

ETEC “PROFª. ANNA DE OLIVEIRA FERRAZ”

Técnico em Eletromecânica

Carlos Henrique Santana da Cruz

Daniel Nascimento Oliveira

Jader Cândido Garcia

Marcelo Manini Pesse

**DESENVOLVIMENTO DE PROJETO PARA AUTOMAÇÃO DO
CULTIVO DE HORTALIÇAS**

**Araraquara
2023**

Carlos Henrique Santana da Cruz

Daniel Nascimento Oliveira

Jader Cândido Garcia

Marcelo Manini Pesse

**DESENVOLVIMENTO DE PROJETO PARA AUTOMAÇÃO DO
CULTIVO DE HORTALIÇAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Eletromecânica da ETEC "Profª Anna de Oliveira Ferraz", orientado pelos Professores Edgar Bergo Coroa e Flávio Tadeu Lorenzetti, como requisito parcial para a obtenção do título de Técnico em Eletromecânica.

**Araraquara
2023**

Carlos Henrique Santana da Cruz

Daniel Nascimento Oliveira

Jader Cândido Garcia

Marcelo Manini Pesse

**DESENVOLVIMENTO DE PROJETO PARA AUTOMAÇÃO DO
CULTIVO DE HORTALIÇAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Etec Profa. Anna de Oliveira Ferraz como exigência parcial para obtenção do título de **Técnico em Eletromecânica**.

Aprovado em 22 de novembro de 2023.

Banca Examinadora:

Prof. Orientador: **Edgar Bergo Coroa**

Prof. Avaliador: **Flavio Tadeu Lorenzetti**

Prof. Avaliador: **Mario Augusto Arrighi**

Dedicamos esta obra aos nossos familiares
e professores.

AGRADECIMENTO

Agradecemos, primeiramente, a Deus por permitir que realizássemos este trabalho com sucesso.

Agradecemos aos colegas do grupo que se empenharam para chegar no resultado esperado, aos Professores, Orientadores e funcionários da Etec, dos setores de limpeza, alimentação, segurança e serviços gerais que tanto colaboraram para nosso bem-estar durante todo o curso, zelando pela nossa alimentação, segurança e limpeza.

Agradecemos também a colaboração importante do Sr. Wilson Pesse que, sem sua colaboração, não poderíamos ter finalizado o protótipo desenvolvido neste trabalho.

Vinde a mim todos vós que estais cansados e eu vos aliviarei, porque meu jugo é suave e o meu fardo é leve. Mateus 11:28-30.

BÍBLIA SAGRADA.

RESUMO

A automação de uma horta pode trazer vantagens como um processo de produção mais eficiente com resultados melhores, hortaliças mais saudáveis, redução de perdas, diminuição nos custos de produção, melhor aproveitamento dos recursos hídricos para hidratar o substrato (solo) e as plantas, maior controle dos parâmetros como temperatura e umidade, maior segurança no trabalho, dentre outros benefícios. Implementar um projeto de automação, seja qual for a finalidade, facilita operações mecânicas, reduzindo o tempo que seria gasto nelas, reduzindo o contato físico com o processo de produção e as máquinas envolvidas no mesmo e, por consequência, diminuindo ou até mesmo extinguindo riscos de acidentes, uma vez que a automação traz essa vantagem da operação das máquinas e dos processos envolvidos à distância, sem a necessidade de estar operando fisicamente. Ao final deste projeto foi possível concluir que é possível criar um sistema de automação baixo custo que monitore a temperatura ambiente e umidade do solo e aplicá-lo não somente no cultivo de hortaliças, mas também de outras plantas.

Palavras-chave: horta; automação; custos; controle; segurança.

ABSTRACT

The automation of a vegetable garden can bring advantages such as a more efficient production process with better results, healthier vegetables, reduced losses, lower production costs, better utilization of water resources to hydrate the substrate (soil) and plants, greater control of parameters such as temperature and humidity, increased work safety, among other benefits. Implementing an automation project, regardless of its purpose, facilitates mechanical operations, reducing the time that would be spent on them, minimizing physical contact with the production process and the machinery involved, and consequently reducing or even eliminating the risks of accidents, since automation brings the advantage of operating machines and involved processes remotely, without the need for physical operation. At the end of this project, it was possible to conclude that it is possible to create a low-cost automation system that monitors ambient temperature and soil humidity and apply it not only in the cultivation of vegetables but also in other plants.

Keywords: garden; automation; costs; control; safety.

Lista de Figuras

Figura 1 - Crescimento Populacional VS Produção de Alimentos	12
Figura 2 - Automação Industrial.....	13
Figura 3 - Automação na Agricultura	14
Figura 4 – Primeira placa Arduino	17
Figura 5 - Principais Componentes do Arduino	18
Figura 6 - Microcontrolador ATmega328	18
Figura 7 - Arduino uno	19
Figura 8 - Arduino mega	19
Figura 9 - Arduino Nano	20
Figura 10 - Arduino Leonardo.....	20
Figura 11 - Arduino Due	21
Figura 12 - Arduino Mini	21
Figura 13 - Arduino pro.....	22
Figura 14 - Arduino Yun	22
Figura 15 – Hortaliças	23
Figura 16 - Ciclo de Desenvolvimento do Tomate.....	24
Figura 17 - Arduino Leonardo R3	25
Figura 18 - Módulo Sensor DHT11	26
Figura 19 - Sensor YL-69 e Módulo.....	27
Figura 20 - Ventilador 12 Volts	27
Figura 21 - Bomba de Água Submersível.....	28
Figura 22 - Módulo Relé 5 Volts 2 Canais	28
Figura 23 - Modelo de Ligação Versão Final.....	30
Figura 24 - Modelo 3D Horta	32
Figura 25 - Modelo 3D Horta - Dimensões da Base	32
Figura 26 - Modelo 3D Horta – Dimensões do Topo I	33
Figura 27 - Modelo 3D Horta – Dimensões do Topo II	33
Figura 28 - Montagem do Protótipo	34
Figura 29 - DHT11 e Ventilador	34
Figura 30 - Reservatório de Água	34
Figura 31 - Montagem do Protótipo Finalizado.....	35
Figura 32 - Esquemático Circuito de Controle Persianas (Proteus 8)	37
Figura 33 - Válvula Solenoide de Água	38
Figura 34 - Funcionamento da Cisterna	39
Figura 35 - Display LCD 16x2.....	40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. Objetivo	14
1.1.1. Objetivos específicos	14
1.2. Justificativa.....	15
1.3. Metodologia	15
1.4. Estrutura do Trabalho	15
2. REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1. Arduino: Definição e Principais Tipos	17
2.2. Hortaliças	23
3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	25
3.1. Métodos e Processos.....	25
3.2. Custos do Projeto.....	35
4. TRABALHOS FUTUROS.....	36
4.1. Cobertura para Controle da Luminosidade.....	36
4.2. Válvula solenoide de Água	38
4.3. Lâmpada Incandescente	38
4.4. Sistema de captação de água pluvial	39
4.5. Display LCD	39
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
REFERÊNCIAS:.....	42
Apêndice 1 – Programação do Arduino	44
Anexo A – Termo de Autorização para Coleta de Dados.....	47
Anexo B – Termo de Autorização de Divulgação	48
Anexo C – Declaração de Autenticidade	49

1. INTRODUÇÃO

Como a automação tem se tornado cada vez mais presente nas diversas formas de produção dos diversos setores econômicos, nada mais lógico do que o aplicar dentro do setor mais vital e primordial para qualquer ser humano: a produção de alimento.

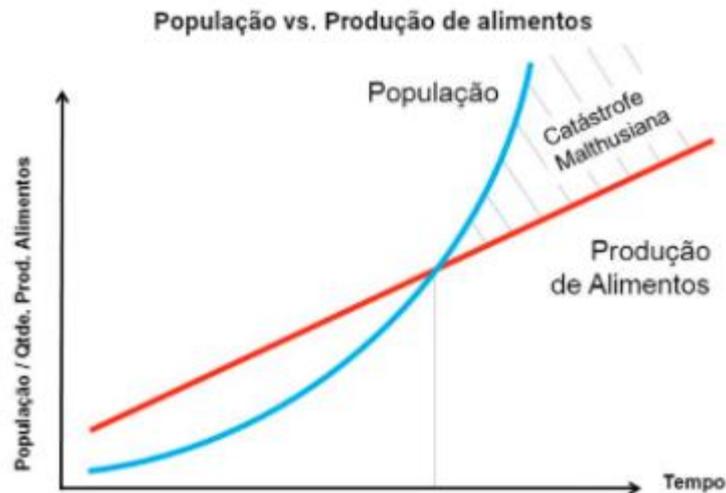
No transcorrer da evolução da espécie humana, o homem buscou sempre desenvolver novas tecnologias e aprimorar técnicas a fim de facilitar as tarefas diárias como caça, pesca, coleta de frutos e raízes. No entanto, tais criações se mostrariam insuficientes diante do crescimento populacional na Terra, tornando necessário e indispensável o desenvolvimento de tecnologias cada vez mais avançadas e com maior eficiência, gerando resultados produtivos cada vez maiores e um menor espaço de tempo. (NEVES, 2008).

Para entender melhor esse aspecto, pode-se citar o trabalho do economista inglês Thomas Robert Malthus, que, em sua doutrina, defendeu restrição e controle da reprodução humana por motivos de ordem econômica, pois “existe um determinado nível da população que garante a renda per capita máxima, de sorte que qualquer aumento ou queda no número de habitantes reduz a eficiência econômica do país”. Diante disso, o economista defendia ainda que a relação entre oferta de alimento e crescimento populacional se daria da seguinte forma: a demanda por alimento, juntamente com o crescimento da população, teria uma progressão geométrica, enquanto a oferta de alimento permaneceria em progressão aritmética (NEVES, 2008).

Levando essa questão para os dias atuais, a situação se encontra ainda mais complicada: Conforme os dados apresentados pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), em 2015 aproximadamente 805 milhões de indivíduos em escala global enfrentam a carência de alimentos necessários para uma existência saudável e dinâmica. Além disso, dados da ONU (2012) indicam que previsão populacional em 2024 ultrapassará os 8 bilhões, alcançando mais de 9,5 bilhões até 2050, demandando uma oferta alimentar substancialmente maior. O crescimento populacional, o incremento no consumo individual, a elevação da renda per capita e a expansão urbana nos próximos anos intensificam a discussão acerca da capacidade de suprir as novas demandas humanas. No âmbito da oferta, as

restrições à produtividade agravam a complexidade desse cenário. (SAATH e FACHINELLO, 2018).

Figura 1 - Crescimento Populacional VS Produção de Alimentos



Avançando um pouco mais na história, do século 18 em diante, houve as Revoluções Industriais, que resultaram em transformações significativas na sociedade.

