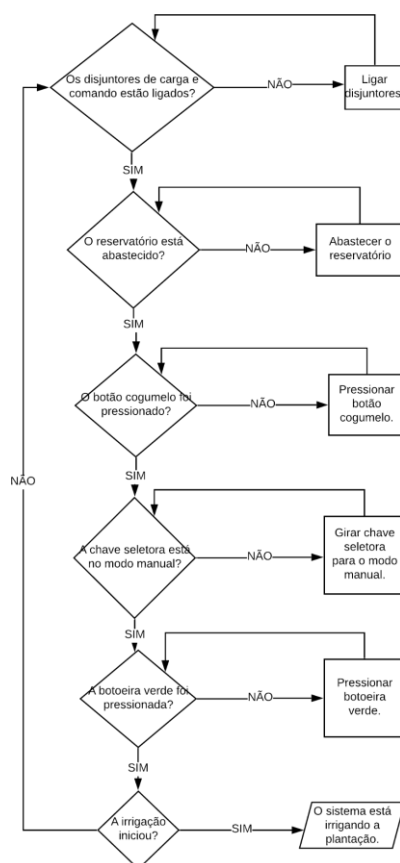
Fonte: AUTORES, (2021).

4.1.5 Estados de funcionamento do circuito

O sistema terá 3 estados, sendo eles: Manual, automático e desligado. Na Figura 19, há a interface do usuário, que demonstra o controle dos estados.

No estado “Manual” a ativação da bomba hidráulica ocorre de acordo com o Diagrama 1, sendo necessário pressionar o botão cogumelo e a botoeira verde para que ocorra o acionamento do sistema. A bomba só irá funcionar neste modo caso a chave boia esteja com nível alto, pelo contrário, o circuito estará aberto e será preciso adicionar água ao reservatório.

Diagrama 1 - Fluxograma de ativação da bomba no estado manual.

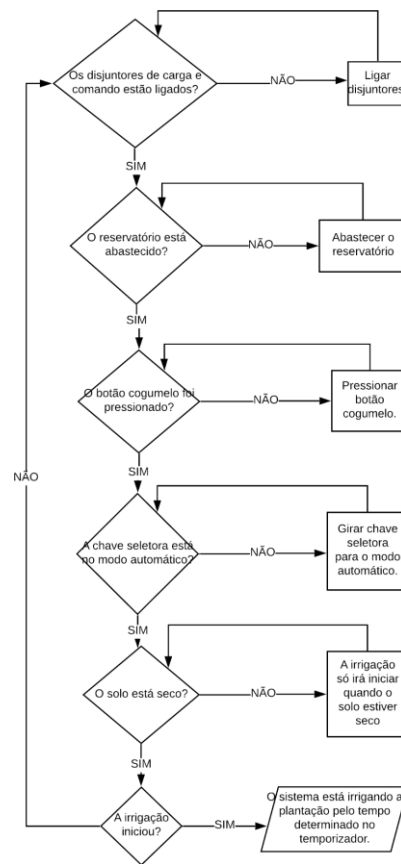


Fonte: AUTORES, (2021).

Além da própria irrigação manual, a premissa deste estado é que caso surja algum problema no estado automático, ser possível irrigar e também garantir a possibilidade de ligar a bomba a fim de realizar limpezas no sistema e drenar a água do reservatório, havendo uma bifurcação na saída da bomba hidráulica, donde uma saída é responsável por irrigar a plantação e a outra com um registo em sua saída, que pode ser usada para drenar a água do reservatório, caso seja necessário.

No estado “automático” a ativação da bomba hidráulica se dará de acordo com o Diagrama 2, em função da umidade do solo, de maneira que ao chegar a 30% de umidade, definido pelo usuário no potenciômetro do sensor de umidade, será emitido um sinal alto ao módulo relé, que fechará o circuito e se a chave boia de nível estiver com nível alto, a bomba será ligada pelo tempo determinado no temporizador, até que a umidade do plantio fique maior que o valor definido no sensor, desligando a bomba hidráulica.

