



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIAS E SAÚDE DO CAMPUS ARARANGUÁ  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

Jéssica Oliveira Soares

**Protótipo de horta indoor com IOT**

Araranguá  
2023

Jéssica Oliveira Soares

## **Protótipo de horta indoor com IOT**

Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Computação do Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde do Campus Araranguá da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Profa. Olga Yevseyeva, Dra.

Araranguá

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Soares, Jéssica Oliveira  
Protótipo de horta indoor com IOT / Jéssica Oliveira  
Soares ; orientadora, Olga Yevseyeva, 2023.  
56 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá,  
Graduação em Engenharia de Computação, Araranguá, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia de Computação. 2. Automação. 3. Internet  
das coisas. 4. Hardware . 5. Software. I. Yevseyeva, Olga  
. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em  
Engenharia de Computação. III. Título.

Jéssica Oliveira Soares

## **Protótipo de horta indoor com IOT**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia de Computação” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia de Computação.

Araranguá, 27 de novembro de 2023.

---

Prof. Jim Lau , Dr.  
Coordenador do Curso

### **Banca Examinadora:**

---

Profa. Olga Yevseyeva, Dra.  
Orientador

---

Prof. Jim Lau, Dr.  
Avaliador  
Universidade Federal de Santa Catarina -  
UFSC

---

Profa. Marta Adriana Machado da Silva,  
Dra.  
Avaliadora  
Serviço Nacional de Aprendizagem  
Comercia - SENAC

Dedico este trabalho à minha orientadora, sem a qual não teria conseguido concluir esta difícil tarefa.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu marido Amauri, por todo o incentivo e apoio. E ao meu filho Ícaro, que sempre trouxe alívio aos momentos difíceis.

*“A persistência é o caminho do êxito.”  
(Charles Chaplin)*

## RESUMO

Este trabalho descreve o desenvolvimento de um protótipo de horta indoor com Internet das Coisas (IoT). A proposta para automação residencial direcionada ao cultivo em ambientes fechados, alinhado a práticas agrícolas sustentáveis, busca contribuir para a segurança alimentar no Brasil. A metodologia empregada inclui levantamento de requisitos, definição de arquitetura, seleção de componentes e integração do sistema, com testes e ajustes em cada etapa. Conduzida em Paranavaí - PR, a pesquisa envolveu o cultivo de alface crespa por 45 dias, desde o transplante até a colheita. Utilizando os microcontroladores Arduino Uno, ESP8266, sensores DHT22 e Moisture Soil V2, válvula solenoide, lâmpada LED Grow, IDE Arduino e programação em C++, e a plataforma Adafruit IO para monitoramento remoto, o projeto incorpora a coleta de dados, o acionamento dos atuadores e a visualização por dashboards online. Os resultados incluem configurações para um protótipo funcional, gerenciamento das condições de cultivo, as análises descritivas e aplicativas ao longo do desenvolvimento visam um sistema adaptável e funcional par ambientes internos.

**Palavras-chave:** Horta Indoor. Microcontroladores. Sensores. acompanhamento Remoto.

## **ABSTRACT**

This work describes the development of an indoor garden prototype using the Internet of Things (IoT). The proposal for home automation aimed at cultivation in enclosed spaces, aligned with sustainable agricultural practices, seeks to contribute to food security in Brazil. The methodology employed includes requirements gathering, architecture definition, component selection, and system integration, with tests and adjustments at each stage. Conducted in Paranavaí - PR, the research involved the cultivation of crisp lettuce for 45 days, from transplanting to harvesting. Using microcontrollers Arduino Uno, ESP8266, sensors DHT22 and Moisture Soil V2, solenoid valve, LED Grow lamp, Arduino IDE, and C++ programming, and the Adafruit IO platform for remote monitoring, the project incorporates data collection, actuator activation, and visualization through online dashboards. The results include configurations for a functional prototype, management of cultivation conditions; the descriptive and applicative analyses throughout development aim for an adaptable and functional system for indoor environments.

**Keywords:** Indoor Garden. Microcontrollers. Sensors. monitoring Control.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo metodológico. . . . .	15
Figura 2 – Vaso b.Box. . . . .	19
Figura 3 – Vaso Hi!. . . . .	19
Figura 4 – Vaso Kit Plantinha IoT. . . . .	20
Figura 5 – Modelo do sistema de horta indoor. . . . .	22
Figura 6 – Microcontrolador ESP8266. . . . .	24
Figura 7 – Microcontrolador Arduino Uno. . . . .	25
Figura 8 – Módulo sensor DHT22. . . . .	27
Figura 9 – Sensor capacitivo de umidade do solo. . . . .	29
Figura 10 – Válvula solenoide. . . . .	31
Figura 11 – Lâmpada <i>LED Grow</i> . . . . .	32
Figura 12 – Módulo RTC1307. . . . .	35
Figura 13 – Módulo relé. . . . .	35
Figura 14 – Materiais de manejo e cultivo. . . . .	36
Figura 15 – Código fonte do protótipo. . . . .	38
Figura 16 – Adafruit IO página inicial. . . . .	39
Figura 17 – Chave para conexão online com a plataforma. . . . .	39
Figura 18 – Modelos de blocos para construção do dashboard. . . . .	40
Figura 19 – Protótipo hardware. . . . .	42
Figura 20 – Plantação inicial. . . . .	44
Figura 21 – Vaso com plantas mortas e mal desenvolvidas. . . . .	44
Figura 22 – Cultivo alface inicial. . . . .	45
Figura 23 – Cultivo com 15 dias. . . . .	45
Figura 24 – Cultivo 20 dias. . . . .	45
Figura 25 – Cultivo 45 dias. . . . .	45
Figura 26 – <i>Dashboard</i> de controle da horta. . . . .	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre DHT11 e DHT22 . . . . .	27
Tabela 2 – Comparação entre Sensor Resistivo e Sensor Capacitivo . . . . .	29
Tabela 3 – Comparação entre Válvula Solenoide e Bomba d'Água . . . . .	30
Tabela 4 – Custos do Projeto . . . . .	47

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
1.1	OBJETIVOS	14
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivo Geral</b>	<b>14</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>14</b>
1.2	METODOLOGIA	14
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	16
<b>2</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>17</b>
2.1	AGRICULTURA SUSTENTÁVEL E SEGURANÇA ALIMENTAR	17
2.2	CULTIVO INDOOR	17
2.3	PRODUTOS COMERCIAIS	18
2.4	TRABALHOS CORRELATOS	20
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO</b>	<b>21</b>
3.1	REQUISITOS DO SISTEMA	21
<b>3.1.1</b>	<b>Requisitos funcionais</b>	<b>21</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Requisitos não funcionais</b>	<b>21</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Arquitetura do Sistema</b>	<b>22</b>
3.2	ANALISE DE VIABILIDADE TÉCNICA	23
3.3	COMPONENTES	24
<b>3.3.1</b>	<b>Microcontroladores</b>	<b>24</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Sensores</b>	<b>25</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Atuadores</b>	<b>30</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Softwares</b>	<b>32</b>
3.3.4.1	Sotwares utilizados	33
3.3.4.2	Protocolo de comunicação	33
<b>3.3.5</b>	<b>Outros componentes utilizados</b>	<b>34</b>
<b>3.3.6</b>	<b>Materiais de manejo e cultivo</b>	<b>35</b>
3.4	INTEGRAÇÃO DO SISTEMA	37
<b>3.4.1</b>	<b>Hardware e Software</b>	<b>37</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Construção dos Protótipos</b>	<b>40</b>
3.4.2.1	Protótipo inicial	40
3.4.2.2	Protótipo final	42
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>43</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>48</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>49</b>
	<b>ANEXO A – CÓDIGO DHT22</b>	<b>50</b>
	<b>ANEXO B – CÓDIGO LÂMPADA</b>	<b>51</b>
	<b>ANEXO C – CÓDIGO RTC</b>	<b>52</b>

<b>ANEXO D – CÓDIGO SENSOR SOLO . . . . .</b>	<b>53</b>
<b>ANEXO E – CÓDIGO VÁLVULA . . . . .</b>	<b>54</b>
<b>ANEXO F – FOTOS . . . . .</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na América Latina, deparamo-nos com um cenário caótico em relação ao acesso a alimentos saudáveis. De acordo com o Panorama Regional da Segurança Alimentar e Nutricional de 2022, publicado pelas Nações Unidas (WFP *et al.*, 2021), mais de 131 milhões de pessoas na América Latina e no Caribe não tiveram acesso a uma dieta saudável no ano de 2020. Esse número representa um aumento de 8% em relação a 2019, o que aponta para uma tendência preocupante e crescente.

Essa crise alimentar não é apenas um problema de números, mas uma questão que afeta as comunidades, economias e a saúde de nossa região. O acesso a alimentos saudáveis é essencial para o bem-estar das pessoas e para o desenvolvimento sustentável. A falta de dietas nutritivas não só coloca em risco a saúde da população, mas também amplia as disparidades sociais e econômicas.

Diante desse desafio, surgem oportunidades para a inovação e a mudança. É fundamental reconhecer que a diversificação da produção de alimentos nutritivos, com ênfase na agricultura familiar e nos pequenos produtores, é uma das ações importantes para melhorar o acesso a dietas saudáveis. Essa abordagem, combinada com a crescente demanda por alimentos cultivados de forma sustentável e a necessidade de utilizar eficientemente os recursos naturais, abre as portas para uma nova era na agricultura, onde a tecnologia desempenha um papel de destaque.

Esta pesquisa é conduzida no estado do Paraná, na cidade de Paranavaí. A cidade está situada no noroeste do Paraná, caracterizando-se por um clima subtropical úmido. O plantio ocorreu na estação de outono entre a segunda quinzena de abril e a primeira quinzena de junho. Totalizando 60 dias de cultivo.

A presente pesquisa se encaixa em um contexto em que sistemas de automação agrícola industrial e residencial são amplamente discutidos. A uma grande variedade de dispositivos disponíveis no mercado, com custos variados, torna esse tema extremamente diversificado e em constante evolução. Nos próximos capítulos, exploraremos detalhadamente a metodologia de desenvolvimento do protótipo, a integração dos componentes eletrônicos, os resultados obtidos e as implicações deste projeto. O Protótipo para Horta Indoor com IoT visa contribuir para a prática da agricultura urbana sustentável, promovendo o cultivo eficiente e ecologicamente responsável, fornecendo uma alternativa para o cultivo em ambientes internos.

Serão realizadas análises descritivas e aplicativas ao longo das etapas de levantamento de requisitos, análise de viabilidade técnica, seleção de componentes, desenvolvimento de hardware e software, configuração e testes de sensores e atuadores e integração do sistema. O sistema possui retroalimentação que facilita a obtenção de um protótipo funcional.

Os resultados obtidos incluem um protótipo de horta indoor funcional, as con-

figurações dos parâmetros que possibilitam o cultivo, integração dos componentes e o acompanhamento por meio de dashboard.

## 1.1 OBJETIVOS

Nas subseções abaixo estão descritos o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho de conclusão de curso.

### 1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste projeto é desenvolver um sistema de horta indoor automatizado com base em IOT, ou seja, que permita o cultivo de plantas em ambientes internos com acompanhamento remoto online.

