



DEPARTAMENTO DE ENSINO
CURSO TÉCNICO EM ELETROMECAÂNICA – FORMA INTEGRADA

ANA VITÓRIA DA ANUNCIAÇÃO CALMON
ERIK DA CONCEIÇÃO DOS SANTOS
JAIME DE ASSIS NETO
LUAN LEVI FRAGA SANTANA

ESTUFA AUTOMATIZADA PARA APARTAMENTOS

Santo Amaro – BA

2022

ANA VITÓRIA DA ANUNCIACÃO CALMON
ERIK DA CONCEIÇÃO DOS SANTOS
JAIME DE ASSIS NETO
LUAN LEVI FRAGA SANTANA

ESTUFA AUTOMATIZADA PARA APARTAMENTOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do grau Técnico de Nível Médio em Eletromecânica do Instituto Federal da Bahia Campus Santo Amaro.

Orientador: Mestre Luís Alves Correia Filho

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

E829 Estufa automatizada para apartamentos. / Ana Vitória da Anunciação Calmon ... [et al.].
– Santo Amaro, 2022.
71 f.: il. algumas color.

Orientador: Prof. Me. Luís Alves Correia Filho

Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Eletromecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Santo Amaro, 2022.

1. Automação residencial. 2. Horticultura. 3. Estufas para cultivo – Automação. 4. Arduino (Controlador programável). 5. Controle de temperatura. 6. Solos – Umidade. I. Calmon, Ana Vitória da Anunciação. II. Santos, Erik da Conceição dos. III. Assis Neto, Jaime de. IV. Santana, Luan Levi Fraga. V. Correia Filho, Luís Alves (Orientador). VI. Instituto Federal da Bahia.

CDU 681.5:631.544.4

ESTUFA AUTOMATIZADA PARA APARTAMENTOS

ANA VITÓRIA DA ANUNCIAÇÃO CALMON


ERIK DA CONCEIÇÃO DOS SANTOS

JAIME DE ASSIS NETO

LUAN LEVI FRAGA SANTANA


Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso Técnico em Eletromecânica do Instituto Federal da Bahia Campus Santo Amaro, como parte de requisitos necessários à obtenção do grau de Técnico de Nível Médio em Eletromecânica.

Aprovado em 30 / 11 / 2022, por:



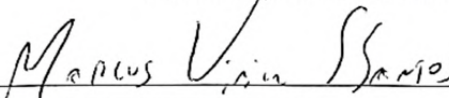
Professor: Me. LUÍS ALVES CORREIA FILHO

Orientador



Professor: Esp. WASHINGTON LUIZ CORREIA TEIXEIRA

IFBA Campus Santo Amaro



Professor: Dr. MARCUS VINICIUS SILVA SANTOS

IFBA Campus Santo Amaro

Santo Amaro - BA

2022

DEDICATÓRIA

À todos que torceram por nós durante esta jornada. Em especial, nossos pais, que nos apoiaram e ajudaram a chegar aqui. E também, a alguns de nossos professores, os quais foram verdadeiros mestres ao longo de nossa jornada até aqui [...]

AGRADECIMENTOS

[...]

Primeiramente, a Deus. Agradecemos, também, a todos aqueles que nos ajudaram, e nos apoiaram durante o processo de construção desse projeto de conclusão de curso. A todos professores que se dispuseram a nos ajudar e que nos ensinaram, em especial ao nosso orientador, Luis Correia e ao professor Thiago Souto, que nos ajudou em diversos aspectos. Também, ao professor Washington Teixeira, que disponibilizou uma fonte para a construção da estufa. E a Jaime de Assis, avô de um dos integrantes da equipe, e a Maria Fraga, avó de outro integrante do grupo, que auxiliaram na construção da base e estrutura da estufa. Agradecemos também a nossa instituição, o IFBA campus Santo Amaro, que nos cedeu diversos materiais que foram necessários para a construção da estufa.

EPÍGRAFE

“Não creio que haja uma emoção, mais intensa para um inventor do que ver suas criações funcionando. Essa emoção faz você esquecer de comer, de dormir, de tudo”.

-Nikola Tesla

Resumo do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Eletromecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus Santo Amaro como parte dos requisitos para obtenção do grau Técnico de Nível Médio em Eletromecânica.

ESTUFA AUTOMATIZADA PARA APARTAMENTOS

2022

Curso Técnico em Eletromecânica – IFBA Campus Santo Amaro

O cultivo de hortaliças em ambientes protegidos possibilita um nível amplo de produtividade e qualidade referente a ambientes abertos, isso é devido a ter um maior controle de parâmetros importantes para o cultivo, como por exemplo: temperatura e umidade. Este trabalho tem por finalidade a criação de uma estufa automatizada para apartamentos, já que, a maioria das estufas existentes são de grande porte, sendo assim inviável para aqueles que moram em apartamentos ou locais pequenos. Por isso, sua dimensão é menor do que a convencional, para permitir uma maior acessibilidade desse grupo a uma estufa. O presente trabalho acadêmico, faz a utilização do arduino uno para fazer a automação da estufa, utilizando sensores juntamente com atuadores para fazer com que isso seja possível. Dessa forma, os estudos foram direcionados para o campo que envolve a construção de uma estufa automatizada, isto é, sensores, irrigação, dimensões e coberturas. Além das necessidades básicas de uma hortaliça, mostrando qual a melhor faixa de temperatura e umidade para o desenvolvimento da mesma.

Palavras chaves: Estufa automatizada, arduino, controle de temperatura e controle de umidade do solo.

Abstract of the Final Course Paper to the Curso Técnico em Eletromecânica presented at Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – Campus Santo Amaro as part of the requirements for obtaining the Medium Level Technical degree in Electromechanics.

AUTOMATED GREENHOUSE FOR APARTMENTS

2022

Curso Técnico em Eletromecânica – IFBA Campus Santo Amaro

The cultivation of vegetables in protected environments allows a wide level of productivity and quality regarding open environments, this is due to having a greater control of important parameters for the cultivation, such as: temperature and humidity. This paper aims to create an automated greenhouse for apartments. Since most existing greenhouses are large, thus unfeasible for those who live in apartments or small places. Therefore, its size is smaller than the conventional one, to allow greater accessibility of this group to a greenhouse. The present academic work uses arduino uno to automate the greenhouse, using sensors together with actuators to make this possible. Thus, the studies were directed to the field that involves the construction of an automated greenhouse, that is, sensors, irrigation, dimensions, covers, etc. As well as the basic needs of a vegetable, showing the best temperature and humidity range for its development.

Keywords: Automated greenhouse, arduino, temperature control, soil moisture control.

LISTA DE IMAGENS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1 - Sensor de umidade do solo..... | 21 |
| FIGURA 2 - Projeto inicial estufa..... | 22 |
| FIGURA 3 - LCD..... | 23 |
| FIGURA 4 - Módulo I2C..... | 24 |
| FIGURA 5 - Módulo I2C no circuito..... | 24 |
| FIGURA 6 - Protoboard..... | 25 |
| FIGURA 7 - Impressoras 3D..... | 26 |
| FIGURA 8 - Gráfico comparativo, controle PID..... | 27 |
| FIGURA 9 - Gráfico de controle on/off..... | 27 |
| FIGURA 10 - Estrutura da estufa..... | 31 |
| FIGURA 11 - Base de madeira..... | 32 |
| FIGURA 12 - Dimensões da estufa sem a base: Frontal..... | 33 |
| FIGURA 13 - Dimensões da estufa sem a base: Lateral..... | 33 |
| FIGURA 14 - Estufa com controle de temperatura automatizada..... | 33 |
| FIGURA 15 - Circuito do TMP..... | 34 |
| FIGURA 16 - Fluxograma da lógica dos LEDS..... | 35 |
| FIGURA 17 - Diagrama de blocos da lógica do controle da temperatura..... | 35 |
| FIGURA 18 - Modelo da irrigação por gotejamento da estufa..... | 36 |
| FIGURA 19 - Circuito da válvula solenóide..... | 37 |
| FIGURA 20 - Especificações da válvula solenóide | 37 |
| FIGURA 21 - Fluxograma da lógica do controle da umidade do solo..... | 38 |
| FIGURA 22 - Fonte 12V..... | 39 |
| FIGURA 23 - Especificações da fonte 12V..... | 39 |
| FIGURA 24 - Adaptador fêmea: frontal..... | 40 |
| FIGURA 25 - Adaptador fêmea: Lateral..... | 40 |
| FIGURA 26 - Fonte 5V..... | 40 |
| FIGURA 27 - Especificações da fonte 5V..... | 40 |
| FIGURA 28 - Disposição das plantas..... | 41 |
| FIGURA 29 - Teste do LCD..... | 43 |
| FIGURA 30 - Teste do sensor de umidade..... | 44 |
| FIGURA 31 - Teste do LM35..... | 44 |

| | |
|---|----|
| FIGURA 32 - Teste da válvula solenóide: Com fonte..... | 45 |
| FIGURA 33 - Teste da válvula solenóide com arduino..... | 45 |
| FIGURA 34 - Teste da válvula solenóide: circuito completo..... | 46 |
| FIGURA 35 - Processo de desencapar os fios..... | 47 |
| FIGURA 36 - Fios desencapados do cooler..... | 47 |
| FIGURA 37 - Modelo do cotovelo triplo do <i>thingiverse</i> | 48 |
| FIGURA 38 - Aperto das porcas..... | 49 |
| FIGURA 39 - Porcas da impressora..... | 49 |
| FIGURA 40 - Caixa do filamento..... | 49 |
| FIGURA 41 - Impressora 3D com modelo do cotovelo triplo..... | 49 |
| FIGURA 42 - Cotovelo triplo impresso..... | 50 |
| FIGURA 43 - Cooler..... | 50 |
| FIGURA 44 - Cotovelos triplos unindo os tubos..... | 51 |
| FIGURA 45 - Parafusos da base..... | 51 |
| FIGURA 46 - Estrutura principal da estufa..... | 52 |
| FIGURA 47 - Furo da passagem de sensores..... | 52 |
| FIGURA 48 - Furo da passagem de sensores: Com fios..... | 53 |
| FIGURA 49 - Furo da passagem da mangueira..... | 53 |
| FIGURA 50 - Mangueira passando..... | 53 |
| FIGURA 51 - Sistema de irrigação..... | 54 |
| FIGURA 52 - Furo da mangueira..... | 55 |
| FIGURA 53 - Terra na estufa..... | 55 |
| FIGURA 54 - Plástico da base..... | 56 |
| FIGURA 55 - Sementes plantadas..... | 56 |
| FIGURA 56 - Corte da cobertura..... | 57 |
| FIGURA 57 - Colagem da cobertura..... | 57 |
| FIGURA 58 - Cobertura aplicada..... | 57 |
| FIGURA 59 - Cobertura com zíper..... | 58 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| TABELA 1 - Comparação sensores..... | 18 |
| TABELA 2 - Materiais para a construção da estufa..... | 28 |
| TABELA 3 - Dimensões da estufa..... | 32 |
| TABELA 4 - Legenda da Disposição das plantas | 41 |

Sumário

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 1.1 APRESENTAÇÃO..... | 14 |
| 1.2 JUSTIFICATIVA..... | 14 |
| 1.3 OBJETIVOS..... | 16 |
| 1.3.1 Geral..... | 16 |
| 1.3.2 Específicos..... | 16 |
| CAPÍTULO 2: REVISÃO DA LITERATURA..... | 17 |
| CAPÍTULO 3: MATERIAIS E METODOLOGIA..... | 28 |
| 3.1. MATERIAIS..... | 28 |
| 3.2. METODOLOGIA..... | 31 |
| CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 43 |
| CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES..... | 59 |
| SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS..... | 60 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 62 |
| APÊNDICE A - CÓDIGO DE FUNCIONAMENTO..... | 68 |
| ANEXO A- MODELO DO COTOVELO TRIPLO..... | 71 |

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

Segundo Purquerio e Tivelli (2006), cultivos em ambientes protegidos permitem o controle das condições atmosféricas às quais a planta está submetida. Isso por sua vez resulta em maior produtividade - que pode ser até 3 vezes maior em comparação com a produção em campo aberto - além de qualidade superior das frutas ou hortaliças. No entanto, a maior parte das estufas agrícolas para cultivo fechado são de grande porte para produção em massa. Ter uma estufa desse tamanho em casa não é algo viável, ainda mais para as pessoas que moram em apartamentos, as quais, no geral, tem espaço mais reduzido que uma casa.

De acordo com o IBGE, cerca de 10 milhões de brasileiros moram em apartamentos. Dessa forma, é preciso buscar uma solução que possa permitir a tais pessoas fazer cultivo de hortaliças no ambiente de suas casas, tais como cebolinha, coentro, alface, couve, pimenta de cheiro, orégano, manjeriço, agrião. Através do uso de tecnologias e da automatização feita com arduino, pretende-se achar uma solução para esse problema. Segundo Kayoko (2019), a automatização de uma estufa é uma forma boa de melhorar a eficiência do cultivo. Dessa forma, utilizou-se o arduino, juntamente com o sensor de temperatura, o LM35, que controlam o cooler. Além do sensor de umidade do solo que é responsável por acionar a válvula solenóide. Com esses aparatos foi possível deixar a estufa automatizada, consequentemente mais eficiente.

1.2 JUSTIFICATIVA

Existe uma série de benefícios em cultivar plantas dentro de uma estufa. De acordo com Radin (2004), o alface, quando cultivado em estufas, têm o tempo de amadurecimento menor, comparado com plantas que crescem fora de uma estufa. Além de apresentar maior tamanho, tendo folhas mais bonitas e em maior quantidade também.

Segundo Bezerra (2003), hortaliças cultivadas em canteiros ao ar livre podem apresentar vários problemas desde o germinar da semente até a fase adulta da planta. Como ataque de pragas, infecções por doenças e até danos causados na estrutura das plantas durante seu manejo. Por outro lado, quando cultivadas em ambientes protegidos, as hortaliças têm um maior número de sementes plantadas que resultam em mudas, podem ser colhidas mais rapidamente, e entre outros benefícios.

Uma pesquisa realizada pela ANVISA-PARA (2019) aponta que 27% dos produtos agrícolas apresentam traços de agrotóxicos com uma quantidade permitida. E 23% tem uma quantidade acima do permitido ou com a presença de algum agrotóxico não permitido por eles. Ademais, sabe-se dos diversos malefícios que os agrotóxicos podem provocar, como por exemplo: câncer, neoplasia no cérebro, distúrbios respiratórios (LOPES, 2018), e com o uso de uma estufa automatizada é possível reduzir ou até mesmo eliminar a necessidade de agrotóxicos (BERTICELLI, 2018).

As hortaliças, além de serem costume nas refeições da maioria dos brasileiros, são muito importantes para uma boa saúde. Segundo Penato (2007), uma das formas de reduzir as chances de se obter um câncer é através de uma boa alimentação, a qual inclui, indispensavelmente, hortaliças. Por isso, um outro ponto importante dessa estufa é a variedade de hortaliças presentes nela já que na maioria das estufas é feita a monocultura, e na estufa residencial a função é auxiliar uma família com o máximo possível de diversidade de plantas.