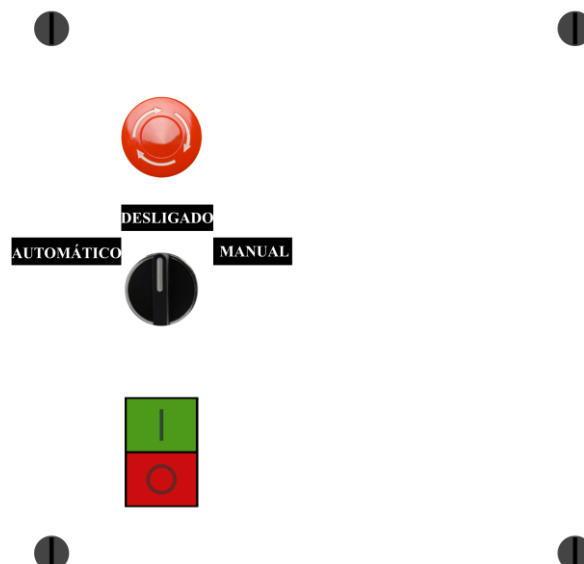
Diagrama 2 - fluxograma de ativação da bomba no estado automático.



Fonte: AUTORES, (2021).

No estado “desligado” o circuito será interrompido e em nenhuma hipótese ocorrerá o acionamento da bomba hidráulica. A premissa deste estado é que seja possível desligar o sistema a fim de realizar revisões ou substituição de equipamentos.

Figura 19 - Interface de controle do usuário.



Fonte: AUTORES, (2021).

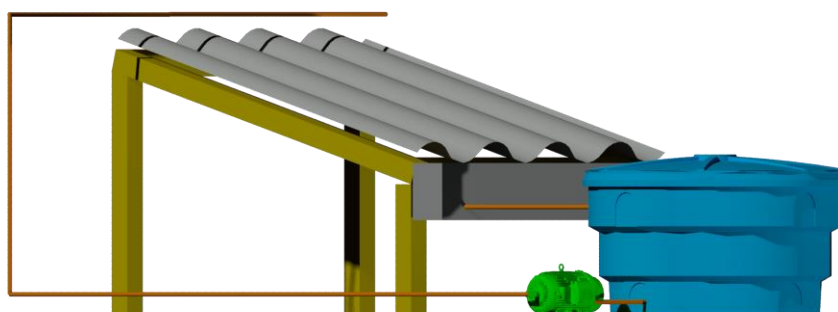
4.2 Construção da plataforma de irrigação

A construção da plataforma de irrigação, ilustrada na Figura 20, se deu, primeiramente, pela fixação da estrutura de madeira, de maneira que quando a telha de fibrocimento estiver fixada acima dela, a mesma venha ter uma inclinação de 5°, garantindo o caimento lento da água. Após a fixação da telha, foi fixada a calha de PVC na parte da frente da estrutura de madeira, de maneira que toda a água que venha a escoar pela telha, seja recolhida pela calha.

A partir da calha será feita uma conexão até o reservatório de água, fazendo com que a água da calha venha a fluir para o reservatório por gravidade. No fundo do reservatório há um tubo de PVC conectado à entrada da bomba hidráulica, que em sua saída tem a tubulação que levará a água para o topo da telha de fibrocimento, de maneira que a água venha a irrigar a plantação por meio de furos no cano de PVC. No interior do reservatório, mais precisamente na parte inferior, está localizada a chave boia de nível que irá monitorar o nível da água no reservatório, atuando na proteção da bomba hidráulica.

Após a montagem, utilizou-se o substrato(Esterco de ovelha) como solo, de maneira a garantir uma boa retenção de água e aeração necessária para as raízes. Após pronto, a plantação tinha aproximadamente 2,7 m².

Figura 20 - Projeto do sistema de irrigação por hidroponia.



Fonte: AUTORES, (2021).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a etapa do projeto, foi desenvolvido o sistema de irrigação. A primeira etapa foi a construção do quadro de comando do sistema. É possível encontrar todos os materiais utilizados no quadro 01.

Inicialmente, o relé térmico foi conectado à saída do contator que foi fixada ao trilho do quadro de comando, juntamente com os dois disjuntores e o temporizador. Na tampa do quadro de comando, foram feitos três furos para que as botoeiras, juntamente com a chave seletora e o botão cogumelo pudessem ser anexadas à tampa do quadro, após isto, foi fixada uma tomada na parte interna inferior do quadro, como é possível visualizar na Figura 21.