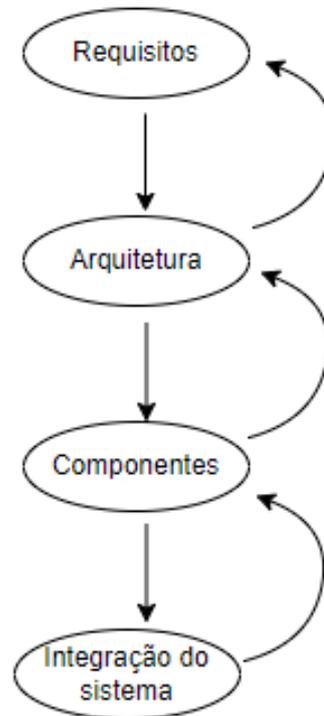
### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver um protótipo funcional de horta indoor que integre sensores de umidade do solo, sensor de temperatura, iluminação artificial e rega automática;
- Utilizar uma interface de visualização por meio de dashboards que permita aos usuários monitorar as condições da horta indoor remotamente.

## 1.2 METODOLOGIA

A metodologia empregada no desenvolvimento deste trabalho baseou-se no modelo proposto por Wayne Wolf em seu livro *Computers as Components: Principles of Embedded Computing System Design* (WOLF, 2012). Adaptando o modelo original de cinco etapas, simplificamos para quatro etapas, integrando a descrição de especificações diretamente nos requisitos, como representado na Figura 1.

Figura 1 – Modelo metodológico.



Fonte: Adaptado do modelo de Wayne Wolf (WOLF, 2012).

A primeira etapa envolveu o levantamento de requisitos do sistema, contemplando funcionalidades desejadas, restrições de hardware e software, e as necessidades específicas do cultivo indoor.

A segunda etapa abordou a análise de viabilidade técnica, considerando a adequação dos componentes selecionados, a compatibilidade dos protocolos de comunicação e a disponibilidade de recursos necessários para a implementação.

A terceira etapa incluiu a seleção de componentes, como microcontroladores, sensores e atuadores, levando em conta critérios como preço, disponibilidade e eficiência. Foram realizados testes simplificados para verificar o funcionamento adequado. Esta etapa compreende atividades cruciais, tais como:

- Desenvolvimento do hardware e software do sistema, com conexões apropriadas entre os componentes;
- Implementação de um código funcional para o controle e coleta de dados;
- Integração com uma plataforma online para o monitoramento do sistema;
- Configuração dos sensores e atuadores, abrangendo elementos como sensores de temperatura e umidade, assim como o sensor capacitivo de umidade do solo. Testes

foram realizados para garantir o desempenho adequado da válvula solenoide e da lâmpada LED Grow;

- Desenvolvimento de um dashboard para acompanhamento em tempo real dos dados e ações do sistema foi realizado como parte desta etapa.

Na quarta etapa, concentramo-nos na integração do sistema, assegurando a comunicação entre dispositivos, sensores, atuadores e a plataforma de monitoramento.

Testes integrados do sistema em ambiente controlado foram realizados para verificar a interação entre hardware e software, a precisão dos sensores e a eficácia dos atuadores.

Nesta etapa foram realizados dois protótipos, o primeiro para realização de testes e ajustes no sistema que levaram ao protótipo final que foi utilizado para o cultivo indoor.

### 1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho está organizado da seguinte forma:

O **Capítulo 1** apresenta a problemática, assim como os objetivos geral e específicos junto com a metodologia adotada para o desenvolvimento do trabalho.

O **Capítulo 2** contextualiza a segurança alimentar e a contribuição de sistemas automação inteligentes para minimização do problema. Cita algumas soluções domésticas existentes voltadas para o consumo próprio e os trabalhos correlatos.

O **Capítulo 3** aborda o desenvolvimento metodológico com a descrição detalhada das 4 etapas que compõe a metodologia.

O **Capítulo 4** descreve os resultados e discussões obtidos com o projeto, tais como condições de crescimento, aparência e sabor das hortaliças cultivadas.

O **Capítulo 5** apresenta as considerações finais a partir do que foi desenvolvido neste trabalho e propõe melhorias futuras.

## 2 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo, conduzimos uma revisão da literatura que aborda temas, tais como agricultura sustentável e insegurança alimentar. Além disso, será realizada uma análise sobre o cultivo indoor, um levantamento dos produtos atualmente disponíveis no mercado e uma revisão de trabalhos correlatos.

Este capítulo servirá como base sólida para o desenvolvimento do protótipo, proporcionando uma compreensão abrangente do contexto e das melhores práticas relacionadas ao desenvolvimento de horta indoor com IoT.

### 2.1 AGRICULTURA SUSTENTÁVEL E SEGURANÇA ALIMENTAR

Agricultura sustentável é uma resposta direta aos desafios enfrentados na América Latina e no Caribe, onde a insegurança alimentar, incluindo fome e sobrepeso/obesidade, aumentou significativamente nas últimas décadas. De acordo com a ONU (WFP *et al.*, 2021), dados indicam que em 2021 a prevalência da fome na região aumentou para 8,6%, com um aumento regional de 28% durante a pandemia de COVID-19. Além disso, a insegurança alimentar afetou 40% da população na região, sendo as mulheres mais impactadas devido aos altos níveis de desigualdade. O sobrepeso e a obesidade também são preocupações crescentes, impactando a saúde da população.

A agricultura sustentável é essencial para abordar esses desafios, buscando equilibrar os pilares ambiental, econômico e social (QUINTINO; PASSOS; MORET, 2017). Ela promove práticas agrícolas que reduzem o impacto no meio ambiente, garantem a viabilidade econômica a longo prazo para os agricultores e melhoram a qualidade de vida das comunidades rurais.

Nesse contexto, projetos que promovam práticas agrícolas sustentáveis, como o cultivo indoor, ganham importância. O cultivo indoor permite otimizar as condições de crescimento, reduzir o uso de recursos naturais e garantir o fornecimento de alimentos frescos, independentemente das condições climáticas externas. Isso pode contribuir significativamente para enfrentar os desafios da insegurança alimentar e da conservação ambiental na região.

### 2.2 CULTIVO INDOOR

O cultivo indoor, também conhecido como cultivo em ambientes fechados, é uma prática de cultivo de plantas que ocorre dentro de espaços controlados, frequentemente utilizando tecnologias avançadas, como sistemas de iluminação artificial e automação. Este método tem recebido destaque significativo na produção de alimentos, especialmente em ambientes urbanos.

De acordo com Silva (SOUZA SANTOS *et al.*, 2021), o conceito de cultivo indoor

tem experimentado uma disseminação crescente nos últimos anos, tanto no meio acadêmico quanto no setor agrícola, devido ao seu considerável potencial produtivo e ao uso eficiente dos recursos naturais. Basicamente, o cultivo indoor envolve o cultivo de plantas em ambientes totalmente controlados, onde fatores como luz, temperatura e irrigação são estritamente monitorados e ajustados.

Essa abordagem de cultivo se revela versátil, sendo aplicada tanto em residências familiares quanto em nível comercial, conhecidas como fazendas verticais. Conforme mencionado por Lucas Silva (YIDA, 2021), as vantagens do cultivo indoor são notáveis. Isso inclui a capacidade de adaptação a diferentes espaços, controle preciso das variáveis ambientais, redução significativa na ocorrência de pragas e, como resultado, uma produção mais elevada com menor desperdício de recursos e menor perda das colheitas.

O cultivo indoor representa uma solução inovadora que permite um uso mais eficiente de recursos, além de se mostrar altamente adaptável e produtivo, tornando-o uma escolha promissora para o cultivo de alimentos em ambientes urbanos.

### 2.3 PRODUTOS COMERCIAIS

Atualmente, existe uma ampla gama de produtos disponíveis para cultivo, tanto em ambientes residenciais quanto industriais. Nesta seção, vamos nos concentrar nas soluções voltadas para uso residencial.

Ao realizar uma busca simples na internet por "horta indoor", deparamo-nos com uma variedade extensa de opções, incluindo vasos automatizados, estufas para ambientes pequenos, lâmpadas LED de diferentes tipos, sementes diversas, temporizadores, tipos de terra, adubos, mangueiras e aspersores.

Essa diversidade de produtos demonstra a crescente oferta de soluções para facilitar o cultivo indoor em ambientes residenciais, proporcionando aos interessados opções adequadas para suas necessidades e preferências.

Um desses produtos é a b.Box da Brota Company Figura 2, um vaso que oferece funções pré-programadas que podem ser selecionadas de acordo com o tipo de cultivo desejado. É importante observar que, para cada plantio, é necessário adquirir refis de novas sementes e solo.

Figura 2 – Vaso b.Box.



Fonte: Brota Company (2023)

A Horta Inteligente Auto irrigável Iluminação Led da Hi! Figura 3. Que possui um dispenser de água que comporta até 6 pequenos vasos, possui iluminação automática e controle de nível de água. Assim como a b.Box é necessário adquirir refis de sementes e terra. Apesar de vir descrita como auto irrigável seu sistema de irrigação possui apenas um reservatório de água que deve ser abastecido a cada certos períodos.

Figura 3 – Vaso Hi!.



Fonte: Hi! Company (2023)

Por fim, temos o Kit Plantinha IoT produzido pela Maker Hero Figura 4. Esse kit acompanha sensor umidade do solo capacitivo, sensor BMP280 de temperatura, sensor BH1750 de luminosidade, display TFT e um curso programação voltada à aplicação baseada em C/C++, configuração e utilização da plataforma Blynk IoT. No display a planta informa seu status para interagir com seu cuidador de maneira divertida.

Figura 4 – Vaso Kit Plantinha IoT.



Fonte: Maker Hero (2023)

## 2.4 TRABALHOS CORRELATOS

Nesta seção, apresentamos trabalhos relacionados ao uso da Internet das Coisas (IoT) na agricultura de precisão e em sistemas de monitoramento de hortas verticais. Os seguintes trabalhos foram identificados como relevantes para o tema deste estudo:

No artigo *Internet of Things applied to precision agriculture* de Marcelino (MARCELINO *et al.*, 2018), é explorada a aplicação da IoT na agricultura de precisão. O autor destaca a significativa importância da IoT na otimização da produção agrícola, fornecendo uma visão de como a tecnologia pode ser aplicada para melhorar a eficiência e o desempenho no campo agrícola. O trabalho representa uma contribuição relevante para o entendimento e a implementação prática da IoT como uma ferramenta estratégica na agricultura moderna, abrindo caminho para avanços significativos no setor.

No estudo *Horta vertical com sistema de monitoramento IoT* de Novaes (NOVAES, 2022), é abordado o emprego da IoT no desenvolvimento de hortas verticais. Este trabalho se concentra especificamente no monitoramento de hortas e como sua prática pode ser aplicada de maneira eficaz para melhorar o controle e o acompanhamento, contribuindo assim para o avanço das tecnologias aplicadas à agricultura urbana e sustentável.

Por fim, temos o estudo de Soares *et al.* (SOARES *et al.*, 2020) que investigaram os impactos da utilização da IOT em fazendas e hortas urbanas. Este estudo oferece uma visão abrangente de como a IoT está contribuindo positivamente para a agricultura urbana, destacando seus efeitos e implicações na otimização das práticas agrícolas em ambientes urbanos.