Atualmente existe uma longa e complexa cadeia logística na disponibilização de alimentos orgânicos (SILVA, 2018). Isso acaba gerando maior custo durante o processo de venda e produção. Entretanto com a produção individual, permitida por essa estufa, tal mercado passa a ser menos sobrecarregado.

É fato que a busca por alimentos orgânicos vem se intensificando, e a pesquisa feita pela Organix juntamente com o instituto Brain e o estudo do ASSERJ comprova isso (ASSERJ, 2018; ORGANIX, 2020). Os produtos orgânicos são benéficos à saúde, entretanto a pesquisa elucida que 27% dos que não consomem fazem isso por não encontrarem produtos orgânicos à venda, e 47% dos participantes disseram que é difícil ou muito difícil achar tais alimentos (ORGANIX, 2020). Ao passo que, a estufa residencial é capaz de permitir maior acessibilidade a esses produtos.

Outro ponto que vale ser salientado é o de que tal cultivo proporciona uma cultura mais “verde” e inclusiva (SICREDI, 2020). A agricultura familiar é possibilitada até para pessoas que moram em apartamentos. Isto culmina num ganho para o país, como é evidenciado por Sicredi “os países desenvolvidos têm, na agricultura familiar, um pilar do seu dinamismo econômico e a saudável distribuição da riqueza nacional”, e essa prática também pode ser incluída em países subdesenvolvidos (SICREDI, 2020, p.1).

Foi nessa perspectiva que os estudos foram direcionados, com o intuito de formatar um modelo ideal de estufa. Nesse contexto, é importante evidenciar que o diferencial da

confeção dessa estufa sugerida aqui é o seu tamanho dimensional reduzido, pensado para pessoas que querem cultivar hortaliças, porém não dispõe de um espaço para colocar uma estufa de tamanho convencional.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi construir uma estufa automatizada para que pessoas em apartamento possam cultivar hortaliças em suas próprias residências, sem depender de comprar alimentos que possam estar contaminados com agrotóxicos, permitindo assim uma vida mais saudável às pessoas.

1.3.1 GERAL

Construir uma estufa automatizada para apartamentos.

1.3.2 ESPECÍFICOS

1. Planejar a estrutura e as dimensões dessa estufa;
2. Projetar o sistema eletroeletrônico de controle de temperatura e umidade do solo da estufa;
3. Desenvolver uma programação para o funcionamento dos sensores, a partir do arduino IDE;
4. Construir a estufa automatizada.

CAPÍTULO 2: REVISÃO DA LITERATURA

A estufa apresentará uma estrutura de paralelepípedo reto retângulo, semelhante ao formato da estufa apresentada por Kayoko (2019). Em geral a parte superior da estufa é em forma de arco, pelo fato da estrutura ser aerodinamicamente favorável, entretanto não será necessário ter um teto que suporte ventos pois esta é uma estufa com menos área de contato e como ela ficará em apartamentos, logo estará sujeita a menos ação do vento (Kayoko, 2019). Toda sua estrutura será montada utilizando tubo PVC (policloreto de vinila) e polietileno transparente. A escolha do polietileno transparente é por conta dele permitir menor incidência de radiação solar, o que diminui o efeito estufa dentro do ambiente protegido (BURIOL, et al. 1995).

O monitoramento da atmosfera dentro de estufas agrícolas é um fator muito importante, pois a partir do monitoramento da temperatura e da umidade do ar, será possível evitar a ocorrência de diversos problemas que atrapalharam o desenvolvimento das hortaliças, cada espécie tem um padrão de cultivo específico para seu melhor desenvolvimento (CARDOSO, 2010).

As dimensões da estufa foram pensadas de forma a possibilitar que a estufa possa ficar na janela de um apartamento, que costuma ter 1m de largura e 0,65m de altura, segundo a NBR 10831, da ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. Além disso, foram definidas levando em conta sua adaptabilidade, já que o objetivo do projeto é que possam ser plantados diferentes tipos de hortaliças nela. Entre os critérios considerados para definir as medidas se encontram a área que cada muda de determinada hortaliça ocupa, sua altura máxima e a distância entre uma muda para outra (ABNT, NBR, 10831/1989).

Se tratando da parte eletrônica da estufa, há diversos sensores de temperatura dentro do mercado. Sendo que dentro do contexto da eletrônica os mais comuns são os DHTs, LMs, DS18B20 e os TMP (MARTINAZZO; ORLANDO, 2016). Cada um deles apresenta vantagens e desvantagens, e a escolha de qual o melhor sensor varia de acordo com a aplicação. Existem variações da família dos sensores, que é representada pelos números que seguem o modelo, cada número representa uma faixa diferente de escala, que pode ser: Kelvin, Celsius ou Fahrenheit, conforme os seus datasheets. Claro que através da conversão de unidade, pode-se usar, por exemplo, um sensor em Celsius para se ler em Kelvin, com a devida conversão pode apresentar os valores em Celsius. A TABELA 1 apresenta alguns sensores com as suas respectivas escalas padrão.

TABELA 1 - Comparação de sensores

| MODELO | ESCALA |
|---------------|---------------|
| LM34 | Fahrenheit |
| LM335 | Kelvin |
| LM35 | Celsius |
| TMP 35 | Fahrenheit |
| TMP 36 | Kelvin |
| TMP 37 | Celsius |

Fonte: Autoral.

Em termos de custos, o preço dos sensores é praticamente o mesmo, variando numa faixa de 10 a 14 reais. Entretanto, quando se fala na faixa de leitura suportada por eles, as diferenças ficam mais destoantes. O LM35 opera entre -55 e 150 °C, já o TMP opera entre -40 e 125 °C enquanto que o DS18B20 atua de -55 °C até 125 °C, dados esses segundo os datasheets de cada sensor (MARTINAZZO; ORLANDO, 2016). Nota-se que o LM é aquele que suporta de temperaturas das mais baixas até as mais altas, além de apresentar o maior espectro de leitura, e que o TMP é o que tem a menor faixa de operação. Além disso, cada sensor tem a sua taxa de precisão, o desvio padrão dos TMPs é de $\pm 2\%$, e os LMs e o DS18B20 apresentam a menor taxa de variação entre eles, que é a de $\pm 0,5\%$ de desvio (LOPES, 2017).

Ainda o LMP, tem a vantagem de não necessitar de calibração, como apontado por Claodomir (2016). Os DHTs tem o benefício de além de medir a temperatura, também mede a umidade relativa do ar e o ponto de orvalho. Já o DS18B20 tem como ponto positivo ser digital, o que otimiza o tempo de resposta dele, conforme trazido por Orlando e Martinazzo (2016). E os TMPs têm a vantagem de ter os níveis de tensão operacional de $2,7$ V a $5,5$ V.

Ademais, a montagem desses sensores é bem semelhante, segundo o seu datasheet, todos os sensores fazem, basicamente, as mesmas ligações. O terminal central é conectado a uma porta analógica, ou digital (DS18B20), por onde enviará os dados recebidos (MARTINAZZO; ORLANDO, 2016). O terminal da esquerda é conectado ao 'GROUND' do

arduino e o terminal direito fica conectado aos 5V, de onde será alimentado. Em resumo as vantagens do LM35 são: Ter alta precisão de leitura, possuir escala variável, podendo medir em graus Celsius, Kelvin e Fahrenheit e é fácil de ser programado. E sua principal desvantagem é ser sensível a interações eletromagnéticas.

De acordo com as suas especificações técnicas, o sensor LM35 é um sensor de precisão que fornece uma saída de tensão linear referente a temperatura. Esse sensor apresenta a vantagem de realizar medições na escala Celsius, um sinal de 10mV equivale a 1°C. O sensor LM35 pode fazer medições com variações de apenas 0,25°C, além de dispensar calibrações externas para funcionar. Além de todas essas vantagens o sensor LM35 é muito versátil, já que pode ser alimentado tanto de forma simples quanto simétrica, a depender do sinal de saída desejado. Também não é comum esse sensor apresentar superaquecimento, devido ao fato de que sua alimentação precisa apenas de 60 microamperes para funcionar. Tudo isso torna o custo benefício desse sensor bem atraente (MARTINAZZO; ORLANDO, 2016).

Outro componente necessário na estufa é o relé, que é um dispositivo elétrico que atua com um interruptor, o mesmo, funciona no momento que é alimentado por uma corrente elétrica que aciona um eletroímã presente em seu interior (LOPES, 2017). Segundo Freitas e Silva (2018), após o eletroímã ser acionado, o próprio realiza alterações na posição de um outro par de contadores que estão presentes em outro circuito ou comando secundário (DA SILVA; FREITAS, 2018). Nesse modelo de estufa proposto será utilizado o Módulo relé, que terá a função de acionar o cooler presente no interior da estufa. Além de acionar a válvula solenóide dentro do controle da umidade do solo.

Cada planta necessita de uma temperatura ambiente específica para que possa se desenvolver completamente (NASCIMENTO, 2011). Porém, é possível que surjam problemas durante o cultivo, que se relacionam às temperaturas muito elevadas exercidas pela atmosfera em volta da estufa. Para a solução desses problemas, as medições da temperatura realizadas pelo sensor LM35 são utilizadas, onde através das informações obtidas pelo sensor, o equipamento de controle de temperatura, o cooler, começa a exercer sua função, tornando a temperatura da estufa adequada para o cultivo das hortaliças (BACON, 2020).

Segundo Amaro (2007) a maioria das hortaliças se desenvolve melhor sobre uma faixa de 18°C a 22°C, porém há hortaliças que precisam de temperaturas um pouco mais elevadas para o seu bom desenvolvimento. O Cooler tem como função diminuir a temperatura no interior da estufa. O modelo de cooler “Fan 120mm Kp-Vr309 Knup” é ideal para os

parâmetros da estufa em específico, pois sua tensão de trabalho de 5 Volts dispensa o uso de adaptadores (MORAES, 2019). Dentro da estufa, ele será disparado por um relé assim que for constatado pelo sensor que a temperatura está fora dos padrões, e ficará ligado até que a temperatura volte à normalidade, a fim de restaurar a temperatura ideal do local (RALL, 2019).

Com relação a irrigação, sabe-se que alguns tipos de irrigação demandam uma quantidade expressiva de recursos financeiros e hídricos, contudo existem dois modelos que segundo Sousa e Mastura (2004) e Conceição (2004) são de menor demanda de recursos hídricos, são eles: irrigação por microaspersão e gotejamento. Pode-se afirmar que esses modelos não são ideais para o cultivo de hortaliças em ambiente aberto, isto é, exposto ao clima, pois as adversidades climáticas como por exemplo: o vento, pode dispensar o foco da água, dessa forma realiza a irrigação de maneira correta, porém, são muito bons quando utilizados em sistemas de cultivo em ambiente controlado. Por exemplo, esse sistema de irrigação consegue diminuir o desperdício de recursos hídricos, e também consegue levar adubo até as hortaliças (BOAS; et al., 2011). Na estufa, foi usada uma mangueira conectada a uma torneira, e o fluxo de água será controlado por uma válvula solenóide. Esse conjunto garantirá o sistema de irrigação conhecido como gotejamento. Essa técnica tem um elevado custo quando referente a grandes escalas de produção agrícolas, contudo, à medida que a escala de produção é reduzida os custos operacionais também são reduzidos.

A irrigação por gotejamento é um sistema fixo, cujo custo elevado limita seu uso para culturas nobres, com alta capacidade de retorno. Além disso, exige alto investimento em obras e aquisição de equipamentos para captação, condução, controle e distribuição da água, devendo ser considerados gastos com energia e mão-de-obra para operação e manejo do sistema, que representam importantes custos adicionais à produção. (SILVA, et al. 2003, p. 38)

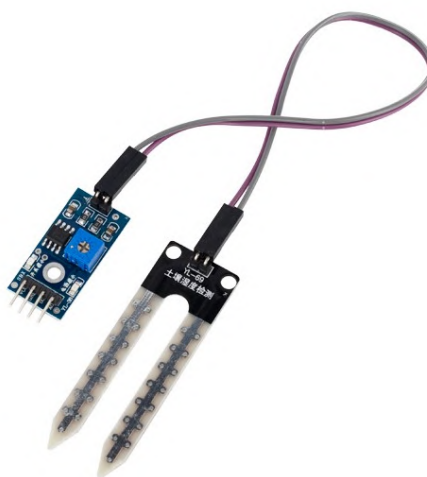
Segundo Marouelli (2005) as cebolas são sensíveis ao déficit hídrico, assim como a maioria das hortaliças, tendo sua faixa ideal de umidade do solo entre 70% a 100%. Dessa forma, o controle deve ficar entre essas duas faixas de umidade para um melhor desenvolvimentos das hortaliças. Essa é uma tecnologia de controle de irrigação que utiliza o arduino para realizar essa operação. Esse tipo de sistema serve para automatizar o processo de irrigação, dispensando dessa forma a intervenção de pessoas para realizar a ação sempre que necessário, evitando assim a dependência humana. Essa tecnologia resolveria problemas de desperdícios de água, uma vez que, só seriam acionados quando fosse preciso, ou seja,

quando os sensores detectarem que o solo está seco. Vale ressaltar que essa tecnologia é de programação simples, fazendo com que se torne viável a utilização na estufa.

O sensor de umidade do solo é um sensor de comparador de tensão. Nele existe um amplificador operacional LM393. Sua leitura é feita da seguinte forma: primeiramente o sensor manda uma corrente que irá passar de uma haste para o solo e em seguida volta para a outra haste, que também se encontra inserida no solo (EDUARDO, 2021). Desse modo, quanto mais umidade existir no solo menor será a resistência que a corrente enfrentará, vale ressaltar que o inverso também é verdade. Assim, em conformidade com a primeira lei de Ohm, que diz que a tensão (V) é igual ao produto da resistência (R) com a corrente (I). É possível notar que a tensão é diretamente proporcional a resistência e a corrente do circuito. Ademais, a primeira lei de Ohm pode ser transcrita como: $V = R \times I$. Consequentemente, a tensão será inversamente proporcional à umidade do solo, conforme Eduardo (2021).

Neste sensor, a leitura pode ser feita através da porta analógica ou da digital do Arduino. No caso de se utilizar a porta digital, será necessário fazer um ajuste manual no trimpot com uma chave, que é a parte que se assemelha a um parafuso, e a leitura será 0V ou 5V (LOPES, 2017). E se a escolha for lidar com a porta analógica, não haverá essa necessidade, e os valores lidos vão de 0 a 1023. Além disso, esse sensor é dividido em duas partes, que são conectadas por fios, como é exposto na FIGURA 1. Sendo que, a primeira delas é a haste que fica inserida na terra, e a segunda parte é onde terá o processamento dos dados, e este envia as informações para o arduino.