Após fixar os equipamentos, foi feita a ligação da fase aos dois disjuntores (designados para o circuito de carga e de comando). No circuito de carga, ligou-se a saída do disjuntor de carga à contatora, juntamente com o neutro, que em sua saída estava ligado ao relé térmico, que estava conectado à bomba hidráulica.

A tomada do quadro de comando (ligada à fase, ao neutro e ao aterramento) foi utilizada para alimentar uma fonte de 5V, tendo suas saídas conectadas ao módulo comparador do sensor de umidade e ao módulo relé, enquanto que a saída digital do sensor de umidade foi ligada à entrada digital do módulo relé, baseando-se na Figura 17.

As ligações foram feitas baseando-se no Diagrama da Figura 16, ligando a saída do disjuntor de comando ao fio comum da boia de nível, que em seguida, teve o fio de seu circuito NA conectado à entrada do botão cogumelo que estava ligado em série à chave seletora. Como há três estados, um deles foi utilizado para o modo automático, enquanto que o outro foi utilizado para o modo manual e o estado restante não foi conectado à nada, servindo para definir o estado desligado.

Para o modo manual, conectou-se a saída da chave seletora (reservada para este estado) à botoeira vermelha (NF), que estava ligada em série a botoeira verde (NA), que tem sua saída ligada à entrada A1, que é o contato auxiliar do contator, enquanto que sua entrada A2 estava ligada em série ao circuito NF do relé térmico, que por sua vez, estava ligado ao neutro. Para fazer o contato de selo, a botoeira verde foi ligada em paralelo ao contato NA do contator.

Para o modo automático, conectou-se a saída da chave seletora (reservada para este estado) à entrada 15 do temporizador e a entrada comum do módulo relé que tem sua saída NA conectada à entrada A1 do contato auxiliar do temporizador, enquanto que a entrada A2

do temporizador foi conectada ao neutro. A saída 18 do temporizador foi conectada à entrada A1 do contato auxiliar do contator, enquanto que sua entrada A2 estava ligada em série ao circuito NF do relé térmico, que por sua vez, estava ligado ao neutro. As ligações podem ser verificadas na Figura 21.

Para fazer as conexões, utilizou-se fios de 2,5mm² de seção transversal para o circuito de carga e de 1,5mm² para o circuito de controle. A fim de melhorar o contato e a junção dos mesmos, foi realizada a crimpagem das conexões, contribuindo também para a segurança dos usuários.

Figura 21 - Conexões feitas no quadro de comando.



Fonte: AUTORES, (2021).

Figura 22 - Interface de controle do usuário com sensor de umidade e boia de nível.



Fonte: AUTORES, (2021).

Se baseando nos parâmetros abordados no Capítulo 2, seção 2.3.3, uma das maiores dificuldades deste projeto foi o ajuste do sensor de umidade e do temporizador, de maneira

que o solo fosse irrigado corretamente sem que nenhuma parte ficasse sem ser irrigada e que também a irrigação não ocorresse de forma desuniforme.

Foi feito o ajuste no potenciômetro do módulo comparador para enviar sinal digital alto para umidade do solo abaixo de 30%, enquanto que no temporizador, foi ajustado para que seu circuito NA fosse fechado 6 segundos, pelo fato dessa configuração apresentar desempenho satisfatório na irrigação, conseguindo distribuir a água por todo o solo uniformemente, porém, sem deixar encharcado.

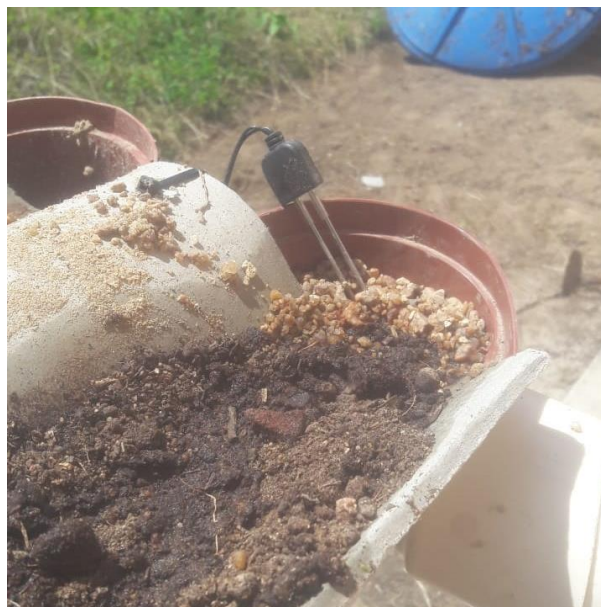
Outra dificuldade enfrentada foi o deslizamento de parte do substrato para a calha, de maneira que para contornar a dificuldade, foram utilizados 6 vasos de plantação vazados (como é possível observar na Figura 24) em seu fundo, de maneira que o substrato fica retido neles, sendo possível devolvê-los com facilidade à plantação. Os vasos estavam parcialmente preenchidos com cascalho, de maneira que ajudaria a reter o solo e funcionando como filtro para a água, de maneira que a mesma retornaria ao reservatório mais limpa, aumentando o intervalo necessário para realização de limpezas no sistema. Na figura 23 é possível verificar o sistema de irrigação completamente montado.