Estes trabalhos correlatos fornecem uma base sólida para a presente pesquisa, destacando o uso da IoT na agricultura e no monitoramento de hortas e seus impactos no meio urbano.

### 3 DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO

Neste capítulo abordamos a metodologia utilizada para desenvolver o protótipo da horta indoor, incluindo levantamento de requisitos, arquitetura, descrição e integração dos componentes com os protótipos desenvolvidos.

#### 3.1 REQUISITOS DO SISTEMA

Os requisitos do sistema abrangem as especificações necessárias para o desenvolvimento e operação do protótipo de horta indoor com IoT. Esses requisitos são categorizados em requisitos funcionais e não funcionais.

##### 3.1.1 Requisitos funcionais

Os requisitos funcionais descrevem as funcionalidades específicas que o sistema deve fornecer para atender às necessidades do usuário. Para o protótipo da horta indoor, os requisitos funcionais incluem:

- Monitoramento em Tempo Real: O sistema deve permitir o monitoramento contínuo dos parâmetros ambientais, como temperatura, umidade do solo e umidade do ar;
- Os dados coletados devem ser exibidos em tempo real no dashboard;
- Controle Automático da Irrigação: Com base nos dados do sensor de umidade do solo, o sistema deve acionar automaticamente a irrigação quando necessário;
- O usuário pode visualizar os níveis ideais de umidade para acionar o sistema de irrigação.
- Comunicação Eficiente: Estabelecer uma comunicação eficiente entre os componentes do sistema, garantindo a integração adequada;
- Utilizar protocolos de comunicação confiáveis para a transmissão de dados entre o microcontrolador, sensores, atuadores e o dashboard online.

##### 3.1.2 Requisitos não funcionais

Os requisitos não funcionais abordam características globais do sistema para garantir seu desempenho, segurança e usabilidade. Para o protótipo da horta indoor, os requisitos não funcionais incluem:

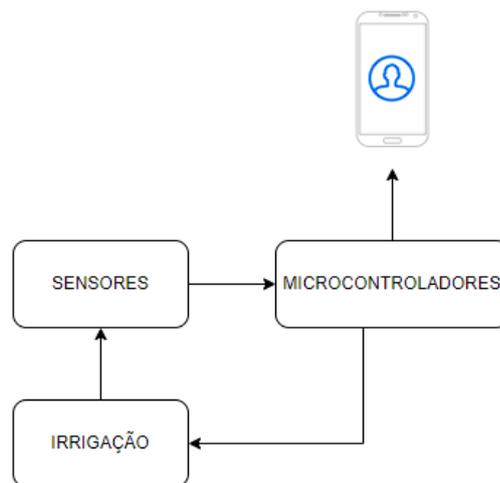
- Desempenho: O sistema deve operar com baixa latência, garantindo uma resposta rápida às mudanças nos parâmetros ambientais;

- **Confiabilidade:** Assegurar o funcionamento contínuo do sistema, mesmo em condições adversas, evitando falhas críticas;
- **Segurança:** Implementar medidas de segurança para proteger os dados do sistema contra acessos não autorizados;
- **Utilizar práticas seguras de transmissão de dados pela internet;**
- **Facilidade de Uso:** O dashboard e a interface do sistema devem ser intuitivos, permitindo que usuários, mesmo sem conhecimento técnico, compreendam e controlem o sistema facilmente;
- **Escalabilidade:** Projetar o sistema de forma a suportar a adição de novos sensores ou atuadores no futuro, sem comprometer o desempenho;
- **Manutenção Simples:** Facilitar a manutenção do sistema, permitindo atualizações de software e correções de bugs de forma simples.

### 3.1.3 Arquitetura do Sistema

Antes de explorarmos as escolhas específicas dos componentes, é crucial compreender a arquitetura geral do sistema. A Figura 5 fornece uma visão da estrutura do protótipo da horta indoor, destacando a interconexão entre os principais elementos.

Figura 5 – Modelo do sistema de horta indoor.



Fonte: *O autor* (2023).

A arquitetura delinea a comunicação entre os microcontroladores, sensores, atuadores e a plataforma de integração online. Compreender essa estrutura geral é fundamental para contextualizar as escolhas específicas de componentes que serão discutidas nas seções seguintes.

## 3.2 ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA

A seleção criteriosa dos componentes desempenha um papel crucial no sucesso do projeto, impactando diretamente sua eficiência e desempenho. Cada componente foi escolhido levando em consideração sua compatibilidade com o sistema e a capacidade de atender aos requisitos específicos da horta indoor. A seguir, são apresentados os principais componentes selecionados:

- **Microcontroladores:**

- **Critérios de Escolha:** A escolha desses microcontroladores foi guiada pela sua versatilidade e ampla aceitação na comunidade de desenvolvedores. O Arduino Uno oferece uma plataforma de desenvolvimento robusta, enquanto o ESP8266 proporciona conectividade Wi-Fi, crucial para a comunicação online do sistema.

- **Sensores:**

- **Critérios de Escolha:** Os sensores desempenham um papel central na coleta de dados ambientais. O DHT monitora temperatura e umidade do ar, enquanto o Moisture Soil avalia a umidade do solo. Essa combinação fornece informações abrangentes para a gestão precisa das condições de cultivo.

- **Válvula Solenoide:**

- **Critérios de Escolha:** A válvula solenoide foi escolhida para o controle da irrigação. Sua eficiência energética e capacidade de operação tornam-na ideal para automatizar o processo de rega, pois funciona ligada diretamente a uma fonte de água não necessitando de reservatórios.

- **Lâmpada LED Grow:**

- **Critérios de Escolha:** Essencial para a horta indoor, a lâmpada LED Grow oferece o espectro de luz adequado para o crescimento das plantas. O modelo foi selecionado de acordo com a área de cultivo.

- **Plataforma de Integração Online:**

- **Critérios de Escolha:** A escolha da plataforma baseou-se em sua integração fácil com os microcontroladores e na capacidade de criar dashboards para monitoramento remoto. Sua robustez e suporte técnico foram fatores determinantes.

A análise de viabilidade técnica abrangeu não apenas a compatibilidade individual de cada componente, mas também sua sinergia no contexto do sistema como um todo. Dessa forma, a seleção desses componentes foi orientada pela busca de um equilíbrio entre desempenho, eficiência, facilidade de integração, disponibilidade de mercado e preço.

### 3.3 COMPONENTES

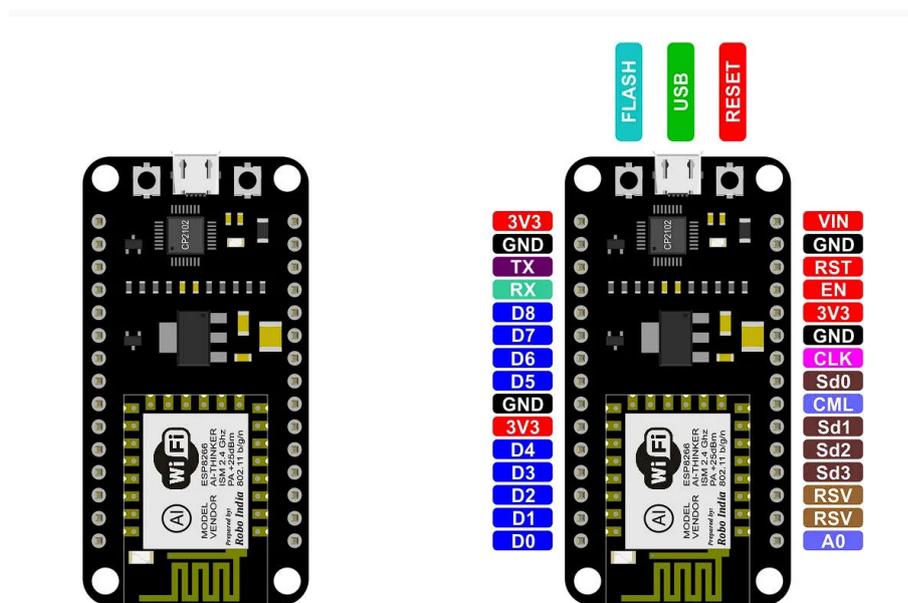
Nesta seção são abordadas as ferramentas utilizadas de hardware, software e cultivo. Os componentes foram selecionados com base na eficiência, durabilidade, preço e disponibilidade de mercado. Também optou-se por softwares de código na aberto ou proprietário de uso livre.

#### 3.3.1 Microcontroladores

Os microcontroladores utilizados em IoT atuam na coleta, processamento e transmissão de dados entre dispositivos conectados à internet. Vários microcontroladores são utilizados para diferentes aplicações em projetos de IoT. Optou-se pela utilização do ESP8266. Que é um componentes amplamente utilizado, com custo acessível e grande suporte de bibliotecas e programação pela plataforma IDE Arduino.

O microcontrolador *Wifi* ESP8266, Figura 6 NodeMcu ESP12F CP2102 fabricado pela empresa Amica. Possui *WiFi* integrado, permitindo que o sistema se conecte à rede e à Internet. Isso é fundamental para a comunicação e controle remoto do sistema. Além disso possui 11 pinos de entrada/saída e conversor analógico-digital, *wireless* padrão 802.11 b/g/n, banda ISM 2.4GHz, antena embutida, conector micro-usb, suporta 5 conexões TCP/IP, tensão de operação de 3,3 V e 5 V, taxa de transferência de 110-460800 bps e suporta upgrade remoto de *firmware*.

Figura 6 – Microcontrolador ESP8266.



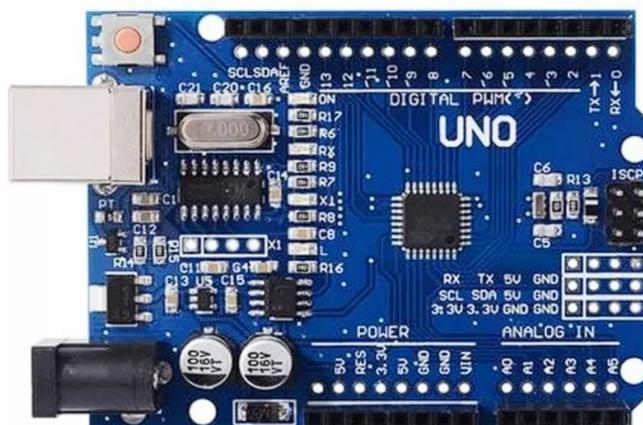
Fonte: Pisca LED componentes eletrônicos (2023).

O ESP8266 desempenha o papel de microcontrolador principal neste projeto, sendo responsável por carregar todo o código e facilitar a interação entre os diversos componentes.

Por outro lado, o Arduino Uno atua como um suporte adicional, fornecendo a alimentação necessária para os componentes. Embora a alimentação pudesse ser realizada por baterias integradas ao sistema, a escolha pelo Arduino Uno se deu devido à indisponibilidade local do conector de bateria e o Arduino Uno estava prontamente disponível para uso evitando atrasos no desenvolvimento do protótipo.