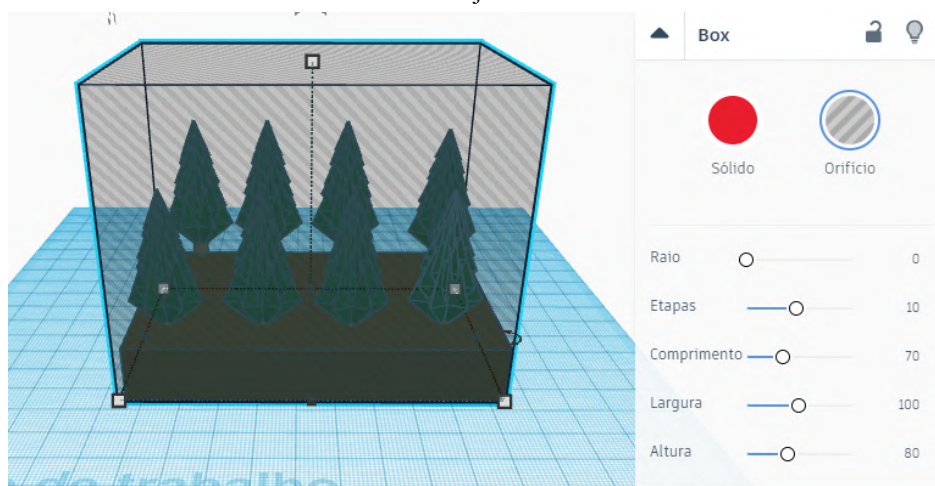
FIGURA 1- Sensor de umidade do solo



Fonte: Arducore.

Outro componente necessário para a estufa é a válvula solenóide. Essas válvulas são basicamente uma válvula eletrônica. Além disso, se diferenciam pelo seu material de fabricação, tensão de entrada, diâmetro e o estado natural delas. Existem dois tipos de válvulas solenóides quanto ao estado, a normalmente aberta e a normalmente fechada, no caso da segunda, ela tende a ficar fechada a não ser que receba uma tensão que a abrirá. Sendo que a válvula solenóide que será utilizada é a de 12V, de 1/2" normalmente fechada de plástico (Silva e Lago, 2002). Dentro do sistema da estufa ela fica conectada com o relé, que passará se é necessário que ela abra ou permaneça fechada. Outro ponto importante é que a mangueira que a válvula estará conectada é a mesma que é responsável pelo sistema de gotejamento.

FIGURA 2 - Projeto inicial estufa



Fonte: Autoral.

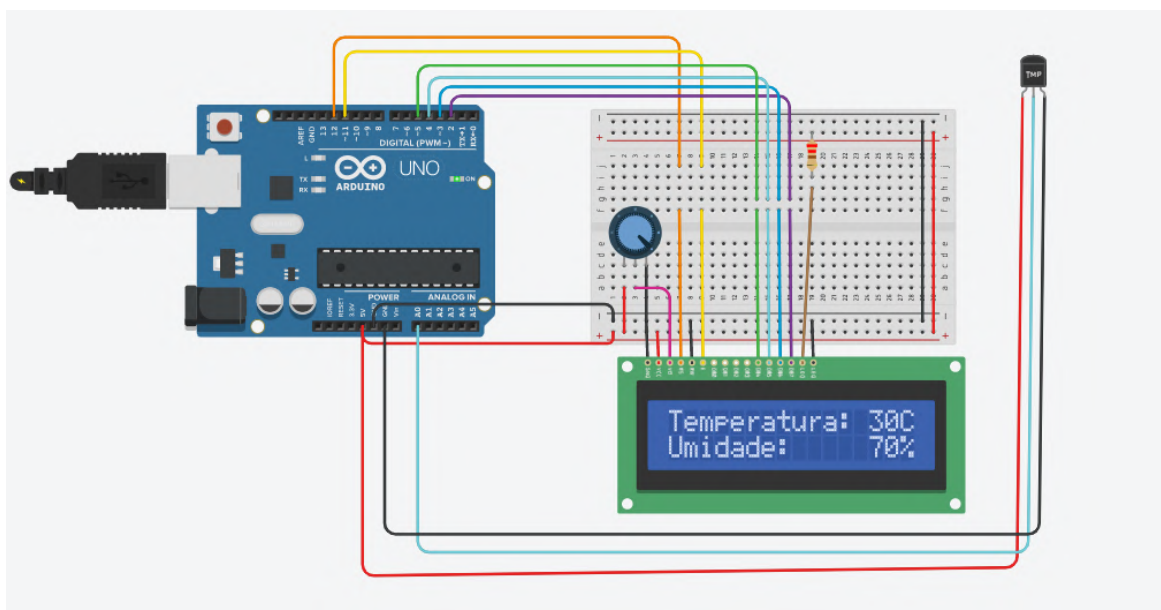
Como se trata de estufa cujos controles de seus parâmetros são feitos de forma automatizada, a mesma precisa ser alimentada por uma tensão específica. A tensão que será fornecida pode ser obtida em uma tomada residencial convencional. A alimentação da estufa tem como objetivo, assegurar o funcionamento de todos os sensores e aparatos eletrônicos que compõem a estufa, isto é, cooler, sensor de umidade, temperatura, relé e até o próprio arduino.

Diante disso, será necessário alimentar o circuito com uma fonte de alimentação de todos os circuitos da estufa. A fonte ajustável para protoboard foi a escolhida para auxiliar nisso. Essa alternativa também foi utilizada no trabalho de Aurea (2021), o que dá respaldo para usar esse dispositivo também (DE JESUS, 2021).

A placa LCD, *Liquid Crystal Display*, (display LCD 16x4) é uma tecnologia que ajuda na automatização, inclusive nas de estufas. Através dela é possível visualizar informações referentes às condições presentes na estufa, por exemplo: temperatura do

ambiente e umidade do solo (PUHLMANN, 2015). Esse LCD fica conectado com o arduino, e as informações dos sensores que estão ligados com o arduino serão transmitidos para essa placa. Ela fica localizada na parte frontal da estufa e apresentará a temperatura do ambiente e a umidade do solo da estufa. Esse modelo foi realizado, também, por Kayoko em sua pesquisa (KAYOKO, 2019). A FIGURA 3, apresenta as ligações do circuito de ligação do LCD já conectado a um sensor de temperatura e simulando o seu funcionamento.

FIGURA 3- LCD



Fonte : Autoral.

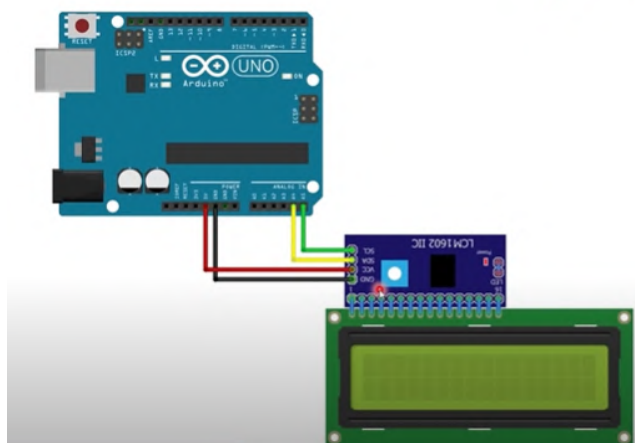
O módulo I2C, FIGURA 4, é usado junto com o display de LCD, para que se possa utilizar menos portas do que se precisaria, em geral o LCD usa 10 portas de dados, como é exibida na FIGURA 3, assim ocupando boa parte das portas do arduino, contudo, o I2C muda isso pois com ele só será preciso 2 portas de dados, a A5 e A4 do arduino UNO de acordo com o diagrama de pinos (LEMOS, 2017). O LCD que será usado na estufa já vem acoplado com I2C. A FIGURA 5 mostra como fica a ligação do LCD, com o módulo, no arduino e evidenciada.

FIGURA 4- Módulo I2C



Fonte : Baú da eletrônica

FIGURA 5- Módulo I2C no circuito



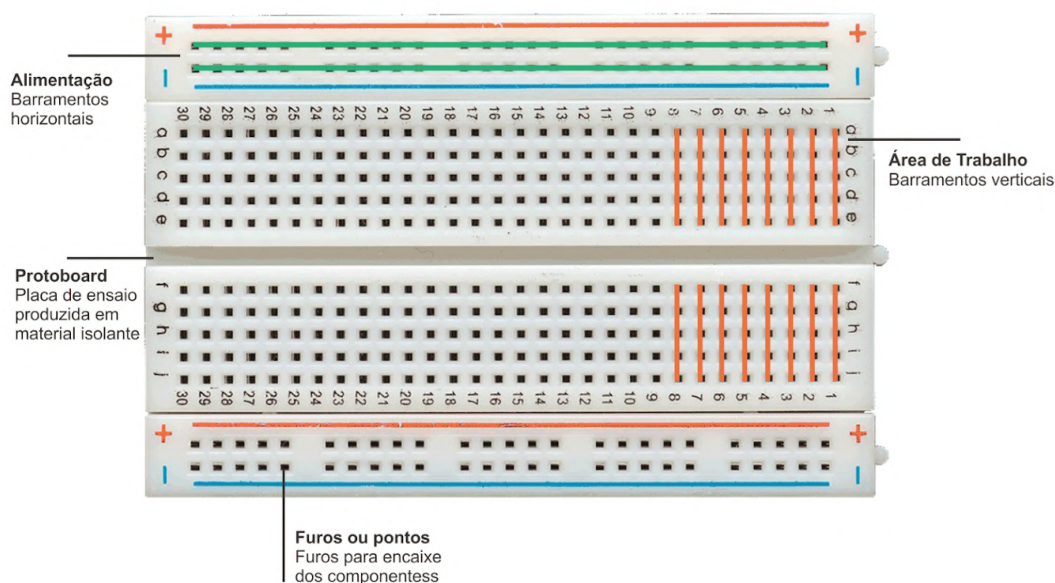
Fonte: Brincando com idéias

Um dos pontos importantes a se tratar é a escolha do microcontrolador do sistema automatizado. Atualmente existem diversos microcontroladores tais como o Intel MCS, o pic e o Atmel AVR, segundo Matheus Cardoso (2020). Ao longo da pesquisa foi notado que em diversos trabalhos de estufas automatizadas o arduino foi utilizado, como no trabalho de Kayoko (2019), Barbosa (2022) e Fernandes (2017). O arduino possui o Atmel AVR como microcontrolador. Isso deu base para o arduino também ser usado nesse trabalho. Esse equipamento é um tipo de computador pequeno onde se pode programá-lo para controlar as entradas e saídas dele (MCROBERTS, 2018). Sendo que, esse processo de programação costuma a ser feito num *software* chamado Arduino IDE, Arduino, S.A. (2015).

Segundo Mota (2018) a protoboard é uma placa de ensaio que contém diversos furos dispostos pela sua superfície, que por vez, pode ser utilizado para confeccionar protótipos de

projetos e até mesmo ensaiar circuitos. A FIGURA 6 apresenta como é basicamente a estrutura funcional de uma protoboard. Com isso é possível notar que nas extremidades tem 2 fios na horizontal, e na parte central tem vários fios na vertical. Quando algum componente é conectado em um furo da placa é como se ele se conectasse aos fios que estão embaixo deles.

FIGURA 6 -Protoboard



Fonte: Portal vida de silício

Além disso, para a criação de algumas peças será necessário uma impressora 3D FIGURA 7, tais como a caixa do cooler e os cotovelos triplos. De acordo com Hausman e Horne

As impressoras 3D são muito parecidas com as impressoras que imprimem textos, cópias de documentos, onde estas recebem um documento eletrônico transmitido pelo computador. A diferença básica é que a impressora 3D cria um objeto sólido tridimensional a partir de uma variedade de materiais, e não apenas um simples papel documento. (apud Ritter, 2014, p. 15).

FIGURA 7- Impressoras 3D

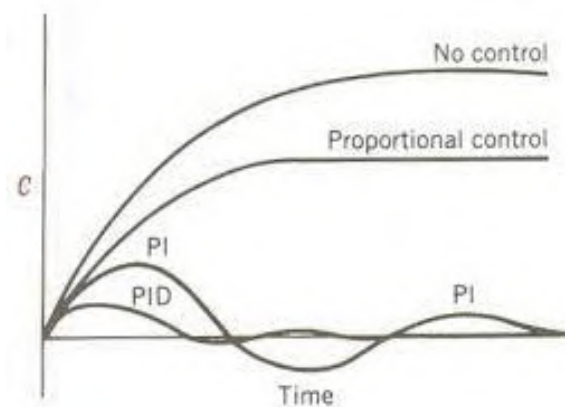


Fonte : Autoral.

Ainda, sabe-se que com a diversidade de plantas da estufa ocorre a saída da monocultura, muito empregada em estufas. A policultura, o desenvolvimento de espécies diversas em um mesmo ambiente, traz vantagens para o desenvolvimento da planta tais como a melhora do potencial produtivo das plantas, a ciclagem de nutrientes, redução da necessidade de insumos, dentre outras (NASCIMENTO; et al, 2022).

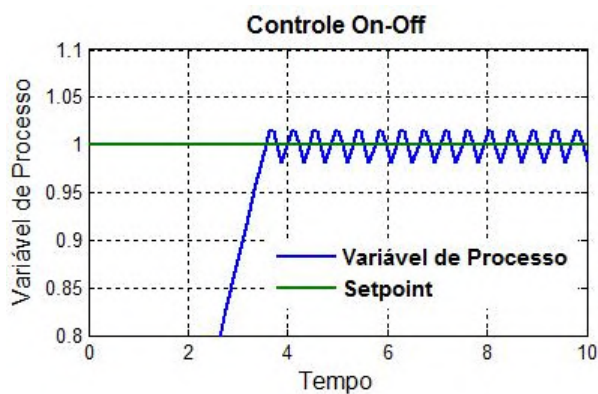
Em relação ao controlador presente na estufa, o proporcional integral derivado ou PID será aplicado para o controle da temperatura, e ele consiste em ser uma algoritmo matemático que irá controlar as variáveis, temperatura e umidade do solo, do sistema (SUZUKI, 2016). Assim, possibilitando que o sistema opere de forma estável sobre o ponto de ajuste desejado. De uma forma mais clara, o sinal de erro obtido será minimizado pela ação proporcional, que é zerado pela ação integral e obtido antecipadamente pela ação derivativa. Segundo Ramos, esse tipo de controle é importante pois reduz a taxa de erro em relação a um controle on/off (RAMOS, 2021). Por isso, ele será utilizado para controlar o cooler. O gráfico da FIGURA 8 juntamente com a FIGURA 9, mostram a forma como cada controle se comporta em forma gráfica. É possível notar que a taxa de oscilação do PID é mínima quando comparada quando comparada às outras, isso garante um melhor controle da variável e funcionamento do sistema.

FIGURA 8- Gráfico comparativo, controle PID



Fonte: Apostila sobre PID e métodos de sintonia

FIGURA 9- Gráfico de controle on/off



Fonte: desenvolvimento de uma plataforma para aplicação de técnicas de controle de temperatura por efeito peltier

O controle on/off pode ser aplicado em sistemas não tão complexos e que não demandam tanta precisão. Esse tipo de controle tem uma lógica de funcionamento mais simples do que o PID e é mais econômica também (GOMES, 2000). A variável de controle poderá ter apenas dois estados aberto e fechado, ou desligado e ligado.

CAPÍTULO 3: METODOLOGIA

3.1. MATERIAIS

A TABELA 2 apresenta os materiais que serão usados para a estufa automatizada, uma breve explicação da função de cada um deles, juntamente com uma faixa média de valor de cada item.

