

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE PARINTINS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

USO DO ARDUINO NA IRRIGAÇÃO DE HORTAS VERTICAIS

PARINTINS – AM
OUTUBRO – 2022

PHETRYN FERREIRA MARINHO

USO DO ARDUINO NA IRRIGAÇÃO DE HORTAS VERTICAIS

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Centro de Estudos Superiores de Parintins, da Universidade do Estado do Amazonas como requisito obrigatório ao Trabalho de Conclusão de Curso e obtenção do grau de licenciado em Ciências Biológicas.

ORIENTADOR: DR. ADRIANO MÁRCIO DOS SANTOS
COORIENTADORA: ME. FIORELLA PEROTTI CHALCO

PARINTINS – AM
OUTUBRO – 2022

PHETRYN FERREIRA MARINHO

USO DO ARDUINO NA IRRIGAÇÃO DE HORTAS VERTICAIS

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Centro de Estudos Superiores de Parintins, da Universidade do Estado do Amazonas como requisito obrigatório ao Trabalho de Conclusão de Curso e obtenção do grau de licenciado em Ciências Biológicas.

ORIENTADOR: DR. ADRIANO MÁRCIO DOS SANTOS
COORIENTADORA: ME. FIORELLA PEROTTI CHALCO

Aprovado em ____ de _____ de ____ pela Comissão Examinadora.

BANCA EXAMINADORA

Presidente/Orientadora

Membro Titular

Membro Titular

AGRADECIMENTOS

Sou imensamente grato a minha mãe Juracy Ribeiro Ferreira, minha irmã Cristiane Ribeiro Ferreira pelas orações, e a minha noiva Tatiane de Castro pelo apoio nos momentos difíceis; por acreditarem em mim e impedirem que a tristeza tomasse conta do meu coração.

Agradeço também aos meus orientadores Me. Fiorella Perotti Chalco pela paciência, e apoio nos momentos difíceis; principalmente pelos conselhos maravilhosos e oportunidades que me ajudaram a tornar-me um profissional mais completo.

Ao professor Dr. Adriano Márcio dos Santos por sua generosidade, paciência e investimentos feitos em mim e nesta pesquisa. Agradeço especialmente aos ensinamentos valiosíssimos aos quais para sempre eu sempre serei grato.

Aos amigos que me reservaram tempo em suas agendas apertadas e me prestaram consultoria nos momentos de dúvida, principalmente à Dra. Clarice Bianchezzi pelos seus valiosos conselhos no preparo de hortas.

RESUMO

A plataforma de prototipagem Arduino apresenta, por meio de seus atributos, recursos que concedem um nível excelente em termos de versatilidade para a elaboração de sistemas e para a coleta e registro de dados por meio de módulos e sensores. No presente trabalho foi desenvolvido um sistema de coleta e registro de dados referentes a variação da temperatura e da umidade do solo em uma horta vertical. Concluiu-se que a plataforma Arduino demonstrou ser uma ferramenta útil e versátil para a coleta de dados das referidas variáveis, assim como o uso de sensores demonstrou ser um recurso imprescindível para monitoramento das mesmas. A plataforma mostrou estabilidade e confiabilidade no armazenamento dos dados coletados para a tomada de decisão, podendo ser utilizada na automação da irrigação em hortas verticais.

Palavras-chave: Arduino; Hortas verticais; Irrigação.

ABSTRACT

The Arduino prototyping platform presents, through its attributes, features that grant an excellent level in terms of versatility for the elaboration of systems and for the collection and recording of data through modules and sensors. In the present work, a system was developed to collect and record data regarding the variation of temperature and soil moisture in a vertical vegetable garden. It was concluded that the Arduino platform proved to be a useful and versatile tool for collecting data on these variables, as well as the use of sensors proved to be an essential resource for monitoring them. The platform showed stability and reliability in the storage of data collected for decision making, and can be used in the automation of irrigation in vegetable garden.

Key words: Arduino; Vertical vegetable garden; Irrigation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Município de Parintins, estado do Amazonas.....	20
Figura 2 - A) Conectores removíveis para mangueira utilizados na condução da água para a linha de irrigação. B) Conector tipo joelho utilizado para fechar a linha de irrigação; C) Conector tipo terminal utilizado para fechar a linha de irrigação.....	22
Figura 3 - Fonte 12V, vista frontal.; B) Placa de prototipagem marca Arduino modelo R3 UNO; C) Módulo relé utilizado para controlar dispositivos e D) Modelo de regulador de tensão utilizado no projeto.....	23
Figura 4 - A) Vaso tipo floreira; vista lateral; B) Vista superior.....	24
Figura 5 - Modelagem em 3D da base de madeira. A) Vista transversal; B) Vista frontal; C) Vista Lateral direita; D) Vista superior.....	25
Figura 6 - Varetas utilizadas na construção do experimento. A e B) 115cm, C) 92cm, D) 62cm e E) 32,2cm.....	26
Figura 7 - A) Vista do aspecto final da montagem da base de madeira; B) Uso das abraçadeiras de 20mm na linha de irrigação; C) Parafusos utilizados para a fixação dos componentes da estrutura da base de madeira; D) Modelo de abraçadeiras utilizadas para fixar as linhas de irrigação na estrutura.....	27
Figura 8 - Aspecto final da horta com as linhas de irrigação montadas.....	32
Figura 9 - Modelo de parêmetro medidor para solo utilizado no levantamento de dados manuais.	34
Figura 10 - Circuito elétrico do equipamento. Em A observa-se os módulos dos sensores de umidade, em B abornes para os sensores de temperatura, em C o shield datalogger, em D protoboard, em E o relé, em F os terminais de entrada para a fonte 12V, em G o regulador de tensão, em H bornes para o acionamento de dispositivos de irrigação e em I o botão iniciar..	36
Figura 11 - Botão utilizado para iniciar o sistema.....	37
Figura 12 - Exemplo de mensagem retornada pelo sistema referente ao início do processo de registro e monitoramento das variáveis.....	37
Figura 13 - Exemplo de mensagem retornada pelo sistema referente a ausência de cartão de memória.....	38
Figura 14 - Exemplo de mensagem retornada pelo sistema referente a fim do processo de monitoramento e registro.....	38
Figura 15 - Exemplo reduzido de uma rotina completa de dados coletados e processados pelo	

sistema.....	39
Figura 16 - Modelo de sensor Dallas DS18B20 utilizado no sistema. Em A observa-se completamente o dispositivo, já em B, é destacado a sonda do sensor que capta as variações de temperatura.....	40
Figura 17 - Higrômetro modelo LM2993 utilizado no projeto.....	42
Figura 18 - Módulo shield DS1307 utilizado para expandir as funcionalidades do Arduino UNO para operar como tempo.....	45
Figura 19 - Modelo de cartão SD utilizado pelo sistema.....	45
Figura 20 - Válvula solenoide 12V de ½ polegada.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Quantidade e dimensões das varetas para a base de madeira.....	25
Tabela 2 - Parâmetros do aparelho para determinar os níveis de umidade do solo.....	34
Tabela 3 - Materiais utilizados na elaboração do sistema de irrigação manual.....	35
Tabela 4 - Lista de gastos.....	52

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	9
1. REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
1.1 Importância da irrigação para o cultivo.....	11
1.2 Monitoramento de variáveis importantes.....	12
1.3 Uso de sensores.....	14
1.4 Hortas verticais.....	15
1.5 Benefícios para o cultivo e para agricultura irrigada.....	16
1.6 Automação e sistemas de irrigação.....	17
1.7 Plataforma de prototipagem Arduino.....	19
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
2.1 Área de estudo.....	21
2.2 Protótipo da estrutura da Horta vertical.....	22
2.3 Substrato e Hortaliças escolhidas.....	22
2.4 Montagem do Sistema de Irrigação manual.....	23
2.5 Montagem do Sistema autônomo de monitoramento.....	23
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	25
3.1 Protótipo da Horta vertical.....	25
3.2 Substrato e hortaliças escolhidas.....	28
3.2.1 <i>Coriandrum sativum L.</i> (Coentro verdão).....	29
3.2.2 <i>Allium fistulosum</i> (Cebolinha).....	30
3.2.3 <i>Lactuca sativa</i> (Alface).....	32
3.3 Sistema de irrigação manual.....	32
3.3.1 Medidas e Levantamento de dados do Sistema de Irrigação manual.....	34
3.3.2 Registro das atividades manuais de irrigação e cultivo.....	35
3.4 Sistema autônomo de monitoramento.....	36
3.5 Operação do equipamento e controle do usuário.....	37
3.5.1 Sensores de temperatura (termômetro).....	40
3.5.2 Sensor de umidade do solo (higrômetro).....	42
3.5.3 Regulagem dos Sensores de umidade.....	44
3.5.4 <i>Date Logging Shield</i> com RTC DS1307 (escudo de registro de data).....	45
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48

REFERÊNCIAS.....	49
APÊNDICES.....	53
APÊNDICE A – Gastos no desenvolvimento do projeto.....	53
APÊNDICE B – Código desenvolvido em <i>openscad</i> ® para a modelagem da base de madeira.	54
APÊNDICE C – Código desenvolvido para a plataforma arduino.....	56
APÊNDICE D – Esquema elétrico detalhado do sistema com um circuito para controle de válvula.....	65

INTRODUÇÃO

A elaboração de recursos voltados para a irrigação automatizada e para o levantamento de dados no cultivo de hortaliças são procedimentos relevantes na atualidade que auxiliam o produtor a administrar de modo eficiente a sua produção.

O desenvolvimento deste trabalho partiu da hipótese onde a plataforma de prototipagem Arduino seria um recurso adequado para o desenvolvimento de um sistema de irrigação automático e de levantamento de dados referentes a umidade e temperatura para hortas verticais.

A pesquisa apresentada discorre sobre a aplicabilidade da plataforma de prototipagem Arduino para o monitoramento e registro das mudanças das variáveis umidade e temperatura do solo no cultivo de hortas, com enfoque para aquelas estabelecidas verticalmente. O propósito da pesquisa consiste em demonstrar a aplicabilidade da plataforma Arduino e a importância do uso dos sensores de umidade e de temperatura na composição do sistema, assim como a importância do registro de dados coletados para o cultivo de hortaliças.

O cultivo de vegetais para o consumo humano através da construção de hortas, ao longo da história, sempre representou uma condição fundamental para o desenvolvimento das populações e atualmente constitui um dos principais procedimentos que garantem a segurança alimentar de uma sociedade.

Para que o cultivador consiga aproximar-se dos níveis de produtividades considerados ideais de acordo com a sua plantação, se faz necessário levar em conta os demais fatores importantes para o cultivo, tais como o monitoramento de variáveis relevantes para a produção, sendo essenciais para a produtividade da plantação especificamente duas, sendo elas a umidade e a temperatura.

Um breve Referencial Teórico apresenta a temática da irrigação e a aplicação da automação desse manejo, assim como a plataforma Arduino. Em Materiais e Métodos é exposto o processo de construção da horta, a elaboração do sistema eletrônico de monitoramento e os parâmetros de medidas utilizados. Em discussões são detalhadas informações relevantes para o cultivo é proposto o uso do sistema desenvolvido para o controle da irrigação de forma autônoma.

Este estudo teve o objetivo de desenvolver um protótipo de baixo custo para fazer a irrigação automatizada de hortas verticais. Como objetivos específicos: estudar a plataforma de prototipagem Arduino; Analisar as características técnicas dos sensores de temperatura e de umidade e usar o sistema de irrigação automatizado no cultivo de *Allium schoenoprasum*

(cebolinha), *Lactuca sativa* L. (alface) e *Coriandrum sativum* (coentro).

1. REFERENCIAL TEÓRICO

A prática do cultivo propriamente dito depende de uma série de fatores que abrangem os mais variados aspectos, podendo envolver fatores de ordem climática, de caráter biológico (tais como o vigor das espécies cultivadas e a incidência ou não de pragas ou patógenos) de cuidados e de procedimentos, entende-se pelos manejos utilizados para viabilizar o desenvolvimento adequado para os vegetais (SENHOR et al., 2009).

Um dos procedimentos mais importantes para o cultivo de vegetais, em especial para a produção de hortaliças nas hortas, é o suprimento de água para as plantas viabilizadas pelo manejo da irrigação. A irrigação é um tipo de manejo que, tanto na agricultura ancestral quanto na agricultura moderna, constitui uma das condições mais importantes para o maior aproveitamento do terreno na produção de diversos tipos de vegetais. Este procedimento pode ser definido como sendo um conjunto de habilidades, métodos ou modos de utilizar a aplicação da água de forma artificial sobre as plantas buscando prover as suas carências hídricas dentro dos níveis adequados de produtividade (TESTEZLAF, 2017, p. 9).

A irrigação é uma prática muito antiga e o seu progresso ao longo da história está ligado de forma intrínseca ao desenvolvimento da agricultura. É um manejo que está diretamente relacionado com o progresso das civilizações e naturalmente acompanha o seu aprimoramento. É descrito que, durante o período pré-histórico, o processo de irrigação já era implementado, desviando cursos d'água com a intenção de irrigar plantações. Foi o uso dessas técnicas que permitiu com que a espécie humana pudesse se instalar sobre áreas consideradas áridas ou semiáridas tornando estes locais habitáveis de forma permanente (TESTEZLAF, 2017, p. 9).

A aplicabilidade deste tipo de manejo depende da elaboração de sistemas que possibilitem o direcionamento da água para os vegetais. No que se refere a construção destes sistemas o nível de complexidade varia bastante, partindo dos modelos mais simples que simplesmente fazem uso da topografia local (tais como os sistemas de irrigação por sulcos) a aqueles dependentes de inundação sendo estes mais complexos, onde são aplicados o uso de grandes aparatos mecânicos e tecnológicos para realizar este procedimento tal como os sistemas de irrigação por pivô central, microaspersão ou gotejamento (COELHO; FILHO;

OLIVEIRA, 2005).

1.1 Importância da irrigação para o cultivo

Para aquelas áreas que são destinadas ao cultivo, a precipitação representa um fator essencial para o desenvolvimento da plantação, pois ela fornece de maneira natural boa parte do volume de água que atenderá a necessidade hídrica das plantas. Entretanto, nem sempre é possível contar com o fornecimento de água proveniente desta origem, tal como pode ser observado em regiões de semiárido, onde são implementadas áreas de cultivo em zonas mais secas ou com índices muito baixos de precipitação, sendo por este motivo, muito mais urgente a implementação de um sistema de irrigação (SILVA et al., 2021, p. 114).

