

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA “PAULA SOUZA”**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BEBEDOURO**

**TECNOLOGIA EM BIG DATA NO AGRONEGÓCIO**

**SISTEMA AUTOMATIZADO AGRICULTURA VERTICAL  
PARA MICROPRODUÇÃO DE VEGETAIS**

**AUTOR: ANDRÉ LUIZ RICARTES DA SILVA**

**ORIENTADOR: PROF. DR. RENAN GUILERME NESPOLO**

**BEBEDOURO**

**2025**

ANDRÉ LUIZ RICARTES DA SILVA

**SISTEMA AUTOMATIZADO AGRICULTURA VERTICAL  
PARA MICROPRODUÇÃO DE VEGETAIS**

Monografia apresentada à Faculdade de  
Tecnologia de Bebedouro, como parte dos  
requisitos para a obtenção do título de Tecnólogo  
em Big Data no Agronegócio

Orientador: **prof. Dr. Renan Guilherme Nespolo**

BEBEDOURO

2025

*Com numerosos cálculos, pode-se obter a vitória. Teme quando os cálculos forem escassos. E quão poucas chances de vencer tem aquele que nunca calcula!*

SUN TZU

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente com todo o meu carinho e gratidão a:

Meu avô, Dírio, que sempre acreditou em mim e me apoiou incondicionalmente. Sua paciência, amor e incentivo foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

Meu orientador, Renan, por sua orientação, apoio e valiosas contribuições ao longo desta jornada. Seu conhecimento e dedicação foram essenciais para a realização deste trabalho.

Minha mulher e filho, por estarem ao meu lado em cada etapa desta caminhada, oferecendo apoio, compreensão e muitas vezes uma palavra de encorajamento quando eu mais precisava e a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a conclusão deste projeto, meu sincero agradecimento.

SILVA, ANDRÉ L. R. Título Monografia. Trabalho de Graduação (Monografia). Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”. Faculdade de Tecnologia de Bebedouro. 39 p. 2025.

## RESUMO

Com redução de até 90% no uso de água com possibilidade proporcionar a produção em pequenos espaços urbanos, os sistemas hidropônicos somado ao uso de tecnologias de Internet das Coisas (IOT) e a sistemas embarcados de baixo custo surgem como solução sustentável e eficaz aos modelos tradicionais de produção agrícola, podendo prever situações repentinas que possam afetar a produção. O objetivo do presente estudo foi criar um sistema automatizado agricultura vertical para microprodução de vegetais. O estudo focou na criação de um produto mínimo viável (MVP), analisando diversos componentes e sensores a fim de encontrar uma solução funcional viável para entusiastas da área. Este estudo encontrou muitas dificuldades, combinando um projeto de IoT para microprodução de vegetais por meio de hidroponia com a busca por um perfil de consumidor para transformar o projeto em um produto mínimo viável (MVP). O perfil do consumidor é uma contribuição significativa, criando dois perfis com base na classificação da frequência de respostas fornecidas pelos participantes, levantando algumas questões-chave entre o projeto desenvolvido e os desejos dos participantes. Foram encontrados problemas entre o custo de criação do projeto e a disposição de investimento dos potenciais consumidores.

**Palavras-chave:** Internet das Coisas (IoT), Agricultura de Precisão, Hidroponia Vertical, Sistemas Embarcados, Monitoramento Automatizado.

SILVA, ANDRÉ L. R. Título Monografia. Trabalho de Graduação (Monografia). Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”. Faculdade de Tecnologia de Bebedouro. 39 p. 2025.

## ABSTRACT

*With up to 90% reduction in water usage and the possibility of enabling production in small urban spaces, hydroponic systems, combined with the use of Internet of Things (IoT) technologies and low-cost embedded systems, emerge as a sustainable and effective solution to traditional agricultural production models, capable of anticipating sudden situations that may affect production. The objective of this study was to create an automated vertical farming system for micro-production of vegetables. The study focused on creating a minimum viable product (MVP), analyzing various components and sensors in order to find a viable functional solution for enthusiasts in the field. This study encountered many difficulties, combining an IoT project for micro-production of vegetables through hydroponics with the search for a consumer profile to transform the project into a minimum viable product (MVP). The consumer profile is a significant contribution, creating two consumer profiles based on the ranking of the frequency of responses provided by participants, raising some key issues between the developed project and the participants' wishes. Problems were found between the cost of creating the project and the investment willingness of potential consumers.*

**Keywords:** *Internet of Things (IoT), Precision Agriculture, Vertical Hydroponics, Embedded Systems, Automated Monitoring.*

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>AGRICULTURA VERTICAL HIDROPÔNICA</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>INTERNET DAS COISAS (IOT) NA AGRICULTURA DE PRECISÃO</b>	<b>15</b>
<b>2.3</b>	<b>COMPONENTES ELETRÔNICOS</b>	<b>16</b>
<b>2.4</b>	<b>MÉTRICA QUALITATIVA</b>	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>22</b>
<b>3.1</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>22</b>
<b>3.2</b>	<b>COLETA DE DADOS E AVALIAÇÃO</b>	<b>24</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>26</b>
<b>4.1</b>	<b>DISCUSSÃO SOBRE OS RESULTADOS</b>	<b>34</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>36</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>37</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1 -</b>	<b>MICROCONTROLADOR ESP32 DOIT DEVKIT V1</b>	<b>17</b>
<b>FIGURA 2 -</b>	<b>SENSOR DE TEMPERATURA SUBMERSA DS18B20</b>	<b>18</b>
<b>FIGURA 3 -</b>	<b>SENSOR DE TEMPERATURA E UMIDADE AMBIENTE DHT11</b>	<b>18</b>
<b>FIGURA 4 -</b>	<b>SENSOR DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA</b>	<b>19</b>
<b>FIGURA 5 -</b>	<b>SENSOR DE PH</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 6 -</b>	<b>MÓDULO RELÉ KY-019</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 7 -</b>	<b>BICO ASPERSOR SPRAY ESTÁTICO</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 8 -</b>	<b>FLUXO DE DADOS ENTRE DIFERENTES APARELHOS INTEGRADOS</b>	<b>NO PROJETO.</b>
		<b>23</b>
<b>FIGURA 9 -</b>	<b>ESQUEMÁTICO DOS SENSORES E MICROCONTROLADOR</b>	<b>INTEGRADOS NO PROJETO.</b>
	<b>23</b>	

## Lista de Tabelas

**TABELA 1 - QUESTÕES APLICADAS AOS PARTICIPANTES.**

**24**

## Lista de Gráficos

<b>GRÁFICO 1 -</b>	<b>RESULTADO DA QUESTÃO: QUAL O PRINCIPAL MOTIVO QUE TE</b>	<b>IMPEDE DE PRODUZIR</b>	
	<b>ALIMENTOS EM CASA?</b>		<b>26</b>
<b>GRÁFICO 2 -</b>	<b>RESULTADO DA QUESTÃO: COM QUE FREQUÊNCIA É FEITO A</b>	<b>COMPRA FRUTAS,</b>	
	<b>VERDURAS E LEGUMES PARA SUA RESIDÊNCIA?</b>		<b>27</b>
<b>GRÁFICO 3 -</b>	<b>RESULTADO DA QUESTÃO: ONDE VOCÊ COSTUMA COMPRAR</b>	<b>FRUTAS, VERDURAS E</b>	
	<b>LEGUMES?</b>		<b>27</b>
<b>GRÁFICO 4 -</b>	<b>RESULTADO DA QUESTÃO: QUAL O PRINCIPAL FATOR QUE VOCÊ</b>	<b>CONSIDERA AO</b>	
	<b>ESCOLHER FRUTAS, VERDURAS E LEGUMES?</b>		<b>28</b>
<b>GRÁFICO 5 -</b>	<b>RESULTADO DA QUESTÃO: VOCÊ SE PREOCUPA COM A PRESENÇA DE AGROTÓXICOS NOS</b>		
	<b>ALIMENTOS?</b>		<b>29</b>
<b>GRÁFICO 6 -</b>	<b>RESULTADO DA QUESTÃO: VOCÊ JÁ TENTOU PRODUZIR</b>	<b>ALIMENTOS EM CASA?</b>	
			<b>29</b>
<b>GRÁFICO 7 -</b>	<b>RESULTADO DA QUESTÃO: SE VOCÊ PUDESSE PRODUZIR</b>	<b>ALIMENTOS EM CASA, QUAIS</b>	
	<b>SERIAM OS PRINCIPAIS BENEFÍCIOS QUE VOCÊ</b>	<b>ESPERARIA?</b>	<b>30</b>
<b>GRÁFICO 8 -</b>	<b>RESULTADO DA QUESTÃO: VOCÊ ESTARIA DISPOSTO A INVESTIR</b>	<b>EM UM SISTEMA PARA</b>	
	<b>PRODUÇÃO DE ALIMENTOS EM CASA?</b>		<b>31</b>
<b>GRÁFICO 9 -</b>	<b>RESULTADO DA QUESTÃO: QUE TIPO DE SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ALIMENTOS EM CASA</b>		
	<b>TE INTERESSARIA MAIS?</b>		<b>32</b>
<b>GRÁFICO 10 -</b>	<b>RESULTADO DA QUESTÃO: QUANTO VOCÊ ESTARIA DISPOSTO A INVESTIR EM UM SISTEMA</b>		
	<b>PARA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS EM CASA?</b>		<b>32</b>
<b>GRÁFICO 11 -</b>	<b>RESULTADO DA QUESTÃO: QUAL A SUA FAIXA ETÁRIA?</b>		<b>33</b>
<b>GRÁFICO 12 -</b>	<b>RESULTADO DA QUESTÃO: QUAL É SEU GÊNERO?</b>		<b>33</b>
<b>GRÁFICO 13 -</b>	<b>PERFIL DE CONSUMO RANK 1.</b>		<b>34</b>
<b>GRÁFICO 14 -</b>	<b>PERFIL DE CONSUMO RANK 2.</b>		<b>35</b>