TABELA 2 - Materiais para a construção da estufa

| Materiais | Custo | Função |
|---|--------------|---|
| Arduíno Uno | R\$ 35,00 | Responsável por processar os dados e executar uma ação |
| Protoboard 830 furos | R\$ 15,00 | Fazer as conexões entre o sistema de temperatura e o de umidade |
| LM35 | R\$ 15,00 | Sensor que mede a temperatura |
| Módulo Sensor De Umidade De Solo Higrômetro | R\$ 15,00 | Mede a umidade do solo |
| Mangueira rígida | R\$ 10,00 | Irrigação das hortaliças |
| Arduíno Uno | R\$ 15,00 | Esfriar a estufa e retirar o ar quente |
| Protoboard 830 furos | R\$ 35,00 | Controla a saída da água |
| LM35 | R\$ 15,00 | Aciona o cooler e a válvula solenóide |
| Módulo Sensor De Umidade | R\$ 35,00 | Estrutura da estufa |

| Materiais | Custo | Função |
|---|--------------|---|
| Mangueira rígida | R\$ 10,00 | Cobertura da estufa |
| Cotovelo triplo de ½” (8 cotovelos) | R\$ 8,00 | Conexão dos tubos da estrutura |
| Adesivo plástico para PVC | R\$ 10,00 | Forma de fazer a união do tubo de PVC com o cotovelo |
| Engate rápido (2) | R\$ 6,00 | Ajuda na conexão da mangueira e válvula solenóide |
| Parafusos de cabeça chata t3,5x3,5mm (8) | R\$ 3,00 | Furam a mangueira para ocorrer o gotejamento, cada planta tem um parafuso referente |
| Parafusos de cabeça chata 3,5x3,5mm (12) | R\$ 5,00 | Fixa a estrutura de PVC com a base de madeira |
| Veda rosca | R\$ 2,00 | Ajuda na junção da mangueira, engate rápido e válvula solenóide |
| LCD | R\$ 20,00 | Visor das variáveis de temperatura e umidade |
| Módulo serial I2C | R\$ 10,00 | Diminui a quantidade de portas necessárias para o LCD |
| Jumper macho-fêmea, macho-macho e macho-fêmea | R\$ 10,00 | Faz as conexões entre os sensores e os atuadores |

| Materiais | Custo | Função |
|---|-------------------|----------------------------------|
| Fonte 12V | R\$ 20,00 | Alimentação da válvula solenóide |
| Fonte 5V | R\$ 15,00 | Alimentação do cooler |
| Ripa de massaranduba (5m) | R\$ 25,00 | Estrutura da base de madeira |
| Zíper | R\$ 1,30 | Abertura para a estufa |
| Sementes (Cebolinha, salsinha alface e couve) | R\$ 7,20 | Hortaliças plantadas |
| *Toalha plástica transparente | R\$ 45,00 | Cobertura representativa |
| Total | R\$ 347,50 | |

Fonte: Autoral.

O sistema eletrônico da estufa será composto por dois sensores principais o: LM35 e o módulo sensor de umidade de solo higrômetro, sendo respectivamente responsáveis por medirem os dados de temperatura e umidade do solo. Enquanto o arduino é a parte do sistema que controla os dados, este será responsável por processar as informações oriundas dos sensores e acionará um dos atuadores, a válvula para auxiliar na umidade do solo e o cooler serve para manter a temperatura dentro dos parâmetros que estão presentes no código que controla o arduino.

Como citado anteriormente, o arduino recebe uma programação que será aquela que rege as ações dos atuadores. Sendo que, esse circuito é de malha de controle e automação em realimentação negativa, devido ao fato de que é através do valor da saída, que a entrada será ajustada a voltar a ficar dentro dos parâmetros já estabelecidos, para que as hortaliças sejam mais produtivas e saudáveis. A ideia de utilizar o arduino já foi feita por Bruna Guedes (2018) e sua estufa obteve bons resultados, o que dá respaldo para a utilização deste item para a confecção desta estufa em questão.

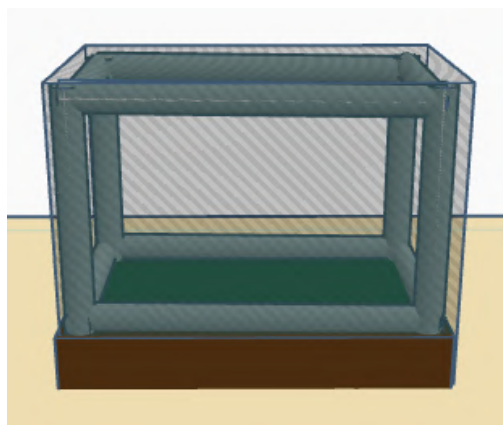
3.2. METODOLOGIA

A estrutura do topo da estufa é de tubo de PVC, devido ao seu custo benefício, esse é um material que tem a resistência a compressão necessária para a aplicação e seu valor é acessível. A conexão entre os tubos será feita pelos cotovelos triplos e pela cola adesiva que auxiliará numa boa vedação, que previne vazamentos entre as juntas. A estufa terá as seguintes dimensões: 70 cm de comprimento por 1 m de largura e 65 cm de altura (TABELA 1). As dimensões da estufa foram definidas levando em conta sua versatilidade, já que o objetivo do projeto é que possam ser plantados diferentes tipos de hortaliças nela. Entre os critérios considerados para definir as medidas se encontram a área que cada muda de determinada hortaliça ocupa, sua altura máxima e a distância entre uma muda para outra.

As hortaliças para a estufa foram escolhidas por apresentarem semelhanças no ponto da temperatura ideal do ambiente e da umidade do local. Além disso, são plantas que em geral não crescem mais de 70 cm e não tem longas raízes. E, é importante ressaltar que todas são muito utilizadas em diversas receitas. Ao todo são 8 tipos de plantas, sendo elas: cebolinha, coentro, alface, couve, pimenta de cheiro, orégano, manjericão e agrião.

A base da estufa necessita ser de outro material, pois o material da cobertura da estufa não é capaz de suportar a pressão que o solo exerceria em suas laterais, por isso torna-se extremamente importante que a base seja de outro material. Assim, o material escolhido foi a madeira, que é capaz de resistir a pressão do solo e nela será depositada a terra FIGURA 11. Sendo que as dimensões dessa base seriam de 10cm a altura, a largura é de 1m e 70cm de comprimento. A FIGURA 10 traz como seria a estrutura básica da estufa, com os tubos de PVC de sustentação, a base de madeira e a cobertura dela.

FIGURA 10 -Estrutura da estufa



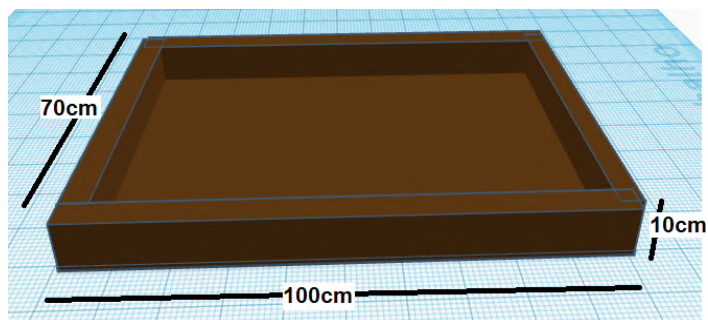
Fonte: Autoral.

TABELA 3-Dimensões da estufa

| Tamanho | Parte |
|---------|------------------|
| 100 cm | Largura |
| 70 cm | Comprimento |
| 65 cm | Altura total |
| 10 cm | Altura da base |
| 55 cm | Altura da estufa |

Fonte: Autoral.

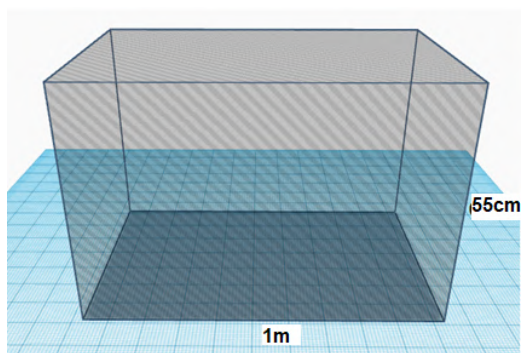
FIGURA 11 -Base de madeira



Fonte: Autoral.

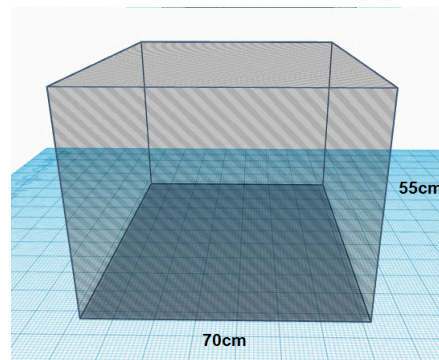
Outro ponto a ser resolvido foi achar a área do polietileno, para isso foi feito um cálculo para saber o total de área a ser coberta por polietileno. É sabido que as áreas laterais são duas $100\text{cm} \times 55\text{cm}$, duas de $55\text{cm} \times 70\text{cm}$ e uma de $100\text{cm} \times 70\text{cm}$. No final tem-se uma área de $2,6\text{m}^2$ e essa é a parte que será coberta pelo polietileno. Essas dimensões podem ser observadas na FIGURA 12 e na FIGURA 13.

FIGURA 12 - Dimensões da estufa: Frontal



Fonte: Autoral.

FIGURA 13 - Dimensões da estufa sem a base: Lateral

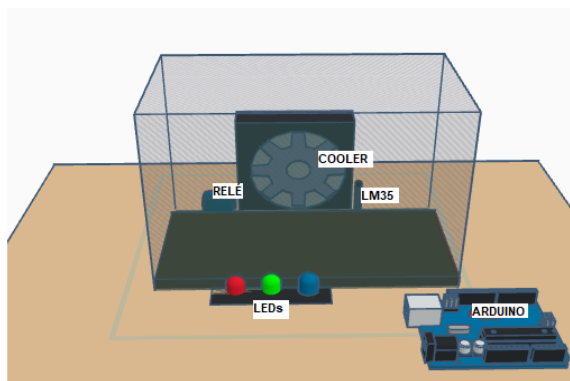


Fonte: Autoral.

Importante ressaltar que na estufa que foi montada o material utilizado foi um plástico transparente simples. Tal material não tem as propriedades ideais para ser utilizado na estufa, o polietileno continua sendo o material mais adequado. Porém o plástico comum foi utilizado na construção da estufa devido a fatores econômicos. Seu caráter é apenas simbólico como substituto do polietileno na construção do protótipo.

Tratando-se da parte de automatização da estufa, serão usados aparatos tecnológicos para realizar o controle climático dentro da estufa. Primeiro, para garantir que a temperatura não se torne muito quente dentro da estufa será usado um cooler, que irá retirar o ar quente de dentro, puxar o ar frio de fora e garantir a circulação do ar dentro da estufa. A temperatura dentro da estufa é um fator que é dividido em dois quesitos, a análise e o controle da temperatura interna. Através desses quesitos será proporcionado um bom desenvolvimento e qualidade das plantas. As hortaliças que podem ser cultivadas na estufa precisam estar sobre uma faixa de temperatura de 18°C a 22°C, onde será utilizado um cooler para o controle dessa temperatura que estará diretamente ligado a um sensor de LM35 que realizará a análise.

FIGURA 14 - Estufa com controle de temperatura automatizada

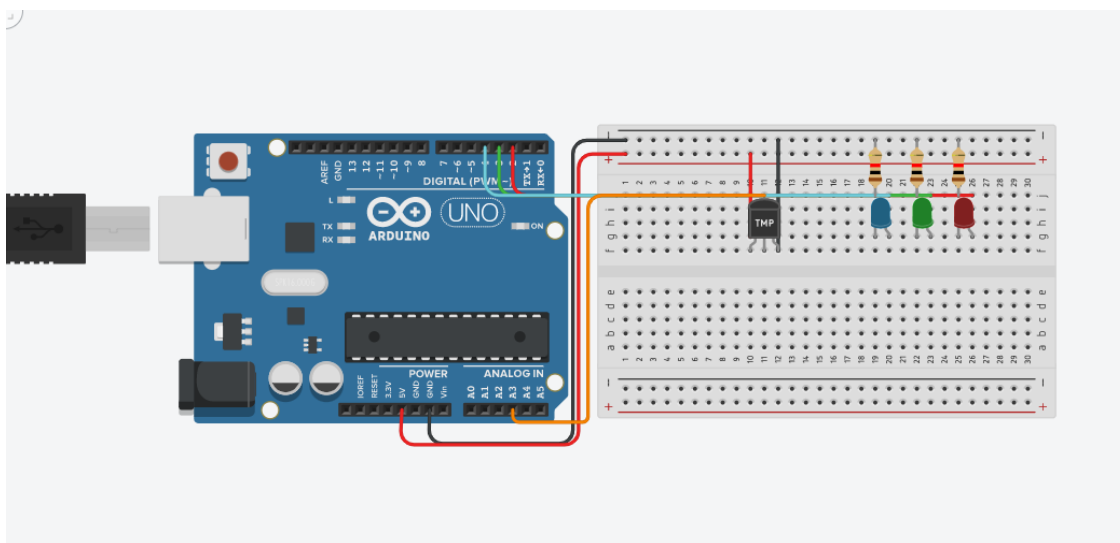


Fonte: Autoral.

Os LEDs, *Light Emitting Diode*, ou Diodo Emissor de Luz, são os sinalizadores do estado da temperatura no interior da estufa. O cooler é a estrutura preta e branca localizada na parte de trás. O relé é a estrutura azul também localizada na parte de trás da estufa. O circuito é um protótipo da estufa com os equipamentos necessários para o controle da temperatura, e foi feito no tinkercad. Conforme mostrado na FIGURA 14, é possível visualizar os componentes responsáveis pelo controle de temperatura.

O circuito a seguir serve para demonstrar como funcionará o conjunto do sensor em conjunto com os LEDs. O circuito foi montado no tinkercad com os seguintes materiais: 1 Sensor de temperatura, 1 Protoboard, 1 Arduino UNO, 3 LEDs, 3 Resistores (1k ohms) e 8 Jumpers, como é apresentado na FIGURA 15.

FIGURA 15 - Circuito do TMP



Fonte: Autoral.

1. O terminal esquerdo está conectado ao 5V do arduino;
2. O terminal central está conectado a uma porta analógica do arduino, A3 no caso;
3. O terminal direito está conectado ao GND do arduino;
4. Os leds mostrarão o estado da leitura, se está acima, abaixo ou dentro do parâmetro de controle;
5. Cada LED tem o terminal positivo ligado á uma porta digital;
6. Cada LED tem o terminal negativo ligado a um resistor;
7. Cada resistor conecta um LED ao GND do arduino.