Em resposta a esta condição adversa, a aplicação da irrigação nas plantações proporciona aos produtores garantias reais no tocante a disponibilidade de água para suprir a necessidade hídrica das plantas, possibilitando desta maneira, que essa ausência não implique quedas nas suas produções por conta da secagem excessiva do solo em determinadas épocas do ano (ARRUDA; BARRETO; OJIMA, 1984).

Deste modo, promover um suprimento de água de maneira controlada no cultivo de qualquer plantação de hortaliças tornou-se um fator determinante para uma produção bem-sucedida. O cenário supracitado é particularmente relevante quando é levado em conta o fato de ser considerado um número bastante reduzido a quantidade de hortaliças que apresentam tolerância a alterações drásticas, tanto em relação à umidade quanto a variações de temperatura (TOMASSONI et al., 2013, p. 2).

O fornecimento de água adequado para um determinado cultivo – quando também é levado em conta outros fatores necessários para produtividade – proporciona aumentos significativos nas colheitas. A disponibilidade do volume de água torna-se um fator decisivo em proporcionar para as plantas os meios ideais para que possam se desenvolver de forma plena e, desse modo, gerar um aumento de qualidade dos vegetais (ANDRADE et al., 2001).

A irrigação é um procedimento fundamental para os ganhos financeiros dos produtores. Este manejo possibilita o acesso às condições necessárias para que estes possam acompanhar as demandas e a competição do mercado. Este procedimento também garante que as práticas do processo de cultivo tornem-se mais sustentáveis no que se refere ao consumo de energia e na economia dos recursos hídricos (BORGES; TEAGO, 2015, p. 7).

Assim sendo, o produtor tem a possibilidade de aumentar a quantidade de colheitas que a sua plantação pode oferecer durante o ano. A irrigação conseqüentemente será o meio que possibilitará o aumento significativo nas margens de lucro que as plantações podem gerar (MORAES et al., 2014; TESTEZLAF, 2017, p. 13).

1.2 Monitoramento de variáveis importantes

O monitoramento e o controle dos níveis adequados de umidade presente no solo é uma condição importantíssima para o desenvolvimento de qualquer espécie vegetal (GUTIERRES; NEVES, 2021). Ao passo em que se leva em conta as condições supracitadas, o monitoramento das condições inversas ela também é um fator decisivo para o cultivo. Quando as hortaliças são expostas a níveis elevados de umidade isso afetará diretamente a aeração do solo impedindo a absorção de nutrientes essenciais para o desenvolvimento do corpo vegetal (CLEMENTE; HABER, 2012, p. 14; MAROUELLI; SILVA; SILVA, 1996, p. 22).

Também são considerados conseqüências deste quadro desfavorável para os vegetais o surgimento de patologias. Níveis altos de umidade no ambiente de cultivo tornam suscetíveis o surgimento de doenças bacterianas e de pragas como lesmas e caracóis nos canteiros (CLEMENTE; HABER, 2012, p. 29; MAROUELLI; SILVA; SILVA, 1996).

Para o cultivo de hortaliças em vasos um detalhe importante para o desenvolvimento da planta está em evitar o processo de lixiviação dos nutrientes do solo ocasionada pelo excesso de água aplicada sobre a cultura. Este processo consiste na lavagem do solo, retirando de forma radical os nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas, principalmente do fósforo, e sendo este quadro agravado em substratos com pouca matéria orgânica (AGUIAR et al., 2006).

Desse modo, torna-se essencial para o desenvolvimento de uma horta, promover os níveis ideais de umidade dentro do plantio observado à frequência adequada de irrigação de acordo com o período de desenvolvimento das espécies selecionadas.

A implementação do cultivo de hortaliças na modalidade de campo aberto geralmente depende bastante das circunstâncias adequadas no tocante ao clima apropriado para o pleno desenvolvimento da horta. Observando que no território brasileiro constata-se o predomínio do clima tropical, esta condição climática compromete o cultivo de espécies de hortaliças

provenientes de regiões com temperaturas mais brandas apesar dos esforços referente aos aprimoramentos genéticos desenvolvidos buscando contornar este inconveniente (RODRIGUES, 2020, p. 10).

Logo, a temperatura do solo possui relevância no cultivo de hortaliças, pois este fator influencia diretamente na viabilidade do cultivo de determinadas espécies sendo assim, o monitoramento desta variável é essencial para a produção, visto que cada espécie possui um limite de tolerância próprio no tocante a temperatura. De modo geral, para o cultivo de hortaliças a faixa adequada para a temperatura do solo estão estabelecidas na faixa de 20°C e 35°C. Temperaturas abaixo de 10°C e superiores a 45°C diminuem a capacidade dos vegetais de absorver nutrientes (CLEMENTE; HABER, 2012, p. 18). Assim, o monitoramento desta variável um dos aspectos fundamentais para a viabilidade da implementação de uma determinada cultura.

Para o cultivo de alface, as faixas de temperatura consideradas adequadas para o desenvolvimento de acordo com a literatura estão em torno de 15°C a 18°C, com variações máximas entre 21°C e 24°C e mínimas sendo de 7°C (HIRATA; HIRATA, 2015). Para a produção de coentro, as faixas apropriadas de temperatura para a germinação adequadas estão entre 20 °C a 30 °C. Já nas fases posteriores de crescimento da planta a temperatura recomendada está entre 18 °C e 25 ° (MATHIAS, 2022).

A cebolinha é uma hortaliça bem condicionada a diversas regiões do país onde já existem no mercado exemplares que melhor resistem as altas temperaturas. Para o cultivo de cebolinha a faixa adequada a faixa de temperatura recomendada para um bom desenvolvimento foliar é estimada em torno de 8°C e 22°C (ALENCAR, 2020, p. 8).

Níveis altos de temperatura, assim como temperaturas muito baixas prejudicam diretamente o desenvolvimento dos vegetais. Quando o cultivo é realizado em ambientes com níveis de temperatura fora daqueles considerados adequados para uma determinada espécie de hortaliça normalmente temos como resultado um desenvolvimento fora dos padrões de cultivo desejado para aquele vegetal.

Isto pode ser observado no cultivo de alface tipo americana onde os níveis elevados de temperatura afetam de forma negativa o cultivo, ocasionando a aceleração do desenvolvimento da espécie, resultando em uma colheita precoce com porções menores e induzindo o florescimento desta hortaliça tendo como efeito a produção de látex provocando um sabor amargo a hortaliça (SUINAGA et al., 2013, p. 2).

O monitoramento da temperatura é um aspecto imprescindível, pois os efeitos desta variável se estendem de modo significativo na disponibilidade de umidade no solo,

aumentando os níveis de evaporação da água presente no solo afetando e atuando no processo de fotossíntese dos vegetais (COUTO, 2016, p. 10). Logo, áreas de cultivo expostas a níveis baixos de temperaturas são condições arriscadas para os cultivadores de hortaliças. Os níveis baixos de temperatura são considerados fatores climáticos que estão diretamente relacionados ao fenômeno da dormência, tendo implicações diretas na anatomia e fisiologia das plantas. É observado que ambientes com temperaturas baixas tendem a paralisar o crescimento assim como, dependendo da espécie, induz a dormência (HAWERROTH et al., 2010, p. 12–13).

1.3 Uso de sensores

Os grandes produtores têm a seu dispor uma quantidade alta de recursos e consequentemente dispõe de grandes aparatos tecnológicos para realizar os procedimentos de monitoramento de diversos tipos de variáveis importantes para o cultivo. Tais recursos são fundamentais para assegurar os seus investimentos.

Os equipamentos e sistemas que realizam estes procedimentos de monitoramento possuem um nível considerável de complexidade de operação e da sua construção. Porém, os sistemas mais recorrentes, destinado para esta finalidade, normalmente possuem em sua construção dispositivos essenciais que possibilitam a sua operacionalidade. Os sensores integram o conjunto de dispositivos imprescindíveis para a construção destes aparatos e viabilizam os procedimentos de monitoramento, visto que este compõe o meio pelo qual os sistemas desenvolvidos interagem com o meio onde as hortaliças estão sendo cultivadas.

Sensores são dispositivos eletrônicos que funcionam como via de entrada para informações físicas em um circuito eletrônico e, desse modo, ele pode ser capaz de analisar as informações do ambiente. Os sensores realizam estes procedimentos por meio da transdução, que é o processo da conversão de uma forma de energia para outra. Assim, estes dispositivos transdutores atuam medindo os níveis que estes estímulos externos ao sistema apresentam (KARVINEN; KARVINEN, 2014).

Normalmente os recursos de monitoramento disponíveis no mercado, mesmo os mais simples necessitam de assistência técnica, o que aumentam significativamente os gastos no investimento deste tipo de serviço. Os aprimoramentos na área da eletrônica permitiram não somente o barateamento de diversos dispositivos, mas possibilitaram também o surgimento de novas propostas de dispositivos específicos com aplicações voltadas para o cultivo.

Em razão dos motivos supracitados o monitoramento das variáveis importantes para a agricultura sempre foi motivo de muita preocupação para os produtores, e exercer esta atividade atualmente ainda representa uma grande barreira para muitos produtores, especialmente os de pequeno e médio porte desprovidos de grandes recursos financeiros. O crescente acesso à informação associado a facilidade do acesso a estas informações por meio dos mais diversos meios de comunicação, em especial a internet, tornam a implementação destes dispositivos cada vez mais simples, reduzindo custos com consultorias e manutenção.

Deste modo, os sensores são dispositivos essenciais na construção para estes equipamentos e, a acessibilidade em ascensão a estes componentes em termos de valor e confiabilidade tornam o desenvolvimento de sistemas de monitoramentos mais acessíveis.

1.4 Hortas verticais

O modo tradicional de plantação baseada no cultivo rasteiro atende muito bem a diversas finalidades principalmente aquelas voltadas a larga produção de hortaliças. Todavia, esta modalidade de cultivo fica suscetível a diversos tipos de fatores adversos provenientes tanto das ações climáticas (RODRIGUES, 2020, p. 6) quanto a fatores de origem biológicas como a ação de parasitas (CORREIA; ROCHA; RISSINO, 2016, p. 135).

Não há uma definição exata em termos científicos para conceituar as hortas verticais. O termo é aplicado para referir-se estruturas leves, fixadas ou não, orientas em sentido vertical com a finalidade destinada para comportar aparatos de cultivos buscando a otimização do espaço disponível (SILVEIRA, 2019, p. 19).

Um fator imprescindível para a construção de uma horta consiste em avaliar de maneira adequada aos fenômenos naturais aos quais o terreno onde o empreendimento está sendo realizado é suscetível. Em muitas localidades, principalmente em áreas onde ocorrem alagações o cultivo suspenso é a única maneira de assegurar a integridade da horta. Por consequência destes fatores foi estabelecido estes métodos alternativos de cultivos voltados não somente para proteger as plantas das intempéries, mas também buscando uma produtividade e aproveitamento muito maior do espaço tomado pelo cultivo, tal como é feita na prática do cultivo vertical.

Por este motivo, é muito comum nas zonas rurais da região norte o cultivo de hortaliças em canteiros suspensos, pois o método garante que deste modo garantias de um

suprimento alimentar de hortaliças durante o período de cheia dos rios. Por esta razão, o cultivo verticalizado torna-se um método muito importante e conveniente para garantir a oferta de alimento para localidades onde o potencial de produtividade é bastante limitado por motivos naturais ou ambientais.

Em outras localidades que apresentam outros problemas referentes ao terreno onde é realizado o cultivo ou na limitação da área disponível para o cultivo motivadas por fatores geográficos ou climáticas o cultivo de hortaliças normalmente é realizado verticalmente em sistemas especiais de cultivo como no sistema indoor. Assim, o sistema de cultivo verticalizado torna-se uma alternativa inteligente, resultando em um duplo benefício permitindo contornar os problemas referentes a espaço e possibilitando um menor impacto ambiental e aumentando a oferta de alimentos para estas localidades.

O sistema de cultivo verticalizado permite tornar os procedimentos rotineiros referentes a diversos tipos de manejo, tais como colheita e irrigação mais fáceis de serem operados do mesmo modo que facilita os cuidados e o monitoramento das plantas, reduzindo custos com insumos defensivos.

1.5 Benefícios para o cultivo e para agricultura irrigada

Tal como foi discutido, estabelecer o cultivo expandindo-o no sentido vertical promove o aumento de possibilidades viáveis para que os cultivadores possam contornar muito dos problemas pertinentes ao cultivo, principalmente aqueles destinados à irrigação. Desenvolver hortas desse modo, além de possibilitar aumentos concretos nos níveis de produção na plantação também resulta na redução dos custos com mão de obra e estabelece facilidades no direcionamento de cuidados e proteção das plantas (CAMPAGNOL; MATSUZAKI; MELLO, 2016, p. 138).

Este método também possibilita de forma eficaz a instalação de aparatos complexos que possibilitem a automatização dos sistemas de irrigação. Este tipo de sistema, além de tornar mais acessível economicamente proporciona o nível de interatividade muito mais satisfatórios para o dono da horta, e simplificam as atividades com este tipo de manejo do usuário comum (NÉSIO; MAIA; VILLELA, 2022, p. 54).

Logo, a implementação e a manutenção dos equipamentos que compõem as linhas de irrigação do sistema torna a adesão do sistema de irrigação muito mais prático. Estabelecer

como estratégia produtiva a plantação de cultivares produzidas em orientação vertical oferece uma dupla vantagem para os produtores; em um primeiro momento, esta técnica aumenta a eficiência do espaço utilizado no cultivo das plantas. A prática do cultivo verticalizado tem o potencial de agregar um nível de produtividade de até três vezes superior em comparação a ambientes de cultivo rasteiros (CAMPAGNOL; MATSUZAKI; MELLO, 2016, p. 138).

Para os vegetais o posicionamento privilegiado do dossel das plantas proporcionado pela verticalização da plantação torna possível aumentar sua densidade, assim como aumentar a quantidade dos frutos produzidos. O cultivo vertical também atende de modo satisfatório as produções de hortaliças empreendidas em ambientes urbanos sendo este considerado um dos mais apropriados para este tipo de região. Deste modo, o cultivo verticalizado reduz significativamente a demanda do preenchimento de novas áreas (NÉSIO; MAIA; VILLELA, 2022, p. 56).

Assim, o cultivo vertical quando levado em consideração como uma alternativa, possui grande relevância no que diz respeito a maneabilidade dos aparatos podendo ser utilizada de maneira ampla resultando em níveis menores de impacto ambiental.

1.6 Automação e sistemas de irrigação

A automação é um recurso recorrente na rotina dos grandes produtores rurais viabilizando de modo efetivo os mais diversos tipos de procedimentos com o objetivo de tornar as atividades produtivas mais eficientes. No que se refere a automação enquanto conceito, esta pode ser descrita como sendo o uso de aparatos mecânicos, eletrônicos e computacionais na condução e controle de determinado tipo de produção (BAYER; ECKHARDT; MACHADO, 2011, p. 15).