## Lista de Siglas

4G - Internet de Quarta Geração  
AP - Agricultura de Precisão  
DWNN - *Distance Weighted Nearest Neighbors*  
ESP8266 - Microcontrolador  
GPIOs - *General Purpose Input/Output*  
GPS - *Global Positioning System*  
IA - Inteligência Artificial  
IoT - *Internet of Things*  
La - Lantânio  
Mg - Magnésio  
mg - Miligramas  
MB - Megabytes  
MHz - Mega-hertz  
ML - *Machine Learning*  
Mn - Manganês  
Mo - Molibdênio  
MSE - Erro Médio Quadrado  
N - Nitrogênio  
P - Fósforo  
pH - Potencial Hidrogeniônico  
RS 485 - Meio de Transmissão  
V - Volts

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento populacional o que mostra modelos tradicionais de produção agrícola pouco eficientes e tornam os sistemas hidropônicos uma alternativa sustentável e eficaz que além de proporcionar a produção em pequenos espaços urbanos, diminui em até 90% o uso de água (Resh, 2022). A automação dos sistemas de produção d alimentos com uso de tecnologias de Internet das Coisas (IOT) somados a sistemas embarcados de baixo custo, permitem o controle em tempo real dos cultivos e permite ainda tanto a tomada de decisões mais rápidas e assertivas quanto a previsão de possíveis problemas usando algoritmos de aprendizado de máquina (Zhang, 2019).

O monitoramento contínuo em tempo real de parâmetros da solução nutritiva e do ambiente, como pH(potencial de hidrogênio) que mede o grau de acidez ou alcalinidade, o TDS (sólidos dissolvidos totais) que mede a quantidade de nutrientes da solução, temperatura da solução, temperatura ambiente e umidade ambiente dos sistemas(Brar *et al.*, 2024).

As alterações repentinas de qualquer um desses parâmetros pode comprometer gravemente a absorção de nutrientes e crescimento do cultivo, afetando a produtividade a ponto em alguns casos resultando na perda da produção ou parte dela (Brar *et al.*, 2024; Oktivasari *et al.*, 2024). A automação do monitoramento e controle desses fatores não apenas reduz a intervenção manual e os riscos de erro humano, mas também proporciona maior eficiência operacional e sustentabilidade ao sistema produtivo (Ceccarelli *et al.*, 2024; Nasution *et al.*, 2023).

O uso de sensores, microcontroladores embarcados com sistemas de aprendizado de máquina, armazenamento de dados em nuvem, entre outros são conhecidos como Agricultura 4.0 e vem sendo entendidos como uma nova revolução industrial com potencial para aumentar a produtividade agrícola, minimizar desperdícios de recursos e fortalecer a produção frente as adversidades climática (Zhang, 2019). Porém pequenos e médios produtores ainda enfrentam dificuldades na implantação desses modelos por falta de informação e altos custos de soluções comerciais complexas(de Franca Araujo; de ARAUJO JUNIOR; de Godoi Santana, 2024).

O objetivo do presente estudo foi criar um sistema automatizado agricultura vertical para microprodução de vegetais. O estudo focou na criação do produto mínimo viável (MVP), analisando vários componentes e sensores a fim de encontrar uma solução funcional viável para entusiastas no assunto. Deste modo os objetivos do presente trabalho são:

1. Construir um sistema que incorpore agricultura vertical hidropônica para

microprodução automatizada de vegetais;

2. Analisar componentes e sensores utilizados e sua devida importância no funcionamento do projeto;
3. Avaliar o público interessado e gerar um perfil de consumo.

O presente estudo está segmentado em: 1 Introdução; 2 Fundamentação Teórica; 3 Desenvolvimento; 4 Resultados; 5 Conclusões e por fim Referências.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No presente Capítulo são apresentados os fundamentos utilizados para elaboração do presente estudo, segmentados em: 2.1 Agricultura Vertical hidropônica; 2.2 2.2 Internet das Coisas (IoT) na Agricultura de Precisão; 2.3 2.3 Componentes Eletrônicos e 2.4 Métrica Qualitativa.

### 2.1 AGRICULTURA VERTICAL HIDROPÔNICA

A agricultura hidropônica vertical traz a possibilidade de cultivar alimentos usando solução nutritiva líquida específica onde determinados vegetais absorvem seus nutrientes sem a necessidade de utilização de solo para isso.(Nascimento *et al.*, 2021) Esse sistema faz com que as raízes fiquem em contato direto com uma solução balanceada, contendo os macros e micronutrientes específicos a cada tipo de cultivo. O aprimoramento dessa técnica, especialmente quando agrega o cultivo em camadas verticais, tem possibilitado a produção agrícola em espaços reduzidos e até mesmo dentro de ambientes urbanos (Nascimento *et al.*, 2021). Essa forma de cultivo mostra grandes vantagens em relação a agricultura convencional, como uma economia de água que pode chegar a 90%, a eliminação do uso de defensivos agrícolas, redução da pegada de carbono e a possibilidade de produzir alimentos frescos muito próximos aos centros de consumo(Resh, 2022).

Para que o sistema funcione de forma adequada e os vegetais cultivados tenham um bom desenvolvimento, alguns parâmetros devem ser devidamente medidos. O pH (Potencial Hidrogeniônico), que atua como um indicador da acidez ou alcalinidade da solução e afeta diretamente a capacidade da planta de absorver nutrientes. A faixa ideal para a maioria das culturas situa-se entre 5.5 e 6.5, garantindo a melhor biodisponibilidade dos minerais. Alterações nesses valores podem causar deficiências nutricionais ou toxicidades que comprometem severamente o desenvolvimento vegetal O TDS (Sólidos Dissolvidos Totais), que representa a concentração total de sais minerais na água. Manter o TDS entre 800 e 1500 ppm assegura uma nutrição adequada sem o risco de salinidade excessiva, sendo que flutuações nesse índice podem indicar um consumo desigual de nutrientes ou evaporação da água, exigindo correções na solução.(Al-Gharibi, 2021; Brar *et al.*, 2024). Além dos aspectos químicos da solução nutritiva, condições térmicas com temperatura da solução nutritiva influencia a solubilidade dos nutrientes e a saúde das raízes, devendo ser mantida preferencialmente entre 18°C e 24°C, com um ponto ótimo próximo de 20°C a 22°C.

Temperaturas acima de 28°C aumentam o risco de doenças e reduzem o oxigênio, enquanto temperaturas abaixo de 16°C prejudicam a absorção de nutrientes. Tão importante quanto os parâmetros da solução nutritiva, são as condições ambientais externas, como a temperatura do ambiente e a umidade relativa do ar, impactam processos vitais como a fotossíntese e a transpiração. Geralmente, busca-se uma temperatura do ar entre 18°C e 28°C e uma umidade entre 50% e 70%. O desequilíbrio aqui é perigoso: muita umidade favorece fungos, enquanto o ar muito seco aumenta a demanda hídrica da planta. Por fim, a integração desses fatores reforça a importância do monitoramento contínuo. Acompanhar com precisão esses cinco parâmetros é essencial para otimizar a produtividade e a eficiência no uso de recursos. Como desvios inadequados podem resultar na perda total da colheita, a automação do monitoramento através de sensores inteligentes tornou-se uma grande aliada. Esses sistemas permitem a manutenção contínua das condições ideais, reduzindo a necessidade de intervenção manual e aumentando significativamente a precisão operacional do cultivo (Nascimento *et al.*, 2021b).

## **2.2 INTERNET DAS COISAS (IOT) NA AGRICULTURA DE PRECISÃO**

A Internet das Coisas (IoT) consolidou-se como um paradigma tecnológico fundamental, caracterizado pela interconexão de dispositivos físicos, sensores e sistemas de computação que conversam entre si através de redes de comunicação. Essa integração permite a coleta, o processamento e a troca de dados em tempo real, dispensando a necessidade de intervenção humana direta. Quando aplicada à agricultura de precisão, a IoT revoluciona o manejo ao possibilitar um monitoramento minucioso — ou granular — dos parâmetros ambientais e fisiológicos das plantas, fornecendo a base necessária para uma tomada de decisão fundamentada em dados atuais e precisos (Zhang, 2019).

Para compreender a estrutura operacional desses sistemas, é comum organizá-los em uma arquitetura padrão de três camadas: a Camada de Percepção, a Camada de Rede e a Camada de Aplicação (Khadijah Febriana; Thakur; Roy, 2024). Nela, sensores especializados detectam variações em elementos como temperatura, umidade, pH e TDS, convertendo essas grandezas físicas em sinais elétricos digitais ou analógicos interpretáveis por microcontroladores (Faisal; Bachtiar; Darwis, 2025). No sistema desenvolvido neste trabalho, essa etapa é materializada pela integração de componentes específicos — como os sensores DS18B20, DHT11, além dos sensores de TDS e pH — todos conectados ao microcontrolador

ESP32 (Debdas *et al.*, 2024).