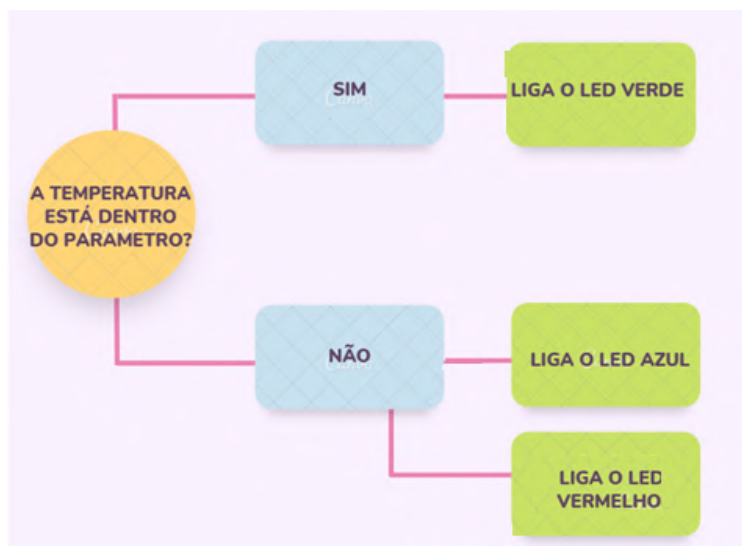
LED vermelho- Acende quando o sensor recebe valores acima do parâmetro de controle.

LED azul- Acende quando o sensor recebe valores abaixo do parâmetro de controle.

LED verde- Acende quando o sensor recebe valores dentro do parâmetro de controle.

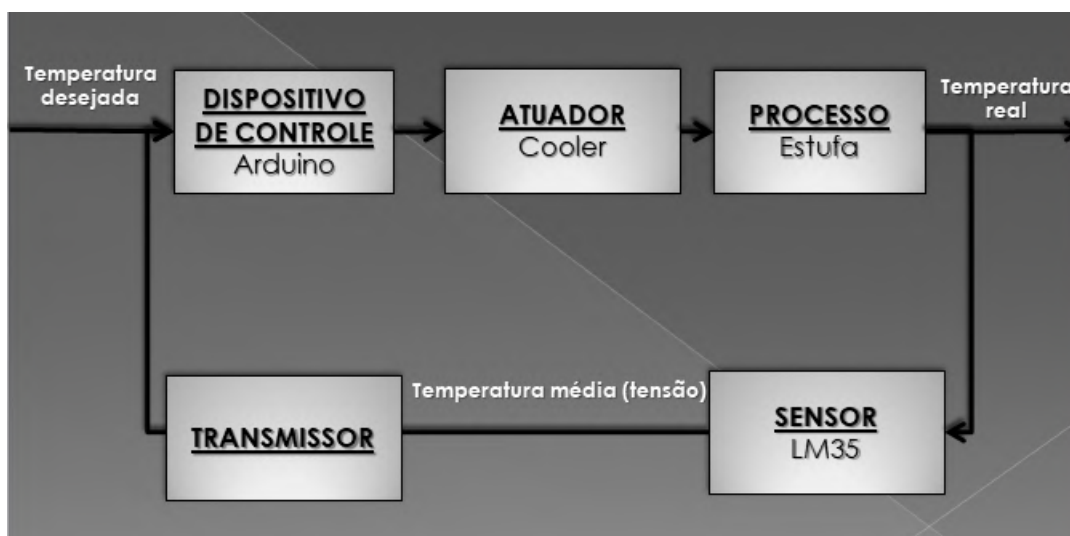
Em resumo esta é a lógica de controle de temperatura que segue conforme o diagrama de blocos, FIGURA 17. Essa figura demonstra a lógica que atua para o funcionamento do sistema de controle de temperatura dentro da estufa. Essa é a ação de controle da temperatura. Já a FIGURA 16 mostra como funciona a lógica de sinalização dos LEDs.

FIGURA 16-Fluxograma da lógica dos LEDs



Fonte: Autoral.

FIGURA 17- Diagrama de blocos: Ação de controle



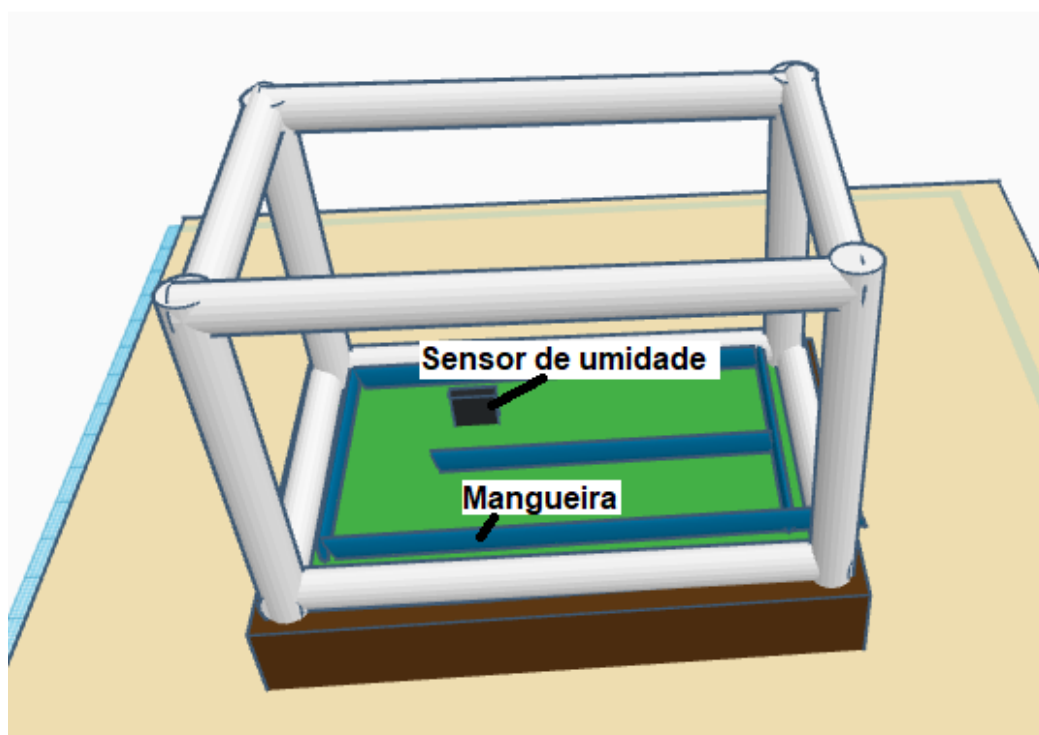
Fonte: Autoral.

O diagrama de blocos, FIGURA 17, apresenta o sistema básico da ação de controle da temperatura. A temperatura desejada é o *set point*, que é de 18°C a 22°C. Esse é ciclo que vai ficar se repetindo para fazer com que a temperatura real se torne cada vez mais próxima com a temperatura desejada. Já que, à medida que esse ciclo se repete, o erro é reduzido pelo controle orientado pelo arduino, que controla a intensidade do cooler, para que a temperatura da estufa seja adequada. As medições são feitas pelo LM35, que através de um transmissor passa as informações da leitura para o arduino.

No que se trata da irrigação, que será por gotejamento, a mangueira será colocada por toda a extensão da estufa, passando pela base de todas as hortaliças presentes na estufa. Será

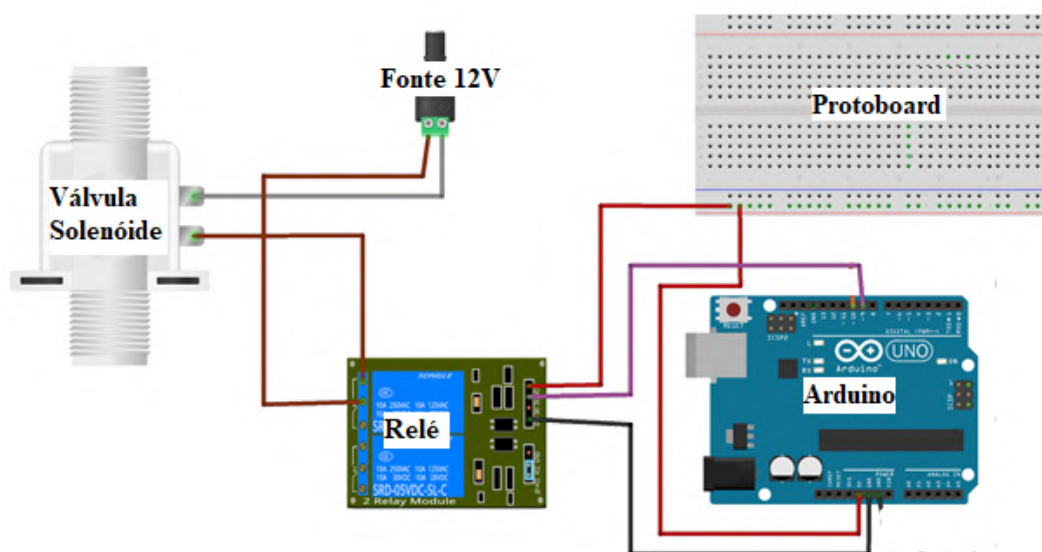
alocado no interior do ambiente em questão um módulo sensor de umidade de solo higrômetro. Este sensor fará toda parte de leitura da umidade do solo, ao detectar que o solo não está adequado ao nível ideal de umidade a informação será passada diretamente para o arduino, que por sua vez processa as informações obtidas do módulo sensor de umidade, e libera a vazão de água até chegar na umidade pré estabelecida. Ademais, por se tratar de uma ambiente controlado, não há possibilidades do parâmetro de umidade estar acima do ideal. Referente ao controle de vazão hídrica, a mangueira é acoplada ao sistema de distribuição no interior do apartamento, e a válvula solenóide faria a adequação da vazão de água. As partes em azul, FIGURA 18, representam a mangueira do sistema de gotejamento, e o sensor higrômetro se encontra no centro da estufa.

FIGURA 18-Modelo da irrigação por gotejamento da estufa



Fonte: Autoral.

Figura 19- Circuito da válvula solenóide.



Fonte: FelipeFlop

A FIGURA 19 demonstra como ficam as ligações da válvula solenóide com o arduino. Ela precisa ser alimentada por uma fonte externa de 12V, possui um relé que controla seu estado, e o arduino que recebe o código de controle da válvula com base na umidade lida no sensor. A FIGURA 20 apresenta as especificações das características da válvula solenóide que estará presente na estufa construída.

FIGURA 20- Especificações da válvula solenóide



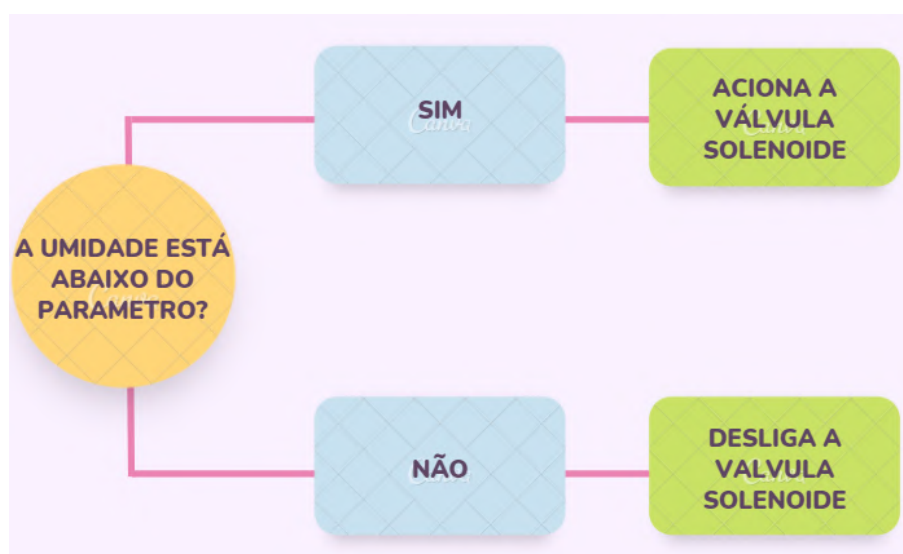
Fonte: Autoral.

A aplicação dessa tecnologia será por meio da utilização do arduino, sensores de umidade do solo, e atuadores. Quando o sensor fizer a leitura e detectar que precisa de água, mandará a informação para o arduino, que por vez processará a informação, e acionará os

atuadores (relés) para ligarem a válvula solenóide para assim fazer a irrigação de forma controlada. Na estufa em questão, o ideal é que a água venha de uma ligação criada entre a válvula solenóide e a tubulação do apartamento. Dessa forma, o proprietário da estufa não precisará se preocupar em regar as hortaliças.

A FIGURA 21, logo abaixo apresenta de forma simplificada a lógica por trás do circuito de controle da umidade do solo. Sendo que, a válvula solenóide estará conectada com a mangueira que irriga as plantas através de gotejamento.

FIGURA 21- Fluxograma da lógica do controle da umidade do solo



Fonte: Autoral.

Portanto é necessário que exista um código que controle a temperatura do interior da estufa e a umidade do solo. É através desse código que os sensores e atuadores irão agir na estufa. O código disponível em APÊNDICE A é comentado a fim de proporcionar uma maior clareza para o leitor compreender o funcionamento dele. Ele foi escrito dentro do Arduino IDE. E foi inspirado no código do vídeo do Brincando com ideias, do engenheiro da computação Flávio Guimarães e, também, foi norteado pelo vídeo do canal CFBCursos (2020). Para que o circuito funcione é necessário que um código seja programado no arduino. Por isso o código a seguir foi montado. O código está segmentado em 4 grupos: LCD, Umidade, Temperatura e PID, isto serve apenas para uma melhor compreensão de cada um dos processos dentro do código

Quanto à alimentação do circuito, foi preciso duas fontes: uma de 5V, que alimentará o cooler. E, outra de 12V que alimenta a válvula. A alimentação do circuito é

indispensável para que o circuito funcione. Além disso, a válvula, que usa a fonte 12V, tem a especificação da corrente suportada por ele, logo a fonte não pode ter uma corrente que ultrapasse esse limite. A fonte de 5V já tinha os seus terminais cortados, o que facilita na alimentação. Já a fonte de 12V não estava cortada, por isso se optou por utilizar um adaptador tipo fêmea, para não mexer diretamente com a fonte. Mas é possível apenas retirar o pino para deixar os terminais expostos para então alimentar a válvula solenóide.

FIGURA 22 - Fonte 12V



Fonte: Autoral.

FIGURA 23 - Especificações da fonte 12V



Fonte: Autoral.

FIGURA 24 - Adaptador fêmea: frontal



Fonte: Autoral.

FIGURA 25 - Adaptador fêmea: Lateral



Fonte: Autoral.

FIGURA 26 - Fonte 5V



Fonte: Autoral.