Conseqüentemente, por conta da busca constante de recursos a fim de suscitar a otimização das atividades produtivas, foi corporificada a implementação deste novo princípio tecnológico para realizar de modo eficiente alguns tipos de manejo em específico; estando a irrigação entre os tipos de atividades em que constantemente tais recursos são implementados. Um fator muito importante no aprimoramento das tecnologias voltadas para o campo, e que trouxe para os produtores uma série de vantagens e facilidades, foi a implementação de tecnologias destinadas para a automação de sistemas de irrigação.

Em decorrência do fenômeno conhecido como automação de processos, aquilo que

antes era considerado uma realidade estritamente ligada ao ambiente urbano, se encontra cada vez mais presente no ambiente rural, tendo suas aplicações normalmente voltadas para efetuar determinados tipos de manejo. Atualmente, este processo vem se tornando essencial para vários procedimentos na rotina do campo.

O princípio da automação quando é aplicado na irrigação de cultivares – visando aplicações adequadas de água – é conhecido como agricultura de precisão e consiste em realizar o manejo de irrigação de forma automática e graduada, buscando manter a alta eficiência, redução e economia de insumos, observando evidentemente que o investimento inicial deste tipo de aplicação é consideravelmente mais elevado que o modo tradicional (PEREIRA et al., 2020, p. 29).

Observando o fenômeno da popularização da incorporação de recursos tecnológicos para a irrigação, é destacado que a implementação destes recursos para o ambiente rural vem se tornando cada vez mais comum em função da necessidade do setor em acompanhar as demandas de mercado, que estão cada vez maiores para a produção de alimentos. Este fenômeno ainda é considerado uma área nova no Brasil e que tem ganho bastante relevância nos últimos anos (BARBOSA, 2013, p. 14).

Assim, a adesão a automação de processos repousa principalmente na busca constante, e pela necessidade cada vez maior de economia, tanto em relação a mão de obra quanto no uso de insumos, e principalmente na possibilidade de coleta, análise e armazenamento de dados; que tornam estas atividades mais eficientes e auxiliam na tomada de decisão.

O fato de o aprimoramento das tecnologias baseadas em sistemas microcontrolados ter possibilitado aos operadores administrar seus recursos de forma eficiente e, para a irrigação de hortaliças, representa um grande avanço em termos de produtividades e eficiência da aplicação da água. Em razão da necessidade efetiva do produtor em modernizar os seus meios de produção, infelizmente grande parte dos benefícios fornecidos por estes recursos, ainda se encontram longe da realidade do pequeno produtor, principalmente devido aos custos envolvidos e de determinadas limitações técnicas e de patente.

É importante salientar que muitas empresas têm avançado bastante na elaboração de softwares para sistemas que automatizam a irrigação que podem monitorar a produção agrícola e que, em razão disso, a maioria desses produtos e serviços possuem patentes fechadas, o que além de acarretar a elevação do preço do serviço, não permite modificações por parte dos usuários finais para que possam expandir e modificar o produto a fim de atender as suas necessidades (BARBOSA, 2013, p. 16).

A crescente difusão dos microprocessadores em diversas atividades associadas ao

barateamento progressivo dos componentes eletrônicos, fenômeno este que remonta em meantes da década de 1980, resultou em uma verdadeira transformação no modo como se realiza os procedimentos do cotidiano sendo os seus efeitos observados na composição de diversos itens como brinquedos, televisores e até automóveis (ZURITA, 2014). As possibilidades estabelecidas pelas circunstâncias supracitadas proporcionaram as condições que ajudaram na popularização dos sistemas embarcados para diversos tipos de aplicações.

Os sistemas embarcados¹ possuem como uma das suas principais características a possibilidade de controlar por meio do seu sistema aparatos maiores assim como podem ser programados para executar diversas funcionalidades programadas pelos usuários, possuem como uma das suas características mais marcantes a confiabilidade e a segurança em sua operação (SANTOS, 2006). Logo, estes aspectos facilitam a aplicação e um sistema automático em diversos tipos de empreendimentos nos mais variados tipos de setores podendo ser aplicado especialmente para a irrigação de hortaliças.

Uma das plataformas de prototipagem baseadas em sistema embarcado mais populares do mercado é a plataforma Arduino. Esta possibilita ao usuário construir uma grande gama de projetos por meio de um orçamento bastante reduzido com aplicabilidades tão variadas para diversos setores tecnológicos, de saúde ou de engenharia (FRANCO et al., 2022).

1.7 Plataforma de prototipagem Arduino

A plataforma de prototipagem Arduino foi desenvolvida em meados de 2005 por uma equipe de cientistas composta por Massimo Banzi, David Cuartiles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis com o intuito de desenvolver um dispositivo de baixo custo e de fácil operação. O produto foi assim desenvolvido pensando em um público formado por estudantes e projetistas amadores (THOMSEN, 2014).

Desse modo, desenvolveu-se uma plataforma de prototipagem que pode ser facilmente conectada a um computador por meio de um cabo USB e que conta com uma interface para o desenvolvimento de códigos, o IDE (*Integrated Development Environment*, ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado) baseado na linguagem de programação C (MONK, 2016, p. 27; OLIVEIRA, 2021, p. 50).

¹ Sistemas embarcados são um tipo de sistema onde o computador está integrado ao dispositivo ou sistema realizando atividades predeterminadas.

É definido o conceito de Arduino como sendo uma pequena placa eletrônica com função de microcontrolador, composta por um circuito de pequeno porte, sendo esta estrutura denominada placa, que possui na sua composição um pequeno chip, chamado de microcontrolador (KENSHIMA, 2020, p. 29).

Salienta-se que um dos aspectos mais formidáveis em desenvolver projetos com a plataforma Arduino é que esta permite ao usuário elaborar ou redefinir os projetos eletrônicos partindo de procedimentos apenas em software, não requerendo grandes modificações na instalação dos componentes o que reduz muito o tempo de elaboração de projetos eletrônicos (BANZI; SHILOH, 2015, p. 12).

Desenvolver projetos com a plataforma é o que há de mais versátil na eletrônica moderna. O advento de tecnologias baseadas em microprocessadores possibilitou que operações que antes, para serem realizadas necessitavam da montagem de circuitos eletrônicos, a partir deste momento, passassem ser realizadas por meio de software (BANZI; SHILOH, 2015, p. 31).

A linguagem de programação que a plataforma utiliza possibilita que se faça uso da prototipagem oportunista na qual partes de algoritmos que compõe programas já existentes são utilizados para compor novos projetos com funções totalmente novas otimizando o tempo de trabalho (BANZI; SHILOH, 2015, p. 21–22; CULKIN; HAGAN, 2018, p. 14). Este aspecto permite a possibilidade para aqueles interessados em desenvolver os seus próprios projetos particulares a recorrerem a códigos com licenças abertas para auxiliar no desenvolvimento dos seus programas.

A plataforma de prototipagem eletrônica Arduino foi projetada para ser uma ferramenta simplificada que permitisse aos usuários, desenvolver os seus projetos sem grandes dificuldades, mesmo que não possuíssem conhecimentos avançados de computação e de eletrônica (BARBOSA, 2013, p. 15). Desse modo tornam-se um produto bastante indicado na aplicação dos mais diversos tipos de condições pertinentes a fatores como manutenção e usabilidade.

Observando esta condição, afirma-se que o uso de sistemas embarcados, antes considerado uma aplicação complexa, atualmente está presente em diversos seguimentos do cotidiano. De maneira distinta das quais operam os computadores convencionais – que podem processar várias informações ao mesmo tempo – os sistemas embarcados foram desenvolvidos para uma aplicação voltada a uma rotina de operação específica (CUNHA; ROCHA, 2016, p. 63).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O método de pesquisa adotado consistiu em um levantamento bibliográfico e experimental sobre a aplicabilidade da plataforma de prototipagem Arduino para a automação de sistemas de irrigação e as informações obtidas foram utilizadas para desenvolver um sistema de monitoramento e registro destas variáveis para aplicação na automação da irrigação de hortaliças na modalidade de cultivo vertical.

2.1 Área de estudo

Este estudo foi desenvolvido no município de Parintins, localizado no extremo leste do estado do Amazonas, à margem direita do Rio Amazonas, possuindo uma distância de 420 quilômetros da capital Manaus. Com uma população de em média 114 mil habitantes, sendo a o segundo município mais populoso do Estado (Figura 1). Parintins foi gradativamente evoluindo em seus aspectos econômicos, políticos, sociais e culturais.

Figura 1 - Município de Parintins, estado do Amazonas.



Fonte: crucerosamazonas.

A vegetação típica da região é formada por florestas de várzea e terra firme, por lagos, ilhas e uma pequena serra que faz a divisa dos Estados do Amazonas e Pará. Considerado o segundo município mais populoso do Estado e sua cultura é conhecida mundialmente através do Festival Folclórico de Parintins, um patrimônio cultural do Brasil.

2.2 Protótipo da estrutura da Horta vertical

Com a finalidade de definir de maneira mais precisa a estruturação da base de maneira, optou-se por usar recursos virtuais que auxiliassem na visualização da forma, e que permitissem realizar uma estimativa mais acertada dos materiais necessários para a montagem, assim como permitir a possibilidade de predizer as possíveis regiões de pouca resistência na estrutura.

Elaborar uma estrutura que dispusesse verticalmente as hortaliças de maneira segura e que possibilitasse o alojamento dos componentes do sistema de irrigação.

2.3 Substrato e Hortaliças escolhidas

Um dos aspectos essenciais para a cultivo de qualquer tipo de hortaliça é a composição dos elementos que formam o substrato no qual as cultivares estão enraizadas. O solo é um fator primordial ao desenvolvimento das plantas. Fornece o suporte para o desenvolvimento dos vegetais, e disponibiliza os nutrientes de origem inorgânicos necessários para o desenvolvimento. O solo aloja a água para os vegetais assim como o proporciona um ambiente gasoso onde o sistema radicular se desenvolve (COSTA et al., 2020, p. 19). O substrato preparado para este experimento foi terra adubada. O adubo utilizado no substrato foi do tipo orgânico produzido por meio da compostagem de restos de alimentos e folhas.

Para este estudo foram selecionadas três espécies de hortaliças: *Coriandrum sativum* L. conhecido (coentro verdão); *Allium fistulosum* (cebolinha) e *Lactuca sativa* (alface). Estas escolhas foram baseadas em virtude da importância que cada espécie aplicadas possui para a região e pela sua importância nutricional. A escolha também foi influenciada por conta da demanda que elas possuem para o mercado, buscando demonstrar a aplicabilidade do protótipo desenvolvido para a produtividade destas espécies.

2.4 Montagem do Sistema de Irrigação manual

A água proveniente da torneira adentra ao sistema de irrigação através de uma mangueira conectada a linha de irrigação por meio de conexões removíveis (Figura 2 A) que tornam os procedimentos que envolvam a montagem ou desmontagem do aparato mais prático para o usuário.

A estrutura das linhas de irrigação são formadas por conexões do tipo joelho (Figura 2 B) e finalizando com uma conexão do tipo terminal (Figura 2 C) que sela o caminho final da água permitindo o direcionamento da água para todos os vasos da estrutura. Desse modo foi estabelecido a base do sistema de irrigação que posteriormente viria receber as estruturas de automação.

Figura 2 - A) Conectores removíveis para mangueira utilizados na condução da água para a linha de irrigação. B) Conector tipo joelho utilizado para fechar a linha de irrigação; C) Conector tipo terminal utilizado para fechar a linha de irrigação.



Fonte: elaborada pelo autor.

2.5 Montagem do Sistema autônomo de monitoramento

Um dos aspectos essenciais para o pleno funcionamento do protótipo está em garantir a tensão elétrica dos dispositivos, sendo fornecida de modo seguro para todos os componentes do sistema. Isso é possível por meio do planejamento adequado da entrada de tensão nos componentes e consequentemente garantindo a sua durabilidade.

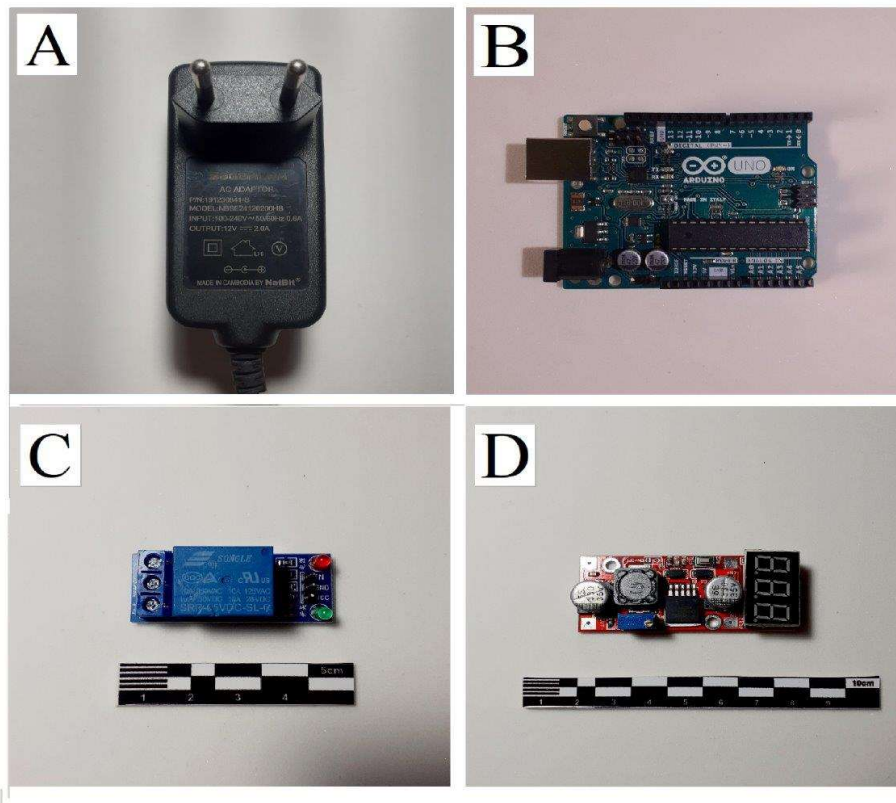
A tensão de entrada do sistema é do tipo alternada de 120V, oriunda diretamente da

rede da concessionária. Esta tensão de entrada é reduzida para 12V contínuas com auxílio de uma fonte DC (Figura 3 A), quantidade adequada para o funcionamento de dispositivos de irrigação que serão controladas pelo relé (Figura 3 B).