Uma vez captados, esses dados precisam trafegar, função que cabe à Camada de Rede (Network Layer). Ela atua como a ponte de comunicação entre os dispositivos distribuídos no campo e a infraestrutura de processamento centralizada, utilizando protocolos sem fio (como WiFi, Zigbee ou LoRaWAN) ou cabeados. No contexto da solução proposta, a conectividade é garantida pelo protocolo WiFi 802.11 nativo do ESP32, que assegura a transmissão segura das informações via HTTPS para a nuvem (IEEE, 2024; ZHANG *et al.*, 2019). O destino dessas informações é a Camada de Aplicação (Application Layer), onde sistemas de software e interfaces processam os dados, executam a lógica de negócio e apresentam os resultados ao usuário. É neste estágio que ocorrem operações críticas como o armazenamento histórico, a geração de alertas e a visualização em dashboards, implementados neste estudo através de uma API REST em PHP, banco de dados MySQL e uma interface web interativa (Ceccarelli *et al.*, 2024; Zhang, 2019).

O funcionamento prático desse ecossistema segue um fluxo de dados contínuo e, muitas vezes, bidirecional. Inicialmente, as informações capturadas pelos sensores na Camada de Percepção sobem através da Camada de Rede até a Camada de Aplicação (Senoo *et al.*, 2024). Lá, os dados são processados, comparados com faixas ideais pré-programadas e armazenados, permitindo o monitoramento em tempo real (Ceccarelli *et al.*, 2024). O ciclo se fecha quando, baseados nessa análise, algoritmos de controle geram comandos que retornam pela rede ao ESP32, acionando automaticamente atuadores como bombas de água e nebulizadores para corrigir eventuais desvios nos parâmetros do cultivo (Zhang, 2019).

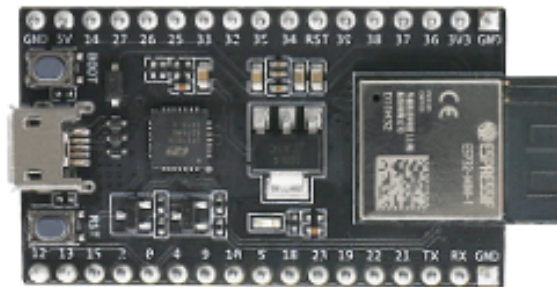
### 2.3 COMPONENTES ELETRÔNICOS

Os componentes comumente utilizados para criação de agricultura autônoma para microprodução vegetal são:

- **Microcontrolador ESP32 DOIT DEVKIT V1:** componente fundamental para a maioria de projeto de baixo custo utilizando *hardware open-source* por sua alta versatilidade, integrando conectividade WiFi e Bluetooth nativa, o que permite comunicação eficiente e sem fio entre sensores e atuadores no sistema. Com um processador de 32 bits, múltiplas interfaces digitais e analógicas, além de baixo consumo energético, o ESP32 possibilita processamento local rápido e execução de algoritmos de controle em tempo real. Sua compatibilidade com plataformas de

desenvolvimento populares, como Arduino IDE, facilita a prototipagem e o desenvolvimento rápido, permitindo soluções modulares, acessíveis e eficazes para monitoramento e automação da hidroponia. Essa combinação torna o ESP32 DOIT DEVKIT V1 ideal para garantir funcionalidade, desempenho e facilidade de integração no contexto da automatização de sistemas(Cameron, 2023). O componente é apresentado na Figura 1:

**Figura 1 - Microcontrolador ESP32 DOIT DEVKIT V1**



Fonte: (Cameron, 2023).

- **Sensor de temperatura submersa DS18B20:** dispositivo digital amplamente utilizado em sistemas hidropônicos para medir a temperatura da solução nutritiva com alta precisão. A faixa de funcionamento em graus celsius são de  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $+125^{\circ}\text{C}$ . A precisão atestada pelos fabricantes é  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , sendo suficiente para garantir o controle ideal da temperatura da solução para o crescimento dos vegetais. Além disso, utiliza protocolo 1-Wire, permitindo a conexão de múltiplos sensores em um único pino do microcontrolador, facilitando a integração e o monitoramento distribuído. Sua resistência e facilidade de encapsulamento permitem imersão direta na solução sem comprometer o funcionamento, garantindo leituras confiáveis e em tempo real, essenciais para as operações automatizadas de monitoramento e controle no sistema hidropônico (Cameron, 2023a; Wu; Liu; Kuang, 2011). O sensor é ilustrado na Figura 2:

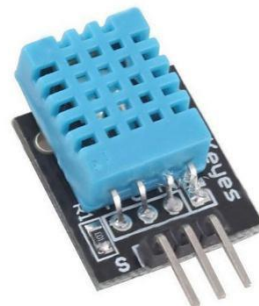
**Figura 2 - Sensor de temperatura submersa DS18B20**



Fonte: (Thoha; Dwirastiaji; Samsugi, 2021).

- **Sensor de temperatura e umidade ambiente DHT11:** módulo digital utilizado para medir temperatura e umidade do ambiente. Ele apresenta boa precisão para aplicações básicas, com faixa de medição de temperatura entre 0°C e 50°C, e umidade relativa entre 20% e 90%, com resolução típica suficiente para monitoramento ambiental em sistemas hidropônicos. O sensor comunica-se via protocolo digital, facilitando a leitura direta pelo microcontrolador, e possui baixo custo e fácil integração em projetos IoT. O sensor DHT11 é muito alocado em automação ambiental para controlar condições que influenciam diretamente a fotossíntese e a saúde das plantas, especialmente em cultivos verticais e sistemas hidropônicos (Ztt; Mashonjowa; Matandirotya, 2022). O sensor é apresentado na Figura 3:

**Figura 3 - Sensor de temperatura e umidade ambiente DHT11**

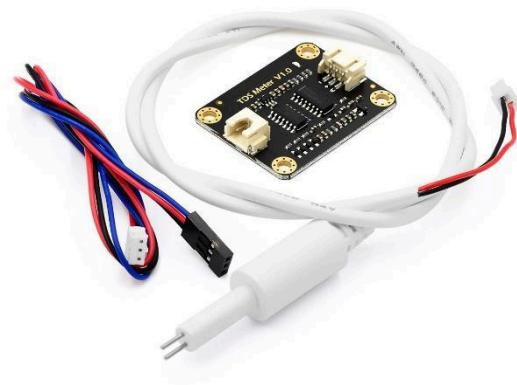


Fonte: (Gay, 2018).

- **Sensor de condutividade elétrica:** componente considerado essencial em sistemas hidropônicos, utilizado para medir a quantidade total de sais dissolvidos na solução nutritiva, fator determinante para a disponibilidade de nutrientes às plantas (Nunes, 2019). O componente tem a tarefa de realizar medição da condutividade elétrica (CE) em soluções líquidas. A grande vantagem que o sensor possibilita é dado pelo monitoramento constante da concentração de nutrientes, possibilitando ajustar as dosagens e garantir o equilíbrio necessário ao crescimento e desenvolvimento das culturas. Esse tipo de sensor é compatível com microcontroladores como o ESP32, permitindo coleta de dados em tempo real e integração com sistemas automatizados de controle, como bombas e válvulas para correção da solução nutritiva.

A condutividade elétrica é frequentemente usada como indicador indireto da salinidade da solução, sendo fundamental para prevenir excessos ou deficiências nutricionais, aspectos que impactam diretamente no rendimento e na qualidade da produção hidropônica. Sua aplicação em projetos agrícolas automatizados busca otimizar o uso de insumos e garantir a sustentabilidade do sistema, alinhando tecnologia, precisão e eficiência (Nunes, 2019). O sensor é dado na Figura 4.

Figura 4 - Sensor de condutividade elétrica



Fonte: (Sneineh; Shabaneh, 2023).

- **Sensor de pH:** componente baseado na área da eletroquímica. O sensor tem a função

de medir o nível de acidez ou alcalinidade da solução nutritiva em sistemas hidropônicos. Ele fornece dados precisos essenciais para manter o pH dentro da faixa ideal para a absorção de nutrientes pelas plantas. Integrado a sistemas automáticos com microcontroladores, como o microcontrolador, permite o monitoramento em tempo real e ajustes automáticos, garantindo maior eficiência e saúde das culturas (Manjarrés *et al.*, 2016). O sensor é apresentado na Figura 5.

**Figura 5 - Sensor de pH**



Fonte: (Sneineh; Shabaneh, 2023).

- **Módulo relé KY-019:** O módulo relé KY-019 é um dispositivo que permite ao microcontrolador controlar cargas elétricas altas, funcionando como um interruptor eletrônico com isolamento seguro. Ele pode acionar dispositivos como bombas e válvulas, suportando até 250V AC ou 30V DC e até 10A de corrente. É amplamente utilizado em automação para controlar equipamentos por meio de sinais de baixa potência (Paredes Luzuriaga, 2024). O sensor é dado na Figura 6:

**Figura 6 - Módulo relé KY-019**



Fonte: (Paredes Luzuriaga, 2024).

- **Aspersor:** O Bico Micro Aspersor Spray Estático é um dispositivo utilizado para a pulverização e distribuição uniforme de água em sistemas agrícolas e hidropônicos. Ele permite a irrigação controlada das plantas, simulando a ação da chuva, o que favorece a umidade adequada do ambiente. Em sistemas automatizados, o aspersor pode ser acionado por meio de módulos de relé controlados por microcontroladores, possibilitando programações de irrigação precisas e adaptadas às necessidades específicas de cada cultivo (Terra, 2020). O sensor é dado na Figura 7.