Figura 23 - Sistema de irrigação montado.



Fonte: AUTORES, (2021).

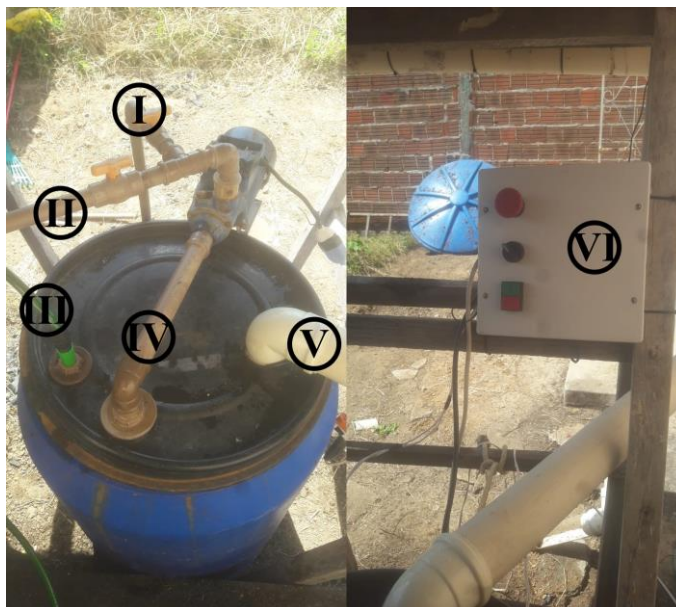
Figura 24 - Sensor de umidade anexado à saída da plantação.



Fonte: AUTORES, (2021).

Na Figura 25, é possível visualizar toda a tubulação do sistema de irrigação, bem como o quadro de comando anexado na estrutura de madeira. O item I, Figura 25 é um tubo de PVC de 20 mm que está conectado na saída da bomba hidráulica, o mesmo é responsável por remover a água do reservatório, geralmente funciona com o registro fechado, sendo aberto apenas para fins de limpeza. O item II é um tubo de PVC de 25 mm que está conectado também na saída da bomba hidráulica, sendo responsável por conduzir a água para irrigar o cultivo, com o seu registro funcionando geralmente aberto. O item III é uma mangueira de 20mm, geralmente utilizada para reabastecer o reservatório. O item IV é um tubo de PVC de 32 mm, conectado na entrada da bomba hidráulica, o mesmo é responsável por abastecê-la. O item V é um tubo de PVC de 75 mm, utilizado para captar a água da calha e levá-la de volta para o reservatório. O item VI é o quadro de comando, anexado à estrutura por meio de braçadeiras abaixo das telhas de fibrocimento, que além de comportar toda a plantação, funciona também protegendo o quadro de controle e a tubulação das chuvas e do ressecamento, em virtude da radiação solar.

Figura 25 - Tubulação e quadro de controle.



Fonte: AUTORES, (2021).

Depois de montado, o sistema funcionou perfeitamente realizando a irrigação de 1 a 2 vezes ao dia. Foi feito o ajuste de maneira que o solo não ficasse muito úmido e ser realizada a plantação do coentro. Na figura 26, é possível observar as pequenas mudas de coentro já na fase de maturação.

Quadro 01 – Materiais utilizados para construção do sistema.