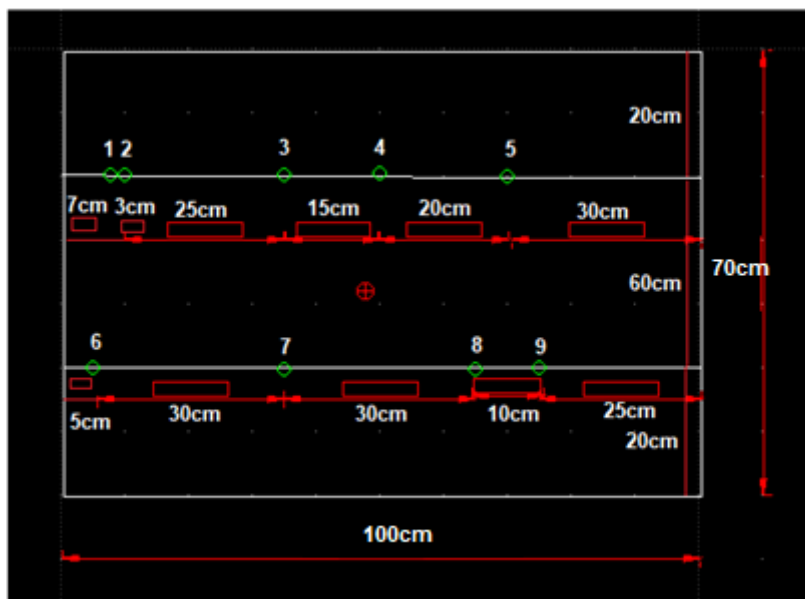
FIGURA 27 - Especificações da fonte 5V



Fonte: Autoral.

Foi criado um modelo, como uma sugestão, de como distribuir as hortaliças para serem cultivadas dentro da estufa. A FIGURA 28 foi criada no libreCAD e apresenta a disposição das plantas dentro da estufa juntamente com suas dimensões, a escala da figura é em mm. Cada bolinha verde corresponde a uma planta e o número acima deve ser olhado na TABELA 4, onde aponta para qual planta ela representa, as distâncias entre elas foram definidas com base no crescimento lateral necessário para cada uma delas.

FIGURA 28 - Disposição das plantas



Fonte: Autoral.

TABELA 4 - Legenda da Disposição das plantas

| Número | Planta |
|--------|------------|
| 1 | Coentro |
| 2 | Coentro |
| 3 | Couve |
| 4 | Cebolinha |
| 5 | Manjericão |
| 6 | Orégano |
| 7 | Pimenta |
| 8 | Alface |
| 9 | Agrião |

Fonte: Autoral.

Tendo em vista as considerações feitas por Suzuki (2016) e Ramos (2021) que foi citada anteriormente na Revisão da literatura é possível notar que o controle PID é mais preciso do que o on/off. Porém, o melhor controle varia com a aplicação, por isso o controle

do cooler e da válvula solenóide serão diferentes. A temperatura precisa ter uma maior precisão para um melhor funcionamento, mas a umidade por ser do tipo gotejamento, não precisa de uma ação tão rápida que envolva a ação derivativa, já que a ação do gotejamento é lenta, será mais difícil dela extrapolar o *set point*, valor de controle, passado para ela. Assim a ação de controle da temperatura será o PID enquanto que o controle da umidade do solo será o on/off.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÕES

A primeira etapa para a construção da estufa automatizada foi a testagem dos sensores: LM35, do Módulo Sensor De Umidade De Solo Higrômetro e do LCD. Todos esses sensores foram devidamente testados com seus respectivos códigos e conectados à protoboard e ao arduino. Com algumas mudanças no código original foi possível fazê-los atuar conforme o desejado. O LCD, FIGURA 29 precisou ser manualmente regulado para funcionar, com uma chave de fenda o trimpot foi ajustado para que a luz do LCD ficasse adequada. O sensor de umidade, FIGURA 30, foi testado com 2 copos com terra, o primeiro estava com o solo saturado, enquanto que o segundo estava com o solo totalmente seco, o primeiro corresponde a terra com 0% de umidade, já o segundo equivale a terra com 100% de umidade. O LM35 foi montado conforme a FIGURA 31, com o sensor e os LEDS de sinalização, e o seu funcionamento foi conforme o esperado.

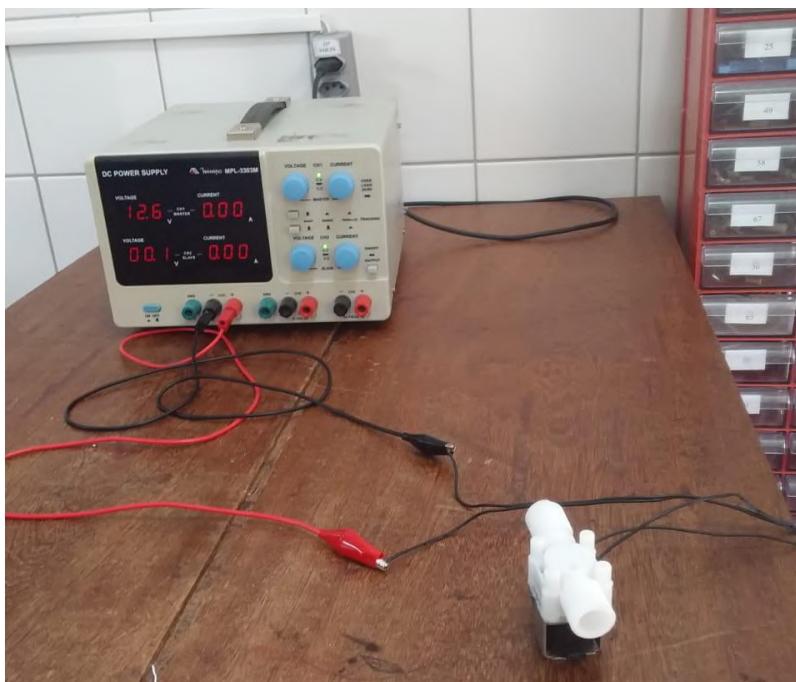
FIGURA 29- Teste do LCD



Fonte: Autoral.

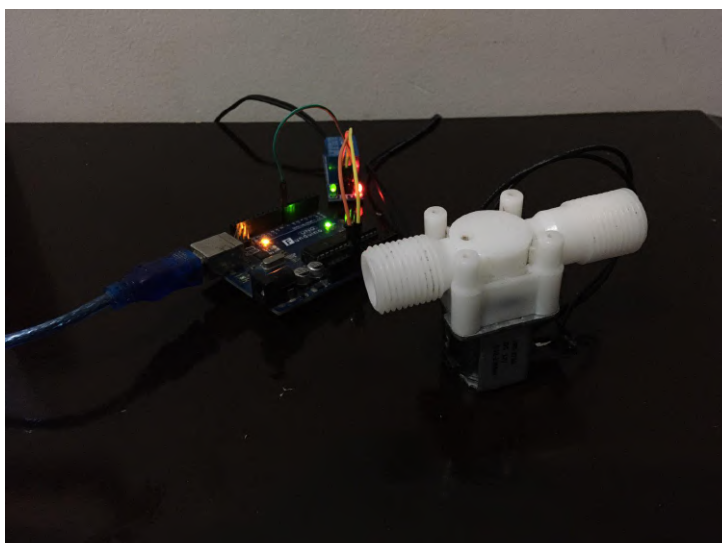
estava funcionando, notou que era necessária uma pressão para o fluido passar por ela quando estava aberta, e mesma estava funcionando conforme o desejado FIGURA 32. O próximo passo foi conectar essa válvula a um relé, que por sua vez está ligado no arduino, com isso um código de teste foi passado FIGURA 33. E em seguida uma fonte de 12V adicionada ao circuito que continha o arduino, ficando assim como na FIGURA 34. E ele funcionou perfeitamente.

FIGURA 32-Teste da válvula solenóide: Com fonte



Fonte: Autoral.

FIGURA 33 - Teste da válvula solenóide com arduino



Fonte: Autoral.

FIGURA 34-Teste da válvula solenóide: circuito completo



Fonte: Autoral.

Para realizar a alimentação do cooler e da válvula solenóide foram utilizados carregadores que tinham a tensão de alimentação correspondente a necessária. O cooler precisava de 5V, que é a tensão padrão dos carregadores de celular. Enquanto que a válvula solenóide necessitava de 12V, que é uma tensão que algumas fontes de carregadores de notebook usam.

A fim de testar se o cooler funcionava foram feitas as devidas conexões entre o cooler, o relé e a fonte de alimentação de 5V. Os fios do cooler foram desencapados com o auxílio de um alicate de descascar fio FIGURA 35, com a finalidade de permitir a passagem de correntes entre diferentes terminais. Todos os fios das conexões foram descascados e ficaram como a FIGURA 36. Para fazer as ligações, os fios foram conectados pela união dos fios desencapados, que foram torcidos juntos, e colados fita isolante para que não houvesse riscos de choques. Depois o código de funcionamento foi passado para o circuito. Após o término da montagem foi percebido que o cooler estava funcionando, e tudo funcionou conforme o esperado. Um processo similar foi feito para testar a válvula solenóide, a diferença é que nesse caso a fonte é de 12V.

FIGURA 35- Processo de desencapar os fios



Fonte: Autoral.

FIGURA 36- Fios desencapados do cooler



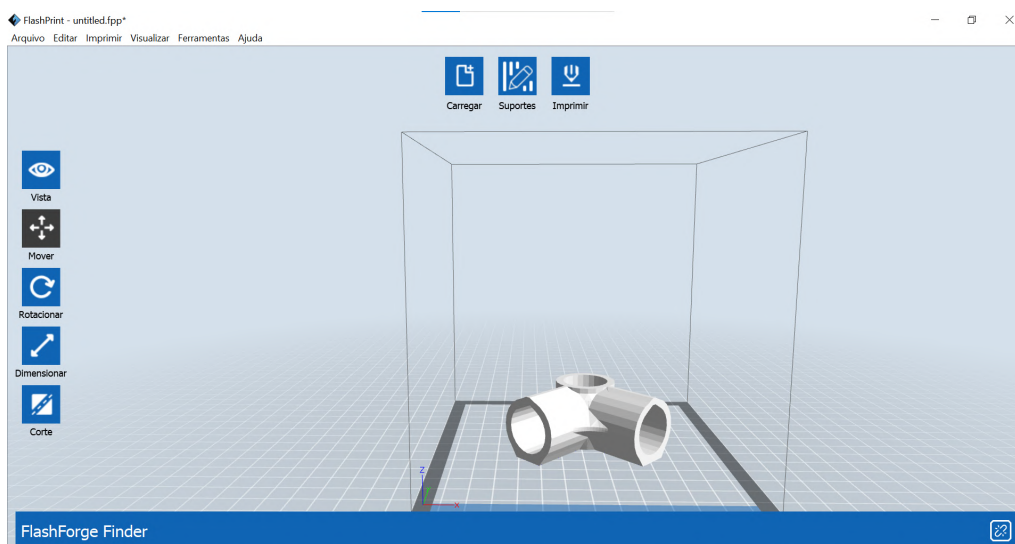
Fonte: Autoral.

Após uma análise foi percebido que usar o sistema on/off para o controle da temperatura não funcionaria conforme o previsto. Por isso, tornou-se necessário implementar um sistema PID para controlar tal temperatura. Através do sistema PID foi possível reduzir as oscilações da temperatura, para que assim o sistema se torne tão preciso quanto o necessário. Em seguida foram feitas as devidas modificações no código. Os valores do controle de cada parte, integrativa, derivativa e proporcional, foram escolhidos através de testes, onde o gráfico do arduino IDE mostrou o funcionamento do circuito. Feitas algumas tentativas foi

descoberto quais os valores estariam mais aptos para a aplicação. Dado esses valores foi possível notar que o fator de correção ficou com menos oscilações e mais próximo do *set point*.

Um dos impasses encontrados durante a construção do projeto foi a dificuldade para se achar o cotovelo triplo. Foi procurado em diversas lojas, porém não foi encontrado. Para transpor esse obstáculo foi necessário se fazer esses cotovelos em uma impressora 3D. O modelo foi encontrado no site *thingiverse*, FIGURA 37, mais informações sobre o modelo estão presentes no APÊNDICE A. Primeiro é feito o nivelamento da plataforma dessa impressora. Em seguida, se faz necessário apertar as 3 porcas FIGURA 39 da plataforma, conforme a FIGURA 38, no sentido horário até que todas estejam devidamente reguladas, a impressora tem sensores que indicam o quando é necessário apertar ou folgar essas porcas. Logo em seguida o filamento foi ajustado, tirando as partes quebradas dele para evitar problemas durante a impressão, a caixa do filamento pode ser visualizada na FIGURA 40. A partir daí o modelo foi passado para a máquina, como é apresentado na FIGURA 41. Com isso foi possível obter as junções necessárias para a parte superior da estufa. A FIGURA 42 apresenta como um dos cotovelos ficou após pronto.

FIGURA 37- Modelo do cotovelo triplo do *thingiverse*



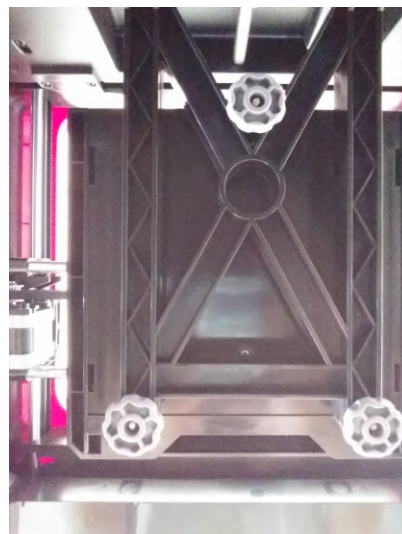
Fonte: Autoral.

FIGURA 38- Aperto das porcas



Fonte: Autoral.

FIGURA 39- Porcas da impressora



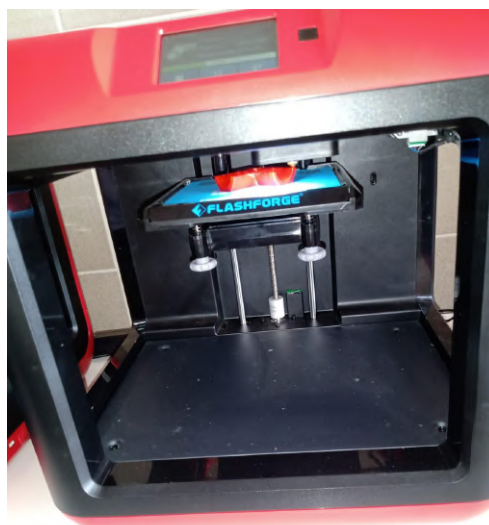
Fonte: Autoral.

FIGURA 40- Caixa do filamento



Fonte: Autoral.

FIGURA 41- Impressora 3D com modelo do cotovelo triplo



Fonte: Autoral.

FIGURA 42- Cotovelo triplo impresso



Fonte: Autoral.

Outro problema que verificou-se ao longo do trabalho foi o de como o cooler (FIGURA 43) seria posicionado na estufa. Para isso foi fundamental parafusar, com o auxílio de uma furadeira, o cooler em duas das arestas da estrutura de PVC.

FIGURA 43- Cooler



Fonte: Autoral.

Para a base da estufa ser elaborada foi utilizado um tubo de PVC de 9 m, no qual o mesmo foi dividido em 12 arestas de tamanhos distintos (4 arestas de 1 m, 4 arestas de 70 cm e 4 arestas de 55 cm). Esses pedaços foram medidos e logo após foram cortados com uma serra. Em seguida, as extremidades das arestas foram lixadas e revestidas com adesivos plásticos específicos para PVC, que serviu para a junção das arestas com os cotovelos triplos FIGURA 44. Com isso a estrutura ficou pronta e estável. Enquanto que a parte inferior da base foi feita com uma tábua de madeira que mede 100 x 70 cm.