Figura 7 - Se O Bico Micro Aspersor Spray Estático



Fonte: (Mercaldi *et al.*, 2015).

## 2.4 MÉTRICA QUALITATIVA

Quando pensamos em inovação tecnológica agrícola percebemos que a avaliação baseada em métricas qualitativas é uma ferramenta muito importante para compreendermos a profundidade dos fenômenos humanos comportamentos, percepções e motivações. Enquanto as métricas quantitativas buscam representar uma população através de números e estatísticas, a abordagem qualitativa foca na interpretação dos significados (Ritchie *et al.*, 2013). O objetivo aqui é além de medir, entender o contexto onde as coisas acontecem, utilizando técnicas como análise de conteúdo e entrevistas para captar a riqueza das informações subjetivas. Essa abordagem é crucial na agricultura de precisão e em sistemas hidropônicos, pois permite identificar não apenas se uma tecnologia funciona tecnicamente, mas se ela se alinha às condições socioeconômicas e culturais dos produtores. Ao mapear barreiras, facilitadores e expectativas, conseguimos desenhar soluções que atendam às necessidades reais do usuário final, aumentando as chances de sucesso e adoção da tecnologia (Jorge Carlos Souza Junior; Castro Assunção; Santos da Silva, 2023). Metodologicamente, a pesquisa qualitativa se distingue por trabalhar com amostras menores, que não precisam ser

estatisticamente representativas, mas que oferecem uma visão aprofundada e contextualizada do problema (Ritchie *et al.*, 2013).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A presente seção apresenta os procedimentos de coleta de dados, a arquitetura e os componentes de hardware, bem como as metodologias de validação adotadas no desenvolvimento do sistema de monitoramento e controle para agricultura vertical hidropônica.

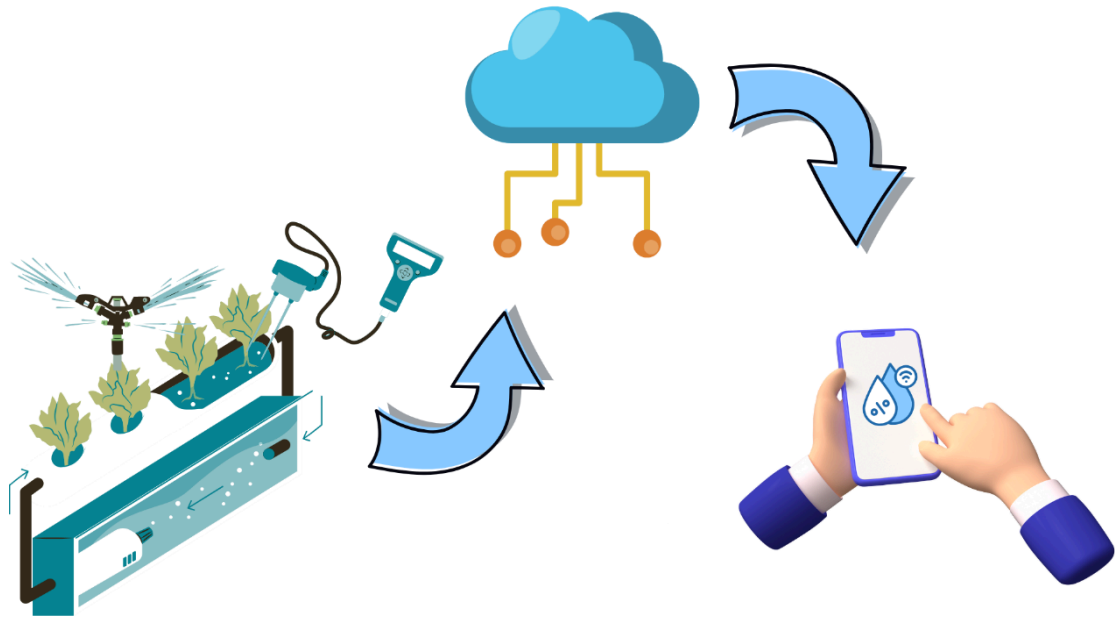
A metodologia adotada no presente estudo buscou a criação de produto baseado em tecnologias IoT para automatização de microprodução vegetal e a construção de um perfil de consumo desse produto. Por ser uma pesquisa qualitativa, o foco foi baseado nas percepções, atitudes e motivações dos participantes, com interesse no projeto trabalhando com amostras menores, privilegiando a profundidade do entendimento dos fenômenos em seu contexto natural, conforme descrito por (Creswell *et al.*, 2007). Nessa abordagem foi utilizado um questionário semiestruturado para interpretar os significados e as relações das respostas obtidas.

A utilização de tecnologia IoT e sensores na construção do protótipo gerou um experimento prático para validação das hipóteses construídas a partir das métricas qualitativas, no qual foi desenvolvido um protótipo por meio de dispositivos IoT, conforme descrito na Seção 3.1.

#### 3.1 DESENVOLVIMENTO

O sistema para monitoramento automatizado do cultivo hidropônico foi feito em etapas. A primeira etapa foi dada pela prototipação do *software*, com abordagem incremental de projetos IoT aplicados à agricultura de precisão. A construção do projeto foi definida pela necessidade de automatização e sensoriamento, responsável pela leitura dos parâmetros do cultivo. A comunicação entre dispositivos, seguiu o seguinte fluxo: os dados foram disponibilizados do microcontrolador para o servidor e do servidor para dispositivos com acesso Web (Smartphones, computadores). A aplicação web disponibiliza, visualização dos dados em ambiente web e armazena os dados coletados pelos sensores conectados no microcontrolador. Na Figura 8 é apresentada uma representação do fluxo de dados entre os diferentes aparelhos participantes no projeto.

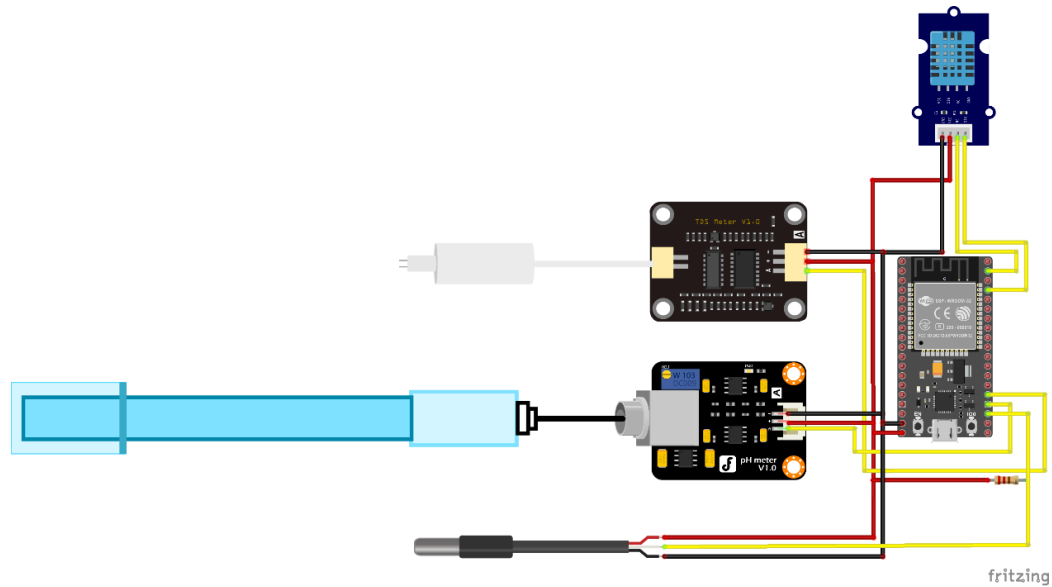
**Figura 8 - Fluxo de dados entre diferentes aparelhos integrados no projeto.**



Fonte: Elaborada pelo autor.

A partir dos dados descritos em (Paredes Luzuriaga, 2024) foi constatado que os principais fenômenos a serem controlados para o correto desenvolvimento dos vegetais em hidroponia são: temperatura; pH e condutividade elétrica da solução. Dessa forma, foram selecionados os sensores de temperatura da solução (DS18B20), temperatura e umidade ambiente (DHT11), pH e condutividade elétrica, bem como o microcontrolador ESP32 DOIT DevKit V1, descritos na Seção 2.3. A montagem dos componentes no microcontrolador é apresentada na Figura 9.

**Figura 9 - Esquemático dos sensores e microcontrolador integrados no projeto.**



Fonte: Elaborada pelo autor.

Após a seleção dos sensores básicos para o projeto foi realizada a programação do microcontrolador para capturar as leituras dos sensores e transmitir os dados para o servidor, que foi hospedado em computação em nuvem. No processamento do servidor Web uma aplicação Web foi desenvolvida utilizando a linguagem PHP e banco de dados MySQL. Por último foram adicionados atuadores para controlar bombas d'água para acionar irrigação dos vegetais quando necessário controlados por temperatura e umidade.

Após realizar a construção do hardware e o funcionamento do software, o presente estudo buscou realizar a validação do seu projeto verificando o interesse de possíveis compradores como apresentado na Seção 3.2.

### 3.2 COLETA DE DADOS E AVALIAÇÃO

Na presente seção apresenta a coleta de dados realizada por meio de um questionário aplicada em 50 participantes, com o objetivo de mapear um perfil de consumo para sistemas de hidroponia para microprodução de vegetais. As questões foram direcionadas para identificar as dores, preferências, tipos de cultivo e, disposição financeira investir em tecnologias agrícolas domésticas. A coleta de dados buscou obter informações qualitativas capazes de revelar necessidades, expectativas e limitações econômicas.