Quantidade	Material
1 Unidade	Quadro de Comando – Projeto do TCC
1 Unidade	Bomba hidráulica
1 Unidade	Registro esfera de 32"
2 Unidades	Registros esfera de 25"
3,5 metros	Tubo 25"
4 Unidades	Curva 90° de 25 mm
1 Unidade	T de 25 mm
1 Unidade	Curva 90° de 32 mm
1 Unidade	Flange de 32 mm
1 Unidade	Flange de 20 mm
2 Unidades	Luva com rosca de 32 mm
1 Unidade	Luva com rosca de 25 mm
1 Unidade	Válvula de retenção hidráulica de 32 mm
1 Unidade	Tampão de 25 mm
4,5 metros	Tubo de 75 mm
3 Unidades	Curva 90° de 75 mm
1 Unidade	Tampão de 75 mm

Continua

Quantidade	Material
40 Unidades	Presilhas de plástico
1 Unidade	Reservatório de 240 litros
2 Unidades	Cavaletes
1 Unidade	Telha de fibrocimento
2 Unidades	Disjuntor termomagnético
1 Unidade	Relé temporizador
1 Unidade	Módulo relé 5V
1 Unidade	Contator
1 Unidade	Relé térmico
1 Unidade	Botão cogumelo com trava NA
1 Unidade	Chave seletora 3 estados
1 Unidade	Botoeira dupla de pressão NA e NF
1 Unidade	Sensor de umidade S12
1 Unidade	Boia elétrica de nível
1 Unidade	Tomada
16 Unidades	Terminal ilhós tubular isolado para fio de 2,5mm ²
30 Unidades	Terminal ilhós tubular isolado para fio de 1,5mm ²

Fonte: AUTORES, (2021).

Figura 26 – Mudas de coentro.



Fonte: AUTORES, (2021).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema apresentou desempenho satisfatório tendo baixo custo para ser feito em comparação com um sistema convencional, sendo fácil de operar, podendo ser utilizado para outros métodos de irrigação além do hidropônico e para o plantio de outras culturas além do coentro, necessitando apenas alterar os parâmetros de irrigação e realizar o devido dimensionamento da tubulação necessária, sendo possível manter todo quadro de comando elétrico, motor, boia e sensor de umidade.

Como sugestão de melhorias para trabalhos futuros, recomenda-se a utilização de espuma fenólica para a plantação pelo fato de que a mesma possibilita plantar mais sementes sem prejudicar a aeração do solo, fornecendo boa retenção de água e também pelo fato de que não haveria problemas com o deslizamento de parte do substrato, que é arrastado para a calha rotineiramente.

Outra sugestão é a implementação de um painel lcd 16x2 em conjunto com um arduino, no quadro de comando de maneira que a saída analógica do sensor de umidade seja ligada a entrada analógica do arduino, ligando uma de suas saídas digitais à entrada digital do módulo relé, possibilitando ao usuário monitorar em tempo real a umidade do solo e programar pelo arduino.

Além disso, poderia ser implementado ao sistema sensores de pH e de temperatura compatíveis com arduino, que poderiam expressar seus dados no lcd e efetuar correções na irrigação, caso as condições do cultivo não estejam longe condizentes do que seria previsto na literatura, ou mesmo com base na leitura destes, decidir o melhor momento para irrigar, não dependendo apenas do sensor de umidade.

REFERÊNCIAS

ADOLPHO ELETRICISTA. Contatores Para que Serve - Funcionamento e Aplicação desse Dispositivo. **Saber Elétrica**, 2015. Disponível em: <<https://www.sabereletrica.com.br/contatores/>>. Acesso em: 13 maio. 2021.

AGILETECH BRASIL. Botoeira Pulsante Verde - Hb5-aa31. 2020. Disponível em: <<https://agiletech.com.br/produto/botoeira-pulsante-verde-hb5-aa31/>>. Acesso em: 13 maio. 2021.

ALUMBRA. RELÉS TÉRMICOS. **Alumbra**, São Bernardo do Campo-SP, p. 8, nov 2015. Disponível em: <http://www.labnet.com.br/salminer/arquivos/ALUMBRA_reles-termicos.pdf>. Acesso em: 13 maio. 2021.

ALVARENGA, A. C.; FERREIRA, V. H.; FORTES, M. Z. Energia solar fotovoltaica: uma aplicação na irrigação da agricultura familiar. **Sinergia**, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 311-318, out/dez. 2014.