A primeira Revolução Industrial, ocorrida entre os anos de 1760 DC e 1850 DC na Inglaterra, caracteriza-se pela transição da produção manual para a mecanizada (maquinofatura), onde a matéria prima se transformava no produto final de forma escalonada e padronizada. A utilização de carvão como fonte de energia e a construção de ferrovias também foram marcos importantes. Isso resultou em uma mudança nas formas de trabalho, migração das áreas rurais para as urbanas e um aumento na produção industrial. (NEVES, 2009)

Na Segunda Revolução Industrial, que ocorreu entre o final do século XIX e início do século XX no fim da Segunda Guerra Mundial, trouxe avanços tecnológicos como eletricidade, aço, petróleo e produtos químicos substituindo o ferro, carvão e a energia a vapor. Novas indústrias, como a automobilística e a indústria química, surgiram. A produção em massa foi aprimorada com a introdução de linhas de montagem e técnicas de gestão. Isso impulsionou a urbanização, aumentou a produção global e transformou as economias. (SOUSA, 2009)

Já em meados do século XX, a partir da década de 1950, a Terceira Revolução Industrial destacou-se pela automação e pela revolução da informação. O

desenvolvimento das áreas de robótica, genética, informática, eletrônica, tecnologias de comunicação dentre outras alterou significativamente a forma como as empresas operam e as pessoas interagem. O objetivo primordial era produzir cada vez mais em um menor espaço de tempo:

“(...)empregando tecnologias avançadas e qualificando a mão de obra que assumiu a liderança em todas as etapas de produção, comercialização e gestão das empresas envolvidas na fabricação e comércio dos bens produzidos.” (SOUSA, 2013).

Surgiram indústrias de tecnologia da informação e serviços relacionados, gerando um aumento na conectividade global.

A partir de então, a automação estabelece-se como uma força motriz na evolução de diversas indústrias e sociedades, proporcionando avanços significativos na eficiência, produtividade e qualidade de processos. Ela envolve a utilização de tecnologias e sistemas para executar tarefas de forma autônoma, reduzindo a necessidade de intervenção humana direta.

Figura 2 - Automação Industrial



Fonte: Improel, 2020.

Figura 3 - Automação na Agricultura



Fonte: Agrosight, 2021.

1.1. Objetivo

O objetivo deste trabalho é projetar um sistema de automação para o cultivo de hortaliças visando uma melhor produtividade e diminuir o contato humano ao mínimo necessário, apenas o suficiente para o controle dos parâmetros e operação do sistema.

1.1.1. Objetivos específicos

- Criar o sistema com o melhor custo-benefício à fim de torná-lo acessível à pequenos produtores;
- Projetar uma interface que seja de fácil operação e visualização;
- Reduzir as perdas na produção das hortaliças;
- Diminuir o máximo possível o tempo para a produção dessas hortaliças;
- Otimizar o uso dos recursos naturais como solo e água potável.

1.2. Justificativa

Conforme discutido na introdução do presente trabalho, o crescimento populacional foi se tornando cada vez mais exponencial, por consequência a demanda por alimento cresceu. Porém, vivemos em tempos de alterações climáticas fruto do uso inconsequente e desmedido dos recursos naturais do nosso planeta e agora precisamos cada vez mais racionalizar e praticar o uso sustentável desses recursos, como solo fértil e a água potável. Para atender essa necessidade de atitudes cada vez mais sustentáveis visando reutilizar, reciclar e reduzir o consumo desenfreado, esse trabalho visa uma produção de hortaliças com a implantação de um projeto de automação que gera diminuição no uso da água, diminui os impactos ambientais no solo por não se utilizar de agrotóxicos, pesticidas ou aditivos agrícolas, diminui as perdas e reduz os custos de produção, melhora a qualidade do produto dentre outros benefícios.

1.3. Metodologia

Para construir o protótipo da horta e aplicar a automação na mesma, precisamos, primeiramente, fazer-se os testes de interação entre o Arduino e os sensores escolhidos, no caso o DHT11 e o YL-69, para avaliar a viabilidade e seu funcionamento na prática se utilizando de *protoboard*, testar os sensores através da programação, disponível no Apêndice 1 deste trabalho, no software Arduino IDE para verificar se os parâmetros de temperatura ambiente e umidade do solo estão sendo lidos corretamente e, posteriormente, se utilizando dos parâmetros fazer com que os dispositivos sejam acionados conforme as configurações desejadas.

Feito isso, o grupo desenvolveu um modelo de horta em madeira para simular a horta real e acoplar todo o sistema de automação criado com o Arduino, sensores e dispositivos selecionados para finalizar a montagem do protótipo e demonstrar de forma simplificada e pragmática qual o objetivo com o presente trabalho.

1.4. Estrutura do Trabalho

Este trabalho foi composto em quatro capítulos e as considerações finais:

O primeiro capítulo se encontra a introdução, objetivo, objetivo específico, justificativa, metodologia e estrutura do trabalho.

No segundo capítulo, será apresentado a fundamentação teórica sobre o Arduino com sua definição, funcionamento básico e principais tipos existentes, além de algumas de suas aplicações, explicaremos o desenvolvimento básico das hortaliças no que tange a sua biologia.

O terceiro capítulo irá discorrer sobre o desenvolvimento em si do projeto, todas as etapas de testes com o Arduino em ação com os sensores e componentes utilizados na montagem e os custos do projeto.

No quarto capítulo diz sobre ideias que possam vir a ser acrescentadas neste mesmo projeto em trabalhos futuros.

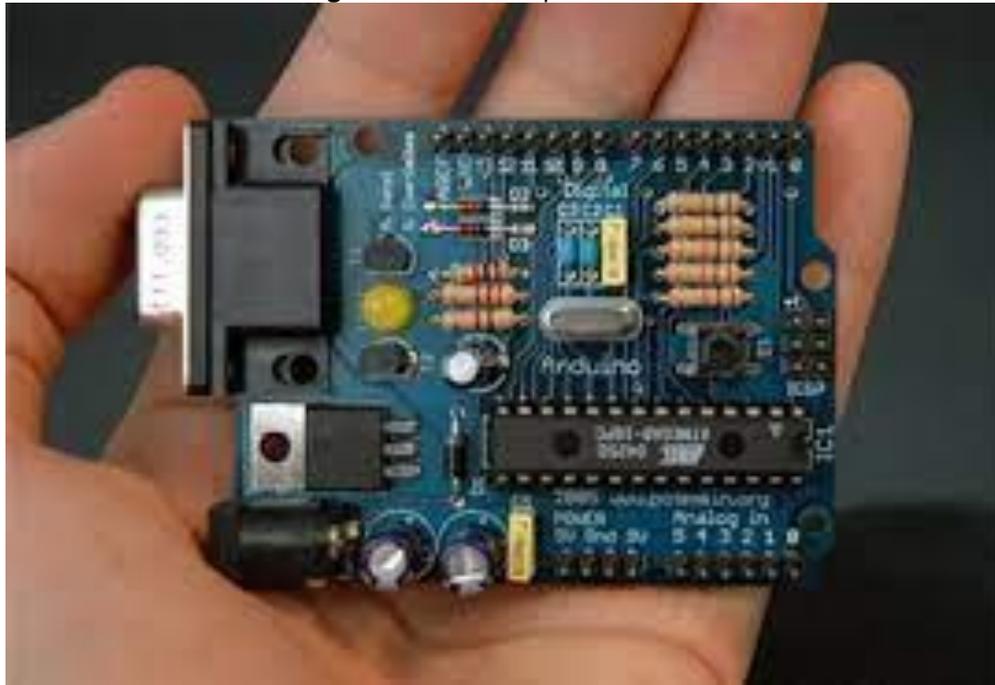
E por fim, as considerações finais.

2. REVISÃO DA LITERATURA

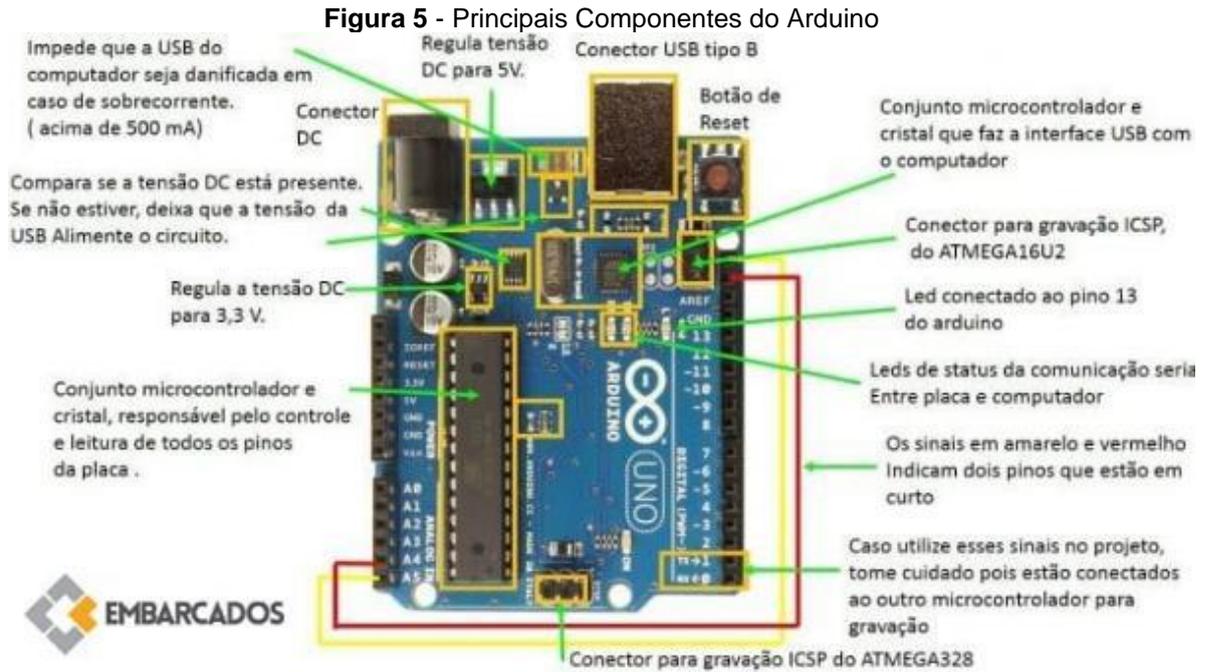
2.1. Arduino: Definição e Principais Tipos

O Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardware e software de fácil utilização. Suas placas são capazes de ler entradas e transformá-las em uma saída. Você pode dizer à sua placa o que fazer enviando um conjunto de instruções ao microcontrolador da placa. Para isso utiliza-se a linguagem de programação Arduino (baseada em Wiring) e o Software Arduino (IDE), baseado em processamento.

Figura 4 – Primeira placa Arduino



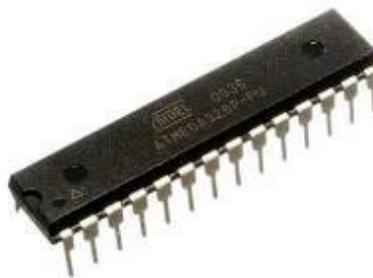
Fonte: MakerHero, 2014.



Fonte: Embarcados, 2013.

Em linhas gerais o Arduino (Fig. 4) consiste em uma placa de circuito integrado com um microcontrolador programável e uma interface de desenvolvimento que simplifica a programação e a conexão de componentes eletrônicos. (MakerHero, 2014).

Figura 6 - Microcontrolador ATmega328



Fonte: MakerHero, 2014.

O Arduino contém uma quantidade fixa de portas para recepção e envio de sinais analógicos e digitais, nos quais podemos instalar módulos e sensores dos mais diversos tipos, desde que o projeto comporte o componente em questão. Ele é utilizado principalmente para facilitar o aprendizado e conhecimento sobre programação, eletrônica e robótica através de protótipos e testes.

Existem diversos modelos de placas Arduino, cada um com características

específicas para atender às necessidades de diferentes projetos. Conforme a própria plataforma do Arduino aqui estão os modelos mais usados:

- a) Arduino Uno (Fig. 6):** É um dos modelos mais populares e indicados para iniciantes. Possui um microcontrolador ATmega328P, várias portas de entrada/saída digital e analógica, e é amplamente utilizado para projetos básicos e educacionais. (MakerHero, 2014).