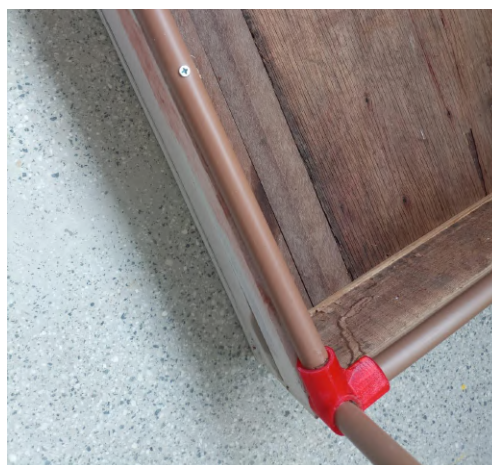
FIGURA 44- Cotovelos triplos unindo os tubos



Fonte: Autoral.

Ainda sobre a estrutura, a parte de tubos superiores foi unida à base de madeira através de diversos parafusos que foram posicionados ao redor da base FIGURA 45. Tais parafusos foram colocados com o auxílio de uma furadeira.

FIGURA 45- Parafusos da base



Fonte: Autoral.

A base de madeira foi confeccionada com tábuas de madeira, que foram cortadas de acordo com o tamanho do projeto. Primeiro foram feitas as laterais e elas se uniram com pregos e cola de madeira. Em seguida o fundo da base foi feito, dadas a falta de acessibilidade do grupo a uma tábua de dimensões já certas foi preciso fazer uma emenda entre duas tábuas com uma ripa. Algumas partes da lateral também não tinham a altura necessária, por isso duas ripas horizontais foram também unidas por algumas ripas verticais. Essas ripas de união podem ser observadas na FIGURA 46, juntamente com toda a estrutura principal pronta.

FIGURA 46- Estrutura principal da estufa



Fonte: Autoral.

Com a conclusão da estrutura da estufa foi possível adicionar os sensores e atuadores na estufa. Primeiro o tubo da base foi furado, com uma furadeira, para permitir a saída dos fios dos sensores e do cooler, para conectá-los no arduino que fica localizado na parte externa da estufa FIGURA 47 Em seguida foi colocado o sensor de umidade do solo, este foi inserido no centro do solo presente na estufa. Depois foi colocado o LM35, também na parte interna, como mostra a FIGURA 48.

FIGURA 47- Furo da passagem de sensores



Fonte: Autoral.

FIGURA 48- Furo da passagem de sensores: Com fios



Fonte: Autoral.

A válvula está localizada na parte externa da estufa, enquanto que a mangueira que fica conectada a ela passa por um furo presente na base de madeira FIGURA 49, que foi feito através de uma furadeira elétrica. Após esse furo ser feito a mangueira foi passado conforme a FIGURA 50. Para a válvula solenóide ser conectada a uma torneira primeiro deve usar um engate rápido na mangueira para então conectar a válvula, e as suas pontas devem ser enroladas com um veda rosca, para evitar possíveis vazamentos. Uma outra parte da mangueira foi conectada a uma torneira, também através de um engate rápido. Esses engates rápidos servem para possibilitar a conexão da mangueira com alguma parte rosqueada.

FIGURA 49- Furo da passagem da mangueira



Fonte: Autoral.

FIGURA 50- Mangueira passando



Fonte: Autoral.

O sistema de irrigação que foi aplicado na estufa é por gotejamento, e por tal motivo, o posicionamento da mangueira é algo crucial para uma boa distribuição de água. A mangueira foi acoplada a uma torneira. Com isso, a mangueira foi posicionada de uma maneira que o seu gotejamento irrigou todas as mudas presente na estufa, assim possibilitando uma boa distribuição da água para as plantas.

Para a conclusão do sistema de mangueira, esta passou pelo entorno da estufa, e em seguida foi presa com cinco abraçadeiras, para melhorar a fixação dele na estufa, as abraçadeiras passaram pelo tubo da estrutura e pela mangueira. Logo após esse processo as rebarbas das abraçadeiras foram cortadas. Com todos esses passos sendo feitos, o sistema ficou como demonstra a FIGURA 51. E então a mangueira foi furada em doze pontos, com um prego e uma furadeira FIGURA 52. Tais furos fazem com que a água caia nesses pontos em forma de gotas, o sistema ficou como apresenta a FIGURA 52.

FIGURA 51- Sistema de irrigação



Fonte: Autoral.

FIGURA 52- Furo da mangueira



Fonte: Autoral.

Com a estrutura da estufa montada foi possível colocar a terra na base FIGURA 53, para então plantar algumas das hortaliças propostas na metodologia. Antes disso, um plástico foi posto para que a terra não ficasse em contato direto com a base de madeira FIGURA 54. As sementes, FIGURA 55 foram colocadas na estufa, para então o controle automático agir.

FIGURA 53- Terra na estufa



Fonte: Autoral.

FIGURA 54- Plástico da base



Fonte: Autoral.

FIGURA 55- Sementes plantadas



Fonte: Autoral.

Outro processo feito foi colocar a cobertura da estufa. Para isso foi necessário cortar a cobertura nas dimensões do topo e das laterais, com um estilete FIGURA 56. Depois foi adicionada uma cola adesiva no tubo, para então colar a cobertura na estrutura de PVC FIGURA 57. A cola foi passada em todas as arestas. Feito isso a estufa ficou como apresenta a FIGURA 58. Para permitir a abertura da estufa a fim de fazer com que o proprietário da estufa consiga colher o que está plantado foi colocado um zíper na parte frontal da estufa. Para isso, a cobertura foi cortada ao meio no sentido da vertical. Depois o zíper foi costurado na cobertura, unindo esses dois lados que foram anteriormente abertos. Com isso ela ficou conforme a FIGURA 59.

FIGURA 56- Corte da cobertura



Fonte: Autoral.

FIGURA 57- Colagem da cobertura



Fonte: Autoral.

FIGURA 58- Cobertura aplicada



Fonte: Autoral.

FIGURA 59- Cobertura com zíper



Fonte: Autoral.

CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES

Após o fim deste trabalho, está disponível o projeto da estufa, caso alguém deseje, pode utilizá-lo para realizar a construção do modelo de estufa proposto. Ao longo deste trabalho foi possível achar soluções para vários problemas, como por exemplo, o controle da temperatura através do arduino e do LM35, o controle da umidade do solo, a ventilação interna da estufa, entre outros desafios. Com bastante pesquisa e trabalho, foi possível definir soluções para todos esses problemas. Sendo que, com a construção do projeto foi possível constatar que é possível ter uma estufa automatizada controlada por arduino. Também, foi percebido que o seu funcionamento com as devidas modificações foi capaz de atender as necessidades presentes na estufa.

Durante o desenvolvimento do trabalho foram analisados e escolhidos os sensores que melhor seriam aplicados para essa estufa, e como esses sensores trabalham entre si para manter os parâmetros dentro da estufa ideais para as plantas cultivadas. Também, as dimensões e o formato da estufa, foram calculados para se encaixarem da melhor maneira possível dentro de um apartamento residencial. Além disso, foi desenvolvido o código para o controle da temperatura, como foi apresentado neste projeto, cada parte do código serve para controlar um sensor ou controlador diferente dentro da estufa, os quais garantem os valores de temperatura e umidade necessários.

Por fim, é correto dizer que este trabalho reinventou a forma de encarar o cultivo de hortaliças em apartamentos. Futuramente este projeto pode ser usado para aperfeiçoar ainda mais a futuras estufas de tamanho reduzido, que poderão maximizar ainda mais os cultivos dentro de uma residência.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para futuras implementações tem-se a de incrementar uma lâmpada grow, a fim de permitir o cultivo com essa estufa mesmo em ambientes não iluminados. Juntamente com a análise da viabilidade econômica dessa implementação. E analisar qual o impacto que essa adição traria na produção de plantas. Isso tudo com os aparatos necessários para tal implementação, e cálculo do custo a mais que isso traria para a estufa. Também, é possível conectar os dados lidos ao celular, via *bluetooth*, ou *blinky*, para que o usuário possa saber o que está acontecendo com sua estufa mesmo com a distância.

Outra possível implementação é permitir o controle das variáveis pelo dono da estufa, de modo que possibilite que ele altere os valores da temperatura ambiente e da umidade do solo conforme a sua aplicação. Ainda sobre a parte estrutural da estufa, é possível tentar implementar rodas em sua base para permitir a locomoção de um ponto da casa até outro. Ou, poderia implementar um sistema de leitura e controle da umidade do ar. Analisar a viabilidade disso na estufa. Além de buscar o sensor mais adequado para essa aplicação, e desenvolver um código para o funcionamento.

Ainda, buscar a viabilidade de implementar essa estufa para a produção de outras hortaliças ou outras plantas. Como, por exemplo, mudas de plantas que necessitam de um cuidado maior nos seus estados iniciais. Mudas de morangueiros estão entre esse tipo de planta, a qual necessita de temperaturas baixas e contínuas, sem grandes alterações para mais ou para menos, para que possam se desenvolver de forma saudável. Como esse tipo de planta precisa de temperaturas bastante baixas, seria preciso um sistema de resfriamento mais poderoso, tal como um *water cooler*. Aumentar a altura da base de madeira também seria algo interessante para aplicações futuras, onde esse aumento estaria diretamente ligado às necessidades tamanho das raízes das mudas de crescimento hortaliças.

Mais um *upgrade* que poderia ser implementado na estufa está na confecção da cobertura. No protótipo construído ao longo desse projeto foi usado plástico comum, contudo, o ideal é o polietileno. Sendo assim, projetos futuros que planejam construir uma estufa semelhante a essa devem considerar fazer sua cobertura de polietileno. Todavia, também será necessário um sistema de abertura diferente para dar acesso ao interior da estufa. Isso ocorre porque o polietileno é mais rígido que o plástico comum, o que inviabiliza a implementação da abertura por meio de zíper. Portanto, o ideal é um sistema de abertura por meio de guias. Além disso, também é interessante um sistema de rodinhas para facilitar a mudança da estufa

de um lugar para outro. Ademais, caso se deseje ter um sistema mais preciso fica como sugestão adicionar mais sensores de leitura de temperatura e umidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARDUCORE. Sensor de umidade do solo higrômetro. s/d. Anúncio. Disponível em: < https://www.arducore.com.br/sensor-de-umidade-do-solo-higrometro-2020-07-23-12-08-41?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=CjwKCAjwp9qZBhBkEiwAsYFsb2P1a2-X13TW04pxng_LwnxZQh6VNoG0LRHOTVHHMgee-e1JrUa4IBoC3ZEQAvD_BwE >. Acesso em: 10 set. 2022.
2. ARDUINO, Store Arduino. Arduino. Arduino LLC, v. 372, 2015
3. Associação Brasileira Normativa Técnica; Norma Brasileira Regulamentadora, Projeto e utilização de caixilhos para edificações de uso residencial e comercial.
4. BABOS, Flavio. Sensor de temperatura: LM35 | TMP36 | DS18B20 (Completo). 2020.
5. BACON, Emily et al. Distribuição de temperatura na vertical e na horizontal no interior de uma estufa agrícola. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 12, n. 3, 2020.
6. BARBOSA, Bianca dos Santos. Estufa inteligente de morango utilizando arduino. 2022.
7. BAÚ DA ELETRÔNICA. Módulo Adaptador I2C Para Display LCD. s/d. Anúncio. Disponível em: < https://www.baudaeletronica.com.br/modulo-adaptador-i2c-para-display-lcd.html?gclid=CjwKCAjwp9qZBhBkEiwAsYFsb-FqHdhxbbShDRaOWe-dBn6uRxUmePxs2DYsQOfNoRz2KK-ju3QnlBoCam0QAvD_BwE >. Acesso em: 10 set. 2022.
8. BERNARDI, André Luiz; QUITAISKI, Kleison Paulo; SANTOS, Paulo Ricardo dos. Sistema de irrigação automatizado de hortaliças. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
9. BERTICELLI, Grasielle et al. Estufa Ecológica de Bambu. Cadernos de Agroecologia, v. 13, n. 1, 2018.
10. BEZERRA, Fred Carvalho. Producao de mudas de hortalias em ambiente protegido. Embrapa Agroindústria Tropical-Docmentos (INFOTECA-E), 2003.
11. BOAS, Renato Carvalho Vilas et al. Viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola. Ciência e agrotecnologia, v. 35, n. 4, p. 781-788, 2011.

12. BRINCANDO COM IDEIAS. Conheça os segredos para usar o display de LCD no Arduino via I2C. 15 fev. 2020. Vídeo . Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5OSPk5oHhVM&t=910s&ab_channel=Brincando comIdeias>. Acesso em: 5 set. 2022
13. BURIOL, Galileo Adeli et al. Transmissividade à radiação solar do polietileno de baixa densidade utilizado em estufas. *Ciência Rural*, v. 25, p. 1-4, 1995.
14. CARDOSO, Marcelo Aparecido. Controle automatizado para ambientes protegidos.
15. CARDOSO, Matheus. O que é um microcontrolador?. Capítulo Estudantil de robótica e automação, 2020. Disponível em: <<https://edu.ieee.org/br-ufcgras/o-que-e-um-microcontrolador/>>. Acesso em: 10 de setembro de 2022.
16. Como Programar o Sensor de Umidade do Solo - Vídeo #25. Brincando com Ideias. Youtube, 9 de mai. 2018. 9min12s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=U0uY8F4HGFQ&ab_channel=BrincandocomIdeias> Acesso em 30 de mar. 2022.
17. CONCEIÇÃO, M. A. F. Irrigação de fruteiras por microaspersão. Embrapa uva e Vinho-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2004.
18. DA SILVA, Douglas; FREITAS, Brenda Juliet Martins. Desenvolvimento de uma sonda para controle e monitoramento de temperatura utilizando a plataforma arduino. *revista de engenharia e tecnologia*, v. 10, n. 1, p. páginas 268-277, 2018.
19. DE JESUS, Aurea Messias et al. Viabilidade econômica de um sistema de irrigação automatizado acionado via web. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 5, p. 53457-53477, 2021.
20. DOS SANTOS, RAMON OLIVEIRA BORGES; SILVA, EDWARD PETERSON INFANTE. Desenvolvimento de um sistema de controle pid discreto aplicado ao controle de temperatura: Protótipo com arduino uno e módulo relé. In: ENIC-Encontro de Iniciação Científica (2020). 2021.
21. EDUARDO TANNURI. Apostila sobre PID e Métodos de Sintonia. s/d. Apostila. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5123982/mod_resource/content/1/Apostila%20sobre%20PID%20e%20M%C3%A9todos%20de%20Sintonia.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2022.