Arduíno Uno, Figura 7 é baseado no microcontrolador AT-mega328P da Atmel. Este microcontrolador processa e executa o código carregado no Arduíno. Ele opera a uma velocidade de *clock* de 16 MHz, o que permite a execução de instruções de forma rápida e eficiente, possui 14 portas digitais de entrada/saída, 6 entradas analógicas, memória *flash* de 32 K, 2 KB de SRAM, 1 KB de EEPROM, interfaces de comunicação diversificada, incluindo UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*), SPI (*Serial Peripheral Interface*) e I2C (*Inter-Integrated Circuit*), pode ser alimentado por uma fonte de alimentação externa de 7 a 12 V ou por meio da conexão USB com um computador. Ele inclui reguladores de tensão internos para fornecer as tensões de 3,3 V e 5 V.

Figura 7 – Microcontrolador Arduíno Uno.



Fonte: *Arduino Official Store* (2023).

### 3.3.2 Sensores

Os sensores são responsáveis por coletar informações sobre o ambiente de cultivo. São necessários sensores de umidade do ar, temperatura e umidade do solo.

Os sensores da família DHT (*Digital Humidity and Temperature*) são conhecida por oferecer uma maneira conveniente e precisa de medir a umidade do ar e a temperatura em projetos eletrônicos. Os sensores DHT são amplamente utilizados em aplicações como monitoramento ambiental, controle de clima em estufas, automação residencial e em muitos projetos de IoT. Aqui estão algumas características principais da família de sensores DHT:

- Saída Digital: Os sensores DHT produzem uma saída digital, o que significa que a leitura de dados (umidade e temperatura) é fornecida diretamente na forma digital,

simplificando a interface com microcontroladores e eliminando a necessidade de conversão analógico-digital;

- **Precisão Razoável:** Os sensores DHT oferecem precisão razoável para muitas aplicações comuns. Eles são adequados para monitoramento ambiental em ambientes internos e externos, embora, em alguns casos, sensores mais especializados possam ser preferidos para aplicações mais críticas;
- **Variedade de Modelos:** Existem várias versões dos sensores DHT, como DHT11, DHT21 (também conhecido como AM2301), e DHT22 (também conhecido como AM2302). Cada modelo tem especificações ligeiramente diferentes em termos de faixa de medição, precisão e resolução;
- **Faixa de Medição:** Os sensores DHT geralmente têm uma boa faixa de medição, cobrindo temperaturas que variam de -40 a 80 graus Celsius e umidade de 0% a 100%;
- **Interface Simples:** A interface elétrica dos sensores DHT é relativamente simples, muitas vezes exigindo apenas uma conexão de alimentação (VCC), terra (GND) e uma linha de dados para comunicação bidirecional;
- **Baixo Custo:** Uma das características mais atraentes dos sensores DHT é seu custo acessível. Isso os torna uma escolha popular para projetos DIY e aplicações de baixo orçamento;
- **Fácil Integração com Microcontroladores:** Os sensores DHT são projetados para serem facilmente integrados com microcontroladores populares, como Arduino e Raspberry Pi. Bibliotecas e códigos de exemplo estão disponíveis para facilitar o processo de programação;
- **Desvantagens:** Embora os sensores DHT sejam adequados para muitas aplicações, eles podem apresentar limitações em termos de velocidade de resposta em comparação com sensores mais avançados.

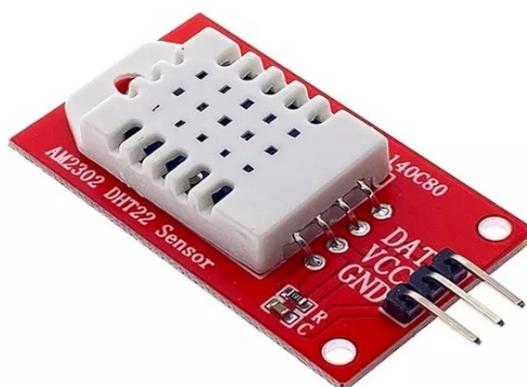
Abaixo fazemos a comparação entre os sensores DHT11 e DHT22, os dois possuem características semelhantes, se diferenciando na precisão das medições, como podemos notar na Tabela 1.

Tabela 1 – Comparação entre DHT11 e DHT22

DHT11	DHT22
Corrente: 200uA a 500mA, em standby de 100uA a 150uA	Corrente: 200uA a 500mA, em standby de 100uA a 150uA
Alimentação: 3,0 a 5,0 VCC	Alimentação: 3-5VDC (5,5VDC máximo)
Precisão de medição de temperatura: $\pm 2,0$ °C	Precisão de medição de temperatura: $\pm 0,5$ °C
Faixa de medição de temperatura: 0° a 50°C	Faixa de medição de temperatura: -40° a 80°
Faixa de medição de umidade: 20 a 90% UR	Faixa de medição de umidade: 0 a 100% UR
Precisão de umidade de medição: $\pm 5,0\%$ UR	Precisão de umidade de medição: $\pm 2\%$ UR
Tempo de resposta: < 5segundos	Tempo de resposta: 2 segundos

Fonte: Pisca LED componentes eletrônicos (2023).

Figura 8 – Modulo sensor DHT22.



Fonte: Pisca LED componentes eletrônicos (2023).

Devido à melhor desempenho nas medições optou-se por utilizar o DHT22, que possui uma maior precisão na medição da temperatura, a faixa de medição de umidade vai de 0 a 100%, precisão de medição da umidade de 2% e tempo de resposta de apenas 2 segundos. Para facilitar as conexões optamos por um modelo em módulo Figura 8.

Os sensores de umidade do solo são utilizados em projetos relacionados à agricultura, jardinagem e sistemas de irrigação automatizados. Esses sensores permitem monitorar o teor de umidade no solo, fornecendo informações para otimizar a irrigação e garantir condições para o crescimento das plantas. Aqui estão algumas características importantes sobre esses sensores:

- Princípio de Funcionamento: o modelo resistivo mede a resistência elétrica do solo, que varia com a umidade. À medida que o solo fica mais úmido, sua resistência

diminui. Já o modelo capacitivo mede a capacitância do solo, que muda com a umidade. À medida que a umidade no solo aumenta, a capacitância entre o sensor e o solo se altera;

- **Instalação Simples:** Os sensores de umidade do solo são geralmente fáceis de instalar. Eles consistem em uma sonda metálica ou conjunto de sondas que são inseridos no solo, permitindo que o sensor faça medições precisas;
- **Faixa de Medição:** Esses sensores têm uma ampla faixa de medição para detectar diferentes níveis de umidade no solo. Isso permite ajustar a irrigação de acordo com as necessidades específicas das plantas;
- **Saída Analógica ou Digital:** Alguns sensores fornecem leituras analógicas, enquanto outros oferecem saídas digitais. Isso pode facilitar a integração com diferentes plataformas e microcontroladores;
- **Calibração:** Muitos sensores de umidade do solo exigem calibração inicial para fornecer leituras precisas. Isso geralmente envolve ajustar os valores lidos pelo sensor em diferentes condições de umidade para correspondência com a realidade do solo em que estão instalados;
- **Condições Ambientais:** Alguns sensores são mais adequados para ambientes externos, enquanto outros podem ser usados em ambientes internos ou estufas. A escolha depende das condições específicas de uso;
- **Conectividade com Sistemas de Controle:** Muitos desses sensores podem ser integrados a sistemas de controle automatizado, permitindo que a irrigação seja ajustada automaticamente com base nas leituras de umidade do solo.

Foram avaliados os modelos resistivo e capacitivo. Na Tabela 2 podemos comparar os dois modelos.

Tabela 2 – Comparação entre Sensor Resistivo e Sensor Capacitivo

Sensor Resistivo	Sensor Capacitivo
São geralmente baseados em resistência elétrica. Eles medem a resistência do solo, que varia com a umidade. À medida que o solo fica mais úmido, a resistência diminui.	Mede a umidade com base na capacitância do solo. À medida que a umidade no solo aumenta, a capacitância entre o sensor e o solo muda, o que é detectado pelo sensor.
Tensão de Operação: Eles podem operar em uma variedade de tensões, geralmente de 3,3V a 5V, dependendo do modelo.	Tensão de Operação: Requer uma tensão de operação ou nível lógico de 3.3VDC, o que o torna compatível com sistemas de baixa tensão.
Saída Analógica: Muitos sensores resistivos fornecem uma saída analógica que varia com a umidade do solo. Assim como o sensor capacitivo, eles permitem leituras contínuas e analógicas.	Saída Analógica: Fornece uma saída analógica que varia com a umidade do solo. Isso permite que você obtenha uma leitura contínua e analógica da umidade.
Detecção Resistiva: Utiliza um método de detecção resistiva, onde a mudança na resistência elétrica do solo é usada para determinar a umidade. Embora sejam amplamente utilizados, eles podem ser menos precisos do que os sensores capacitivos em algumas situações.	Detecção Capacitiva: Utiliza um método de detecção capacitiva, o que significa que ele é sensível às mudanças na capacitância do solo devido à umidade. Isso pode fornecer leituras mais precisas em comparação com sensores resistivos em certos cenários.

Fonte: *Datasheet* (2023)

Ao analisar os dois modelos, o sensor capacitivo de umidade do solo Moisture Soil V2 Figura 9 demonstrou ser mais adequado ao projeto, mesmo sendo um pouco mais caro ele oferece maior proteção em relação a oxidação fornecendo uma melhor leitura e desempenho a longo prazo.

Figura 9 – Sensor capacitivo de umidade do solo.



Fonte: *Pisca LED componentes eletrônicos* (2023).

### 3.3.3 Atuadores

Os atuadores são componentes essenciais em sistemas automatizados, pois são responsáveis por realizar ações físicas com base em comandos recebidos do sistema de controle. No contexto da horta indoor com IoT, esses atuadores são os responsáveis pelas ações determinadas com base nos sensores e a programação dos microcontroladores para garantir o crescimento saudável das plantas ao controlar a iluminação e a irrigação de maneira automatizada.

Na irrigação existe a opção de utilização de bomba d'água e de válvula solenoide. Na tabela 3

Tabela 3 – Comparação entre Válvula Solenoide e Bomba d'Água

<b>Válvula Solenoide</b>	<b>Bomba d'Água</b>
Função Principal: Controla o fluxo de líquido (água) abrindo e fechando a passagem por meio de uma bobina acionada eletricamente.	Função Principal: Fornece pressão ao líquido (água) para movê-lo de um local para outro.
Modo de Operação: Normalmente fechada (permanece fechada em repouso e abre quando energizada) ou normalmente aberta (permanece aberta em repouso e fecha quando energizada).	Modo de Operação: Continuamente bombeia água enquanto estiver energizada.
Energia: Requer energia elétrica para operação.	Energia: Requer energia elétrica para operação.
Pressão: Adequada para sistemas de baixa pressão.	Pressão: Pode lidar com sistemas de alta pressão, dependendo do tipo de bomba.
Aplicações Comuns: Controle de irrigação, sistemas de controle de fluidos.	Aplicações Comuns: Abastecimento de água em residências, sistemas de irrigação de grande porte.

Fonte: Adaptado de Pisca LED componentes eletrônicos (2023).