As questões aplicadas estão apresentadas na tabela X, sendo que as questões foram parametrizadas, porém cada questão teve uma parametrização de respostas diferentes, sendo

essas condizentes com a questão abordada.

**Tabela 1 - Questões aplicadas aos participantes.**

<b>Número</b>	<b>Questão</b>
1	Qual o principal motivo que te impede de produzir alimentos em casa?
2	Com que frequência é feito a compra frutas, verduras e legumes para sua residência?
3	Onde você costuma comprar frutas, verduras e legumes?
4	Qual o principal fator que você considera ao escolher frutas, verduras e legumes?
5	Você se preocupa com a presença de agrotóxicos nos alimentos?
6	Você já tentou produzir alimentos em casa?
7	Se você pudesse produzir alimentos em casa, quais seriam os principais benefícios que você esperaria?
8	Você estaria disposto a investir em um sistema para produção de alimentos em casa?
9	Que tipo de sistema de produção de alimentos em casa te interessaria mais?
10	Quanto você estaria disposto a investir em um sistema para produção de alimentos em casa?
11	Qual a sua faixa etária?
12	Qual é seu gênero?

Fonte: Elaborada pelo autor.

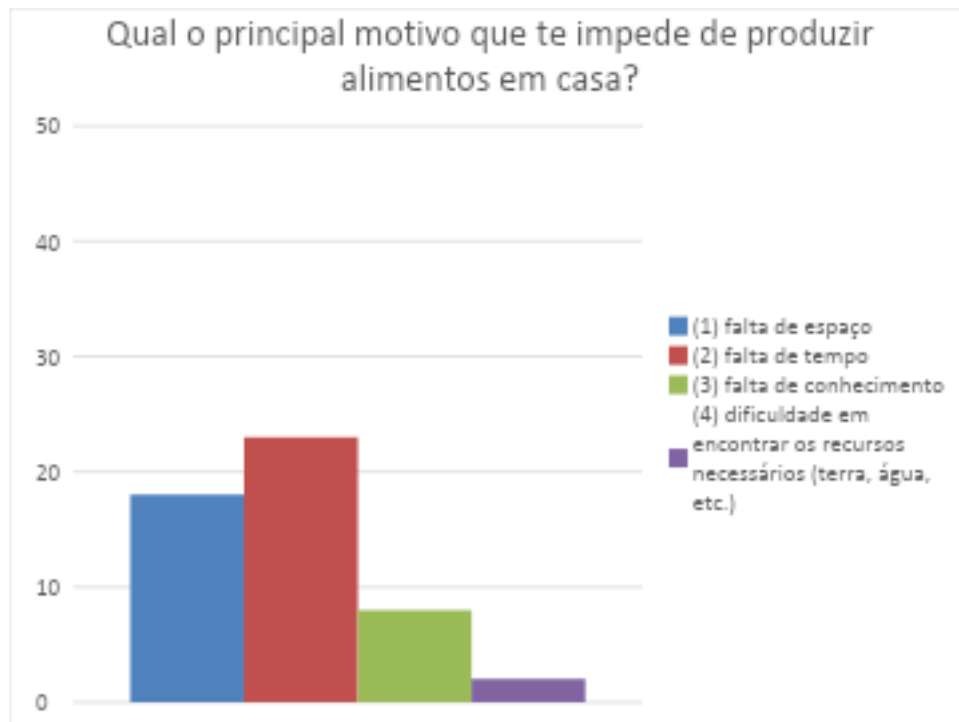
A abordagem qualitativa permitiu avaliar questões como: usabilidade e impacto positivo das tecnologias agropecuárias (Jorge Carlos Souza Junior; Castro Assunção; Santos da Silva, 2023; Nieradka, 2023; Pilania; Kumar, 2024), como apresentada nos resultados (Capítulo 4).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na presente seção são apresentados os resultados gerados na coleta de dados, apresentados na Seção 3.3 bem como a identificação de um perfil de consumo para o projeto apresentado.

Foram apresentadas 12 questões para os 50 participantes que responderam as questões após interagir com o projeto apresentado. A primeira questão dada como: Qual o principal motivo que te impede de produzir alimentos em casa? Apresentou 4 respostas como apresentadas no Gráfico 1. As opções para essa questão foram: (1) falta de espaço; (2) falta de tempo; (3) falta de conhecimento;(4) dificuldade em encontrar os recursos necessários (terra, água, etc.). As duas maiores frequências de respostas computadas foram: (2), com 45,09% e; (1) com 23% das respostas.

**Gráfico 1 - Resultado da questão: Qual o principal motivo que te impede de produzir alimentos em casa?**

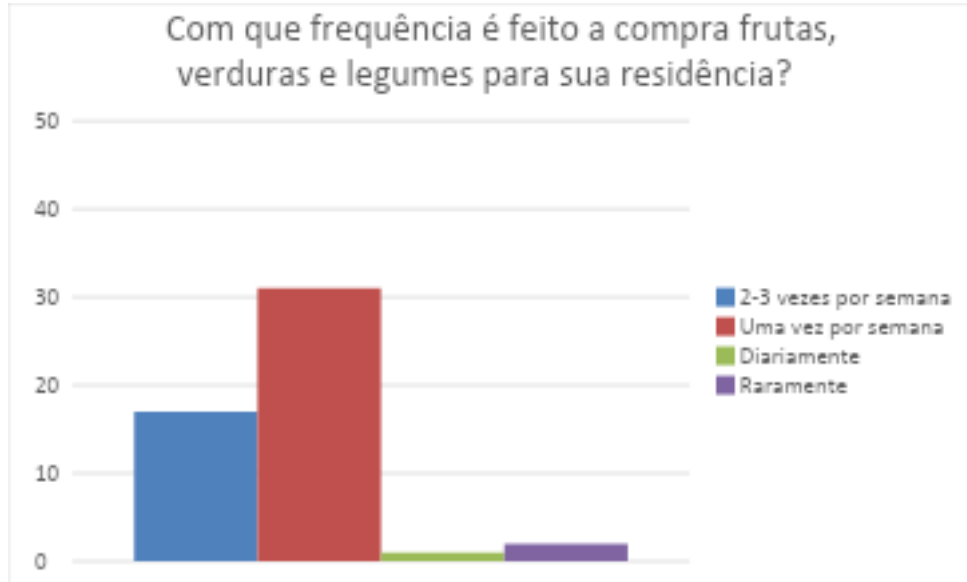


Fonte: Elaborado pelo autor.

Na segunda questão, intitulada: Com que frequência é feito a compra frutas, verduras e legumes para sua residência? Como respostas continha as seguintes opções: (a)2-3 vezes por semana; (b)Uma vez por semana; (c)Diariamente e; (d)Raramente. Tendo como resultados

relevantes de forma respectiva uma vez por semana, com 60,78%, seguido por 2-3 vezes por semana, com 33,34% dos participantes, conforme apresentado no Gráfico 2.

**Gráfico 2 - Resultado da questão: Com que frequência é feito a compra frutas, verduras e legumes para sua residência?**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na questão 3) Onde você costuma comprar frutas, verduras e legumes? Existem 5 opções de respostas, dadas: (a)Supermercados; (b)Feiras livres; (c)Mercados de bairro; (d)Direto do produtor e; (e)Hortifruti (Gráfico 3). A maioria dos participantes são habituados a comprar vegetais no Supermercado, com 78,43%.

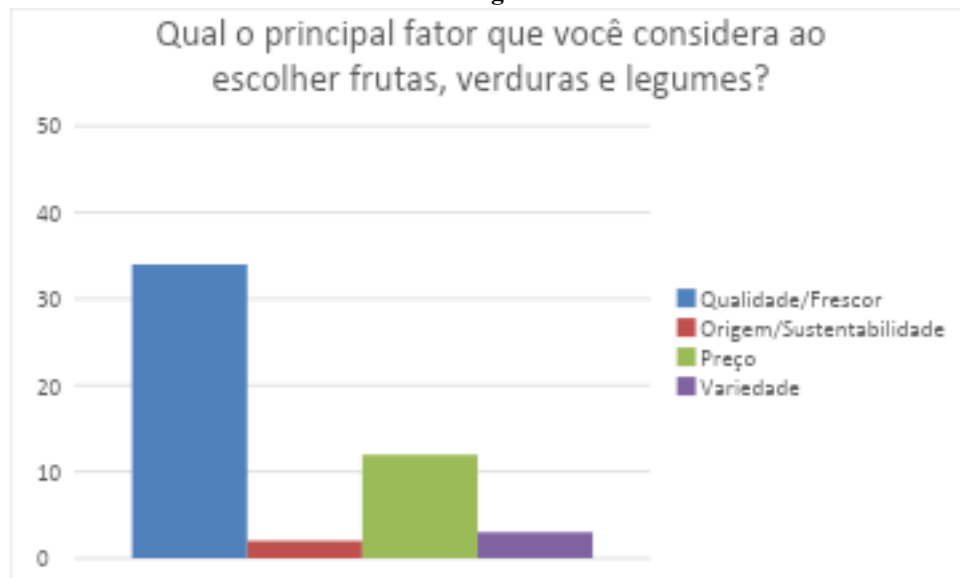
**Gráfico 3 - Resultado da questão: Onde você costuma comprar frutas, verduras e legumes?**



Fonte: Elaborado pelo autor.