22. Estresse no trânsito vira rotina para milhares de brasileiros. G1, 2014. Disponível em : <<https://g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2014/05/estresse-no-transito-vira-rotina-para-milhares-de-brasileiros.html>>. Acesso em : 21 de agosto de 2022.
23. GOIS, Marivaldo Ribas de. Utilização de Arduíno em sistema de irrigação automatizado de baixo custo. 2018.
24. GOMES, João. Ação Liga-Desliga (On-off). Disponível em: <Ação Liga-Desliga (On-off) (ufrgs.br)>. Acesso em: 27 set. 2022.
25. GUEDES, Bruna Campos; DE SOUSA, Gabriel Felipe Vieira. Estufa agrícola automatizada utilizando micro controlador arduíno e comunicação serial.
26. GUERBAOUI, M. et al. Pc-based automated drip irrigation system. International Journal of Engineering Science and Technology, v. 5, n. 1, p. 221-225, 2013.
27. HAMAGUTI, Érika Kayoko; RALL, Ricardo. Software para estufa automatizada portátil. In: VIII JORNACITEC-Jornada Científica e Tecnológica. 2019.
28. HUSSEIN, Masayu. Automatic greenhouse Watering system using Microcontroller. 2007. Tese de Doutorado. UMP.
29. LEMOS, Alan de Matos. Automação residencial. 2017.
30. LONGO, Augusto Kesting; ABREU, Bruno Sabino. Estufa automatizada: controle automático para o cultivo de hortaliças. 2021.
31. LOPES, Carla Vanessa Alves; ALBUQUERQUE, Guilherme Souza Cavalcanti de. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. Saúde em debate, v. 42, p. 518-534, 2018.
32. MAROUELLI, W. A.; COSTA, E. L.; SILVA, H. R. Irrigação da cultura da cebola. Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2005.
33. MARTINAZZO, Claodomir Antonio; ORLANDO, Tailan. Comparação entre três tipos de sensores de temperatura em associação com arduíno. 2016.
34. MARTINAZZO, Claodomir Antonio; ORLANDO, Tailan. Comparação entre três tipos de sensores de temperatura em associação com arduíno. 2016.
35. MATTEDE, Henrique. O que é relé? Como funciona um relé?. 2020.
36. MCROBERTS, Michael. Arduino básico. Novatec Editora, 2018.
37. MESKIV, Valdemir. Automação de uma estufa agrícola destinada a produção de mudas de eucalipto. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

38. MORAES, Rafael da Silva et al. Aprendizagem de conceitos físicos a partir da construção de uma mini geladeira de pastilha Peltier. 2019.
39. NASCIMENTO, Everton Farias do et al. Agricultura sustentável uma forma de mudar o mundo. 2022.
40. NASCIMENTO, Warley Marcos; DIAS, DCF dos S.; DA SILVA, Patrícia P. Qualidade fisiológica da semente e estabelecimento de plantas de hortaliças no campo. 2011.
41. Orgânicos ganham força e crescem a cada ano no Brasil. ASSERJ, 2018. Disponível em : <<https://asserj.com.br/artigos/2018/04/organicos-ganham-forca-e-crescem-a-cada-ano-no-brasil/>>. Acesso em : 21 de agosto de 2022.
42. PANATO, Emanuelle et al. Promoção da Saúde: a importância das frutas e hortaliças e seu papel no câncer. O mundo da Saúde, v. 31, n. 3, p. 384-393, 2007.
43. Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos. Anvisa-para, 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos/programa-de-analise-de-residuos-em-alimentos/arquivos/3770json-file-1>>. Acesso em : 21 de agosto de 2022.
44. PUHLMANN, Henrique Frank W. Módulo de Display LCD. 2015.
45. Purquerio, Luis Felipe Villani; Tivelli, Sebastião Wilson. Manejo do ambiente em cultivo protegido. Manual técnico de orientação: projeto hortalimento. São Paulo: Codeagro, p. 15-29, 2006.
46. RADIN, Bernadete et al. Crescimento de cultivares de alface conduzidas em estufa e a campo. Horticultura Brasileira, v. 22, n. 2, p. 178-181, 2004.
47. RAUL BERNARDO. Desenvolvimento de uma plataforma para aplicação de técnicas de controle de temperatura por efeito Peltier. 01 jul. 2022. Apostila. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/113815674-Universidade-federal-de-ouro-preto-escola-de-minas-colegiado-do-curso-de-engenharia-de-controle-e-automacao-cecau-raul-torres-bernardo.html>>. Acesso em: 28 ago, 2022.
48. RITTER, Gustavo Marques. Influência dos parâmetros de uma impressora 3D sobre a produção de peças. Trabalho de conclusão de curso—Faculdade Horizontina, Horizontina, 2014.
49. ROBOCORE. Fonte Ajustável para Protoboard. s/d. Anúncio. Disponível em: <<https://www.robocore.net/regulador-de-tensao/fonte-ajustavel-para-protoboard?gclid=>

- CjwKCAjwp9qZBhBkEiwAsYFsb8NQ5qQf5RHzHjMloKdLL9kFjrXUw9i2v5klrzc7_2T1TsQsThd7hoCFdIQAvD_BwE >. Acesso em: 10 set. 2022.
50. Sensor de Temperatura LM35 - Curso de Arduino #68. CFBCursos. Youtube, 27 de nov. 2018. 22min54s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=XIWOW5FkXNo&t=727s&ab_channel=CFBCursos> Acesso em 7 de abr. 2022.
51. Sensor de Temperatura LM35 - Original Texas. Baú da Eletrônica. Disponível em:<<https://www.baudaeletronica.com.br/sensor-de-temperatura-lm35.html>>. Acesso em 13 de abr de 2022.
52. Sensor de umidade do solo com arduino. EduArduino. Youtube, 08 de fev. 2021. 9min58s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=jqIaC1zXJ9E&t=243s&ab_channel=EduArduino> Acesso em 18 de mai. 2022.
53. SILVA, Adriana L. da; FARIA, Manoel A. de; REIS, Ricardo P. Viabilidade técnico-econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental, v. 7, p. 37-44, 2003.
54. SILVA, José Alberto Fracassi da; LAGO, Claudimir Lucio do. Módulo eletrônico de controle para válvulas solenóides. Química Nova, v. 25, p. 842-843, 2002.
55. SOUZA, Claudinei F.; MATSURA, Edson E. Distribuição da água no solo para o dimensionamento da irrigação por gotejamento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 8, p. 7-15, 2004.
56. SUZUKI, Wesley Yoshiharu Oliveira; NETO, Egídio Raimundo. contrle PID utilizando o arduino. Revista Científica e-Locução, v. 1, n. 10, p. 17-17, 2016.
57. TOKARNIA, Mariana. "Maioria dos Brasileiros mora em casa ou é dona do imóvel, mostra IBGE". Agência Brasil, 6 de maio de 2020, Rio de Janeiro. Disponível em:<<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2020-05/maioria-dos-brasileiros-mora-em-casa-e-e-dona-do-imovel-mostra-ibge#:~:text=As%20casas%20representam%2085%2C6,equivalente%20a%2014%2C2%25.>>>. Acesso em 10 de fev 2022.

APÊNDICE A- CÓDIGO DE FUNCIONAMENTO

```

//LCD
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
int sensor_temp = A0;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,4);

//UMIDADE
#define sensorumidade A1 //Porta responsável pela leitura do sensor de umidade
#define rele_solenioide 8 //Porta responsável pelo controle do relé que aciona a válvula solenoide
int umidade_ideal = 800; //Parâmetro da umidade do solo, vai 0 á 1023, o valor '800' é apenas como um exemplo

//TEMPERATURA
#define lm A0 //A porta analógica A0 é a responsável pela leitura do lm35
#define rele 3 //A porta digital 3 é a responsável pelo relé
#define red 4 //LED de sinalização de quando a temperatura está superior ao valor de parâmetro
#define green 5 //LED de sinalização de quando a temperatura está no valor de parâmetro ou abaixo
int temp = 0; //Será o valor da temperatura
int lasttemp = 0; //Será o último valor da temperatura
int parametro = 25; //Valor de controle

void setup() {
//LCD
  lcd.init(); // INICIA A COMUNICAÇÃO COM O DISPLAY
  lcd.backlight(); // LIGA A ILUMINAÇÃO DO DISPLAY
  lcd.begin(16, 4);

//UMIDADE
  pinMode(sensorumidade, INPUT); //Define o sensor como entrada
  pinMode(rele_solenioide, OUTPUT); //Aqui se diz que o relé envia sinais para o circuito

//TEMPERATURA
  pinMode(rele, OUTPUT); //Aqui se diz que o relé envia sinais para o circuito
  pinMode(red, OUTPUT); //Aqui se diz que o LED vermelho envia sinais para o circuito
  pinMode(green, OUTPUT); //Aqui se diz que o LED verde envia sinais para o circuito
  pinMode(lm, OUTPUT);
  Serial.begin(9600); //Iniciação do sistema que mostrará os valores lidos pelo LM
}

```

```

void loop() {
  //SISTEMA DE LEITURA DE TEMPERATURA
  //V onh V/°C
  temp = (analogRead(lm) * (5/1023))/0.01; // analogRead(lm) é a leitura do sensor
  //5V é o que vale a 1023 - relação entre tensão e os bits lidos pela porta analógica
  //a variação de cada °C corresponde a 10mV logo tem 0.01V/°C

  if(temp != lasttemp){ //Evita repetições de valores iguais no monitor
    lasttemp=temp; //troca o valor antigo
    Serial.print("Temperatura: "); //Coloca esse texto no monitor serial
    Serial.print(temp); //Diz o valor da temperatura
    Serial.println("°C"); //Coloca a unidade de medida no monitor serial e pula uma linha
  }
  delay(1000); //intervalo de 1 segundo

  //SISTEMA DE CONTROLE
  control(); //Função que chama a biblioteca

  //UMIDADE
  Serial.println("Sensor de umidade: "); //Texto no monitor serial
  Serial.print(analogRead(sensorumidade)); //Mostrará o valor da umidade do solo no monitor
  serial

  if (analogRead(sensorumidade) > umidade_ideal) { //Se a umidade do solo estiver abaixo do
  parâmetro então:
    digitalWrite( rele_solenóide, HIGH); //Aciona a válvula solenoide

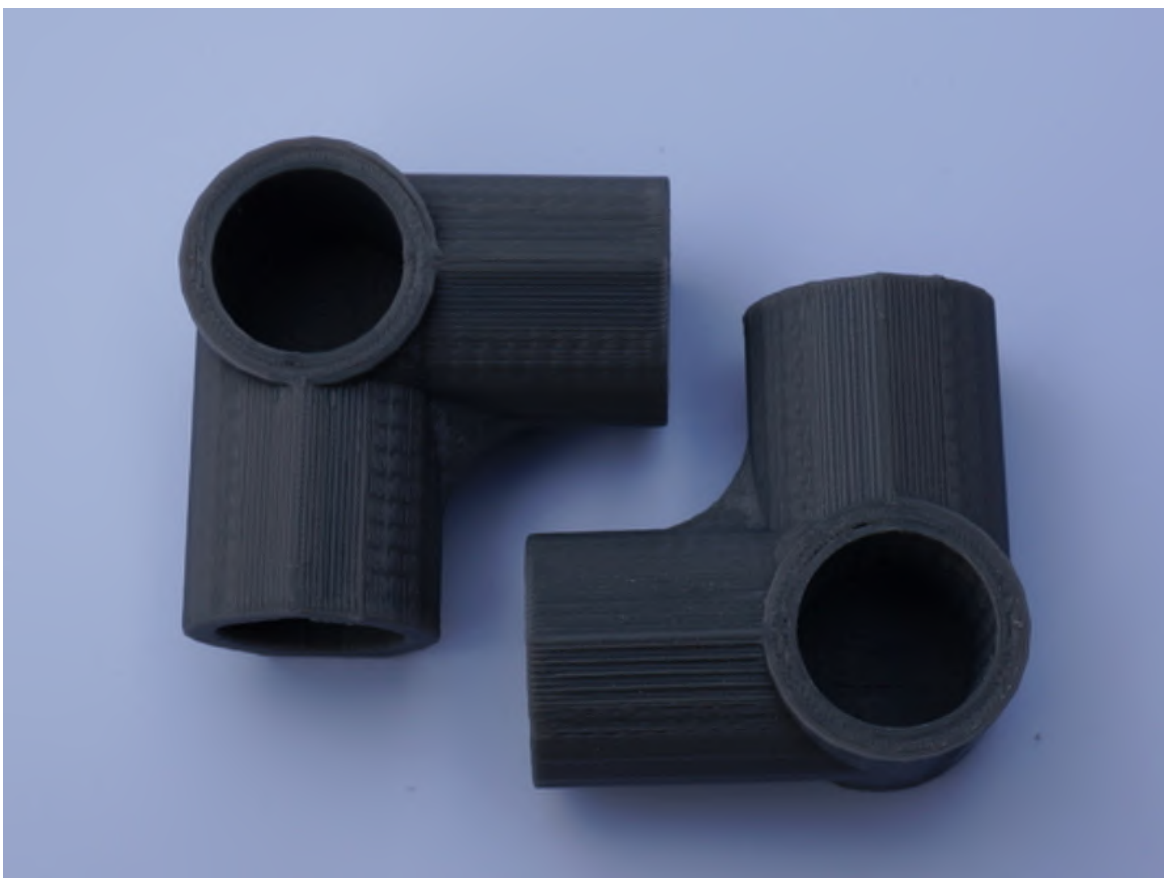
  } else { //Caso contrário
    digitalWrite( rele_solenóide, LOW); //Desliga válvula solenóide

  }
  //LCD
  int leituratp = analogRead(lm);
  int leituraum = analogRead(sensorumidade);

  lcd.clear(); // LIMPA O DISPLAY
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Temperatura: ");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(leituratp);
  lcd.print("C");

```

```
lcd.setCursor(0, 2);  
lcd.print("Umidade:  ");  
lcd.setCursor(0, 3);  
lcd.print(leituraum);  
lcd.print("%");  
delay (200);  
  
}  
  
void control(){ //SISTEMA DE CONTROLE DA TEMPERATURA  
  
if(temp>parametro){ //Liga o relé caso a estufa esteja mais quente do que o previsto  
digitalWrite(rele, HIGH); //Liga o relé que aciona o cooler  
digitalWrite(red, HIGH); //Liga o led vermelho  
digitalWrite(green, LOW); //Desliga o led verde  
delay(1000);  
  
} else {  
digitalWrite(rele, LOW); //Desliga o relé que aciona o cooler  
digitalWrite(red, LOW); //Desliga o led vermelho  
digitalWrite(green, HIGH); //Liga o led verde  
}  
}
```

ANEXO A- MODELO DO COTOVELO TRIPLOFIGURA A.1 - Modelo do cotovelo triplo do *thingiverse*.

Criado por: Tony Youngblood.

Nome do modelo: 3-Way Elbow, 1/2 Inch PVC Pipe FittingSeries#HalfInchPVCFittings.

Feito em: 06 de novembro de 2014.

Acesso em: 27 de outubro de 2019.

Modelo disponível em: 3-Way Elbow, 1/2 Inch PVC Pipe FittingSeries#HalfInchPVCFittings
- UPDATED 2015-02-02 by tonnyoungblood - Thingiverse.