ANACLETO, A. M. da C. **Temperatura e sua medição**. 2007. 200 p. Dissertação (Mestrado em Física para o ensino) - Departamento de Física, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 2007. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/18171929-Temperatura-e-sua-medicao-alcinda-maria-da-costa-anacleto.html>>. Acesso em: 21 maio. 2021.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8a . ed. Viçosa: Editora UFV, 2006.

CAMPO & NEGÓCIOS. Hidroponia é a melhor opção para cultivar coentros. **Campo & Negócios**, Uberlândia, 19 de jun. de 2019. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/hidroponia-e-a-melhor-opcao-para-cultivar-coentros/#:~:text=As%20vantagens%20do%20coentro%20hidrop%C3%B4nico,de%20prateleira%20geralmente%20%C3%A9%20maior.>>. Acesso em: 30 abr. de 2021.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: LTC, 1988. v.1.

CEPEA. PIB do Agronegócio Brasileiro. 2020. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx#:~:text=Em%202020%2C%20o%20PIB%20teve,%2C93%25%20para%20os%20agrosservi%C3%A7os.>>. Acesso em: 20 maio. 2021.

CNA. Panorama do Agro. 2021. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/cna/panorama-do-agro/#:~:text=Em%202019%2C%20a%20soma%20de,R%24%20494%2C8%20bilh%C3%B5es.>>. Acesso em 12 maio. 2021.

COELHO, E.F., COELHO FILHO, M.A., OLIVEIRA, S.L. Agricultura Irrigada: Eficiência de Irrigação e de Uso de Água. **Revista Bahia Agrícola**. v. 7, n. 1, set. 2005.

CUNHA, K. C. B. da; ROCHA, R. V. Automação no processo de irrigação na agricultura familiar com plataforma Arduino. RECoDAF – **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, Tupã, v. 1, n. 2, p. 62-74, jul./dez. 2015.

DIMENSIONAL. Botão Cogumelo Plástico 22 Mm Soco XA2ES542 - SCHNEIDER. 2020. Disponível em: <https://www.b2c dimensional.com.br/botao-cogum-plast-22mm-socoxa2es542/p?idsku=938438&gclid=Cj0KCQjwna2FBhDPArisACAEC_X7JMJvUQZUIOMR_fszcXOWu9yHGYcc30Z65SudEmYU7CKysLG7VYsaAlmuEALw_wcB>. Acesso em: 25 maio. 2021.

DUARTE LUÍS, A. Projeto de irrigação com direcionamento automático de fluxo de água. Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia de Controle e Automação, **Universidade Federal de Ouro Preto**. Ouro Preto, Minas Gerais. p. 64. 2019.

ELETORASTRO. Chave Boia Inferior/Superior 15A 1,20m Bivolt Margirius. 2021. Disponível em: <<https://www.eletorastro.com.br/produto/chave-boia-inferior-superior-15a-1-20m-bivolt-margirius-80436>>. Acesso em: 13 maio. 2021.

GRUPO CULTIVAR. Hidroponia utiliza até 90% menos água no cultivo de hortaliças. 2015. Disponível em: <<https://www.grupocultivar.com.br/noticias/hidroponia-utiliza-ate-90-menos-agua-no-cultivo-de-hortalicas>>. Acesso em: 21 maio. 2021.

GARCIA, P. M. *et al.* Revisão da estimativa do PIB agropecuário brasileiro em 2020 e em 2021. **Carta de Conjuntura (IPEA)**, n. 49 - 4º Trimestre de 2020, 2020.

GLOBO. Agricultura é responsável por 70% do desperdício de água tratada no país. Disponível em: <<http://redeglobo.globo.com/globoecologia/noticia/2013/09/agricultura-e-responsavel-por-70-do-desperdicio-de-agua-tratada-no-pais.html#:~:text=Ela%20destaca%20que%20o%20grande,no%20Brasil%20%C3%A9%20a%20agropecu%C3%A1ria.&text=No%20Brasil%2C%20a%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de,que%20chega%20ao%20consumidor%20final.&text=Ela%20destaca%20que%20a%20utiliza%C3%A7%C3%A3o,dos%20recursos%20h%C3%ADdricos%20do%20pa%C3%ADs>>. Acesso em 12/03/2021.

GUIA DE INVESTIMENTO. Bomba Hidráulica: O Que é e Como Funciona. 2020. Disponível em: <<https://www.guiadeinvestimento.com.br/bomba-hidraulica-o-que-e-e-como-funciona/>>. Acesso em: 27 maio. 2021.