A questão 4 abordou qual o principal fator que você considera ao escolher frutas, verduras e legumes? Com 4 opções dadas: (a)Qualidade/Frescor; (b)Origem/Sustentabilidade; (c)Preço e;(d)Variedade. Revelando que os participantes presam primeiramente pela qualidade dos vegetais (66,67% dos participantes), em segundo vem o preço dos alimentos, com 23,52% dos participantes da pesquisa. No Gráfico 4 é apresentado os resultados abordados na questão.

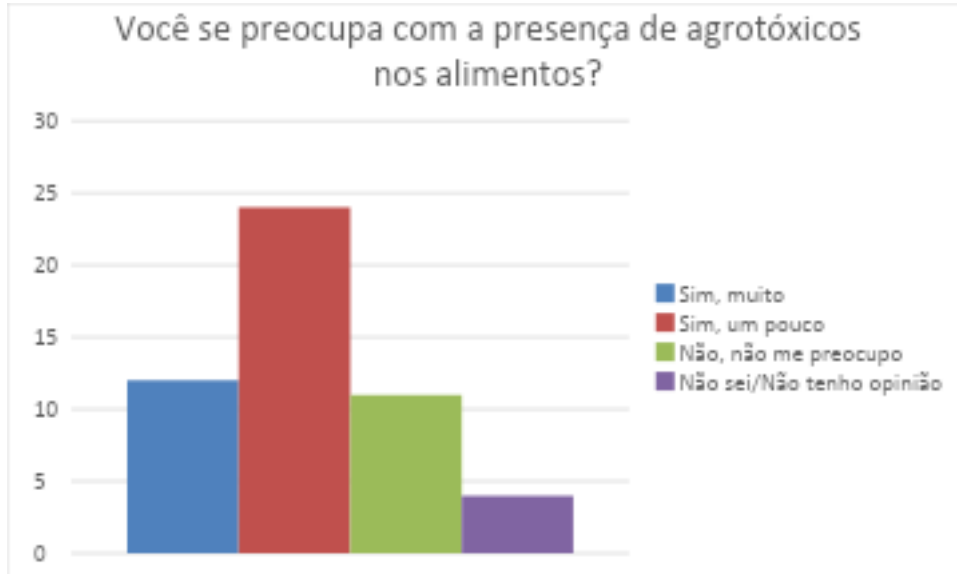
**Gráfico 4 - Resultado da questão: Qual o principal fator que você considera ao escolher frutas, verduras e legumes?**



Fonte: Elaborado pelo autor.

A quinta questão apresenta o enunciado: Você se preocupa com a presença de agrotóxicos nos alimentos? Na qual a resposta com maior frequência dos participantes foi (b)Sim, um pouco; com 47,05% das respostas, como apresentado no Gráfico 5, seguidas por (a)Sim, muito; com 23,60% e (c) Não, não me preocupo; com 21,57%.

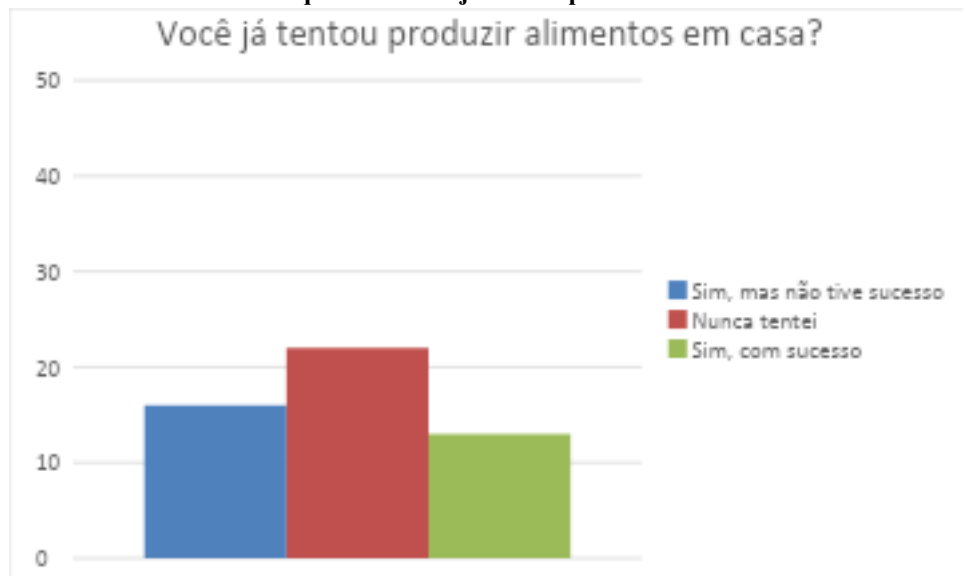
**Gráfico 5 - Resultado da questão: Você se preocupa com a presença de agrotóxicos nos alimentos?**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na questão 6 foram abordadas o questionamento se o participante já tentou produzir vegetais em casa. As opções de respostas para essa questão foram: (a) Sim, mas não tive sucesso; (b) Nunca tentei e; (c) Sim, com sucesso. A maioria dos participantes assinalaram a opção (b) Nunca tentei, com 43,13% (Gráfico 6), depois a opção (a) Sim, mas não tive sucesso, com 31,37% e (c) Sim, com sucesso, com 25,49% dos participantes.

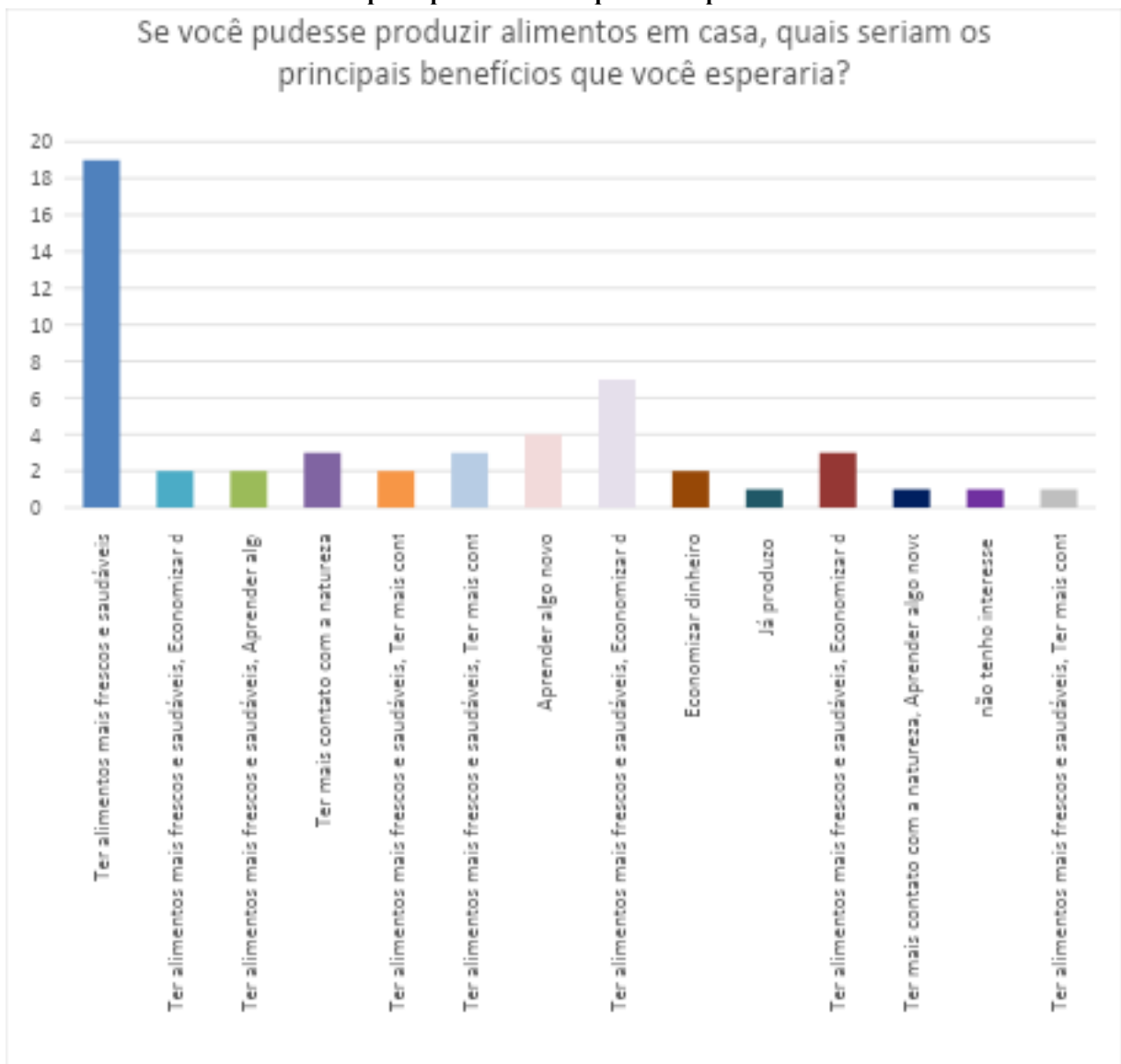
**Gráfico 6 - Resultado da questão: Você já tentou produzir alimentos em casa?**



Fonte: Elaborado pelo autor.

A questão 7 foi a questão mais aberta, com muitas opções de respostas, a questão se você pudesse produzir alimentos em casa, quais seriam os principais benefícios que você esperaria? A resposta mais relevante sobre essa questão foi: ter alimentos mais frescos e saudáveis, com um percentual de 37,25% das respostas de todos os participantes, conforme apresentado no Gráfico 7. Em segundo lugar a resposta: ter alimentos mais frescos e saudáveis, economizar dinheiro atingiu 13% das respostas dos participantes.