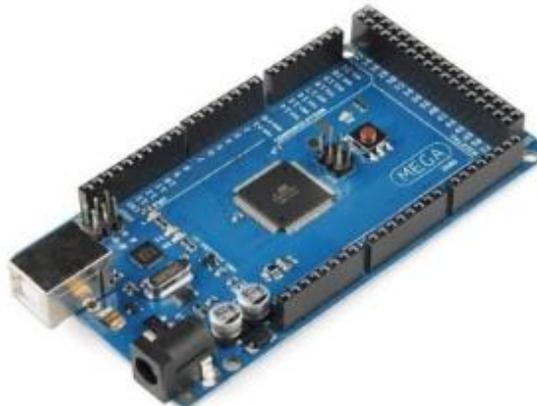
Figura 7 - Arduino uno



Fonte: MakerHero, 2014.

- b) Arduino Mega (Fig. 7):** Oferece mais recursos do que o Arduino Uno, incluindo um microcontrolador ATmega2560 com maior capacidade de memória e mais portas de I/O, tornando-o adequado para projetos complexos. (MakerHero, 2014).

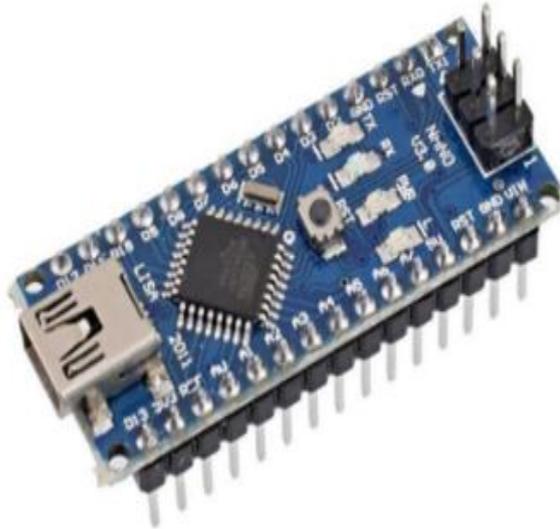
Figura 8 - Arduino mega



Fonte: MakerHero, 2014.

c) **Arduino Nano (Fig. 8):** É uma versão compacta do Arduino Uno, adequada para projetos em que o espaço é limitado. Possui um ATmega328P e é frequentemente utilizado em dispositivos vestíveis. (MakerHero, 2014).

Figura 9 - Arduino Nano



Fonte: MakerHero, 2014.

d) **Arduino Leonardo (Fig. 9):** Diferencia-se por usar um microcontrolador ATmega32u4, que suporta a emulação de dispositivos USB nativos, tornando-o ideal para projetos que exigem comunicação USB direta, como teclados e mouses. (MakerHero, 2014).

Figura 10 - Arduino Leonardo



Fonte: MakerHero, 2014.

- e) **Arduino Due (Fig 10):** É uma placa baseada no microcontrolador ARM Cortex-M3, oferecendo maior potência de processamento e recursos avançados, tornando-o adequado para projetos que demandam alto desempenho. (MakerHero, 2014).

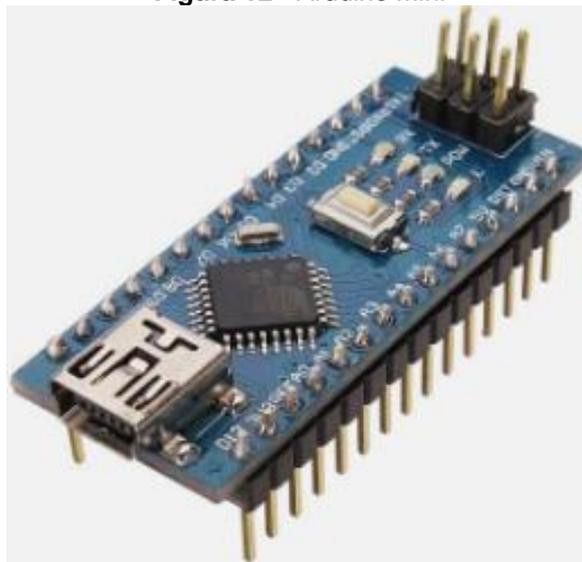
Figura 11 - Arduino Due



Fonte: MakerHero, 2014.

- f) **Arduino Mini (Fig. 11):** Similar ao Arduino Nano, é uma versão compacta, mas sem interface USB integrada, exigindo um adaptador externo para programação. (MakerHero, 2014).

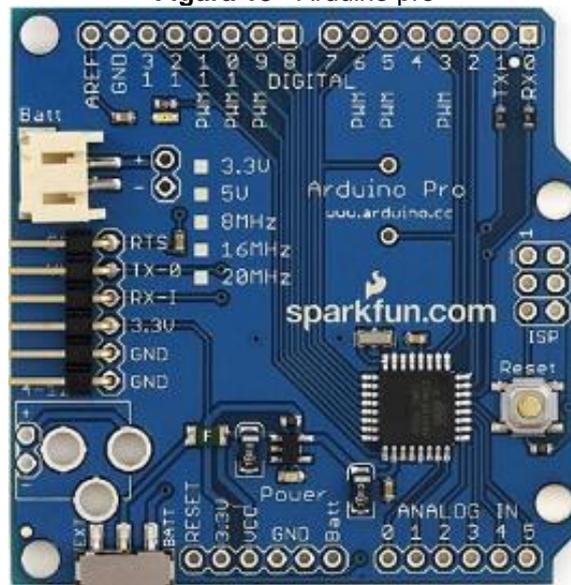
Figura 12 - Arduino Mini



Fonte: MakerHero, 2014.

- g) Arduino Pro (Fig. 12):** Essa série inclui várias placas projetadas para aplicações específicas, como o Arduino Pro Mini, Arduino Pro Micro e outros. São compactas e adequadas para projetos que exigem eficiência energética. (MakerHero, 2014).

Figura 13 - Arduino pro



Fonte: Nova Eletrônica, 2014.

- h) Arduino Yun (Fig. 13):** Combina a capacidade do Arduino com a conectividade à internet, incluindo um microcontrolador e um sistema Linux embutido para comunicação Wi-Fi e Ethernet. (MakerHero, 2014).

Figura 14 - Arduino Yun



Fonte: Embarcados, 2014.

2.2. Hortaliças

Hortaliças (Fig. 14) são plantas alimentares caracterizadas pelo seu alto valor nutricional, fornecendo uma ampla variedade de vitaminas, minerais e fibras, consumidas principalmente por suas partes comestíveis, como folhas, caules, raízes, flores ou frutos imaturos. (RODRIGUES, 2012).

De modo geral, as hortaliças encontram melhores condições de desenvolvimento em climas amenos, em torno dos 20 °C, com chuvas leves e pouco frequentes. Baixas temperaturas, abaixo dos 20 °C, retardam o crescimento, a frutificação e a maturação. Temperaturas mais altas, acima dos 30 °C, são adequadas na época do florescimento e da maturação. Chuvas fortes ou em excesso podem provocar encharcamento do terreno, erosão, lixiviação dos nutrientes (os nutrientes presentes no solo são carregados pela água da chuva) e causam estragos nas plantas, principalmente nas folhosas. Cada hortaliça tem suas exigências climáticas, mas pode-se dizer que, de modo geral, as folhosas e as raízes se desenvolvem melhor entre 15 e 23 °C enquanto as hortaliças-frutos produzem mais entre 18 e 25 °C (algumas hortaliças desse tipo sobrevivem em temperaturas na faixa de 30 a 35 °C, mas a frutificação é bastante prejudicada). Couve e repolho suportam temperaturas mais baixas e até geadas leves. (MAKISHIMA, 1993).

Figura 15 – Hortaliças



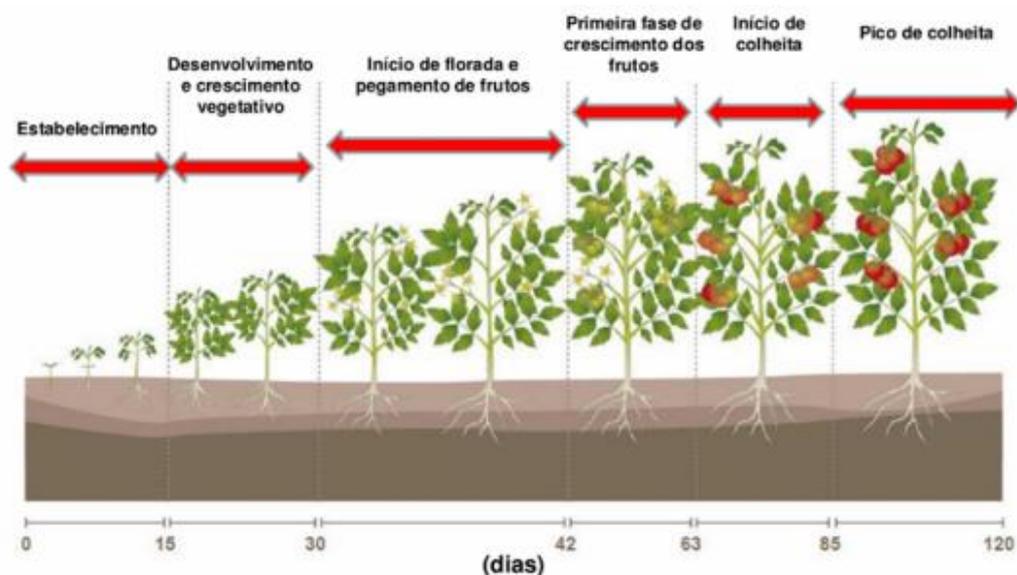
Fonte: Portal Syngenta, 2022.

O ciclo de desenvolvimento de uma hortaliça geralmente segue um padrão básico. Antes do plantio, o solo é preparado para fornecer as condições ideais de

crescimento, que podem envolver adição de nutrientes, correção do pH, ou seja, o nível de acidez do solo, e a remoção de detritos. Posteriormente as sementes são plantadas no solo ou as mudas são transplantadas para o local definitivo, dependendo da espécie da hortaliça.

A partir de então, essas sementes começam a germinar, dando origem às plântulas, seguindo para o crescimento vegetativo, etapa na qual ocorre o crescimento das folhas, caules e raízes. Durante esta fase, a hortaliça desenvolve sua estrutura básica para sustentar a produção de frutos. Na fase de floração, a planta começa a produzir flores. A polinização pode ocorrer por meio do vento, insetos ou outros métodos, dependendo da espécie. Após a polinização bem-sucedida, a planta começa a desenvolver os frutos. Este é o estágio em que as hortaliças que é consumida, como tomates, pimentões ou pepinos, começam a se formar. Os frutos continuam a crescer e amadurecer, consistindo na fase de maturação, estágio muito importante para a qualidade do produto. Quando os frutos atingem a maturidade, estão prontos para a colheita.

Figura 16 - Ciclo de Desenvolvimento do Tomate



Fonte: SQM-Vitas, 2020.

3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Para o desenvolvimento do projeto primeiro foi necessário testar individualmente os dois sensores utilizados: módulo sensor DHT11 (Fig. 17) e o Higrômetro YL-69 (Fig. 18).

Depois de verificado a integridade dos sensores, partiu-se para a programação no software Arduino IDE. Dentro da programação, o intuito é atrelar as leituras recebidas pelos sensores ao envio de sinais elétricos que acionem os sistemas de irrigação e de ventilação. Conforme os parâmetros previamente definidos na programação, assim que a temperatura alcançar um valor acima do estabelecido, no caso, 25 °C, o Arduino manda um sinal elétrico digital para o módulo relé ligando o sistema de ventilação, que será representado no protótipo pelo ventilador 12 volts (Fig.19). Da mesma forma, o higrômetro funciona enviando o valor da umidade do solo e, quando este valor fica abaixo do limiar que foi programado, ou seja, com uma umidade abaixo dos 45 %, um sinal digital elétrico é enviado pelo Arduino ao módulo relé que aciona o sistema de irrigação, no caso, liga a bomba de água (Fig. 20).