GUIMARÃES, V. G. Automação e monitoramento remoto de sistemas de irrigação na cultura. Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Mecatrônica, **Universidade de Brasília**. Brasília, p.74. 2011.

GUTIERRES, M. I.; NEVES, E. A importância do monitoramento da umidade do solo através de sensores para otimizar a irrigação nas culturas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 18, n. 35, 2021. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2021A/a%20importancia.pdf>>. Acesso em: 22 maio. 2021.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 10.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014. v.2.

HELERBROCK, R. **Temperatura: o que é e escalas termométricas**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/temperatura-calor.htm>>. Acesso em: 22 maio. 2021.

JOÃO MATHIAS. Coentro: saiba como plantar essa cultura fácil. **Globo Rural**, 4 de abr. de 2016. Disponível em: <<https://revistagloborural.globo.com/vida-na-fazenda/gr-responde/noticia/2016/04/orientacoes-para-facilitar-o-plantio-de-coentro.html>>. Acesso em: 30 Abr. de 2021.

MACEDO, A. B. *et al.* Desempenho de um sistema de irrigação automatizado através da tensão de água no solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.4, p.78-81, 2010.

MARINHO, V. A. Evolução do financiamento rural no Brasil: 2007 a 2017. Trabalho de Conclusão de Curso - Agronomia, **Centro Universitário de Anápolis- UniEVANGÉLICA**. Anápolis, Goiás, p. 29. 2019.

MAGAZINE LUIZA. Disjuntor termomagnético padrão DIN unipolar de 40A 240/415V Curva C Decorlux DJ1403. 2021. Disponível em: <<https://www.magazineluiza.com.br/disjuntor-termomagnetico-padrao-din-unipolar-de-40a-240-415v-curva-c-decorlux-dj1403/p/cg48ehh048/cj/didi/>>. Acesso em: 13 maio. 2021.

MATTEDE, H. Botoeiras e sinalizadores. **Mundo da Elétrica**, 2014. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/botoeiras-e-sinalizadores/>>. Acesso em: 13 maio. 2021.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. História das agriculturas do mundo: do neolítico à crise contemporânea. Lisboa: **Instituto Piaget**, 1998.

MEURER, E.J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R.F. *et al.* **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.65-90.

OLIVEIRA, R. S. Sistema de irrigação automatizado na produção de abacaxi utilizando a plataforma de prototipagem eletrônica arduino. 2018. 9 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnólogo de Automação Industrial) – **Instituto Federal de Educação**, Lagarto, 2018.

PEREIRA, R. B.; DE MOURA, A. P.; PINHEIRO, J. B. Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos em Cultivo Protegido de Tomate e Pimentão. **Ministério da Agricultura**, Pecuária e Abastecimento, ISSN 1415-3033, 2015.

PIRES, D. S. *et al.* Modelagem Inteligente Nebulosa Aplicada à Hidroponia via Sistema Embarcado. In: HOLZMANN, H. A.; DALLAMUTA, J.; GRANZA, M. H. **A Produção do Conhecimento na Engenharia Elétrica 2**. Ponta Grossa: Atena Editora, 23 mar. 2020, p. 159–171.

REIS, A. LOPES, C. A. Doenças do Coentro no Brasil. Brasília, DF: **Embrapa**, dez. 2016. p. 6. (Embrapa. Circular Técnica, 157). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1066501/1/CT157.pdf>>. Acesso em: 30 abr. de 2021.

SILVA, S. **Como fazer hidroponia em casa**. Disponível em: <<https://casa.umcomo.com.br/artigo/como-fazer-hidroponia-em-casa-12427.html>>. Acesso em: 31 maio. 2021.

Veihmeyer, F. J.; Hendrickson, H. Methods of measuring field capacity and permanent wilting percentages of soils. **Science**, v.68, p.75-94, 1949.

VIEW TECH. Rele Temporizador Multiescala Altronic 24VCC e 220VCA TEI 01. 2020. Disponível em: <[https://www.viewtech.ind.br/rele-temporizador-multiescala-altronic-24vcc-e-220vca-tei-01#/>](https://www.viewtech.ind.br/rele-temporizador-multiescala-altronic-24vcc-e-220vca-tei-01#/). Acesso em: 13 maio. 2021.