**Gráfico 7 - Resultado da questão: Se você pudesse produzir alimentos em casa, quais seriam os principais benefícios que você esperaria?**

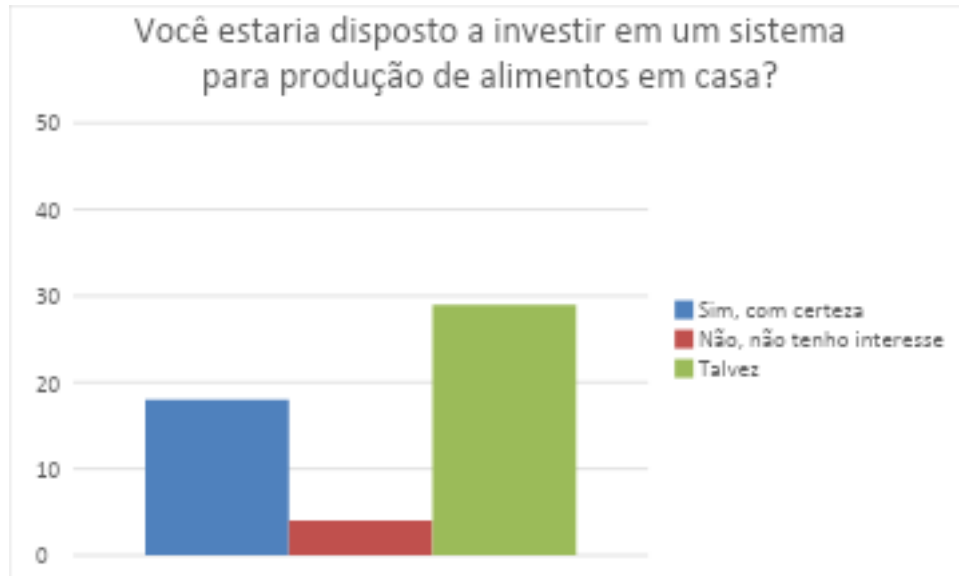


Fonte: Elaborado pelo autor.

Na questão 8) Você estaria disposto a investir em um sistema para produção de alimentos em casa? Uma questão que foi formulada para relacionar os componentes utilizados

com a disposição dos participantes em investir recursos. As opções apresentadas foram: (a)Sim, com certeza; (b)Não, não tenho interesse e; (c)Talvez. Sendo a alternativa a (c) Talvez a resposta com mais participantes, contabilizando 56,86%, apresentada no Gráfico 8. A resposta (a)Sim, com certeza aparece em segundo lugar com 35,29% das respostas.

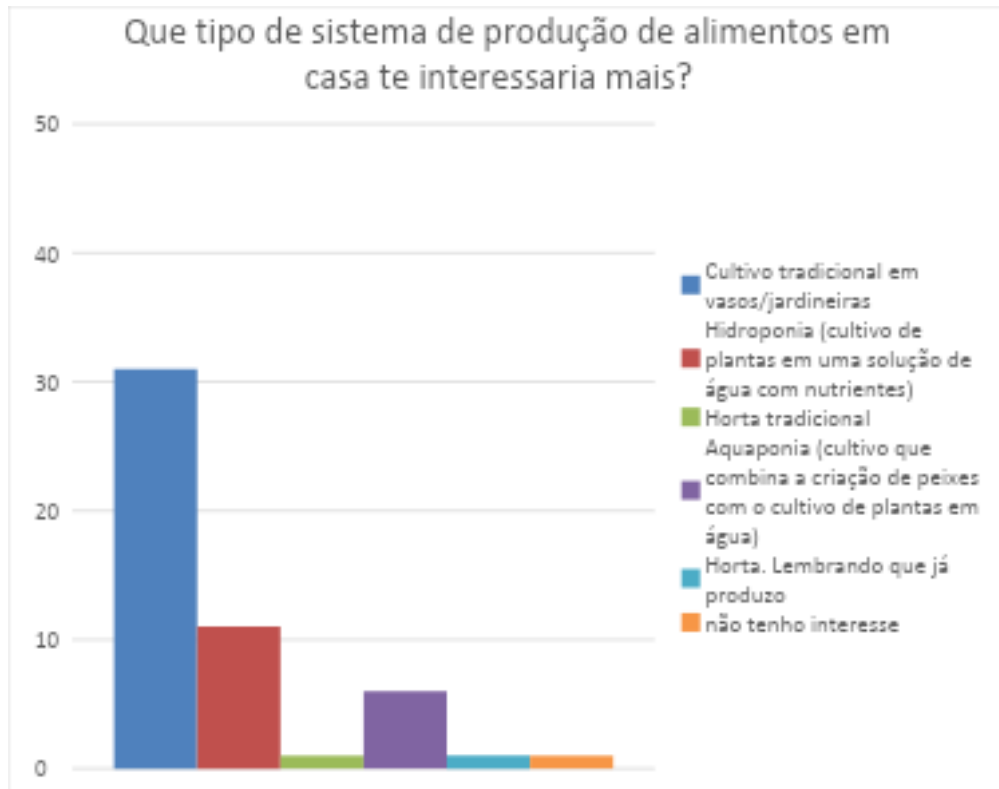
**Gráfico 8 - Resultado da questão: Você estaria disposto a investir em um sistema para produção de alimentos em casa?**



Fonte: Elaborado pelo autor.

A questão 9 abordou que tipo de sistema de produção de alimentos em casa te interessaria mais? Com as seguintes opções: (a)Cultivo tradicional em vasos/jardineiras; (b)Hidroponia (cultivo de plantas em uma solução de água com nutrientes); (c)Horta tradicional; (d)Aquaponia (cultivo que combina a criação de peixes com o cultivo de plantas em água); (e)Horta. Lembrando que já produzo e; (f)não tenho interesse; como apresentados no Gráfico 9. A opção com mais repostas foi (a)Cultivo tradicional em vasos/jardineiras, com 60% dos participantes, seguidos de (b)Hidroponia (cultivo de plantas em uma solução de água com nutrientes), com 21,56% das respostas coletadas.

**Gráfico 9 - Resultado da questão: Que tipo de sistema de produção de alimentos em casa te interessaria mais?**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na questão 10, Gráfico 10, são apresentados qual seria o valor que o participante estaria disposto a investir para obter o projeto em casa e assim produzir seus próprios vegetais. A maioria dos participantes respondeu a opção até R\$500, com um percentual de 70,60%. A segunda resposta com maior frequência foi até R\$1000 com 23,52% das respostas.

**Gráfico 10 - Resultado da questão: Quanto você estaria disposto a investir em um sistema para produção de alimentos em casa?**



Fonte: Elaborado pelo autor.

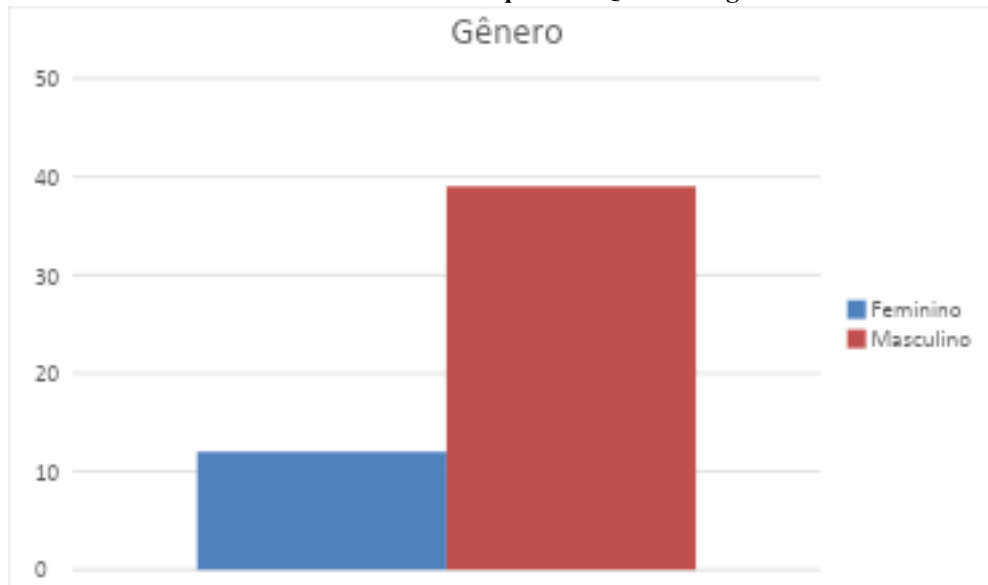
Nos gráficos 11 e 12 são apresentadas questões relacionadas ao perfil dos participantes, tendo em vista que a maior parcela dos entrevistados foram homens com uma faixa etária entre 35 e 45 anos.