Pensando no uso residencial e na facilidade de uso optou-se por uma válvula do tipo solenoide. Esse modelo se mostrou mais adequado em relação a utilização de uma bomba por permitir a conexão em qualquer torneira de água que possa ficar aberta, não necessitando de um depósito como ocorre no modelo que utiliza bomba d'água.

A Válvula Solenoide, Figura 10 funciona com tensão 12V DC é normalmente fechada, caso haja perda ou falta de energia o sistema se manterá fechado impedindo a passagem de água. Ideal para pressão de 0.02-0.8MPa, temperatura do fluido de 0 a 100 graus Celsius e opera com água e fluidos de baixa viscosidade.

Figura 10 – Válvula solenoide.



Fonte: Pisca LED componentes eletrônicos (2023).

As lâmpadas LED para cultivo interno, também conhecidas como lâmpadas LED Grow, são projetadas para fornecer a quantidade adequada e o espectro de luz necessário para o crescimento saudável das plantas em ambientes fechados. Essas lâmpadas são amplamente utilizadas em residências e cultivo profissional devido à sua eficiência energética, vida útil prolongada e capacidade de emitir luz em faixas espectrais específicas benéficas para o desenvolvimento das plantas. Dentre as principais características estão:

- **Espectro de Luz:** As lâmpadas *LED* Grow são projetadas para emitir luz nas faixas espectrais essenciais para o processo de fotossíntese das plantas. Isso inclui luz nas faixas de azul e vermelho, que são importantes para diferentes estágios de crescimento das plantas;
- **Eficiência Energética:** As lâmpadas *LED* convertem uma quantidade significativa de energia elétrica em luz útil para as plantas. Isso resulta em menor consumo de energia em comparação com algumas tecnologias de iluminação mais antigas;
- **Baixa Emissão de Calor:** As lâmpadas *LED* emitem menos calor do que as lâmpadas tradicionais, como as de vapor de mercúrio. Isso é vantajoso em ambientes fechados, onde o controle da temperatura é um fator relevante para o sucesso do cultivo;
- **Vida Útil Prolongada:** As lâmpadas *LED* têm uma vida útil mais longa em comparação com muitas outras fontes de luz, o que reduz a necessidade de substituições frequentes;
- **Escolha de Espectros Específicos:** Algumas lâmpadas *LED* Grow permitem que os cultivadores personalizem o espectro de luz com base nas necessidades específicas de suas plantas ou nos estágios de crescimento. Isso proporciona maior flexibilidade no controle das condições de iluminação;

- Disponibilidade em Diferentes Formatos: As lâmpadas *LED Grow* estão disponíveis em diferentes formatos, incluindo lâmpadas de rosca padrão (E27), painéis, tiras e outros designs, o que oferece opções para diferentes configurações de cultivo.

A lâmpada *LED Grow*, Figura 11 deste projeto foi selecionada de acordo com o tamanho do ambiente de cultivo e a fase de crescimento da planta. Por se tratar de um protótipo optamos por uma lâmpada que comporta até 2 vasos ao mesmo tempo. cerca de 1m<sup>2</sup>. Lâmpada *LED Grow* possui 28 *leds*, espectro total de 15 Vermelho + 7 Azul + 2 Branco + 2 Branco quente + 1 IR + 1 UV, potência de iluminação de 28W, ângulo de feixe de 160 graus, área de irradiação entre 0,5 e 1 M<sup>2</sup>, vida útil de cerca de 50 mil horas.

Figura 11 – Lâmpada *LED Grow*.



Fonte: Pisca LED componentes eletrônicos (2023).

#### 3.3.4 Softwares

Em IOT, o software desempenha de integração, coleta e análise de dados provenientes de outros dispositivos conectados. Algumas considerações importantes relacionadas ao uso de software em projetos de IoT incluem:

- Programação de Dispositivos: Os dispositivos IoT geralmente são controlados por microcontroladores ou microprocessadores. A escolha de uma linguagem de programação e ambiente de desenvolvimento adequados é essencial;
- A programação é responsável por definir como o dispositivo interage com sensores, atuadores e outros componentes, além de gerenciar a comunicação com a nuvem ou outros dispositivos;
- Comunicação e Protocolos: A comunicação eficiente é essencial em sistemas IoT. A seleção de protocolos de comunicação apropriados, como WIFI, MQTT ou HTTP, influencia a eficácia da transmissão de dados entre dispositivos e servidores;

- A escolha dos protocolos também pode afetar a segurança, a largura de banda necessária e a complexidade da implementação;
- Integração com Plataformas Online: Muitos projetos IoT envolvem a transmissão de dados para plataformas online para armazenamento, visualização e análise. A integração eficiente com essas plataformas é fundamental;
- Plataformas como Adafruit IO mais robusta e Blynk mais comum em projetos acadêmicos e outras oferecem serviços que facilitam a criação de dashboards, monitoramento remoto e controle dos dispositivos.

#### 3.3.4.1 Softwares utilizados

Os softwares selecionados para implementação são a IDE Arduino e a plataforma Adafruit IO. A IDE (*Integrated Development Environment*) Arduino é a principal ferramenta de desenvolvimento usada neste projeto. Ela é usada para escrever, compilar e fazer o *upload* de código em linguagem de programação C ++. A IDE Arduino é conhecida por sua simplicidade e usabilidade. Além disso, a IDE oferece uma vasta biblioteca de funções e *drivers* que simplificam o desenvolvimento de código de controle específico para esses dispositivos. Isso permite a configuração e personalização das funcionalidades do sistema de horta *indoor* de acordo com os requisitos do projeto.

A plataforma Adafruit IO é uma solução baseada em nuvem usada para a comunicação e monitoramento remoto do sistema de horta *indoor*. Ela oferece um conjunto abrangente de ferramentas e recursos que facilitam a coleta, armazenamento e visualização de dados do sistema. Além disso, a plataforma Adafruit IO é especialmente útil devido ao seu sistema de reconhecimento de controladores, que simplifica a integração dos dispositivos, como o ESP8266, com a nuvem. A plataforma também fornece bibliotecas personalizadas que auxiliam na comunicação bidirecional entre os dispositivos e a plataforma, permitindo a transmissão eficiente de dados. Uma característica da plataforma Adafruit IO é a capacidade de criar *dashboards* personalizados, que permitem aos usuários monitorar e controlar o sistema de horta *indoor* de forma remota, o que é fundamental para o gerenciamento eficaz do ambiente de cultivo.

#### 3.3.4.2 Protocolo de comunicação

Os protocolos de comunicação são os responsáveis por conectar dispositivos à internet, tornando sua acessibilidade e usabilidade mais eficientes. Conforme destacado por Brito (BRITO, 2021), a seleção de um protocolo de comunicação deve levar em consideração diversos fatores, como os requisitos específicos da aplicação final, como alcance, taxa de transferência de dados, segurança, eficiência energética, capacidade de suportar um grande número de usuários, entre outros.

A decisão de utilizar o protocolo Wi-Fi neste projeto foi embasada em uma série de considerações estratégicas, tendo as comparações apresentadas por Kurose (KUROSE; ROSS, 2010). O Wi-Fi é uma tecnologia amplamente adotada, oferece uma conectividade eficaz, permitindo que dispositivos sirvam como *gateways* para a internet. Um ponto de acesso Wi-Fi pode conectar vários dispositivos, com capacidade para até 250 dispositivos, dependendo do modelo. A frequência de operação padrão, 802.11-b/g/n a 2,4 GHz, fornece uma boa taxa de dados, variando entre 150 e 200 Mbps, em geral em um alcance de aproximadamente 50 metros.

A escolha do Wi-Fi é respaldada pela sua ampla documentação e adoção na indústria, o que o torna uma opção robusta para a comunicação de dispositivos IoT. Além disso, a plataforma Adafruit IO oferece suporte direto para a integração do Wi-Fi, simplificando a conexão com a nuvem. Embora outros protocolos, como MQTT e HTTP, também sejam comuns em sistemas IoT, o Wi-Fi se destacou como a escolha ideal para atender aos requisitos específicos deste projeto.

### 3.3.5 Outros componentes utilizados

Para o bom desenvolvimento do protótipo utilizou ainda um módulo relógio em tempo real (RTC), módulos relés, cabos tipo *jumper* e *protoboards*.

A escolha entre o uso de um RTC e um logger para atualizar dados em um sistema IoT pode depender de vários fatores, como descrito abaixo:

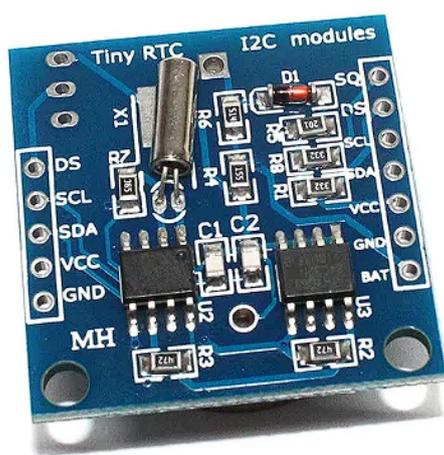
- **Precisão do Tempo:** Um RTC fornece uma fonte de tempo precisa, o que pode ser crucial em sistemas em que a sincronização temporal é importante. Se as medições ou ações no seu sistema dependem de intervalos de tempo específicos, um RTC é mais confiável do que depender do relógio interno de um microcontrolador, que pode ser menos preciso;
- **Consumo de Energia:** RTCs geralmente consomem menos energia do que manter um microcontrolador ativo o tempo todo para gerenciar o tempo. Isso é especialmente importante se o seu sistema estiver alimentado por baterias e você estiver preocupado com a vida útil da bateria;
- **Persistência das Informações Temporais:** O RTC mantém a contagem do tempo mesmo quando o sistema é desligado. Isso significa que, se o sistema for reiniciado, as informações temporais ainda serão válidas. Em contraste, um logger depende do tempo do sistema, que é perdido quando o sistema é desligado;
- **Simplicidade e Menor Complexidade:** Em alguns casos, um RTC pode simplificar o código e reduzir a complexidade do sistema em comparação com o uso de um logger. Se a principal função é manter o controle do tempo, um RTC pode ser uma solução mais direta;

- Atualizações Regulares e Programadas: Se você precisa de atualizações regulares e programadas (por exemplo, leitura de sensores ou execução de ações em horários específicos), um RTC facilita a programação dessas tarefas, garantindo que ocorram no momento certo;
- Custo: Dependendo das necessidades do seu projeto, um RTC pode ser uma opção mais econômica do que um logger, especialmente se as funcionalidades adicionais de um logger não forem necessárias.

Tendo em vista as considerações anteriores foi escolhido o um módulo RTC para ser utilizado no projeto, Figura 12 é baseado no chip DS1307 que suporta o protocolo I2C, informa segundos, minuto, horas, dia do mês, dia da semana, mês e ano, possui 56 Bytes de RAM para uso geral, calendário até o ano 2100, pino de saída que pode sair algumas frequências, dentre elas 1Hz, consumo da bateria de memória de 500 nA, tensão entre 4,5V e 5,5V, corrente: 1,5mA. Memória EEPROM 24C32 de 32Kbit e retenção de dados para 200 anos.