Os componentes mais sensíveis que constituem o sistema, tais como os sensores e os pinos que energizam o funcionamento do módulo relé, são alimentados diretamente pela placa Arduino, existem diversos tipos de placa Arduino disponíveis no mercado, cada qual possuindo atributos diferentes apropriados para determinados tipos de aplicação.

O modelo selecionado para o estudo e aplicação neste projeto foi a Arduino Uno R3 (Figura 3 C), que por sua vez está conectada a um regulador de tensão (Figura 3 D) que controla a voltagem oriunda da fonte de energia de 12V para 5V adequado para o funcionamento seguro da placa Arduino.

Figura 3 - Fonte 12V, vista frontal.; B) Placa de prototipagem marca Arduino modelo R3 UNO; C) Módulo relé utilizado para controlardispositivos e D) Modelo de regulador de tensão utilizado no projeto.



Fonte: elaborada pelo autor.

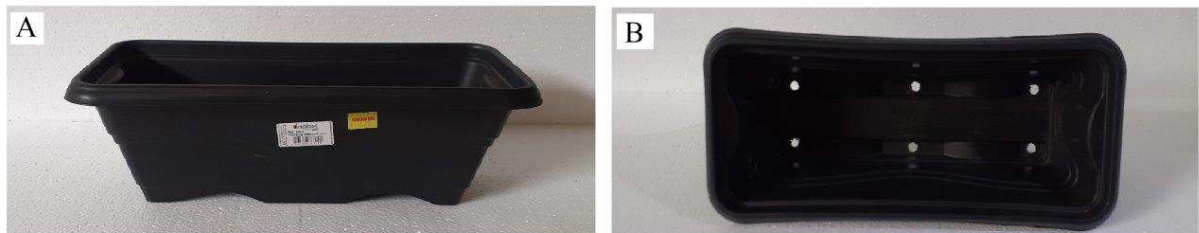
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Protótipo da Horta vertical

Para elaboração deste suporte, foi construída uma estrutura nomeada “base de madeira”, composta por três níveis de altura e orientada no sentido vertical, especialmente projetada para alojar os recipientes do tipo floreira de jardim (Figura 4 A e B) ocupando menos espaço e fazendo maior proveito da incidência de luminosidade.

Para desenvolver um aparato de cultivo, foi necessário o preparo de uma estrutura que dispusesse verticalmente as hortaliças de maneira segura e que possibilitasse o alojamento dos componentes do sistema de irrigação.

Figura 4 - A) Vaso tipo floreira; vista lateral; B) Vista superior.

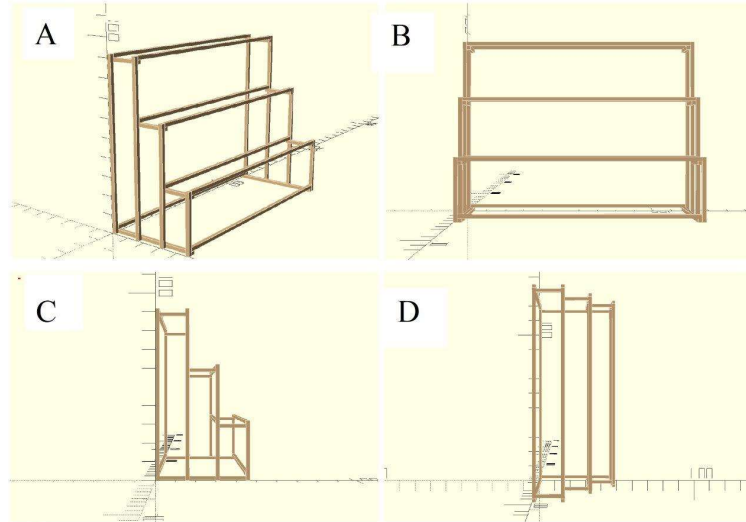


Fonte: elaborada pelo autor.

Foram utilizados 9 vasos do modelo floreira média preta *Inplast*® de 4 litros, estabelecendo-se deste modo, um tamanho padrão para o encaixamento destes recipientes nas armações da base de madeira baseado nas medidas do fabricante dos recipientes, que por sua vez apresentam as medidas com altura de 37 cm, largura de 38 cm e com um comprimento de 16 cm.

Adotou-se o *software* de modelagem – *OpenScad* (OPENSCAD.ORG, 2021) para realizar o desenvolvimento de um modelo em 3D da base de madeira e, a partir desse modelo, realizar a estrutura da base – formato e dimensões – antes de sua montagem. Nas Figura 5 A, B, C e D podem-se visualizar a versão inicial do modelo 3D desenvolvido com auxílio do *OpenScad* onde o seu *script* pode ser consultado no Apêndice B deste trabalho.

Figura 5 - Modelagem em 3D da base de madeira. A) Vista transversal; B) Vista frontal; C) Vista Lateral direita; D) Vista superior.



Fonte: elaborada pelo autor.

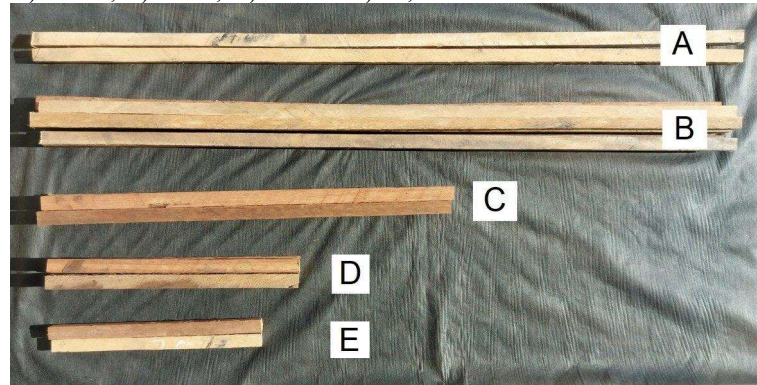
O uso deste recurso de modelagem forneceu a quantidade inicial de peças (Figura 6) a serem utilizadas na base de madeira, bem como suas dimensões (comprimento, largura e espessura). Na Tabela 1 estão as medidas e as quantidades de peças necessárias para montagem do primeiro protótipo da base de madeira, pois, a largura e a espessura de todas medem 2 cm. As peças foram confeccionadas a partir das dimensões estimadas, computacionalmente, com auxílio do modelo 3D.

Tabela 1- Quantidade e dimensões das varetas para a base de madeira.

QUANTIDADE	COMPRIMENTO (CM)
8	115
4	92
2	62
2	47
2	32
6	17
2	65
4	32,5
4	20
6	18

Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 6 - Varetas utilizadas na construção do experimento. A e B) 115cm, C) 92cm, D) 62cm e E) 32,2cm.



Fonte: elaborada pelo autor.

Constatou-se que o projeto inicial da estrutura apresentou um nível de instabilidade significativo quando introduzidos os vasos. Assim sendo, fez-se necessário a adição de novas varetas para aumentar a estabilidade da estrutura, e a sua resistência a possíveis impactos mecânicos que normalmente ocorrem durante a manipulação dos aparatos resultantes dos manejos e cuidados necessários para o cultivo. O resultado definitivo da estrutura pode ser observado na Figura 7 A onde, além de contar com as varetas adicionais para o aumento da estabilidade, ainda conta com outras estruturas necessárias para fixar com maior estabilidade o sistema hidráulico.

Buscando aumentar o nível de estabilidade das linhas de irrigação que compõem o sistema de irrigação e evitar possíveis prejuízos para as plantas cultivadas foram adicionadas seis novas varetas, sendo estas mais curtas com 18 centímetros, necessárias para o incremento de abraçadeiras de 20 mm (Figura 7 B e C) necessárias para atender esta finalidade. Buscando fixar de maneira mais firme as varetas de madeira que compõe a estrutura foram utilizadas para esta finalidade parafusos para madeira tipo *Phillips* de 4.0x50 e 3x12 observados na Figura 7 D.

Figura 7 - A) Vista do aspecto final da montagem da base de madeira; B) Uso das abraçadeiras de 20mmna linha de irrigação; C) Parafusos utilizados para a fixação dos componentes da estrutura da base demadeira; D) Modelo de abraçadeiras utilizadas para fixar as linhas de irrigação na estrutura.



Fonte: elaborada pelo autor.

3.2 Substrato e hortaliças escolhidas

Para compor um bom meio de cultivo é necessário levar em conta de diversos tipos de elementos, tais como a presença de matéria orgânica na composição. O incremento de terra vegetal é um aspecto fundamental para fornecer ao substrato o microbioma necessário para o desenvolvimento das plantas que é obtido por meio de uma amostra de solo rico nestes elementos sendo assim incrementado a mistura.

O uso de material orgânico, além de proporcionar os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas, contribui na redução da densidade do substrato, assim como aumenta a aeração. Possibilita o aumento da infiltração e a retenção de água, aumenta a disponibilidade de nutrientes assim como facilita o crescimento das raízes.

A condição do solo é um fator importante no cultivo que auxilia na sustentação das plantas e permite um desenvolvimento muito melhor das raízes dentro dos recipientes, evitando a compactação do substrato. Deve-se também observar que o monitoramento do pH do substrato também é fundamental para o desenvolvimento das cultivares, sendo este monitorado e corrigido por meio da aplicação de calcário em pequenas quantidades.

Normalmente o pH dos substratos tendem a ser mais ácidos em razão do processo de compostagem sendo por vezes necessário ajustá-lo.

Quando os níveis de pH do solo encontram-se fora das faixas adequadas para o cultivo de uma determinada espécie de hortaliça como consequência disto temos como resultado a queima das raízes dos vegetais, problemas com a germinação e o desenvolvimento do corpo vegetal.

Para cultivar as hortaliças foi feito o uso de composto orgânico oriundo de compostagem de resíduos orgânicos de origem doméstica. E para incrementá-lo, foi somado ao composto aproximadamente 9 litros de terra vegetal e foi realizada a aplicação de pequenas quantidades de calcário nos recipientes onde a acidez se encontrava muito elevadas para os padrões ideais de cada hortaliça.

Aferido o pH do substrato dos nove vasos, constatou-se o nível médio foi estimado em 5.5. Em razão disto foi realizado o procedimento de calagem com 250g de calcário, buscando aumentar os níveis do pH para níveis mais aceitáveis para ao cultivo de hortaliças, obtendo deste modo após 3 meses de repouso um pH médio estimado em 6,0.

São diversas as hortaliças de importância econômica e nutricional para o município. A sua produtividade, assim como a sua acessibilidade, é essencial para a segurança alimentar de toda a sociedade.

As três espécies selecionadas para este estudo:

3.2.1 *Coriandrum sativum* L. (Coentro verdão)

A escolha pelo coentro verdão foi realizada pelo fato desta hortaliça ser uma das ervas condimentares mais importantes para diversas atividades comerciais que envolvem o preparo de alimentos. O coentro é bastante apreciado pelo seu, sabor e aroma característico.

A introdução desta espécie de hortaliça no Brasil foi promovida pelos colonizadores portugueses e atualmente, essa hortaliça possui grande relevância a nível nacional e especialmente em nível regional, especificamente na região norte e nordeste do país (OLIVEIRA et al., 2002, p. 477).

No âmbito regional, esta erva condimentar é um dos vegetais que compõe um agrupamento de temperos conhecidos tradicionalmente como cheiro-verde que é composto pelo coentro verdão, a cebolinha (*Allium fistulosum*) e a chicória (*Cichorium intybus*), sendo

este misto de tempero muito consumido na região e são normalmente comercializados juntos.

A literatura científica afirma que esta hortaliça apresenta propriedades medicinais anti-inflamatórias, analgésicas (DAFLON et al., 2014, p. 28) e com a presença de antioxidantes em sua composição contendo também nutrientes importantes para a saúde humana sendo uma fonte natural de B1, B2, A e C (JÚNIOR et al., 2010, p. 1358; ZANUSSO-JUNIOR et al., 2011, p. 18).

O coentro verdão também é bastante viável para a produção por conta do seu ciclo de produtividade ser considerado rápido, variando entre 45 e 60 dias, permitindo deste modo um retorno mais rápido dos investimentos realizados pelos produtores (LINHARES et al., 2012, p. 143). Em relação aos aspectos físicos desta hortaliça ela alcança aproximadamente 60 centímetros de comprimento apresentando uma coloração esverdeada com folhas de incidências dentadas com aroma e sabor característico e acentuados (MELO, 2007, p. 2).

A presença desta hortaliça também é uma opção bastante recorrente na produção de hortaliças em canteiros suspensos. Tradicionalmente, esta prática busca proteger as plantas dos animais de criação, de pragas ou protegendo o cultivo do alagamento, típico das regiões de várzea.

O cultivo do coentro também é uma prática recorrente nas hortas de subsistência localizadas em ambientes urbanos em razão do consumo muito bem estabelecido na culinária do município. Por estas razões, concluiu-se que o cultivo do coentro verdão é totalmente viável para a aplicação em hortas verticais sendo o cultivo desta hortaliça condimentar em ambientes domésticos uma boa alternativa para a oferta de alimentos saudáveis e com grande potencial em termos de lucratividade.

3.2.2 *Allium fistulosum* (Cebolinha)

A cebolinha também é uma escolha bastante frequente pelos produtores para formar a composição das hortas tanto das localidades rurais quanto em regiões urbanas. Esta hortaliça também possui grande relevância para finalidades de subsistência ou de mercado. É uma hortaliça condimentar bastante popular e é cultivada em muitos lares brasileiros. A variedade de cebolinha que é mais comumente encontrada é a *Allium fistulosum*, originária da Sibéria e a variedade *Allium schoenoprasum* é originária da Europa continental (ZÁRATE; VIEIRA; BRATTI, 2003, p. 73).

Esta hortaliça possui aspectos perenes, nas quais apresenta folhas tubulares e estrutura fistulosa. sua cor é verde-escuro; apresentando um tom acinzentado na variedade *A. fitusolum*. Produz um pequeno bulbo cônico envolta em uma epiderme rosada e desenvolvem-se em tufos (ZÁRATE; VIEIRA; BRATTI, 2003, p. 73). De caráter condimentar possui uma grande demanda a nível nacional e é particularmente importante na esfera regional em razão de ser um ingrediente que faz parte da composição de diversos pratos importantes para a culinária da região norte.

O uso da cebolinha é imprescindível no preparo de diversos Pratos típicos regionais tais como o tacacá e para o preparo de peixes e tempero em saladas, sendo por estes motivos um dos condimentos mais importantes da culinária regional. Assim como o coentro verdão, a cebolinha também é amplamente cultivada de forma suspensa pelos mesmos motivos já supracitados e se adaptando muito bem a esta modalidade de cultivo.