3.1. Métodos e Processos

Para a construção do protótipo de automação da horta, foi necessário o uso do Arduino como principal ferramenta de programação e controle dos parâmetros. O Arduino utilizado foi o Leonardo R3 (Fig 16). Essa decisão foi tomada levando em conta principalmente o custo desta versão do Arduino que, apesar de não ser o mais baixo, mas, dentro da proposta do trabalho, é o que demonstrou melhor relação custo-benefício.

Figura 17 - Arduino Leonardo R3

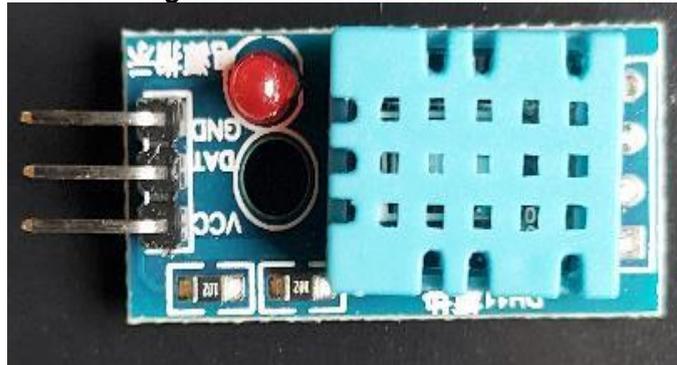


Fonte: Autores, 2023.

Os parâmetros selecionados para serem analisados, conforme já mencionado, foram temperatura ambiente e umidade do solo.

Para a aferição da temperatura do ambiente, foi utilizado o módulo sensor DHT11. Este é um sensor digital que consegue medir a temperatura e a umidade do ambiente além de ser fácil de se utilizar também é um componente de baixo custo e baixo consumo de energia.

Figura 18 - Módulo Sensor DHT11

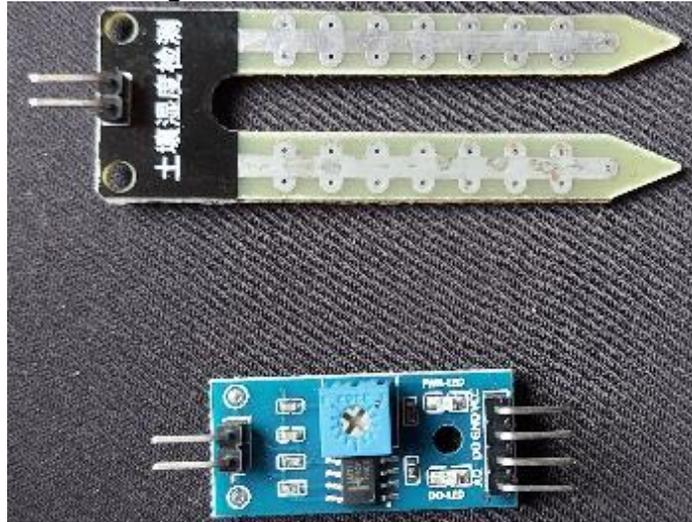


Fonte: Autores, 2023.

Para a recepção da medição dos parâmetros do sensor DHT11 foi utilizado a porta analógica A1, a alimentação, que no módulo está representado pela sigla VCC está sendo fornecida pelos 5 Volts de tensão do Arduino e o aterramento, representado pela sigla GND, também está sendo feito através do pino GND do Arduino. A sigla VCC significa tensão em corrente contínua, ou seja, através desse pino VCC é que a corrente contínua de tensão 5 Volts passam do Arduino para o sensor. Já a sigla GND significa Ground, do inglês “Terra”, é o aterramento do circuito, ou seja, é um ponto de referência por onde a corrente volta para a sua origem e sua voltagem é de 0 Volts.

Nos testes feitos com o sensor DHT11, os parâmetros medidos apresentaram a precisão necessária para a finalidade do projeto: criar um sistema de ventilação para controle da temperatura média da horta. Os valores medidos variam em décimos de °C e o que se precisa seria variação de grau em grau.

Para o controle da umidade do solo, foi utilizado o sensor YL-69 (Fig. 18), um higrômetro de fácil instalação e de baixo consumo. Os valores medidos serão enviados através da porta analógica A0 e sua alimentação e aterramento segue o mesmo padrão do DHT11.

Figura 19 - Sensor YL-69 e Módulo

Fonte: Autores, 2023.

Conforme os testes feitos com o sensor, obteve-se uma boa precisão nos valores e o sensor se comportou de acordo com o que estávamos necessitando para inserir no protótipo da horta: um sistema automático de irrigação para controle da humidade do solo.

Tendo testado a eficiência e precisão dos sensores escolhidos, agora precisamos manipular os parâmetros e inserir dispositivos que atuem como elementos de automação para os sistemas de irrigação e ventilação.

Para o sistema de ventilação, vamos utilizar um ventilador de 12 Volts e 0.15 amperes.

Figura 20 - Ventilador 12 Volts

Fonte: Autores, 2023.

Para o sistema de irrigação e controle da umidade do solo, utilizou-se uma bomba de água submersível.

Figura 21 - Bomba de Água Submersível



Fonte: Eletrogate, 2023

Quanto ao envio do sinal digital elétrico para o acionamento destes dispositivos acima mostrados, vamos utilizar como intermediário um módulo relé de 2 canais.

Figura 22 - Módulo Relé 5 Volts 2 Canais

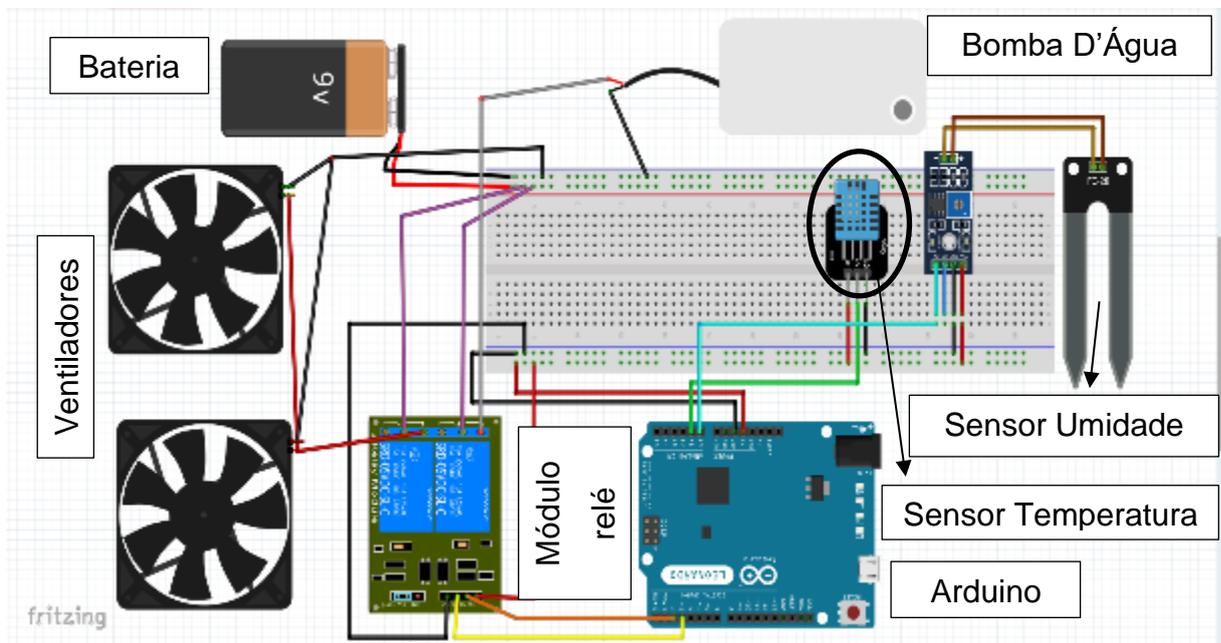


Fonte: Autores, 2023.

A ideia original era utilizar 2 ventiladores, cada um deles acoplado a um dos relés do módulo, sendo necessário 2 módulos de relés, porém, durante os testes, ao ligar os dois módulos juntos, como ambos estavam compartilhando o mesmo fornecimento de 5 Volts, houve falha no funcionamento e posterior desligamento dos relés.

Para solucionar o problema, diminuiu-se o número de módulos relé para apenas 1, fazendo a ligação dos 2 ventiladores em serie através de um mesmo relé enquanto o outro ficaria encarregado de acionar a bomba de água.

Figura 19 - Modelo de Ligação Versão 2

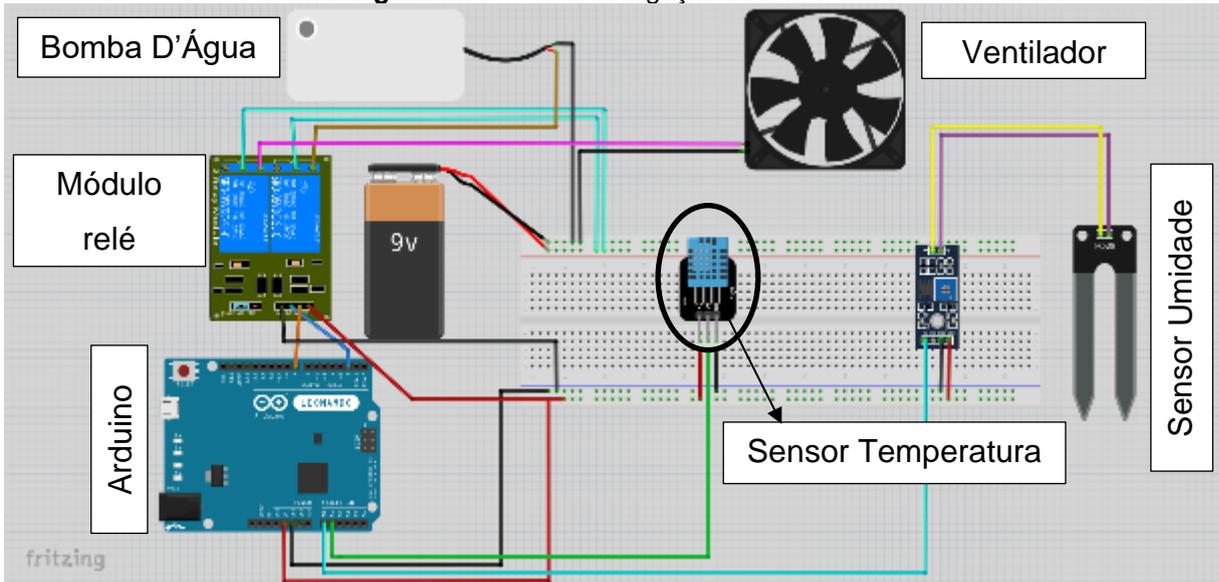


Fonte: Autores, 2023.

Enquanto a umidade do solo estava de acordo, os dois ventiladores ficaram normalmente acionados e operantes, sem nenhum tipo de falha, entretanto, quando a umidade do solo ficava abaixo do estipulado como ideal (45 %) para as plantas e a bomba era acionada em conjunto, segundos após, os relés começavam a apresentar falhas em seu funcionamento e, para evitar maior comprometimento dos circuitos, componentes e Arduino, reduziu-se o número de ventiladores para apenas 1.