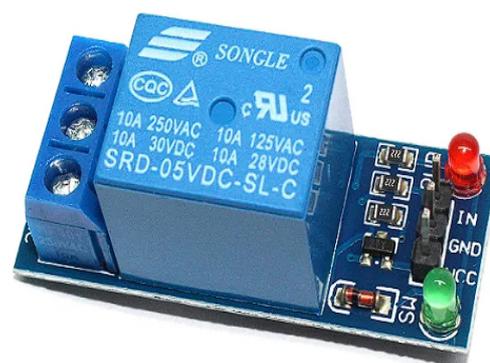
O módulo relé, Figura 13 permite o acionamento de dispositivos. Sua tensão de operação é de 5 VCC, permite controlar cargas de até 220 VCA, corrente típica de operação e 15 a 20mA, led indicador de status, pinagem com configuração de normal aberto, normal fechado e comum, tensão de saída de 30 VCC a 10A ou 250VCA a 10A e tempo de resposta entre 5 e 10 ms.

Figura 12 – Módulo RTC1307.



Fonte: Pisca LED componentes eletrônicos (2023).

Figura 13 – Módulo relé.



Fonte: Pisca LED componentes eletrônicos (2023).

### 3.3.6 Materiais de manejo e cultivo

Para o cultivo em vaso foi utilizado o processo descrito por DE Liz, em seu estudo sobre as etapas para o planejamento e implantação de horta urbana (LIZ, 2006) onde se utilizou como recipiente vasos de plástico, argila expandida como material de drenagem,

manta bidim para separação entre a argila e a terra evitando apodrecimento da raiz e fungos, terra vegetal, composto orgânico, mudas e sementes de alface crespa. Além de mangueira perfurada para irrigação e conjunto de ferramentas para jardinagem. A Figura 14 mostra alguns dos itens descritos.

Figura 14 – Materiais de manejo e cultivo.



Fonte: O autor (2023).

A escolha de alface crespa para o cultivo se deu devido a diversas considerações específicas relacionadas ao projeto. Aqui estão algumas razões para a escolha de cultivar alface crespa em um protótipo de horta indoor com IoT:

- **Ciclo de Crescimento Rápido:** A alface crespa, assim como outras variedades de alface, geralmente tem um ciclo de crescimento relativamente curto. Isso significa que os dados e as observações relacionadas ao crescimento das plantas podem ser coletados em um período mais curto de tempo no contexto do protótipo;
- **Adaptabilidade a Ambientes Internos:** A alface crespa muitas vezes é adaptável ao cultivo em ambientes internos, onde a iluminação, a temperatura e outras condições ambientais podem ser controladas de maneira mais precisa. Isso facilita a integração da planta em um sistema de horta indoor;
- **Variedade Sensorial e Nutricional:** A textura crocante e o sabor suave da alface crespa podem oferecer uma experiência sensorial interessante para quem consome os produtos da horta. Além disso, a alface é uma boa fonte de nutrientes essenciais;
- **Espaço e Manejo Simplificado:** A alface crespa, por seu formato compacto e folhas mais delicadas, pode exigir menos espaço e manejo em comparação com algumas outras culturas. Isso pode ser vantajoso em um protótipo com limitações de espaço;
- **Fácil Monitoramento de Parâmetros Ambientais:** Como parte de um protótipo de horta indoor com IoT, a alface crespa pode ser uma escolha prática para monitorar

parâmetros ambientais como umidade do solo, temperatura e luz, devido à sua resposta rápida a condições ambientais;

- **Experiência Educacional:** Se o protótipo estiver sendo usado para fins educacionais, a alface crespa pode ser uma planta de escolha devido à sua natureza rápida de crescimento e à capacidade de ilustrar conceitos de cultivo de plantas de maneira eficiente;
- **Avaliação de Sistemas de Automação:** A alface crespa pode ser uma cultura adequada para avaliar a eficácia dos sistemas de automação no controle de parâmetros como irrigação, iluminação e temperatura em um ambiente fechado.

### 3.4 INTEGRAÇÃO DO SISTEMA

A integração do sistema envolve a comunicação eficiente entre hardware e software, a construção dos protótipos, os testes realizados e os ajustes necessários.

#### 3.4.1 Hardware e Software

Testes individuais foram conduzidos para garantir o funcionamento adequado de cada componente. Isso incluiu verificar se os sensores estavam coletando dados precisos, se os atuadores respondiam corretamente e se a comunicação entre hardware e software estava operando sem problemas. Abaixo estão descritos os testes aplicados:

- **Teste do Sensor Capacitivo de Umidade do Solo:** O sensor capacitivo de umidade do solo passou por testes de calibração, incluindo leituras em diferentes condições, como exposição ao ambiente e submersão em água;
- **Teste do Sensor de Umidade e Temperatura DHT22:** Esse sensor foi utilizado para medir a temperatura em graus Celsius e a umidade do ar;
- **Teste dos Módulos Relés:** Os módulos relés foram testados com LEDs sendo acionados e desligados;
- **Teste do ESP8266:** O ESP8266 foi testado quanto à sua conexão com a plataforma Adafruit IO e sua capacidade de acionamento de LEDs em um dashboard semelhante a um teclado;
- **Teste do Arduino Uno:** O Arduino Uno foi submetido a um teste simples de pisca LED usando um código disponível na biblioteca da IDE Arduino;
- **Teste da Válvula Solenoide:** A válvula solenoide foi conectada diretamente a uma fonte de água e energizada para permitir ou interromper o fluxo de água;

- Teste da Lâmpada LED Grow: A lâmpada LED Grow foi conectada a uma luminária e testada quanto à sua funcionalidade.

Na sequência a codificação na IDE Arduino foi realizada com base nos requisitos definidos. Para facilitar a resolução de possíveis problemas ou ajustes cada componente foi codificado individualmente e seu controle principal ficou reservado ao Os códigos adicionais podem ser vistos nos anexos.

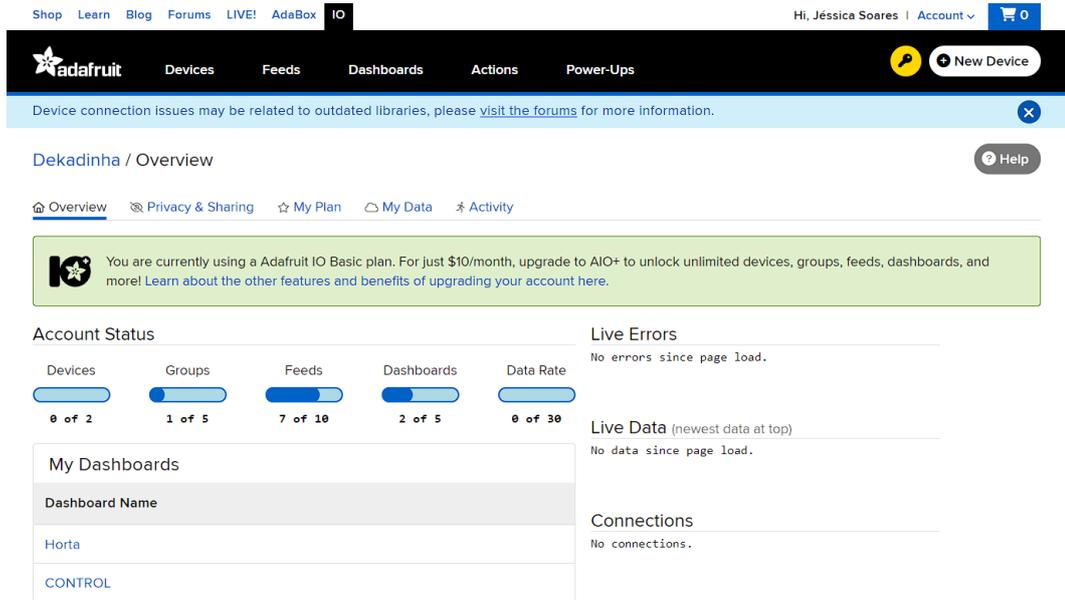
Figura 15 – Código fonte do protótipo.

```
Horta_TCC.ino
1  #include "AdafruitIO_WiFi.h"
2  #include "valvula.h"
3  #include "lampada.h"
4  #include <Wire.h>
5  #include "RTCLib.h"
6  #include "DHT.h"
7  #include "sensor_solo.h"
8
9  #define IO_USERNAME "Nome de usuario"
10 #define IO_KEY "Chave de usuario "
11 #define WIFI_SSID "nome da rede wifi"
12 #define WIFI_PASS "senha da rede wifi"
13
14 AdafruitIO_WiFi io(IO_USERNAME, IO_KEY, WIFI_SSID, WIFI_PASS);
15 #define FEED_OWNER "Dekadinha"
16
17 AdafruitIO_Feed *umidadeArFeed = io.feed("Umidade do ar", FEED_OWNER);
18 AdafruitIO_Feed *temperaturaFeed = io.feed("Temperatura", FEED_OWNER);
19 AdafruitIO_Feed *umidadeSoloFeed = io.feed("Umidade do solo", FEED_OWNER);
20
```

Fonte: O autor (2023).

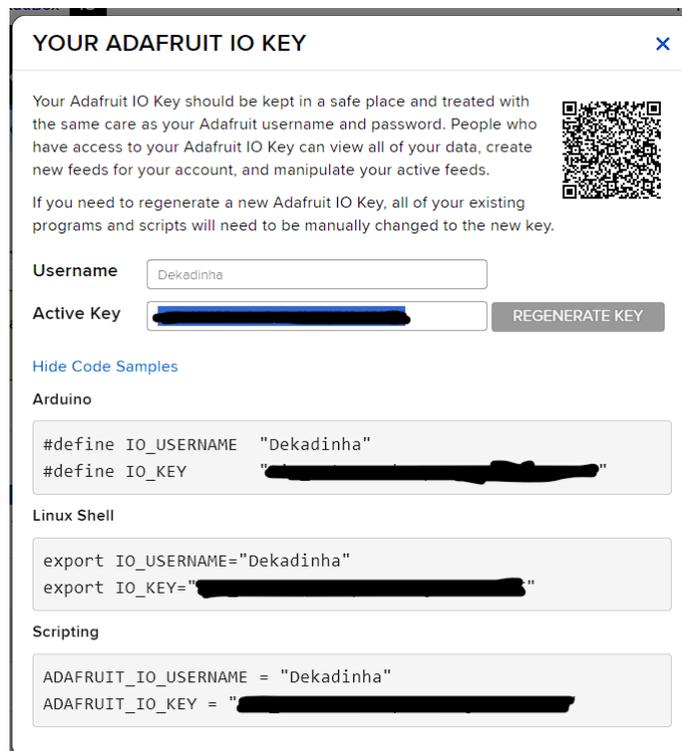
O software Adafruit IO pode ser utilizado criando-se um usuário com *login* e senha Figura 16. Após esse processo se recebe uma chave para conexão Figura 17 e criação de *dashboard* Figura 18.

Figura 16 – Adafruit IO pagina inicial.