Por conta destes aspectos que lhe conferem praticidade no cultivo, esta hortaliça também é uma boa opção para o cultivo no ambiente doméstico. Tal recorrência dá-se em grande parte por conta da facilidade no cultivo desta espécie de hortaliça, sendo esta prática possível tanto por meio de mudas quanto pela sementeira. Esta hortaliça também se desenvolve bem no cultivo em vasos.

Um dos aspectos mais significativos sobre esta espécie se dá em razão das suas propriedades nutritivas onde o consumo de cebolinha constitui uma fonte relevante de nutrientes importantes para a saúde humana, tais como: ferro, magnésio, fósforo, potássio além de fibras e de concentrações significativas de proteínas e vitamina C (FEBRAIO, 2021, p. 13).

Por estes motivos, o consumo de cebolinha, além de garantir vantagens nutricionais importantes em benefício da saúde, assim como o cultivo desta hortaliça também é essencial para as atividades comerciais relacionada a produção de alimentos e para a economia doméstica, pois o cultivo desta espécie realizado domesticamente auxilia na redução de custos para o preparo de diversos alimentos.

3.2.3 *Lactuca sativa* (Alface)

A alface é uma das hortaliças mais populares em todo território nacional. É uma das escolhas mais frequentes para a composição de uma horta. Tal situação é resultante do fato de que esta hortaliça é um dos componentes mais importantes para a composição de saladas e conseqüentemente possui uma grande demanda no mercado.

Esta hortaliça é consumida em todo o território nacional e está presente em todas as regiões do país variando bastante os tipos de alface em razão de diversos fatores, tais como: a demanda, adaptação climática, níveis de produtividade e resistência a pragas. Entre as espécies de alface mais comumente encontradas no mercado estão em destaque as variantes do tipo crespa, lisa, de folhas roxas e as de folhas frisadas (HENZ; SUINAGA, 2009).

O cultivo desta espécie exige um grau de maneabilidade simples, podendo ser cultivada por meio de mudas ou por meio da semeadura de sementes que são de fácil acesso e disponíveis no mercado. Por estas razões, o cultivo desta hortaliça também é adequado para o cultivo em canteiros suspensos e o seu cultivo é plenamente possível em áreas residenciais.

A alface é uma das opções de alimentos mais saudáveis na composição da alimentação humana. O consumo desta hortaliça proporciona inegáveis benefícios à saúde em razão da presença de antioxidantes e dos nutrientes presentes nesta hortaliça, tais como as vitaminas C e potássio em quantidades significativas de betacaroteno, flavonóides e lactucina (BEZERRA NETO et al., 2006, p. 476; MELO et al., 2006).

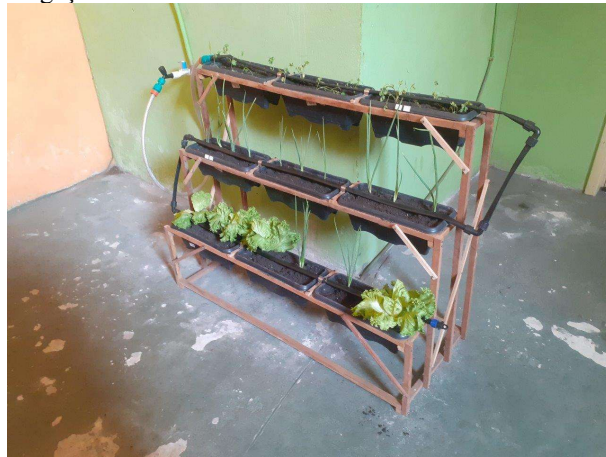
O consumo de alface proporciona uma fonte natural e saudável de fibras melhorando significativamente as atividades intestinais, assim como aumenta a sensação de saciedade do organismo durante as refeições, sendo um alimento muito importante no tratamento da obesidade (OHSE et al., 2001, p. 183).

3.3 Sistema de irrigação manual

Em um primeiro momento, a fim de estabelecer os primeiros procedimentos para a construção das linhas de irrigação para o sistema, foi construído um sistema de irrigação operado manualmente por meio do acionamento de uma torneira de jardim (Figura 8). Desse modo, o fluxo de água que é direcionado às plantas foi, primeiramente, regulado de maneira

manual assim como os procedimentos de verificação dos níveis de umidade e de temperatura. Assim, a abertura do registro para irrigação das hortaliças foi baseada tendo como referência os valores coletados por meio do instrumento de medida do solo.

Figura 8 - Aspecto final da horta com as linhas de irrigação montadas.



Fonte: elaborada pelo autor.

O sistema desenvolvido neste estudo é capaz de realizar o monitoramento da temperatura do solo, registrando por meio de um módulo higrômetro os valores medidos na memória do sistema ao longo de um período. O monitoramento e o processamento realizado destas variáveis realizado pelo sistema são provenientes dos sensores que auxiliam, por meio do algoritmo desenvolvido, o acionamento de dispositivos para irrigação e desse modo dispensam completamente as intervenções humanas para administração deste manejo.

O processamento do algoritmo que coordena esta automação dos atuadores do sistema foi desenvolvido tendo como base a plataforma de prototipagem Arduino, onde especificamente é feito uso da placa Arduino Uno R3 que é responsável pelo processamento das informações levantadas e pelo controle da alimentação do sistema elétrico dos componentes. O algoritmo desenvolvido para o sistema foi elaborado levando em conta a oscilação das variáveis temperatura e umidade; importantes para o cultivo das espécies selecionadas.

Assim sendo, o sistema poderia tomar de maneira predeterminada as medidas corretivas referente a variável umidade; observando o estado em que se encontram os níveis de água presente dentro do substrato quando os sensores de umidade aferem a leitura dos valores ou caso os níveis de umidade encontrem-se abaixo de 30%. A medida corretiva tomada por parte do sistema para os níveis considerados baixos de umidade do solo pode ser

realizada por meio do acionamento de um dispositivo eletrônico que libera o fluxo de água para as linhas de irrigação que compõem o sistema hidráulico por um período suficiente para umedecer o solo até que os níveis adequados de umidade sejam alcançados.

Caso o sistema detectasse que os níveis de umidade encontrados no horário predeterminado estejam dentro dos níveis aceitáveis o sistema não realizará a irrigação da horta neste horário avaliando a partir da próxima medição se a irrigação será necessária ou não. No que se refere a temperatura do solo, o sistema não tomaria nenhuma medida corretiva para controlar esta variável, sendo o monitoramento da temperatura realizado por meio do registro dos valores desta mesma variável em função do tempo, muito úteis para a tomada de decisões posteriores.

Monitorar a temperatura torna-se um aspecto relevante para o cultivo, pois esta variável permite encontrar indicativos importantes sobre as condições da horta dentro do ambiente em que ela está inserida. O acompanhamento dos valores de temperatura em conjunto com os da variável umidade possibilita realizar estimativas futuras com um nível maior de precisão o tempo necessário para completar uma irrigação de forma adequada.

3.3.1 Medidas e Levantamento de dados do Sistema de Irrigação manual

Para a análise e registro dos valores referentes a umidade e temperatura, durante o cultivo na modalidade manual, foram utilizados ferramentas e métodos que são necessariamente operados e supervisionados de forma manual.

Assim, foram estabelecidas exclusivamente as variáveis supracitadas como sendo as que viriam a ser monitoradas. Para determiná-las, fez-se o uso de um medidor para solo (Figura 9) capaz de medir 4 variáveis de interesse para o cultivo sendo elas: o pH do solo, temperatura, umidade e luminosidade.

Por meio deste equipamento foi possível registrar e ajustar todas as condições supracitadas, tanto as de interesse para os registros quanto as necessárias para o manejo no modo manual de cultivo e de irrigações, tais como pH do substrato e luminosidade do ambiente.

Figura 9 - Modelo de aparelho medidor para solo utilizado no levantamento de dados manuais.



Fonte: elaborada pelo autor.

3.3.2 Registro das atividades manuais de irrigação e cultivo

Para aferir a umidade, partindo da aplicação em um vaso com níveis muito baixos de umidade, foi monitorado o tempo necessário para o sistema hidráulico irrigar o substrato difundindo a água até o nível de umidade adequado indicado pela sonda do medidor para solo.

Foram considerados os parâmetros presentes na Tabela 2 que são baseados no aparelho de medição, para aferir os níveis de umidade presente no substrato:

Tabela 2 - Parâmetros do aparelho para determinar os níveis de umidade do solo.

INFORMAÇÃO	EQUIVALENTE
<i>Dry+</i>	Extremamente seco
<i>Dry</i>	Seco
<i>Norm</i>	Normal
<i>Wet</i>	Úmido
<i>Wet+</i>	Extremamente úmido

Fonte: elaborada pelo autor.

O sistema manual levou aproximadamente 2 minutos e 30 segundos para alcançar o parâmetro adequado de umidade definido entre *NORM* e 1 minuto e 30 segundos para *WET+*. Em seguida, foi monitorado o tempo decorrido para o nível de umidade regresse ao valor inicialmente estimado, que ficou estimado em 24 horas. Os resultados do levantamento de dados no período de 6 dias.

Em temperatura foi registrado diariamente os valores da temperatura no momento da irrigação do substrato e analisados em função do tempo de secagem. Tal levantamento possibilita uma estimativa da perda de água nos recipientes. O acionamento e regulagem de pressão dependiam completamente da operação humana por meio de uma torneira de jardim convencional. A quantidade de material utilizado na elaboração do sistema consta na Tabela 3.

Tabela 3 - Materiais utilizados na elaboração do sistema de irrigação manual.

ITEM	TIPO	QUANTIDADE
Mangueira de irrigação microperfurada	Metro	2
Abraçadeiras para tubo soldável	Unidade	6
Conexão tipo joelho	Unidade	4
Conexão macho	Unidade	1
Conexão fêmea	Unidade	2
Conexão tipo terminal	Unidade	1
Torneira de jardim	Unidade	1

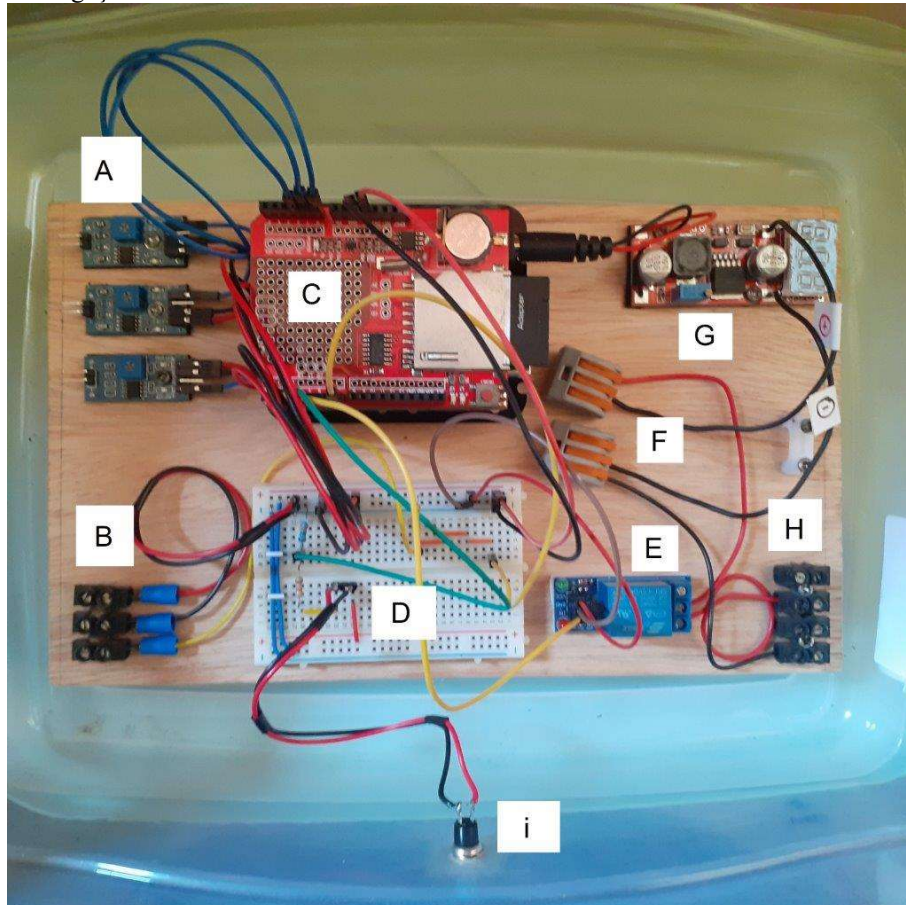
Fonte: elaborada pelo autor.

3.4 Sistema autônomo de monitoramento

O sistema resultante da organização destes componentes foi organizado e fixados em uma *proto-board* destinada especificamente para esta finalidade. Organizar os dispositivos na *proto-board* oferece para o equipamento a praticidade na realização das conexões no circuito, assim como confere para o equipamento o grau de confiabilidade necessária e importante aos equipamentos destinados para estas finalidades

A montagem do sistema eletrônico que é apresentado na Figura 10 corresponde ao aparato desenvolvido com o incremento dos módulos, estes destinados para a operacionalidade uma versão futura do protótipo, na qual será controlado um sistema de irrigação que pode acionar de maneira automática um dispositivo solenoide para a liberação do fluxo de água para a horta vertical. Um esquema elétrico detalhado deste circuito está disponível no Apêndice D.

Figura 10 - Circuito elétrico do equipamento. Em A observa-se os módulos dos sensores de umidade, em B abornes para os sensores de temperatura, em C o shield datalogger, em D protoboard, em E o relé, em F os terminais de entrada para a fonte 12V, em G o regulador de tensão, em H bornes para o acionamento de dispositivos de irrigação e em i o botão iniciar.



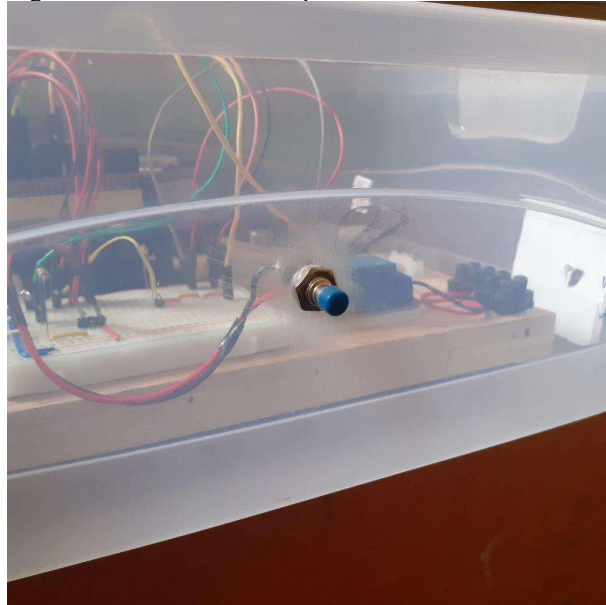
Fonte: elaborada pelo autor.