Após as adequações, o projeto final ficou com o circuito elétrico conforme disposto na figura 22:

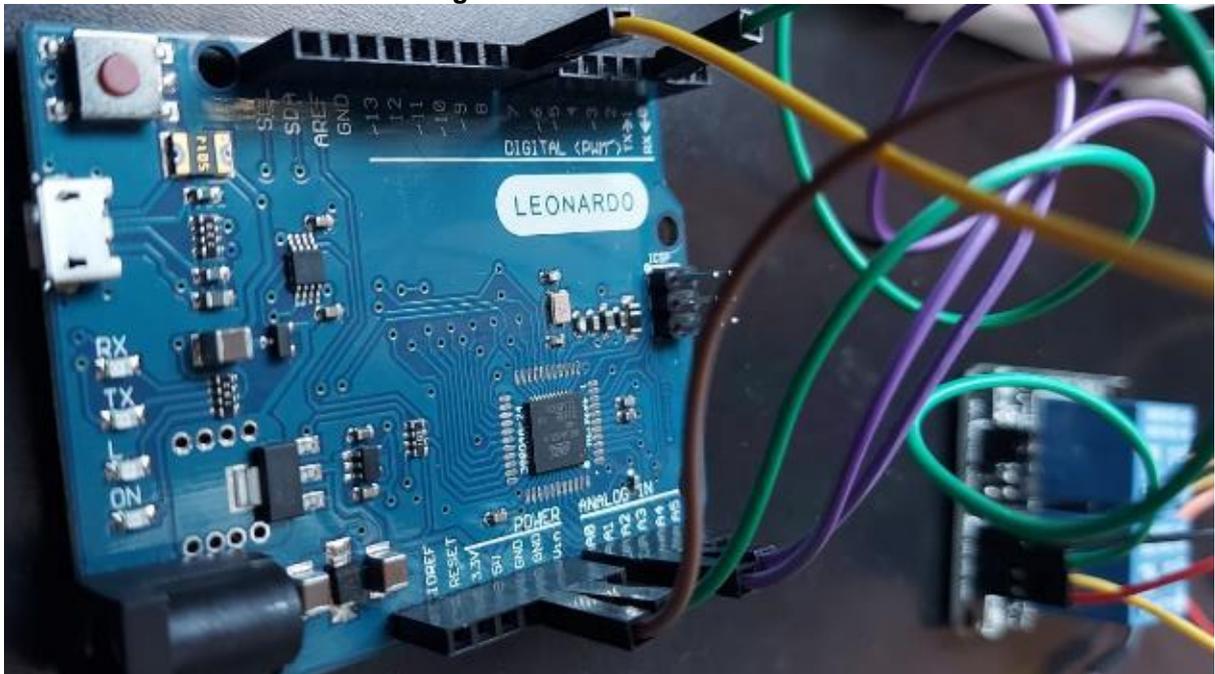
Figura 23 - Modelo de Ligação Versão Final



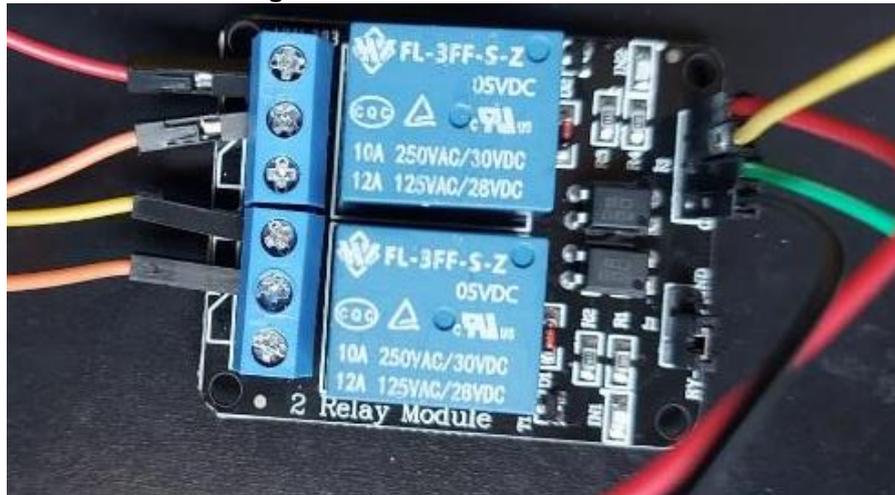
Fonte: Autores, 2023.

A seguir, as figuras 20, 21, 22 e 23 demonstram o resultado da montagem final antes de ser acoplada ao protótipo da horta:

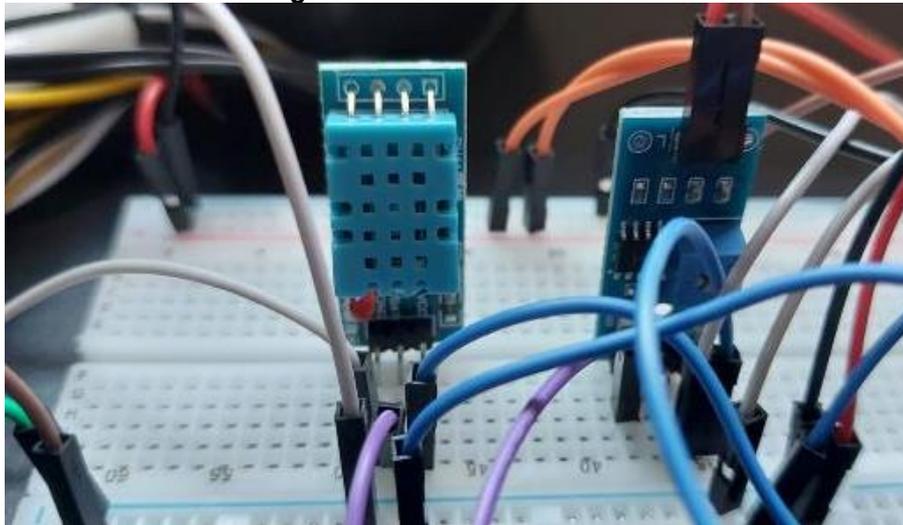
Figura 20 - Conexões Arduino



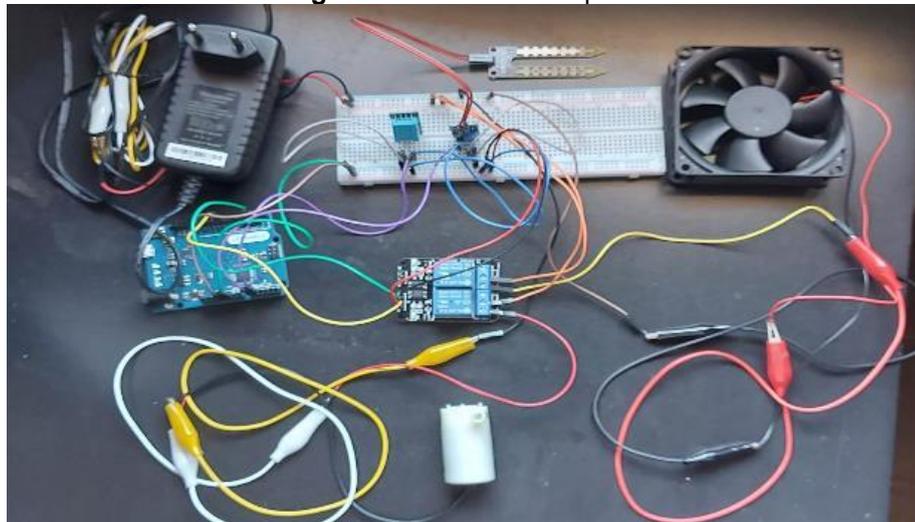
Fonte: Autores, 2023.

Figura 21 - Conexões Módulo Relé

Fonte: Autores, 2023.

Figura 22 - Conexões Sensores

Fonte: Autores, 2023.

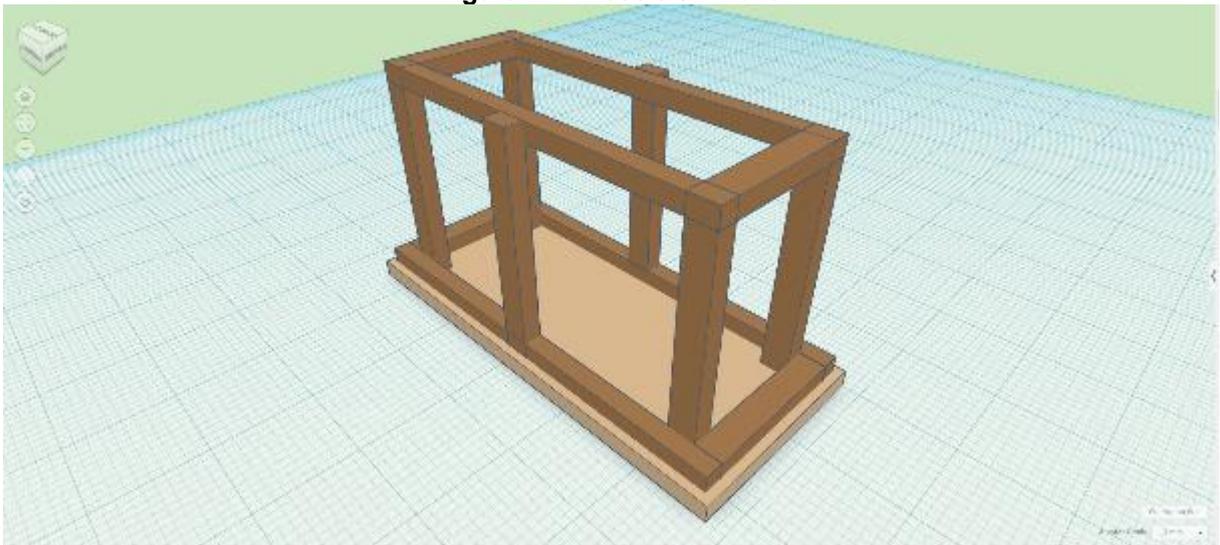
Figura 23 - Circuito Completo

Fonte: Autores, 2023.

Após finalizado os testes, o passo final do projeto foi instalar todo o circuito no protótipo construído em madeira para a exemplificação da automação em uma situação real.

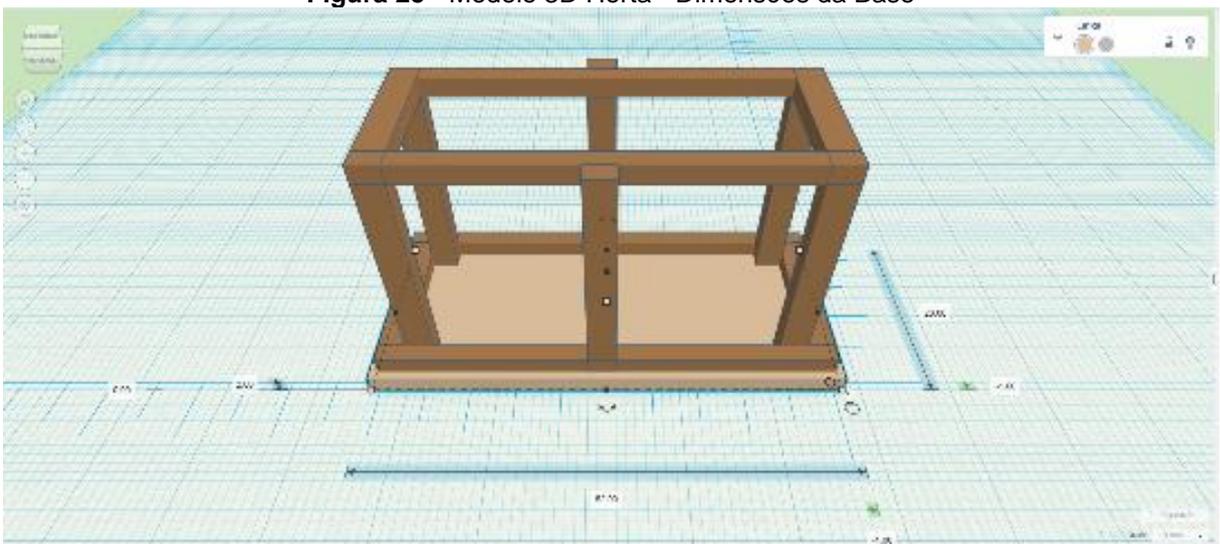
A seguir, as figuras 23, 24, 25 e 26 mostra o modelo 3D da construção do protótipo da horta em madeira com seus formatos e dimensões.