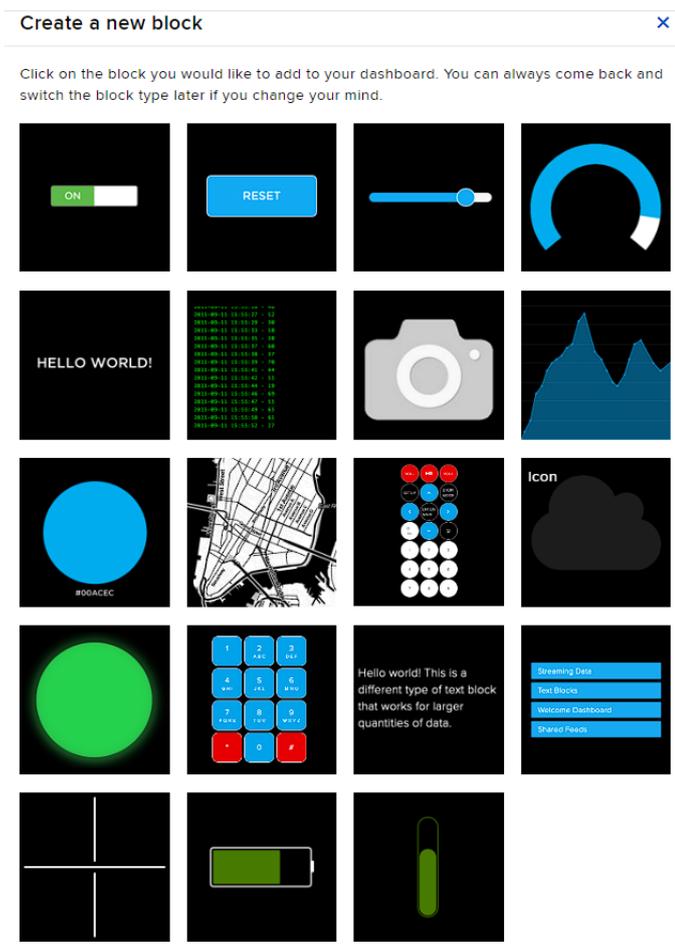
Fonte: Adafruit (2023).

Figura 17 – Chave para conexão online com a plataforma.



Fonte: Adafruit (2023).

Figura 18 – Modelos de blocos para construção do dashboard.



Fonte: Adafruit (2023).

As credenciais fornecidas pela plataforma Adafruit IO, são inseridas no código Horta.ino que também recebe o acesso com as credenciais da conexão WI-FI com login e senha. Essas medidas visam garantir a comunicação segura entre o sistema local e a plataforma online.

### 3.4.2 Construção dos Protótipos

Neste seção, apresentamos o desenvolvimento de dois protótipos essenciais para projeto. O protótipo inicial foi projetado para realizar testes e ajustes, enquanto o protótipo final apresenta a versão funcional do projeto com as melhorias necessárias.

#### 3.4.2.1 Protótipo inicial

O primeiro protótipo foi projetado para realizar testes e ajustes, sendo fundamental para avaliar o funcionamento dos componentes. Os componentes foram submetidos a uma série de testes, incluindo condições para verificar o desempenho e a confiabilidade.

O código fonte base foi testado quanto à sua eficácia na leitura de sensores, acionamento de atuadores e transmissão de dados para a plataforma online.

Os sensores foram calibrados para garantir medições precisas, e os limiares de ativação dos atuadores foram ajustados conforme necessário.

O sistema foi testado como um todo para verificar a interação entre hardware e software, garantindo que todas as partes estivessem operando em conjunto de maneira eficiente.

A estabilidade da conexão online foi verificada, garantindo uma transmissão constante de dados para a plataforma Adafruit IO.

Com o protótipo inicial pronto se iniciou o cultivo de mudas e sementes. O desempenho das configurações pode ser avaliado o que resultou na necessidade de ajustes.

Os ajustes necessários incluem:

- Ajustes dos Relés: Foram realizados ajustes nos relés devido à falta de energia para acionar os componentes quando acionados repetidamente. A solução consistiu em dividir os componentes entre os microcontroladores, com sensores ligados ao ESP8266 e relés ao Arduino Uno, cada um com fonte de energia individual.
- Sincronização de Dados: Problemas de sincronização dos dados foram identificados, resultando em perdas ou atrasos que interferiam diretamente no acionamento da válvula solenoide. Para solucionar, foi implementado um relógio RTC DS1307 para manter a sincronização dos componentes.
- Ajustes na Rega: A configuração da rega considerou a distância do sensor e a distribuição da água no vaso. A posição ideal do sensor foi no centro da jardineira entre as duas plantas, com uma mangueira perfurada molhando uma das laterais até que a água atingisse o centro.
- Ajustes na Umidade do Solo: Foram testadas duas configurações de umidade do solo, com a segunda, umidade máxima de 50%, mostrando-se mais adequada para evitar problemas relacionados ao excesso de água.
- Ajustes na Iluminação: Seguindo recomendações, a iluminação foi configurada com ciclos de 18 horas ligada e 6 horas desligada, mantendo a lâmpada desligada entre meia-noite e 6 horas da manhã.

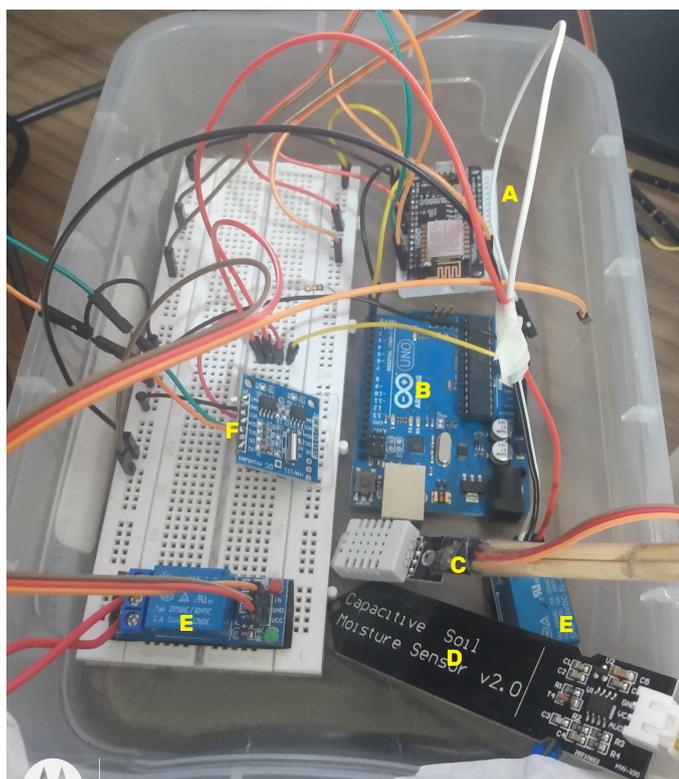
Todos os ajustes foram realizados em um ambiente de plantio com mudas e sementes, garantindo a validação prática do sistema.

O ciclo de testes e ajustes é iterativo, visando a otimização contínua do sistema para atender aos requisitos funcionais e não funcionais estabelecidos no início do projeto.

### 3.4.2.2 Protótipo final

O protótipo final representa a versão aprimorada após a implementação dos ajustes necessários. Na Figura 19, podemos observar a disposição dos componentes no circuito, incluindo ESP8266, Arduino Uno, DHT22, sensor capacitivo de solo, relés, e RTC DS1307.

Figura 19 – Protótipo hardware.



Fonte: O autor (2023).

Na Figura 19 podemos ver os componentes do circuito que foram acondicionados dentro de um recipiente plástico para evitar contato com a água. Estão presentes os componentes:

- A - Esp8266;
- B - Arduino Uno;
- C - Dht22 preso a uma haste de madeira;
- D - sensor capacitivo de solo;
- E - Relés para controle da iluminação e da valvula solenoide;
- F - Relogio RTC DS1307.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O desenvolvimento do projeto de horta *indoor* com IoT proporcionou uma série de resultados e desafios que são fundamentais para a compreensão da eficácia e limitações do sistema proposto.

O sistema foi mantido na cidade de Paranaíba-PR, na sala da residência, na estação de outono entre a segunda quinzena de abril e a primeira quinzena de junho, por 60 dias, sendo os primeiros 15 dedicados a ajustes e testes, enquanto os 45 dias restantes foram voltados para o cultivo de alface crespa com transplante através de mudas.

Foram realizados ajustes na alimentação dos componentes para garantir a energia necessária, pois somente o ESP8266 não tem capacidade para fornecer o suporte necessário de alimentação para todos os componentes, se fazendo necessária a alimentação externa que foi realizada através do Arduino Uno.

Os problemas de sincronização dos dados foram frequentes, resultando em perdas ou atrasos que interferiam diretamente no acionamento da válvula solenoide que poderia ficar um tempo excessivamente longo acionada. A implementação de um relógio RTC DS1307 solucionou problemas de sincronização de dados que ocorreram por quedas de energia ou perda temporária do sinal de WI-FI, mantendo a sincronização dos componentes e garantindo a coleta de dados sem perdas.

Configurações ideais foram estabelecidas para rega foi de acionamento por 30 segundo e espera de nova avaliação por 5 minutos e para a umidade do solo foram testadas duas configurações. A primeira com umidade de até 70% e a segunda com umidade máxima de 50%, a segunda se mostrou mais adequada para evitar problemas relacionados ao excesso de água, que quando combinado com calor excessivo causa o aparecimento de fungos e apodrecimento das raízes.

As configuração da rega, foi realizada considerando a distância do sensor e a distribuição da água no vaso. A configuração ideal envolve posicionar o sensor no centro da jardineira entre as duas plantas, com uma mangueira perfurada molhando uma das laterais até que a água atinja o centro.

Na iluminação seguem as recomendações de Bagnato pesquisador da Embrapa (BAGNATO, 2022), mantendo ciclos de 18 horas ligada e 6 horas desligada. A lâmpada permaneceu desligada entre meia-noite e 6 horas da manhã.

O cultivo inicial enfrentou desafios, notou-se o amarelamento das folhas e o decaimento da umidade do solo estava lento mesmo com boa drenagem. foi necessário aumentar o *delay* entre a leitura do sensor de umidade do solo e a liberação da água, para que fosse o mais gradativo possível a fim de evitar o excesso de água, e seus efeitos nocivos como: compactação do solo, perda de nutrientes, fungos e apodrecimento das plantas. As sementes não germinaram e ambos, mudas e sementes se perderam Figuras 20 e 21.

Figura 20 – Plantação inicial.



Fonte: O autor (2023).

Figura 21 – Vaso com plantas mortas e mal desenvolvidas.



Fonte: O autor (2023).

A partir disso, uma nova parametrização foi ajustada e um novo vaso foi montado com um solo seco e seu resultado foi analisado durante os dias que se seguiram e após ajustes, as mudas se desenvolveram, demonstrando a capacidade do sistema em promover o crescimento vegetal.

As plantas apresentaram crescimento mais pronunciado em largura do que em comprimento. Houve a inclinação das plantas em direção à fonte de iluminação, impactando o padrão de crescimento, pois a iluminação não estava vindo da parte superior e sim da lateral o que resultou na inclinação. As folhas atingiram cerca de 12cm de altura, com coloração verde escuro, textura e sabor agradável. Aspectos nutricionais não foram avaliados neste estudo.

As hipóteses para o crescimento menor que o esperado são a falta de adubação durante o período de cultivo ou a posição da iluminação artificial.