3.5 Operação do equipamento e controle do usuário

O equipamento foi desenvolvido buscando oferecer para o usuário uma experiência bastante simplificada para o controle do sistema de irrigação da horta vertical, onde por meio do acionamento de um único botão (neste trabalho denominado iniciar), o usuário aciona facilmente o sistema de monitoramento da sua plantação.

Basta que o usuário pressione o “botão iniciar” (Figura 11) para que o sistema dê início ao processo de medição e registro dos níveis de umidade e temperatura presente no solo pelas condições predeterminadas pelo algoritmo desenvolvido.

Figura 11 - Botão utilizado para iniciar o sistema.



Fonte: elaborada pelo autor.

O sistema interage com o usuário via monitor serial, informando com uma mensagem (Figura 12) o recebimento da informação que iniciará as operações permitindo deste modo que o usuário tenha certeza de que o procedimento funcionou corretamente. O sistema também imprime no arquivo a data e o horário do início desta operação.

Figura 12 - Exemplo de mensagem retornada pelo sistema referente ao início do processo de registro e monitoramento das variáveis.

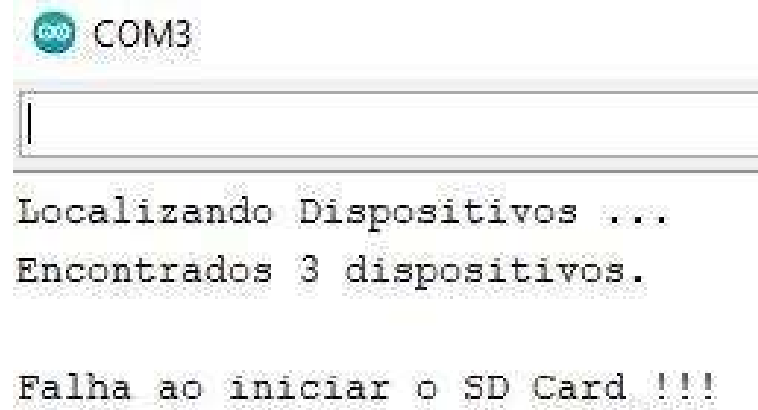
```
Inicio das medidas!!!
```

```
-----
```

Fonte: elaborada pelo autor.

Obrigatoriamente o sistema requer a presença de um cartão SD para iniciar as suas atividades de registro dos dados. Caso o cartão SD não esteja inserido no módulo ou apresente algum problema em sua integridade o sistema responde com uma mensagem que informa este problema permitindo ao usuário corrigir o problema (Figura 13).

Figura 13 - Exemplo de mensagem retornada pelo sistema referente a ausência de cartão de memória.



Fonte: elaborada pelo autor.

Para encerrar o processo de monitoramento basta que o usuário pressione novamente o botão para que o equipamento encerre suas atividades e, também por meio de mensagem exibida no monitor serial informa ao usuário que o sistema encerrou suas atividades (Figura 14). O usuário pode repetir este procedimento quantas vezes necessitar tendo o limite de memória do cartão inserido para continuar outras medidas.

Figura 14 - Exemplo de mensagem retornada pelo sistema referente a fim do processo de monitoramento e registro.



Fonte: elaborada pelo autor.

As informações coletadas durante o período de operação do sistema ficam registradas no cartão SD em formato de texto podendo ser retirado para consulta posterior. As informações coletadas e registradas no arquivo podem ser tratadas posteriormente por meio de softwares ou outras ferramentas da preferência do usuário permitindo assim a análise dos resultados e a tomada de decisões adequadas.

Os dados são apresentados de forma listada apresentando três leituras de cada variável monitorada sendo elas respectivamente temperatura e umidade. A variável temperatura é graduada em graus Célsius, por sua vez os sensores de umidade informam a quantidade de

água presente no solo por meio de porcentagem.

Um curto exemplo de uma amostra integral sobre um período de monitoramento pode ser observado na Figura 15 onde é possível verificar um intervalo de medidas com registro de tempo de atividade do sistema assim como as leituras efetuadas neste período.

Figura 15 - Exemplo reduzido de uma rotina completa de dados coletados e processados pelo sistema.

```

COM3
-----
Localizando Dispositivos ...
Encontrados 3 dispositivos.

SD Card pronto para uso ...
Inicio das medidas!!!
-----

4/10/2022 19:8:47
Temperatura      - Sensor T1: 28.94°C
Temperatura      - Sensor T2: 28.37°C
Temperatura      - Sensor T3: 28.75°C
Umidade do solo - Sensor U1: 69%
Umidade do solo - Sensor U2: 54%
Umidade do solo - Sensor U3: 69%
-----

Fim das medidas!!!

```

Fonte: elaborada pelo autor.

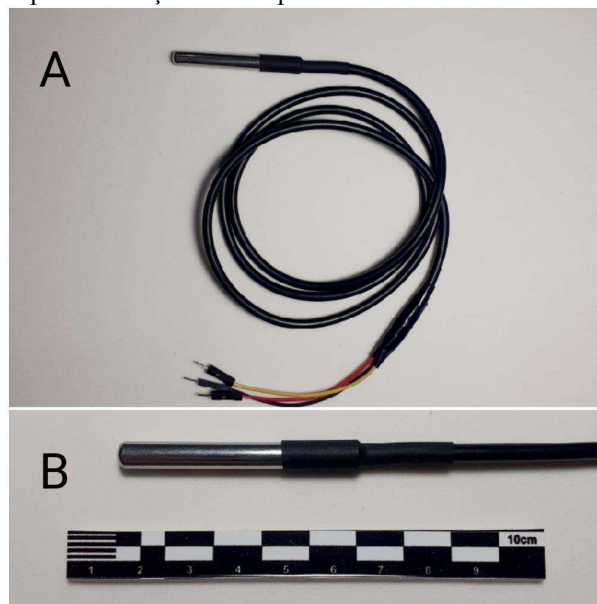
3.5.1 Sensores de temperatura (termômetro)

Uma das variáveis mais importantes para o cultivo de hortaliças que foram analisadas neste trabalho é a temperatura, especificamente a temperatura que o solo apresentava no decorrer do tempo de registro e análise em que o protótipo opera. É ressaltado que determinados fatores relacionados ao clima podem afetar de modo a prejudicar ou auxiliar o desenvolvimento dos vegetais, sendo por esta razão o controle desses fatores ambientais de grande importância para um cultivo (SANTOS; JUNIOR; NUNES, 2010, p. 83).

Observando que os fatores climáticos são condições que influenciam o desenvolvimento de hortaliças, constata-se que em certas regiões o verão, ou o alto índice de chuvas, podem acarretar condições favoráveis ao surgimento de patologias (SANTOS; JUNIOR; NUNES, 2010, p. 84). Por esta razão, foi implementado no protótipo o sensor de temperatura Dallas DS18B20 para coletar os dados referentes a esta variável.

O sensor de temperatura Dallas DS18B20 *1-Wire* de resolução programável (Figura 16) apresenta uma gama satisfatória ao que se refere a sua aplicabilidade e de suas configurações voltadas para a aferição da temperatura que é uma variável particularmente interessantes para este trabalho.

Figura 16 - Modelo de sensor Dallas DS18B20 utilizado no sistema. Em A observa-se completamente o dispositivo, já em B, é destacado a sonda do sensor que capta as variações de temperatura.



Fonte: elaborada pelo autor.

Este dispositivo se enquadra muito bem neste projeto pois, além de atender as necessidades em termos de especificação em relação aos níveis de consumo de energia, podendo este operar em uma faixa de alimentação entre 3.0V a 5,5V, voltagem esta apropriada para se enquadrar no sistema desenvolvido, opera dentro das margens de temperatura entre -55°C a 125°C com uma margem de erro estimada entre $\pm 5^{\circ}\text{C}$ (DALLAS SEMICONDUCTOR, [s.d.], p. 1).

A escolha deste modelo de sensor foi realizada levando em conta a sua capacidade de medir temperaturas em locais úmidos ou mesmo estando submerso em água, desse modo não

tendo sua integridade afetada pela presença de água. Este sensor possibilita realizar leituras com resolução que variam entre 9 e 12 bits possuindo uma interface de comunicação considerada simples que pode ser ligado por meio de um único fio – sendo esta funcionalidade denominada *1-Wire* – confere a possibilidade de ligar vários sensores de temperatura Dallas DS18B20 em um único pino digital da placa Arduino.

A aplicação deste modelo de sensor para o cultivo de hortaliças é adequada visto a sua característica a prova d'água importante para a integridade do dispositivo e para sua durabilidade.

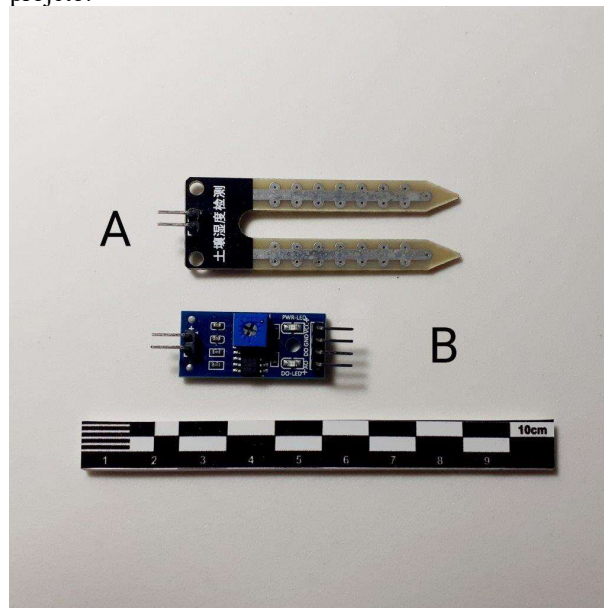
3.5.2 Sensor de umidade do solo (higrômetro)

Um dos fatores mais importantes no cultivo de hortaliças consiste no monitoramento do nível de umidade presente no solo, sendo essa uma das variáveis mais importantes, pois os níveis de umidade necessários para o cultivo variam de acordo com a fase de desenvolvimento das hortaliças.

O controle dos níveis apropriados de água no substrato é um aspecto essencial para o cultivo. Esta condição se torna particularmente relevante visto que o excesso de umidade está diretamente ligado a deficiência na absorção do oxigênio e de outros nutrientes o que afeta diretamente o desenvolvimento dos vegetais (CLEMENTE; HABER, 2012, p. 14).

Para monitorar esta variável, fez-se uso neste projeto de sensores de umidade do tipo higrômetro (Figura 17) que, por meio da sua sonda dupla, é capaz de mensurar a umidade presente no solo possibilitado pela placa Arduino.

Figura 17 - Higrômetro modelo LM2993 utilizado no projeto.



Fonte: elaborada pelo autor.

O sensor LM2993 é um sensor do tipo resistivo, ou seja, suas medições são baseadas através da análise dos níveis de tensão elétrica presente no solo proporcionado pelos níveis de umidade do solo. Opera por meio de dois comparadores de voltagem que atuam de maneira independente. Por meio do processamento dos níveis da resistência elétrica presente no substrato permite a comparação das tensões presentes no solo (FAIRCHILD SEMICONDUCTOR, 2001).

Este sensor opera no modo digital e analógico. Neste experimento somente foi utilizada a modalidade analógica para aferir as medidas. Neste projeto a graduação das medidas é realizada entre 750 e 1023 sendo 750 totalmente seco (resistência muito alta do substrato em razão da baixa umidade presente no solo) e 1023 totalmente molhado (baixa resistência elétrica do substrato em razão da grande quantidade de água presente no solo).

Normalmente a escala de operação deste sensor é implementada entre 0 e 1023. O motivo pelo qual neste experimento foram adotados os parâmetros supracitados foi por corresponderem de maneira mais precisa com os testes realizados com amostras de solo totalmente seco e nos níveis de umidade considerados adequados para o cultivo de hortaliças e por retornarem valores mais confiáveis tendo em vista os testes preliminares para a sua implementação.

Por estas razões, o higrômetro LM2993 tornou-se uma opção viável para a construção

deste projeto assim como o baixo custo deste dispositivo permite que a implementação de um sensor de umidade em hortas com investimentos limitados mais acessível.

3.5.3 Regulagem dos Sensores de umidade

Tal como foi discutido, os sensores de umidade são dispositivos que auxiliarão o sistema a determinar, dentro do programa desenvolvido, as condições preestabelecidas referente aos níveis adequados de água presente no solo. É importante salientar que pelo fato de não haver uma unidade de medida estabelecida para determinar os níveis de umidade do solo os valores normalmente são estabelecidos de maneira empírica sendo normalmente baseados em teste *in loco* para determinar os valores mais apropriados para cada condição (OLIVEIRA, 2021, p. 163).

Logo, estabelecer referências valorativas para determinar as condições dos níveis de umidade do substrato por meio de alguns testes preliminares em busca de parâmetros para uma regulação é um aspecto fundamental para o desenvolvimento do programa que coordenará o procedimento de irrigação.

Para determinar tais valores foram coletadas duas amostras do substrato utilizado no cultivo das hortaliças com níveis distintos de água sendo a primeira amostra representando o solo seco e a segunda amostra representando o solo nas condições adequadas de umidade.

Dentro da programação estabelecida para os sensores de umidade analógicos os valores determinados para medir a quantidade de água presente no solo são baseadas na leitura da tensão realizada pela ponta de prova do sensor onde o valor dessa leitura é convertido para um valor inteiro que é de 0 a 1023 onde zero corresponde ao solo 100% úmido em 1023 corresponderá a um solo totalmente seco (OLIVEIRA, 2021, p. 160).

Assim valor dos parâmetros foram determinados baseando-se nos parâmetros fornecidos pelo medidor para solo onde realizando a comparação dos valores emitidos pelo aparelho e os valores que foram retornados pelo sensor de umidade utilizado no projeto foi possível estabelecer os parâmetros necessários para os níveis de umidade máxima e mínima permitida.

Desse modo o valor da tensão correspondente a uma amostra de solo com os níveis de umidade considerados normais pelo medidor para solo - onde o mesmo retorna o resultado *Norm* - correspondem a 250 (aproximadamente 75% de umidade presente na amostra)

parâmetro estabelecido pelo sensor de umidade.