Figura 24 - Modelo 3D Horta

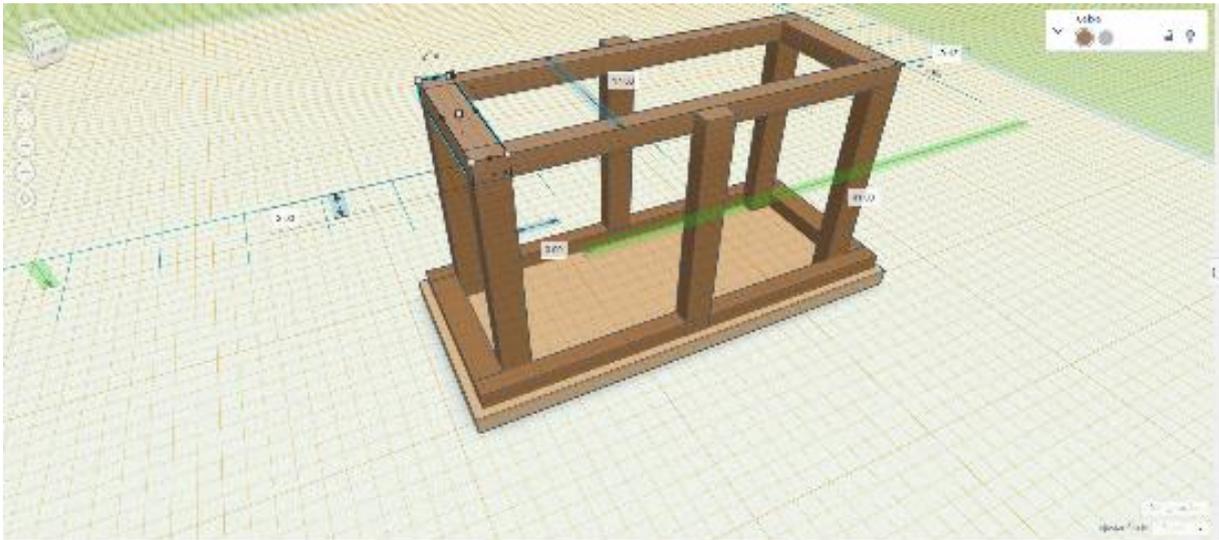


Fonte: Autores, 2023.

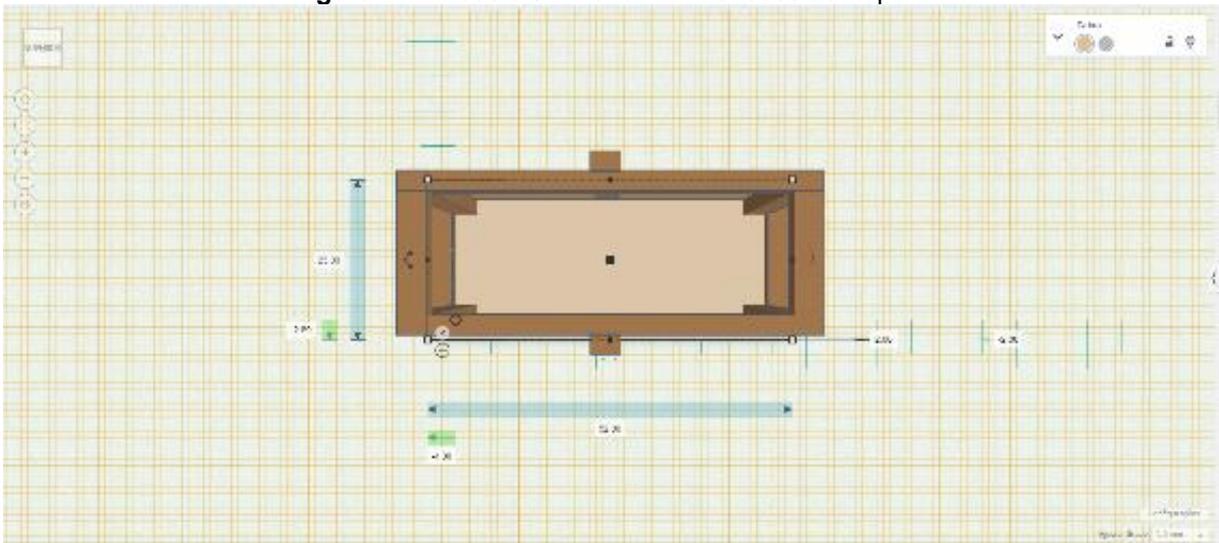
Figura 25 - Modelo 3D Horta - Dimensões da Base



Fonte: Autores, 2023.

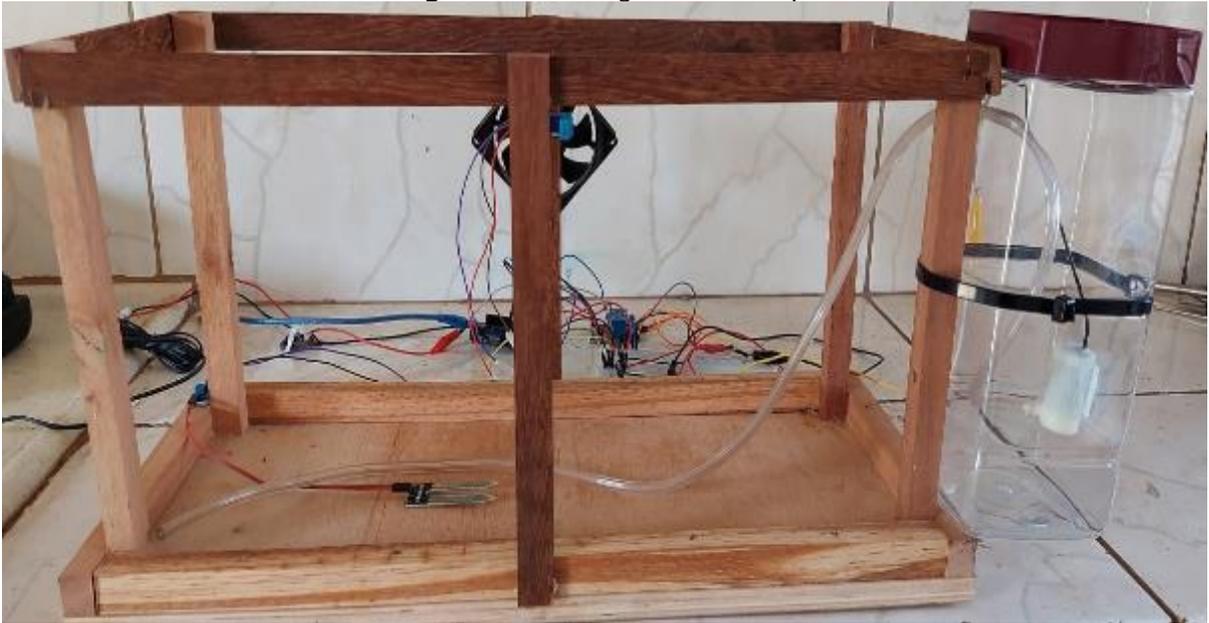
Figura 26 - Modelo 3D Horta – Dimensões do Topo I

Fonte: Autores, 2023.

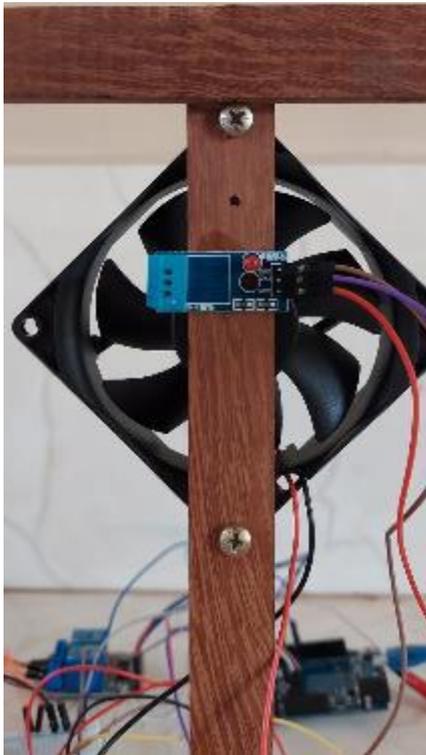
Figura 27 - Modelo 3D Horta – Dimensões do Topo II

Fonte: Autores, 2023.

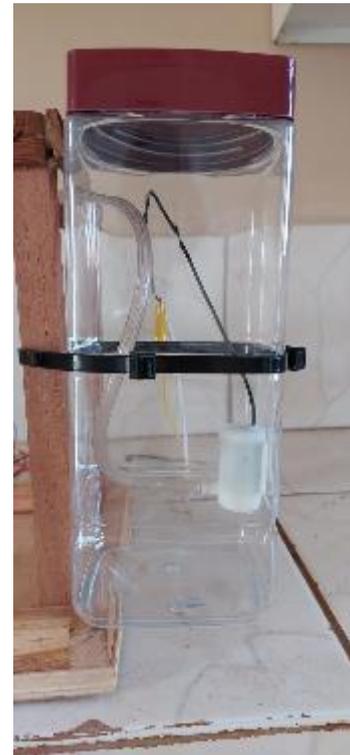
A seguir as figuras 27, 28, 29 e 30 demonstram a etapa final de construção do prototipo e sua montagem.

Figura 28 - Montagem do Protótipo

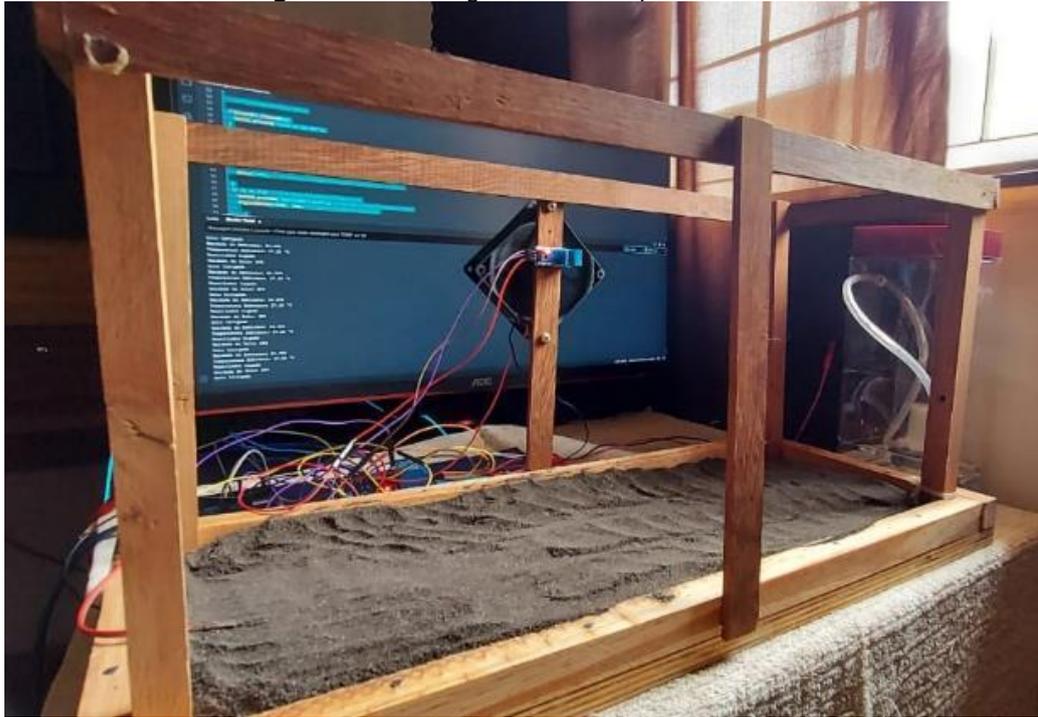
Fonte: Autores, 2023.