O desenvolvimento das plantas pode ser acompanhado nas figuras 22, 23, 24 e 25 abaixo:

Figura 22 – Cultivo alface inicial.



Fonte: O autor (2023).

Figura 23 – Cultivo com 15 dias.



Fonte: O autor (2023).

Figura 24 – Cultivo 20 dias.



Fonte: O autor (2023).

Figura 25 – Cultivo 45 dias.



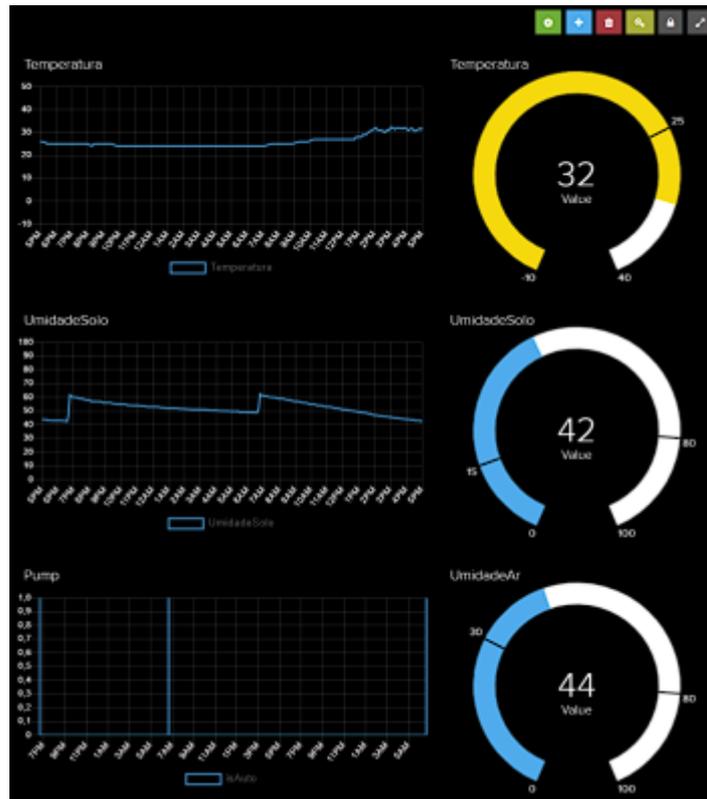
Fonte: O autor (2023).

Os sensores DHT22 e o sensor capacitivo de solo forneceram dados contínuos sobre temperatura, umidade do ar e umidade do solo.

O sistema foi monitorado por meio de um *dashboard* online, proporcionando a visualização em tempo real e permitindo rápida percepção das mudanças no cultivo.

A irrigação foi acionada sempre que a umidade do solo estava inferior a 50% e a temperatura em torno de 28 graus. Nos dias com maior umidade do ar a houve maior espaço entre as regas que ocorreram em média a cada 5 dias. O consumo hídrico no período não foi avaliado.

No *dashboar* Figura 26 podemos acompanhar o controle da horta que é composto pelos gráficos da evolução temporal da temperatura e umidade do solo, o acionamento da irrigação. Além dos níveis em tempo real da temperatura, umidade do solo e umidade do ar.

Figura 26 – *Dashboard* de controle da horta.

Fonte: O autor (2023).

Os custos do projeto Tabela 4 envolvem a dos gastos associados a diferentes componentes e materiais utilizados.

A plataforma online Adafruit IO pode ter custos recorrentes mensais para projetos que envolvam maior quantidade de *dashboards*. Nesse projeto utilizamos a versão de uso sem custos.

Despesas adicionais com consumo de água e energia não foram calculados, assim como o frete para transporte dos componentes.

Tabela 4 – Custos do Projeto

<b>Custos do Projeto</b>	<b>Valor (R\$)</b>
<b>1. Componentes Eletrônicos</b>	
ESP8266 (NodeMCU ESP-12F)	38,00
Arduino Uno	37,00
Sensores DHT22	28,00
Sensor de Umidade do Solo	16,00
Válvula Solenoide	42,00
Lâmpada LED Grow	40,00
RTC DS1307	10,00
Módulos Relés	20,00
Outros componentes (jumper, protoboards, cabos)	80,00
<b>Total Componentes Eletrônicos</b>	<b>311,00</b>
<b>2. Estrutura Física</b>	
Jardineira ou Vaso	40,00
Solo e Substrato	30,00
Ferramentas de Suporte	20,00
Mangueira e Conexões	30,00
Mudas e Sementes	30,00
Manta e Argila	30,00
<b>Total Estrutura Física</b>	<b>180,00</b>
<b>Custo Total do Projeto</b>	<b>491,00</b>

Fonte: O autor (2023).

Os valores apresentados tem como base o primeiro trimestre de 2023 e alguns são valores foram arredondados ou aproximados, podendo não refletir os valores atuais.

## 5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento e implementação do protótipo de horta *indoor* com integração IoT representam mais um esforço em direção de uma agricultura mais eficiente e acessível. Este projeto demonstrou a capacidade de monitorar e controlar fatores críticos do cultivo, como umidade do solo, umidade do ar, irrigação e luminosidade de forma automatizada e personalizável.

O resultado de um protótipo funcional foi alcançado com êxito e o diferencial do sistema projetado reside na flexibilidade, permitindo sua adaptação a uma variedade de cultivos, podendo ser aplicado na jardinagem, hortas domésticas, pequenos agricultores e até mesmo aplicações comerciais, com os devidos ajustes. Além disso, a expansibilidade do sistema, com a possibilidade de adicionar sensores e atuadores, proporciona um potencial de crescimento e aprimoramento contínuo.

Apesar do protótipo permitir a expansão do sistema seu atual modelo está limitado pela capacidade da área de cultivo da lâmpada LED que é de até 1m<sup>2</sup>, permitindo no máximo 2 vasos do tipo jardineira. O tempo de rega foi estabelecido para a vazão da fonte de água do projeto, sendo necessários ajustes para vazões diferentes. Portanto, é importante ressaltar os parâmetros estabelecidos tem validade para as condições apresentadas no projeto.

Embora o foco deste projeto tenha sido a aplicação em hortas domésticas, as perspectivas de aplicação são vastas. Para trabalhos futuros, podemos adicionar o controle remoto do sistema, ajuste dos parâmetros por meio de dispositivos móveis e a criação de um banco de dados abrangente das informações de cultivo, assim como um sistema de adubação e controle de pragas.

## REFERÊNCIAS

- BAGNATO, Vanderlei Salvador. Testes iniciais mostram ser possível produzir alface em até 30 dias em ambiente interno e com iluminação certa. **Portal USP**, 2022.
- BRITO, Ivana Bomfim. Mapeamento sobre o uso das tecnologias Wi-Fi, Bluetooth e IoT no desenvolvimento de ações de entretenimento. Universidade Federal de Uberlândia, 2021.
- KUROSE, James; ROSS, Keith W. **Redes de computadores**. [S.l.]: Pearson educación, 2010. v. 5.
- LIZ, RS de. Etapas para o planejamento e implantação de horta urbana. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2006., 2006.
- MARCELINO, Roderval *et al.* Internet of Things applied to precision agriculture. *In*: SPRINGER. ONLINE Engineering & Internet of Things: Proceedings of the 14th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation REV 2017, held 15-17 March 2017, Columbia University, New York, USA. [S.l.: s.n.], 2018. P. 499–509.
- NOVAES, Matheus Sinto. Horta vertical com sistema de monitoramento IoT. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2022.
- QUINTINO, SM; PASSOS, AMA dos; MORET, A de S. Potencialidades sustentáveis da biodiversidade da Amazônia para a agricultura familiar. In: ENCONTRO RODONIENSES DE ADMINISTRADORES E TECNÓLOGOS, 2., 2017, Porto . . . , 2017.
- SOARES, Josiel Ferreira *et al.* Os impactos da utilização da internet das coisas em fazendas e hortas urbanas, 2020.
- SOUZA SANTOS, Adrielle de *et al.* Horta vertical com garrafas PET para a construção de consciência ambiental de estudantes. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, e39510111804–e39510111804, 2021.
- WFP, UNICEF *et al.* Regional Overview of Food Security and Nutrition in Latin America and the Caribbean 2020. FAO: Food e Agriculture Organization of the United Nations, 2021.
- WOLF, Marilyn. **Computers as components: principles of embedded computing system design**. [S.l.]: Elsevier, 2012.
- YIDA, Lucas Silva. Fazenda urbana vertical indoor, 2021.

## ANEXO A – CÓDIGO DHT22

```
1 #include <DHT.h>
2 #include <DHTesp.h>
3
4 #define DHTPIN D5 // pino GPIO14 da ESP8266 conectado ao sensor DHT22
5 #define DHTTYPE DHT22 // definindo o tipo de sensor
6
7 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
8
9 void setup_dht22() {
10     Serial.begin(9600);
11     dht.begin();
12 }
13
14
```

## ANEXO B – CÓDIGO LÂMPADA

```
3 #include "lampadaUV.h"
4
5 void setup_lampadaUV() {
6     pinMode(LAMPADA_PIN, OUTPUT);
7     digitalWrite(LAMPADA_PIN, LOW); // Desliga o módulo relé ao inicializar
8 }
9
10 void ligar_lampadaUV() {
11     digitalWrite(LAMPADA_PIN, HIGH); // Ligar o módulo relé
12 }
13
14 void desligar_lampadaUV() {
15     digitalWrite(LAMPADA_PIN, LOW); // Desligar o módulo relé
16 }
17
```

## ANEXO C – CÓDIGO RTC

```
1 #include <Wire.h>
2 #include "RTClib.h"
3
4 RTC_DS1307 rtc;
5
6 void setup_relogio() {
7     Serial.begin(9600);
8     Wire.begin(); // Inicializa a comunicação I2C
9     rtc.begin(); // Inicializa o relógio
10
11     // A linha a seguir ajusta a data e hora do relógio com a data e hora da compilação
12     rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
13 }
14
15
```

## ANEXO D – CÓDIGO SENSOR SOLO

```
1  #include <DHT.h>
2  #define MOISTUREPIN A0
3
4  float sensor_solo;
5  int max_leitura = 363; //leitura dentro da água
6  int min_leitura = 715; //Leitura fora da água
7
8  void setup_sensor_solo() {
9  Serial.begin(9600);
10 pinMode(MOISTUREPIN, INPUT);
11 }
12
13 void loop_sensor_solo() {
14 sensor_solo = analogRead(MOISTUREPIN);
15 float umidade = ((sensor_solo - min_leitura) / (max_leitura - min_leitura)) * 100;
16 Serial.print("Umidade do Solo: ");
17 Serial.print(umidade);
18 Serial.println("");
19 delay(1000);
20 }
21
22
```

## ANEXO E – CÓDIGO VÁLVULA

```
1  #include "valvula.h"
2
3  void setup_valvula() {
4      pinMode(VALVULA_PIN, OUTPUT);
5  }
6
7  void abrir_valvula() {
8      digitalWrite(VALVULA_PIN, HIGH);
9  }
10
11 void fechar_valvula() {
12     digitalWrite(VALVULA_PIN, LOW);
13 }
```

# ANEXO F – FOTOS