Por sua vez, o valor correspondente para uma amostra de solo seco, correspondente com o valor retornado pelo medidor para solo estipulado em Dry, permite determinar o valor da amostra de solo seco com a tensão estimada em 750 (aproximadamente 30% de umidade presente na amostra). Desse modo foi possível estabelecer de maneira satisfatória para este projeto os valores para as referências que foram utilizadas para estabelecer os limites de umidade apropriados.

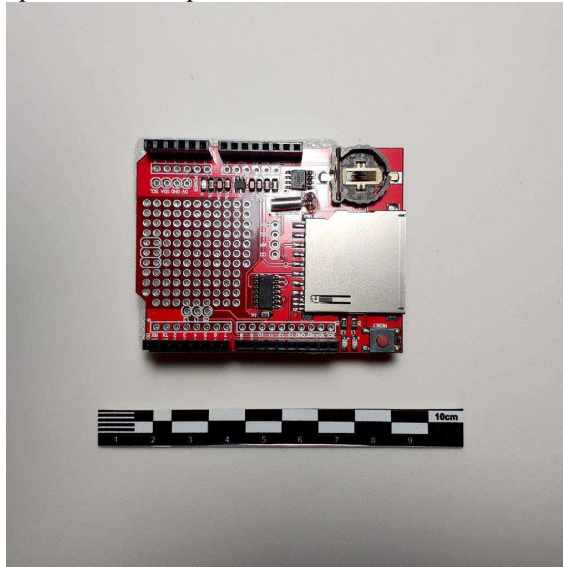
3.5.4 *Date Logging Shield* com RTC DS1307 (escudo de registro de data)

Os procedimentos internos do dispositivo que são responsáveis pela contagem e o registro de tempo, assim como aqueles que são responsáveis pelo armazenamento das informações levantadas através dos sensores, é executado por meio de um *Shield* especial com funcionalidades de *Data Logger*.

Shields são componentes que, quando acoplados ao Arduino, permitem a expansão das suas funcionalidades em termos de disponibilidades de pinos por meio da simplificação e redução das conexões necessárias típicas do incremento de sensores e outros módulos.

O *shield* implementado neste protótipo é o *Data Logger Shield* com RTC DS1307 (Figura 18). Este componente une em sua estrutura duas funcionalidades importantes para o registro de dados; um módulo para cartão SD e a funcionalidade de relógio RTC (*RTC Real Time Clock* – Relógio de Tempo Real).

Figura 18 - Módulo *shield* DS1307 utilizado para expandir as funcionalidades do Arduino UNO para operar como tempo.



Fonte: elaborada pelo autor.

O *Data Logger Shield* permite, por meio da sua funcionalidade RTC, o acompanhamento do tempo em dia, mês e ano; assim como em horas minutos e segundos. Deste modo o sistema desenvolvido pode acompanhar o tempo com bastante precisão. O dispositivo é capaz de armazenar as informações de tempo mesmo quando desligado por meio de uma bateria do tipo moeda de 3.3V (EARL, 2021).

Este componente também simplifica o incremento do cartão SD (Figura 19) reduzindo o número de conexões necessárias que ocorreriam caso estes módulos fossem incrementados separadamente. Conseqüentemente aumentando o número de pinos disponíveis para uso. A interface do *Shield* é projetada para comportar cartões de memória formatados nos formatos FAT32 e FAT16 assim como também possui espaços para a soldagem de circuitos ou dispositivos.

Figura 19 - Modelo de cartão SD utilizado pelo sistema.

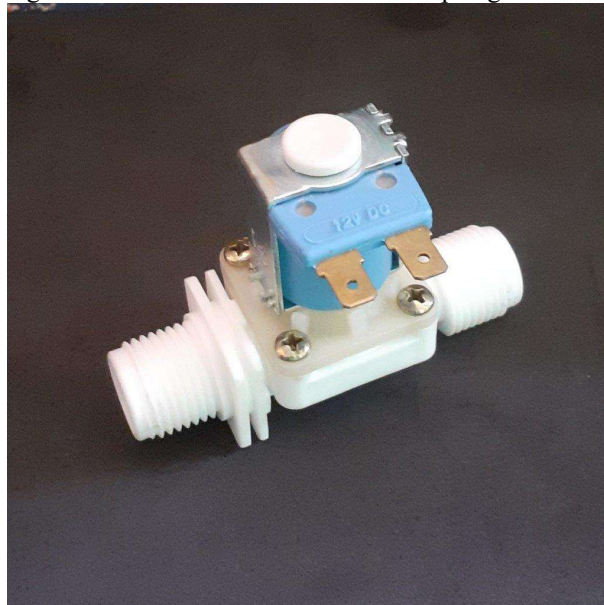


Fonte: elaborada pelo autor.

O sistema desenvolvido, por meio dos módulos incrementados, tem o potencial de controlar uma válvula solenoide que substituirá a torneira permitindo que as operações manuais possam ser automatizadas através das extensões no algoritmo desenvolvidos para esta finalidade.

A adição do módulo relé no circuito permite de modo eficiente que a plataforma controle um dispositivo externo, tal como válvula solenoide (Figura 20) controlada pelo sistema para este objetivo.

Figura 20 - Válvula solenoide 12V de ½ polegada.



Fonte: elaborada pelo autor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desdobramento desta pesquisa foi possível realizar as seguintes constatações e conclusões a respeito dos procedimentos adotados. A plataforma de prototipagem Arduino demonstrou ser uma ferramenta muito útil e versátil para elaboração de projetos observando o custo-benefício dos equipamentos utilizados e em volume de informações disponíveis de forma livre para elaboração de projetos desta natureza. Essas características conferem a ferramenta um grande potencial de expansibilidade dos projetos podendo ser adaptado a diversas condições ou cultivares.

O uso dos referidos sensores representou recurso imprescindível para o monitoramento das variáveis onde é possível destacar o nível de praticidade considerado satisfatória principalmente no cultivo em menores escala de produção. O processo de armazenamento dos dados coletados por meio do sistema desenvolvido apresentou um bom nível de confiabilidade e também de praticidade na manipulação dos dados coletados para futuras tomadas de decisão por parte do usuário.

Assim sendo, pretende-se na continuidade do desenvolvimento deste projeto incrementar entre as suas funcionalidades a capacidade do controle do fluxo de água para a horta vertical por meio de válvula (controlada pelo módulo relé) em função dos níveis de umidade informados ao sistema por meio dos sensores de umidade.

Também pretende-se estabelecer o controle da irrigação por meio do RTC (*Real Time Clock*) onde será possível programar o acionamento da válvula em horários pré definidos; onde a liberação da água será realizada em função dos níveis de umidade obtidos pelos sensores de umidade no momento da leitura.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. I. DE et al. Perda de nutrientes por lixiviação em um argissolo acinzentado cultivado com meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 811–819, 10 mar. 2006.
- ALENCAR, G. Hortas em pequenos espaços: dicas para cultivar hortaliças em varandas e quintais. **Em tempo de isolamento social, aumenta procura por cultivo de horta em quintais e varandas**, n. 30, p. 13, 2020.
- ANDRADE, W. E. DE B. et al. Efeito da irrigação por gotejamento na produtividade e nos parâmetros de produção do café conilon no norte fluminense - primeira produção. p. 8, 2001.
- ARRUDA, F. B.; BARRETO, G. B.; OJIMA, M. Efeito da irrigação por gotejamento e taças e da cobertura morta na produtividade da ameixa Carmesim. **Bragantia**, v. 43, p. 605–614, 1984.
- BANZI, M.; SHILOH, M. **Primeiros passos com Arduino**. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2015.
- BARBOSA, J. W. **Sistema de irrigação automatizado utilizando plataforma Arduino**. Assis: Fundação educacional do município de Assis, 2013.
- BAYER, F. M.; ECKHARDT, M.; MACHADO, R. **Automação de sistemas**. 4. ed. Rio Grande do Sul: Colégio Técnico Industrial, 2011.
- BEZERRA NETO, F. et al. Qualidade nutricional de cenoura e alface cultivadas em Mossoró-RN em função da densidade populacional. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 476–480, dez. 2006.
- BORGES, B.; TEAGO, C. H. A. **Métodos de irrigação em hortaliças**. Serviço Brasileiro de Apoio às Pequenas Empresas - Sebrae, , 2015. . Acesso em: 30 maio. 2022.
- CAMPAGNOL, R.; MATSUZAKI, R. T.; MELLO, S. C. Condução vertical e densidade de plantas de minimelancia em ambiente protegido. **Página do horticultor**, v. 34, n. 1, p. 137–143, 2016.
- CLEMENTE, F. M. V. T.; HABER, L. L. **Hortas em pequenos espaços**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2012.
- COELHO, E. F.; FILHO, M. A. C.; OLIVEIRA, S. L. DE. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. v. 7, n. 1, p. 57–60, set. 2005.
- CORREIA, G. R.; ROCHA, H. R. DE O.; RISSINO, S. DAS D. Automação de sistema de irrigação com monitoramento via aplicativo web. **REVENG**, v. 24, n. 4, p. 314–325, 5 fev. 2016.
- COSTA, S. A. T. DA et al. Extensão rural para conservação do solo na agricultura familiar. **Revista Extensão em Foco**, n. 20, p. 18–30, 2020.
- COUTO, J. P. C. **Fluxo de calor no solo e radiação líquida em pastagem de capim**

braquiária com grau de cobertura variável. Cruz das Almas - Bahia: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2016.

CULKIN, J.; HAGAN, E. **Aprenda eletrônica com arduino: um guia ilustrado de eletrônica para iniciantes.** 1. ed. São Paulo: Novatec, 2018.

CUNHA, K. C. B. DA; ROCHA, R. V. DA. Automação no processo de irrigação na Agricultura Familiar com plataforma Arduino. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 1, n. 2, p. 62–74, 22 mar. 2016.

DAFLON, D. S. et al. Sintomas **visuais de deficiência de macronutrientes e boro em coentro.** **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 28–34, mar. 2014.

DALLAS SEMICONDUCTOR. **DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire® Digital Thermometer.** , [s.d.]. Disponível em: <<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>>. Acesso em: 19 dez. 2021

EARL, B. **Adafruit Data Logger Shield.** , 15 nov. 2021. Disponível em: <<https://learn.adafruit.com/adafruit-data-logger-shield>>. Acesso em: 11 set. 2022.

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR. **LM2903/LM2903I, LM393/LM393A, LM293/LM293A Dual Differential Comparator.** , 2001. Disponível em: <<https://manualzz.com/doc/17792130/lm2903-lm2903i-lm393-lm393a--lm293-lm293a-dual-differenti...>>. Acesso em: 11 set. 2022.

FEBRAIO, A. M. DE O. **Indicadores fisiológicos e qualidade de cebolinha em sistema hidropônico com diferentes concentrações de sulfato de magnésio.** Trabalho de conclusão de curso—Dois Vizinhos: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021.

FRANCO, G. A. DA S. et al. Hélios: Solar Tracker para Sistemas Fotovoltaicos Off-Grid baseado na plataforma Arduino. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 2, p. 12315–12327, 16 fev. 2022.

GUTIERRES, M. I. DE A.; NEVES, E. DAS. A importância do monitoramento da umidade do solo através de sensores para otimizar a irrigação nas culturas. **Enciclopédia Biosfera**, p. 16, 30 mar. 2021.

HAWERROTH, F. J. et al. Dormência em frutíferas de clima temperado. **Documento 310**, 2010.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F. Tipos de Alface Cultivados no Brasil. Comunicado Técnico. p. 7, nov. 2009.

HIRATA, A. C. S.; HIRATA, E. K. Temperatura do solo no cultivo de alface no verão sob diferentes telas de sombreamento e manejos do solo. **XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2015.

JÚNIOR, A. P. B. et al. Qualidade do coentro em função do uso de espécies espontâneas como adubos verdes em diferentes quantidades. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 1358–1362, 2010.

- KARVINEN, K.; KARVINEN, T. **Primeiros passos com sensores: perceba o mundo usando eletrônica, Arduino e Raspberry Pi**. 1. ed. São Paulo: Novatec, 2014.
- KENSHIMA, G. **Nas linhas do Arduino: programação Wiring para não programadores**. 1. ed. São Paulo: Novatec, 2020.
- LINHARES, P. C. F. et al. Rendimento de coentro (*Coriandrum sativum* L.) em sistema de adubação verde com a planta jitrana (*Merremia aegyptia* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, p. 143–148, 2012.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. DE C. E; SILVA, H. R. DA. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996.
- MATHIAS, J. **Coentro: saiba como plantar essa cultura fácil**. Disponível em: <<https://revistagloborural.globo.com/vida-na-fazenda/gr-responde/noticia/2016/04/orientacoes-para-facilitar-o-plantio-de-coentro.html>>. Acesso em: 22 maio. 2022.
- MELO, E. DE A. et al. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. **Food Science and Technology**, v. 26, p. 639–644, set. 2006.
- MELO, R. DE A. **Caracterização morfológica e molecular em genótipos de coentro (*Coriandrum sativum* L.) e estudo da variabilidade genética em progênies de meio irmãos na cultivar verdão**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007.
- MONK, S. **Movimento, luz e som com Arduino e Raspberry Pi**. 1. ed. São Paulo: Novatec, 2016.
- MORAES, M. J. et al. Automação em sistema de irrigação tipo pivô central para economia de energia elétrica. **Engenharia Agrícola**, v. 34, p. 1075–1088, dez. 2014.
- NÉSIO, E. M. R.; MAIA, L. C. G.; VILLELA, H. F. Sistema de cuidados automáticos para hortas verticais. p. 55–67, 20 mar. 2022.
- OHSE, S. et al. Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia. **Scientia Agrícola**, v. 58, p. 181–185, mar. 2001.
- OLIVEIRA, A. P. et al. Produção de coentro cultivado com esterco bovino e adubação mineral. **Horticultura Brasileira**, v. 20, p. 477–479, set. 2002.
- OLIVEIRA, S. DE. **Internet das coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi**. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2021.
- OPENSCAD.ORG. **OpenSCAD - About**. Desenvolvimento. Disponível em: <<https://opencad.org/about.html>>. Acesso em: 18 set. 2021.
- PEREIRA, F. A. L. et al. Automação de precisão utilizando Arduino e inversor de frequência aplicado a sistema de irrigação por válvulas. **IRRIGA**, v. 25, n. 1, p. 27–37, 19 mar. 2020.
- RODRIGUES, P. Fazendas verticais: pesquisa desenvolve modelos para produção de

hortaliças. **Hortaliças em revista**, n. 31, p. 11, 2020.

SANTOS, D. M. **Projeto de sistemas embarcados: Um estudo de caso baseado em microcontrolador e seguindo AOSD**. Monografia—Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico, 2006.