Figura 29 - DHT11 e Ventilador

Fonte: Autores, 2023.

Figura 30 - Reservatório de Água

Fonte: Autores, 2023.

Figura 31 - Montagem do Protótipo Finalizado

Fonte: Autores, 2023.

3.2. Custos do Projeto

A tabela abaixo apresenta uma relação de todos os componentes que foram comprados pelo grupo e que foram utilizados no projeto.

Tabela 1 - Custos do projeto para automação do cultivo de hortaliças

Item	Quantidade	Valor (R\$)
Arduino Leonardo	1	R\$ 75,00
Sensor DHT11	1	R\$ 23,45
Higrômetro YL-69	1	R\$ 16,99
Micro Ventilador 80x80x25mm 12V	2	R\$ 12,30
Módulo Relé 2 canais 5 Volts	1	R\$ 19,99
Minibomba Água Submersível 3V A 6V	1	R\$ 19,99
Kit Garra Jacaré	1	R\$ 19,99
Kit Jumpers	1	R\$ 24,00
Protoboard 830 Pontos	1	R\$ 17,09
Fonte de Alimentação 12 Volts 2 Amperes	1	R\$ 29,00
Madeira Construção da Maquete	1	R\$ 30,00
Total		R\$ 287,80

Fonte: Autores, 2023.

4. TRABALHOS FUTUROS

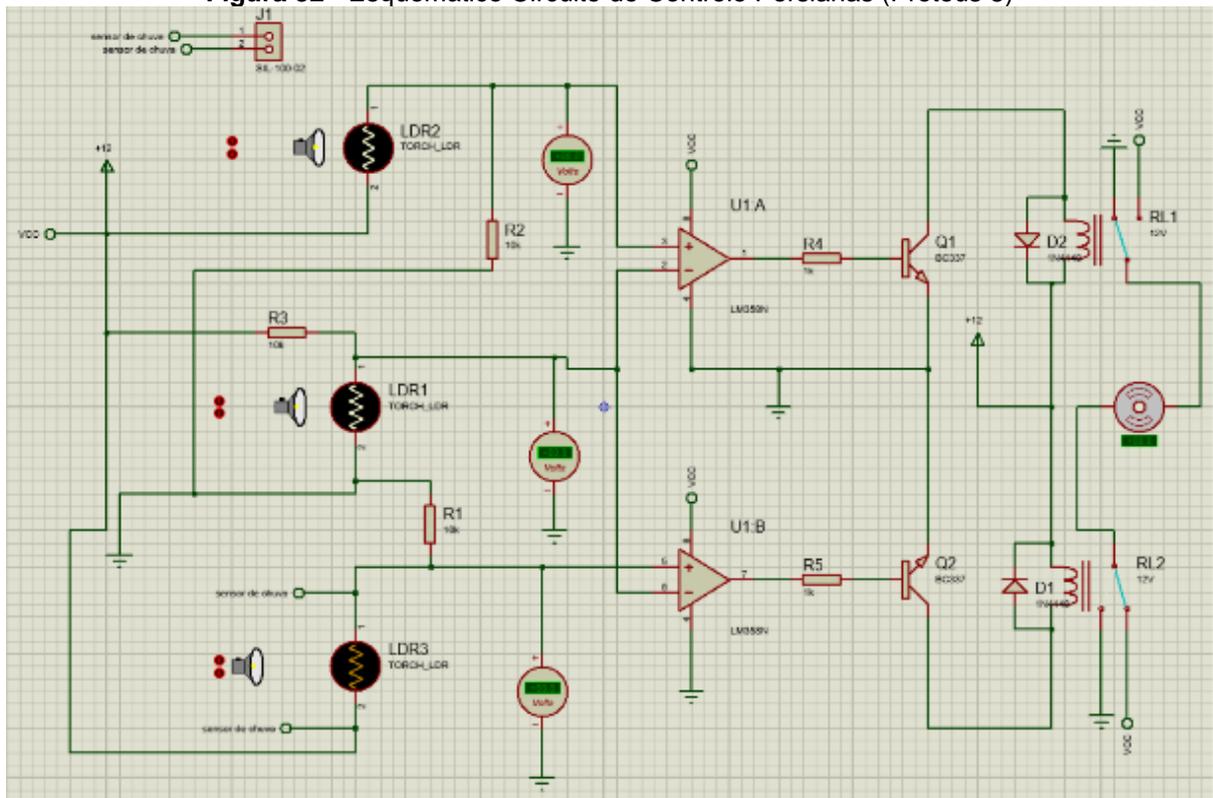
Como forma de expandir o protótipo e torná-lo mais eficiente, aqui ficarão descritas possíveis melhorias, atualizações e ideias para trabalhos futuros seguindo a linha de raciocínio proposta neste projeto.

4.1. Cobertura para Controle da Luminosidade

Uma ideia que foi descartada devido à falta de tempo hábil para sua execução e implantação no protótipo foi a inserção de uma cobertura para a horta onde o telhado controla a entrada da luminosidade conforme a posição do Sol. Esse telhado teria a forma de persianas que abrem pela manhã recebendo luz, e, durante o decorrer do dia, vão acompanhando a posição da luz solar. Um motor ligado a um redutor faria a movimentação das persianas e quem controlaria a posição em relação ao sol seria um circuito com sensores LDRs que captariam a luz. Esse tipo de sensor LDR é um fotoresistor, ou seja, sua resistência é alterada conforme a incidência de luz sobre ele, quanto mais luz ele receber menor será sua resistência.

O circuito é semelhante com o da figura 31, com exceção dos relés, que seriam substituídos por uma ponte H para alimentar e reverter a rotação do motor, melhorando a eficiência e precisão. Este circuito contaria também com um sensor de chuva que faria as persianas se fecharem quando a chuva começar evitando assim estragos com tempestades e pragas que vem junto com excesso de chuvas.

Figura 32 - Esquemático Circuito de Controle Persianas (Proteus 8)



Fonte: Autores, 2023.

Quando LDR1 recebe luz do sol sua resistência interna diminui, e como estão em série com o GND e as entradas inversoras dos comparadores U1:A e U1:B, obtém-se uma referência de zero volts. Já o LDR2, ao receber a luz do sol, deixa a entrada não inversora de U1:A mais positiva em relação a entrada não inversora de U1:B fazendo com que a saída (Pino 1) do U1:A fique em nível lógico alto, acionando a ponte H do motor direcionando-o para frente ou para trás, dependendo do sentido escolhido. O LDR3 tem o mesmo propósito que o LDR2 só que no sentido inverso já que os comparadores trabalham alternadamente. Assim, quando o sol bater em LDR2 pela manhã as persianas, que ficaram fechadas durante a noite, agora se abrem. Assim que o sol vai subindo, a incidência da luz solar em LDR2 vai diminuindo, enquanto em LDR3 essa incidência aumenta, fazendo com que os comparadores troquem o estado lógico e, com isso, as persianas acompanhem o movimento do sol. O sensor de chuva, que está em paralelo com LDR3, quando diminuir sua resistência em virtude da chuva deixara a entrada não inversora de U1B com nível mais alto de tensão em relação a entrada inversora fazendo com que as persianas se fechem completamente.

4.2. Válvula solenoide de Água

Nos estágios iniciais do projeto, no estabelecimento do tema e de como construir o protótipo, muitas das pesquisas e dos projetos sugeriram uma solução diferente quanto ao sistema automático de irrigação, que seria o uso de uma válvula solenoide de água.

Figura 33 - Válvula Solenoide de Água



Fonte: Autores, 2023.

Para implementação do protótipo em um caso prático, o uso da válvula solenoide facilita o projeto, pois a bomba de água precisa um tanque que forneça a água que ela vai utilizar para bobear e regar o solo, já a válvula já está ligada diretamente a uma fonte de água.

4.3. Lâmpada Incandescente

Pensando na questão do controle da temperatura da horta, algumas hortaliças podem sofrer problemas em seu desenvolvimento quando a temperatura está muito abaixo do ideal, podendo acarretar perda do produto. Em conjunto com o sistema de ventilação que diminui a temperatura para evitar calor excessivo, poderíamos acrescentar um sistema de iluminação incandescente que elevarias a temperatura em dias com clima mais ameno, com temperaturas abaixo dos 25 °C.

4.4. Sistema de captação de água pluvial

Levando em consideração a questão do uso dos recursos naturais e os problemas ambientais decorrentes do uso indiscriminado deles, uma alternativa viável para diminuir o uso de água seria canalizar e reservar a água proveniente das chuvas, armazenando-a no reservatório do qual a bomba d'água fica instalada.

Figura 34 - Funcionamento da Cisterna



Fonte: Engenharia360, 2016.

4.5. Display LCD

Uma das ideias centrais do projeto era de facilitar a visualização dos dados referente à temperatura e umidade do solo para que o operador possa saber qual a situação atual da horta de forma rápida e descomplicada. Isso seria implantado através do uso de um display de LCD com resolução 16x2, conforme a figura abaixo.

Figura 35 - Display LCD 16x2



Fonte: Autores, 2023.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A automação é uma tendência crescente em várias indústrias, e sua aplicação na agricultura, como demonstrado neste projeto, oferece inúmeros benefícios, como maior eficiência na produção, hortaliças mais saudáveis, redução de perdas, controle de parâmetros ambientais, e aumento da segurança no trabalho.

A automatização proporciona não apenas um cultivo mais eficaz, mas também economia de tempo e recursos. O projeto desenvolvido demonstrou como sensores, microcontroladores (Arduino) e atuadores podem ser usados para otimizar o cultivo de hortaliças, monitorando e controlando temperatura e umidade do solo, acionando sistemas de ventilação e irrigação de forma automática.

No entanto, apesar dos benefícios, a implementação de soluções de automação exige um investimento inicial. O projeto detalhou os custos envolvidos, mostrando que, embora haja despesas iniciais, a eficiência e a economia a longo prazo compensam esses custos.

Em resumo, a automação no cultivo de hortaliças apresenta uma oportunidade promissora para a agricultura moderna. Este projeto demonstra um passo na direção certa, aproveitando a tecnologia para melhorar a produção de alimentos e reduzir o impacto ambiental. À medida que novas tecnologias e soluções de automação continuam a se desenvolver, podemos esperar uma agricultura mais eficiente e sustentável.