SANTOS, L. L.; JUNIOR, S. S.; NUNES, M. C. M. Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 8, n. 1, p. 83–93, 2010.

SENHOR, R. F. et al. Fatores de pré e pós-colheita que afetam os frutos e hortaliças em pós-colheita. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável: grupo verde de agricultura alternativa (GVAA)**, v. 4, n. 3, p. 13–21, set. 2009.

SILVA, E. N. V. DA et al. Estudo e viabilidade técnica da utilização de águas de chuvas para o processo de irrigação de hortaliças no semiárido Pernambucano. **Engineering Sciences**, v. 9, n. 2, p. 110–122, 2 out. 2021.

SILVEIRA, C. C. DA. **Agricultura urbana: cultivo de alface *Lactuca sativa*) em sistema horizontal e vertical**. Trabalho de conclusão de curso—Santana do Livramento: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, 2019.

SUINAGA, F. A. et al. Efeitos do calor e fontes tolerância ao florescimento precoce em variedades de alface do tipo americana. Comunicado Técnico. p. 4, mar. 2013.

TESTEZLAF, R. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações**. Campinas: Faculdade de engenharia agrícola - FEAGRI, 2017.

THOMSEN, A. **O que é Arduino: conceito, benefícios e como utilizar**. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>>. Acesso em: 26 nov. 2021.

TOMASSONI, F. et al. SENSIBILIDADE DA COUVE-FLOR AO EXCESSO DE ÁGUA NO SOLO. **Acta Iguazu**, v. 2, n. 4, p. 1–6, 2013.

ZANUSSO-JUNIOR, G. et al. Avaliação da atividade antiinflamatória do coentro (*Coriandrum sativum* L.) em roedores. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, p. 17–23, 2011.

ZÁRATE, N. A. H.; VIEIRA, M. DO C.; BRATTI, R. Efeitos da cama-de-frangos e da época de produção e a renda bruta da cebolinha “todo ano”. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, p. 73–78, 2003.

ZURITA, M. E. V. Projeto de Sistemas Embarcados. p. 10, 20 nov. 2014.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Gastos no desenvolvimento do projeto.

Tabela 4 - Lista de gastos.

Item	Quantidade	Medida	Valor unitário
Floreiras	9	Unidade	R\$ 4,00
Varetas de madeira	20	Conjunto necessário	R\$ 34,86
Parafusos para madeira	44	Unidade	R\$ 0.20
Braçadeira 1/2	6	Unidade	R\$ 2,00
Arduino UNO	1	Unidade	R\$ 70,00
Relé	1	Unidade	R\$ 14,00
Regulador de tensão	1	Unidade	R\$ 19,50
<i>Protoboard</i>	1	Unidade	R\$ 12,50
Sensores de umidade	3	Unidade	R\$ 15,00
Sensores de temperatura	3	Unidade	R\$ 17,00
Resistor 1,5 K Ω	1	Unidade	R\$ 0,50
Resistor 4,7 K Ω	1	Unidade	R\$ 0.20
Resistor 3.3 K Ω	1	Unidade	R\$ 0.05
Botão	1	Unidade	R\$ 3,00
Shield Datalogger	1	Unidade	R\$ 34,00
Bateria 3.3V	1	Unidade	R\$ 5,00
Caixa de plástico	1	Unidade	R\$ 22,00
Cartão micro SD classe 10 de 16GB de memória com adaptador	1	Unidade	R\$ 69,90
Total investido	R\$ 458,71		

Fonte: elaborado pelo autor.

APÊNDICE B – Código desenvolvido em *opencad*® para a modelagem da base de madeira.

```

color("burlywood", 1.0)
{
  // Varetas paralelas ao eixo Z
  // (y=0)
  cube([2, 2, 92], false);
  translate([15, 0, 0])
    cube([2, 2, 92], false);
  translate([30, 0, 0])
    cube([2, 2, 62], false);
  translate([45, 0, 0])
    cube([2, 2, 32], false);

  // (y=108)
  translate([0, 117, 0])
  {
    cube([2, 2, 92], false);
  translate([15, 0, 0])
    cube([2, 2, 92], false);
  translate([30, 0, 0])
    cube([2, 2, 62], false);
  translate([45, 0, 0])
    cube([2, 2, 32], false);
  }

  // (y=0)
  translate([0, 2, 0]) // Chão
    cube([47, 2, 2], false);
  translate([30, 2, 28])
    cube([17, 2, 2], false);
  translate([15, 2, 58])
    cube([17, 2, 2], false);
  translate([0, 2, 88])
    cube([17, 2, 2], false);

  // (y=106)
  translate([0, 115, 0])
  {
  cube([47, 2, 2], false);
  translate([30, 0, 28])
    cube([17, 2, 2], false);
  translate([15, 0, 58])
    cube([17, 2, 2], false);
  translate([0, 0, 88])

```

```
    cube([17, 2, 2], false);
}

// Varetas paralelas ao eixo Y
// (x=0)
translate([0, 2, 2])
  cube([2, 115, 2], false);
translate([0, 2, 90])
  cube([2, 115, 2], false);

// (x=16)
translate([15, 2, 90])
  cube([2, 115, 2], false);
translate([15, 2, 60])
  cube([2, 115, 2], false);

// (x=32)
translate([30, 2, 60])
  cube([2, 115, 2], false);
translate([30, 2, 30])
  cube([2, 115, 2], false);

// (x=48)
translate([45, 2, 30])
  cube([2, 115, 2], false);
translate([45, 2, 2])
  cube([2, 115, 2], false);
}
```


APÊNDICE C – Código desenvolvido para a plataforma arduino.

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <SD.h>
#include <SPI.h>
#include "RTCLib.h"

RTC_DS1307 rtc;
OneWire oneWire(7);
DallasTemperature sensor(&oneWire);

int ndispositivos = 0;
float tempC;
int pinoSD = 10;

int leitura_sensor = 0;
int botao = 3;
int estado_botao = 0;
bool ch = 0; // (ch = chave).

void setup()
{
  sensor.begin();
  Serial.begin(9600);

  Serial.println("Localizando Dispositivos ...");
  Serial.print("Encontrados ");
  ndispositivos = sensor.getDeviceCount();
  Serial.print(ndispositivos, DEC);
  Serial.println(" dispositivos.");
  Serial.println("");

  pinMode(pinoSD, OUTPUT);
```

```

pinMode(botao, INPUT);

if (SD.begin()) { // Inicializa o SD Card
  Serial.println("SD Card pronto para uso ..." ); // Exibe mensagem em tela.
  Serial.print("\n");
} else {
  Serial.println("Falha ao iniciar o SD Card !!!");
  return;
}

delay(1000); //INTERVALO DE 1 SEGUNDO

//--- Controle RTC ---
if (! rtc.begin())
{
  Serial.println("Não foi possível encontrar o RTC");
  Serial.flush();
  while (1) delay(10);
} if (! rtc.isrunning()) {
  Serial.println("O RTC NÃO está em execução, vamos definir a hora!");

  /*
   Quando a hora precisa ser definida em um novo dispositivo,
   ou após uma queda de energia, a linha a seguir define o RTC
   para a data e hora em que este esboço foi compilado:
  */

  // rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__))); // Linha para ajuste de tempo;
  // descomentar para ajustar.

```

```

/*
    Esta linha define o RTC com uma data e hora personalizada, e, por exemplo,
    para definir a data January 21, 2014 at 3am escreva:
*/

// rtc.adjust(DateTime(2014, 1, 21, 3, 0, 0));

}
} // End setup

void loop()
{
    File dados_cartao;

    //--- Sensores de umidade (definições) ---
    const int pinoSensor1 = A0;
    const int pinoSensor2 = A1;
    const int pinoSensor3 = A2;
    int valorLido;

    //--- Regulagem dos sensores de umidade ---
    int analogSoloSeco = 1023; // Valor medido com o solo seco (valor ajustável).
    int analogSoloMolhado = 0; // Valor medido com o solo molhado (valor ajustável).
    int percSoloSeco = 0; // Menor percentual do solo seco (corresponde a 0%).
    int percSoloMolhado = 100; // Maior percentual do solo molhado (corresponde a 100%).

    if (ch == 1) // Estado do botão HIGH.
    {

        DateTime now = rtc.now();
        sensor.requestTemperatures();
        dados_cartao = SD.open("leituras.txt", FILE_WRITE); // Abre arquivo no SD para
        gravação.
    }
}

```

```
if (dados_cartao)
{
    // Definição de DATA (Exibição de mensagem):
    Serial.print(now.day(), DEC);
    Serial.print('/');
    Serial.print(now.month(), DEC);
    Serial.print('/');
    Serial.print(now.year(), DEC);
    Serial.print(" ");
    //(Registro de dados):
    dados_cartao.print(now.day(), DEC);
    dados_cartao.print('/');
    dados_cartao.print(now.month(), DEC);
    dados_cartao.print('/');
    dados_cartao.print(now.year(), DEC);
    dados_cartao.print(" ");

    // Definição de RELÓGIO (Exibição de mensagem):
    Serial.print(now.hour(), DEC);
    Serial.print(':');
    Serial.print(now.minute(), DEC);
    Serial.print(':');
    Serial.print(now.second(), DEC);
    Serial.println();
    //(Registro de dados):
    dados_cartao.print(now.hour(), DEC);
    dados_cartao.print(':');
    dados_cartao.print(now.minute(), DEC);
    dados_cartao.print(':');
    dados_cartao.print(now.second(), DEC);
    dados_cartao.println();

for (int i = 0; i < ndispositivos; i++)
{
```

```

Serial.print("Temperatura   - Sensor T");
Serial.print(i + 1);
Serial.print(": ");

```

```

dados_cartao.print("Temperatura   - Sensor T");
dados_cartao.print(i + 1);
dados_cartao.print(": ");

```

```

tempC = sensor.getTempCByIndex(i);
Serial.print(tempC);
Serial.println("°C");

```

```

dados_cartao.print("Temperatura:");
dados_cartao.print(sensor.getTempCByIndex(i));
dados_cartao.println("°C");
}

```

```

// Sensor de Umidade 1.

```

```

valorLido = constrain(analogRead(pinoSensor1), analogSoloMolhado, analogSoloSeco);
valorLido = map(valorLido, analogSoloMolhado, analogSoloSeco, percSoloMolhado,
percSoloSeco);
Serial.print("Umidade do solo - Sensor U1: ");
Serial.print(valorLido);
Serial.println("%");
dados_cartao.print("Umidade do solo - Sensor U1: ");
dados_cartao.print(valorLido);
dados_cartao.println("%");

```

```

// Sensor de Umidade 2.

```

```

valorLido = constrain(analogRead(pinoSensor2), analogSoloMolhado, analogSoloSeco);
valorLido = map(valorLido, analogSoloMolhado, analogSoloSeco, percSoloMolhado,
percSoloSeco);
Serial.print("Umidade do solo - Sensor U2: ");
Serial.print(valorLido);

```

```

Serial.println("%");
dados_cartao.print("Umidade do solo - Sensor U2: ");
dados_cartao.print(valorLido);
dados_cartao.println("%");

// Sensor de Umidade 3.
valorLido = constrain(analogRead(pinoSensor1), analogSoloMolhado, analogSoloSeco);
valorLido = map(valorLido, analogSoloMolhado, analogSoloSeco, percSoloMolhado,
percSoloSeco);
Serial.print("Umidade do solo - Sensor U3: ");
Serial.print(valorLido);
Serial.println("%\n");
dados_cartao.print("Umidade do solo - Sensor U3: ");
dados_cartao.print(valorLido);
dados_cartao.println("%\n");

dados_cartao.close(); // Fecha o Arquivo após escrever.
Delay(1000);
}
else {
Serial.println("Erro ao tentar salvar dados no arquivo !!!");
}
} // Fim do estado botao HIGH.

estado_botao = digitalRead(botao);
if (estado_botao > 0) {
ch = !ch;

// Abre arquivo no SD para gravação
dados_cartao = SD.open("leituras.txt", FILE_WRITE);

if (ch == 1) {
Serial.print("Inicio das medidas!!! \n");

```

```
DateTime now = rtc.now();
// Exibição de DATA (Exibição de mensagem):
Serial.print(now.day(), DEC);
Serial.print('/');
Serial.print(now.month(), DEC);
Serial.print('/');
Serial.print(now.year(), DEC);
Serial.print(" ");

//(Registro de dados):
dados_cartao.print(now.day(), DEC);
dados_cartao.print('/');
dados_cartao.print(now.month(), DEC);
dados_cartao.print('/');
dados_cartao.print(now.year(), DEC);
dados_cartao.print(" ");

// Exibição de RELÓGIO (Exibição de mensagem):
Serial.print(now.hour(), DEC);
Serial.print(':');
Serial.print(now.minute(), DEC);
Serial.print(':');
Serial.print(now.second(), DEC);
Serial.println();

//(Registro de dados):
dados_cartao.print(now.hour(), DEC);
dados_cartao.print(':');
dados_cartao.print(now.minute(), DEC);
dados_cartao.print(':');
dados_cartao.print(now.second(), DEC);
dados_cartao.println();

Serial.print("-----\n\n");
```

```

dados_cartao.print("Inicio das medidas!!! \n");
dados_cartao.print("-----\n\n");
}
else {
    DateTime now = rtc.now();
    Serial.print("-----\n");

// Exibição de DATA (Exibição de mensagem):
Serial.print(now.day(), DEC);
Serial.print('/');
Serial.print(now.month(), DEC);
Serial.print('/');
Serial.print(now.year(), DEC);
Serial.print(" ");
//(Registro de dados):
dados_cartao.print(now.day(), DEC);
dados_cartao.print('/');
dados_cartao.print(now.month(), DEC);
dados_cartao.print('/');
dados_cartao.print(now.year(), DEC);
dados_cartao.print(" ");

// Exibição de RELÓGIO (Exibição de mensagem):
Serial.print(now.hour(), DEC);
Serial.print(':');
Serial.print(now.minute(), DEC);
Serial.print(':');
Serial.print(now.second(), DEC);
Serial.println();
//(Registro de dados):
dados_cartao.print(now.hour(), DEC);
dados_cartao.print(':');
dados_cartao.print(now.minute(), DEC);
dados_cartao.print(':');

```



```
dados_cartao.print(now.second(), DEC);
dados_cartao.println();

Serial.print("Fim das medidas!!!\n\n");

dados_cartao.print("-----\n");
dados_cartao.print("Fim das medidas!!!\n\n");
}

dados_cartao.close(); // Fecha o Arquivo após escrever

delay(1000);
}
}
```

APÊNDICE D – Esquema elétrico detalhado do sistema com um circuito para controle de válvula.