REFERÊNCIAS:

ARDUINO. **Arduino Boards.**

Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/Boards>>. Acesso em: 2 Set. 2023.

AGROINSIGHT. **Agricultura Digital e o avanço da tecnologia.** 2021. Disponível em: <<https://agroinsight.com.br/agricultura-digital-e-o-avanco-da-tecnologia/>>. Acesso em: 20 Nov. 2023.

ARDUINO. **What is Arduino?.**

Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 2 set. 2023.

DESCOMPLICA. **Teorias Demográficas.**

Disponível em: <<https://dex.descomplica.com.br/materiais-e-tv-uee/materiais-e-tv-uee-8c9a03/aprofundamento-teorias-demograficas-393929/explicacao/1>>. Acesso em: 20 Nov. 2023.

EMBARCADOS. **Arduino Uno.** 2013.

Disponível em: <<https://embarcados.com.br/arduino-uno/>>. Acesso em: 25 Nov. 2023.

EMBARCADOS. **Arduino Yún.** 2014.

Disponível em: <<https://embarcados.com.br/arduino-yun/>>. Acesso em: 25 Nov. 2023.

ENGENHARIA 360. **Conheça algumas formas de armazenar água de chuva.** 2016.

Disponível em: <<https://engenharia360.com/conheca-algumas-formas-de-armazenar-agua-de-chuva/>>. Acesso em: 20 Nov. 2023.

IMPROEL. **Automação Industrial.** 2020.

Disponível em: <<https://improel.com.br/servico/automacao-industrial/>>. Acesso em: 20 Nov. 2023.

MAKERHERO. **O que é Arduino, para que serve e primeiros passos.** 2014.

Disponível em: <<https://www.makerhero.com/blog/o-que-e-arduino/>>. Acesso em: 2 set. 2023.

MAKERHERO. **Qual Arduino comprar? Conheça os tipos de Arduino.** 2014.

Disponível em: <<https://www.makerhero.com/blog/tipos-de-arduino-qual-comprar/>>. Acesso em: 2 set. 2023.

MAKISHIMA, Nozomu. **O Cultivo de Hortaliças.** Disponível em:

<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/112928/1/Ocultivodehortalicas.pdf>>. Acesso em: 11 Nov. 2023.

NEVES, Evaristo Marzabal. **A pressão da demanda por alimentos: Malthus tinha razão?** Disponível em:

<<https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA08-mercado07.pdf>>. Acesso em 27 Ago. 2023.

NOVA ELETRÔNICA. **Conheça Todas as Placas Arduino**. 2014. Disponível em: <<https://blog.novaeletronica.com.br/conheca-todas-placas-arduino/>>. Acesso em: 25 Nov. 2023.

PORTAL SYNGENTA. **Cuidados pós-colheita ajudam a manter a qualidade das hortaliças**. 2022. Disponível em: <<https://portal.syngenta.com.br/noticias/cuidados-pos-colheita-ajudam-a-manter-qualidade-das-hortalicas>>. Acesso em: 25 Nov. 2023.

RODRIGUES, Paula. A Importância Nutricional das Hortaliças. **Hortaliças em Revista**. Distrito Federal. Ed. 2. p. 7-9. Março/Abril, 2012. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355126/2250572/revista_ed2.pdf/74bbe524-a730-428f-9ab0-ad80dc1cd412>. Acesso em: 25 Nov. 2023.

SAATH, Kleverton Clovis de Oliveira; FACHINELLO, Arlei Luiz. **Crescimento da Demanda Mundial de Alimentos e Restrições do Fator Terra no Brasil**. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560201>>. Acesso em: 16 Nov. 2023.

SILVA, Daniel Neves. **"Revolução Industrial: o que foi, resumo, fases"**; Brasil Escola. 2009. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/historiag/revolucao-industrial.htm>>. Acesso em: 27 Ago. 2023.

SOUSA, Rafaela. **"Segunda Revolução Industrial"**; Brasil Escola. 2009. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/historiag/segunda-revolucao-industrial.htm>>. Acesso em: 27 Ago. 2023.

SOUSA, Rafaela. **"Terceira Revolução Industrial"**; Brasil Escola. 2013. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/geografia/terceira-revolucao-industrial.htm>>. Acesso em: 27 Ago. 2023.

SQM-VITAS. **Fases Fenológicas**. 2020. Disponível em: <<https://sqm-vitas.com.br/nutricao/fases-fenologicas/>>. Acesso em: 25 Nov. 2023.

Apêndice 1 – Programação do Arduino

```
// Inclusão da biblioteca do sensor DHT11
#include <DHT.h>
#include <DHT_U.h>

#define DHTPIN A1 // Define pino A1 analógico para o sensor DHT11
#define DHTTYPE DHT11
#define bombaagua 8 // Define o pino 8 como pino do rele da "bombaagua"

DHT dht (DHTPIN, DHTTYPE);

int rele1 = 2; // Define o pino digital 2 como pino do rele da ventilação
int ValAnalogIn; // Introduce o valor analógico ao código
int higrometroPin = A0; // Pino analógico ao qual o sensor de higrômetro está
conectado

void setup() {

  Serial.begin(9600);
  dht.begin ();
  pinMode(rele1, OUTPUT); // Declara o DHT11 como Saída
  digitalWrite(rele1, HIGH); // Aciona o nível alto no pino 2
  pinMode(bombaagua, OUTPUT); // Declara a bomba agua como Saída
  digitalWrite (bombaagua, HIGH); // Aciona o nível alto no pino 8
}

void loop() {

  //Configuração do Sensor de Umidade do Solo

  float h = dht.readHumidity(); // Define a leitura da umidade ambiente a partir do
```

DHT11

```
float t = dht.readTemperature(); // Define a leitura da temperatura ambiente a partir do DHT11
```

```
int umidade = analogRead(higrometroPin); // Lê o valor analógico do sensor de higrômetro
```

```
umidade = map(umidade, 0, 1023, 0, 100); // Mapeia o valor para uma faixa de 0 a 100 (porcentagem)
```

```
Serial.print("Umidade do Solo: "); // Imprime a frase no monitor serial
```

```
Serial.print(umidade); // Imprime no monitor serial o valor da umidade
```

```
Serial.println("%"); // Acrescenta o símbolo ao valor da umidade
```

```
if (umidade <= 45) { // Se a porcentagem for menor ou igual à 45
```

```
Serial.println("Irrigando Solo "); // Imprime a frase no monitor serial
```

```
digitalWrite(bombaagua, HIGH); // Altera o estado da bomba agua para nível Alto
```

```
}
```

```
else { // Caso a porcentagem seja menor que 45
```

```
Serial.println("Solo Irrigado "); // Imprime a frase no monitor serial
```

```
digitalWrite(bombaagua, LOW); // Altera o estado da bomba agua para nível Baixo
```

```
}
```

```
delay (2000); // Estabelece o tempo de 2s para reinicializar a leitura
```

```
//Configuração do Sensor DHT11
```

```
if(isnan(t)||isnan(h)){
```

```
Serial.println("Falha ao ler DHT");
```

```
}
```

```
else{
```

```
Serial.print("Umidade do Ambiente: "); // Imprime a frase no monitor serial
```

```
Serial.print(h); //Imprime no monitor serial o valor da umidade ambiente
```

```
Serial.println("%"); // Imprime o símbolo junto ao valor encontrado
```

```
Serial.print("Temperatura Ambiente: "); // Imprime a frase no monitor serial
```

```
Serial.print(t); // Imprime no monitor serial o valor da temperatura ambiente
```

```
Serial.println(" °C"); // Acrescenta o simbolo ao valor da temperatura
delay(5000); // Estabelece o tempo de 5s para reinicializar a leitura

}

if (t >= 25){ // Se o valor for maior ou igual à 25
  Serial.println("Ventilador Ligado"); // Imprime a frase no monitor serial
  digitalWrite(rele1, LOW); // Liga o sistema de ventilação

}

else { //Caso o valor seja menor que 25
  Serial.println("Temperatura Normal"); // Imprime a frase no monitor serial
  digitalWrite(rele1, HIGH); // Desliga o sistema de ventilação

}

}
```

Anexo A – Termo de Autorização para Coleta de Dados



Etec “Prof.ª Anna de Oliveira Ferraz”

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA COLETA DE DADOS

Nós, alunos abaixo assinados, regularmente matriculados no curso Técnico em Eletromecânica, solicitamos a V. Sa. a autorização para coleta de dados nessa instituição, com a finalidade de realizar a pesquisa para o Trabalho de Conclusão de Curso com o título “DESENVOLVIMENTO DE PROJETO PARA AUTOMAÇÃO DE CULTIVO DE HORTALIÇAS”, sob orientação da Prof.ª Edgar Bergo Coroa, que será apresentado na ETEC “Prof.ª Anna de Oliveira Ferraz”. A coleta de dados ocorrerá mediante a utilização (descrever instrumento, local e público-alvo). Igualmente, assumo o compromisso de utilizar os dados obtidos somente para fins científicos, bem como de disponibilizar os resultados obtidos para esta instituição. Agradecemos antecipadamente e esperamos contar com a sua colaboração.

Araraquara, 22 de novembro de 2023.

Nome	RG	Assinatura
Carlos Henrique Santana da Cruz	58.780.735-0	
Daniel Nascimento de Oliveira	62.792.965-5	
Jader Cândido Garcia	32.498.641-5	
Marcelo Manini Pesse	40.491.163-8	

Anexo B – Termo de Autorização de Divulgação



Etec “Prof.^a Anna de Oliveira Ferraz”

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE DIVULGAÇÃO

Nós, alunos abaixo assinados, regularmente matriculados no curso **Técnico em Eletromecânica**, na qualidade de titulares dos direitos morais e patrimoniais de autores do texto apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso com o título “**DESENVOLVIMENTO DE PROJETO PARA AUTOMAÇÃO DO CULTIVO DE HORTALIÇAS**” apresentado na **Etec “Prof.^a Anna de Oliveira Ferraz”**, autorizamos o Centro Paula Souza a reproduzir integral ou parcialmente o trabalho escrito e/ou disponibilizá-lo em ambientes virtuais.

Araraquara, 22 de novembro de 2023.

Nome	RG	Assinatura
Carlos Henrique Santana da Cruz	58.780.735-0	
Daniel Nascimento de Oliveira	62.792.965-5	
Jader Cândido Garcia	32.498.641-5	
Marcelo Manini Pesse	40.491.163-8	

Anexo C – Declaração de Autenticidade



Etec “Prof.ª Anna de Oliveira Ferraz”

DECLARAÇÃO DE AUTENTICIDADE

Nós, alunos abaixo assinados, regularmente matriculados no curso **Técnico em Eletromecânica** na **ETEC “Prof.ª Anna de Oliveira Ferraz”**, declaramos ser os autores do texto apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso com o título **“DESENVOLVIMENTO DE PROJETO PARA AUTOMAÇÃO DO CULTIVO DE HORTALIÇAS”**.

Afirmamos, também, ter seguido as normas da ABNT referente às citações textuais que utilizamos, dessa forma, creditando a autoria a seus verdadeiros autores (Lei n.9.610, 19/02/1998).

Através dessa declaração damos ciência da nossa responsabilidade sobre o texto apresentado e assumimos qualquer encargo por eventuais problemas legais, no tocante aos direitos autorais e originalidade do texto.

Araraquara, 22 de novembro de 2023.

Nome	RG	Assinatura
Carlos Henrique Santana da Cruz	58.780.735-0	
Daniel Nascimento de Oliveira	62.792.965-5	
Jader Cândido Garcia	32.498.641-5	
Marcelo Manini Pesse	40.491.163-8	