**Gráfico 11 - Resultado da questão: Qual a sua faixa etária?**



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Gráfico 12 - Resultado da questão: Qual é seu gênero?**



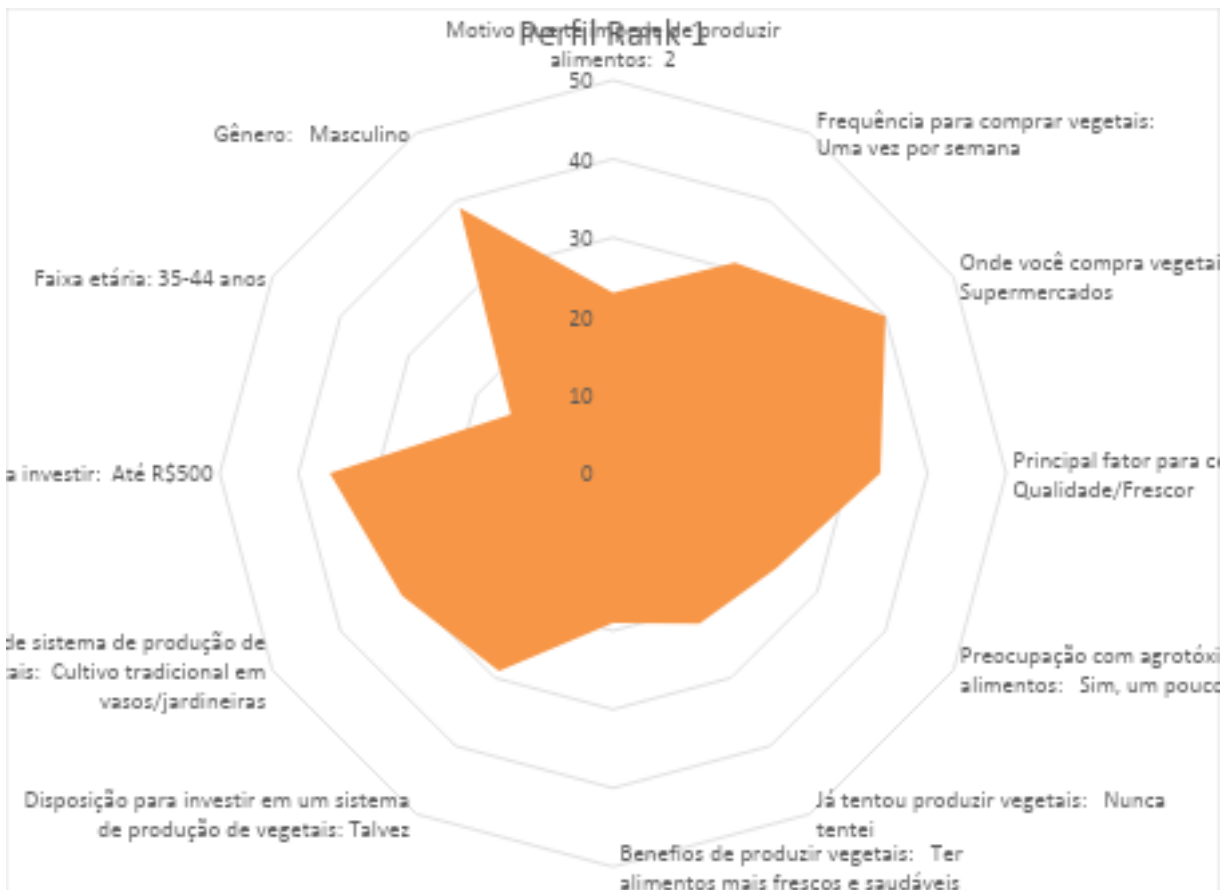
Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir dos resultados e das questões apresentadas no presente Capítulo, um perfil de consumo foi elaborado, na Seção 4.1, bem como limitações e oportunidades do estudo realizado.

#### 4.1 DISCUSSÃO SOBRE OS RESULTADOS

O presente estudo buscou uma solução de baixo custo para automatizar a microprodução vegetal por meio de hidroponia e IoT. Apoiado pelas respostas do questionário dois perfis de consumo foram elaborados baseados na frequência das respostas e no seu ranqueamento. Desta forma o Perfil 1 é apresentado coletando todas as respostas com maior frequência, como apresentado no Gráfico 13.

Gráfico 13 - Perfil de Consumo *rank 1*.

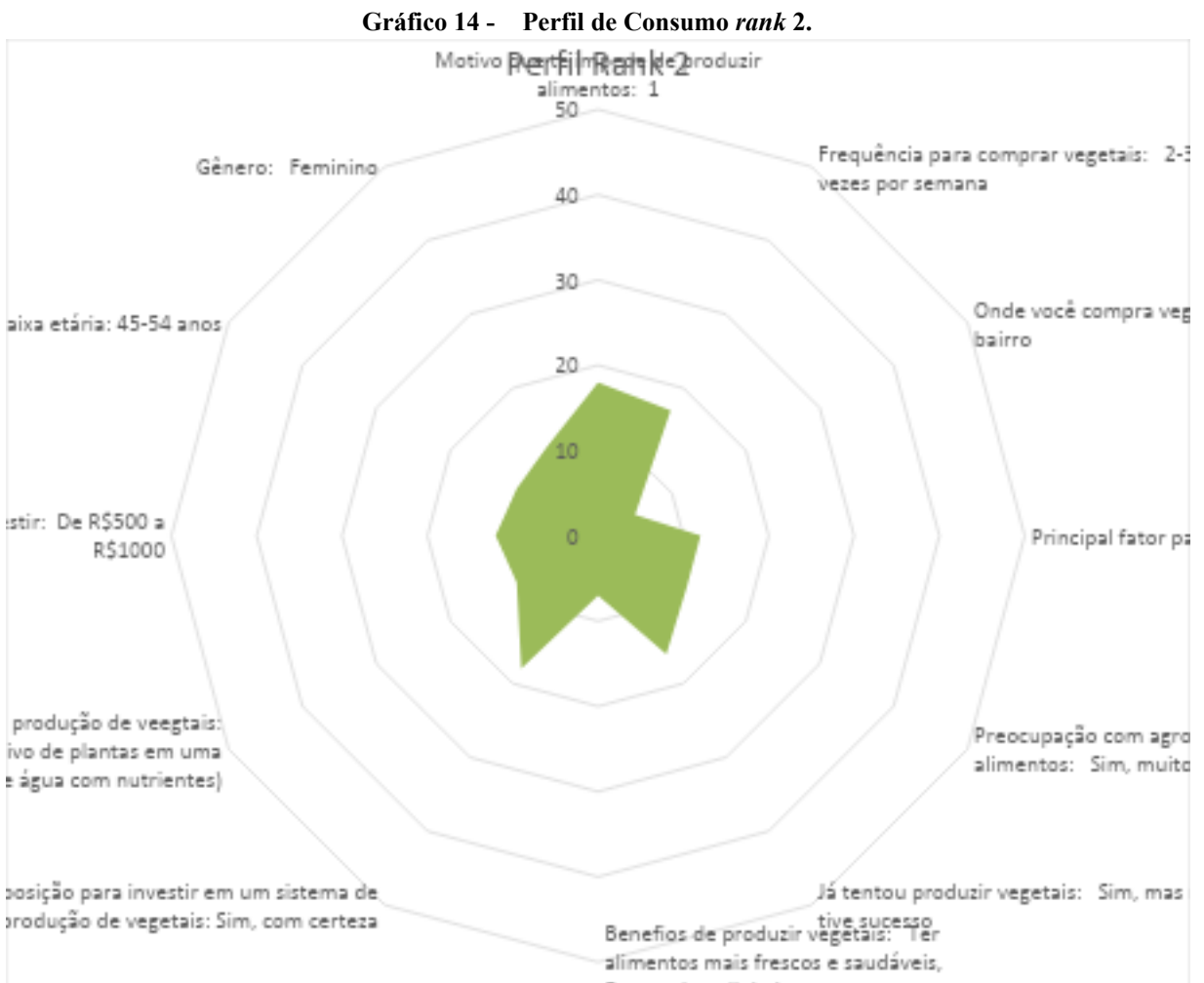


Fonte: Elaborado pelo autor.

Esse perfil aborda um público masculino de 35 a 45 anos que não está habituado a cultivar vegetais e estão dispostos a investir até R\$500. Nesse perfil dois pontos afetam de forma negativa a entrada do projeto de forma integral, que são: o custo do projeto que fica em torno de R\$500,00, sendo necessário a remoção de componentes, gerando uma modularização

do produto para se tornar acessível e; esse perfil busca cultivo tradicional, sendo necessária uma adaptação do projeto ou uma evangelização do público.

O segundo perfil, chamado: perfil *rank 2*, foi traçado englobando todas as respostas com a segunda maior frequência de respostas, como apresentado no gráfico 14.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Esse perfil caracteriza um público bem mais alinhado as características do projeto, buscando modelo de microprodução baseado em hidroponia e um orçamento maior para contemplar todos os componentes necessários para automatização. O ponto negativo é público que é bastante reduzido em relação ao perfil *rank 1*. Caracterizando um público de nicho no perfil *rank 2*.

## 5 CONCLUSÃO

O presente estudo encontrou muitas dificuldades, realizando a união entre a elaboração de um projeto IoT para microprodução vegetal por hidroponia e a elaboração de um perfil de consumo para o projeto se transformar em um produto mínimo viável.

O perfil de consumo é uma contribuição significativa, criando dois perfis de consumo baseados no ranqueamento da frequência das respostas disponibilizadas pelos participantes, trouxe algumas questões primordiais entre o projeto elaborado e a vontade dos participantes. Encontrando problemas entre o custo de confecção do projeto e a disposição de investimento dos possíveis consumidores.

Como trabalhos futuros o projeto IoT, será aprimorado com modularizações de uso, tais como: somente leitura de dados, possibilidade de assinatura para pulverização do preço para passibilidade e um segundo produto adaptado ao cultivo em terra como apontando no perfil *rank 1*.

## REFERÊNCIAS

- AL-GHARIBI, R. S. **IoT-based hydroponic system**. 2021. 2021 International Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCAN). [N.p.]: IEEE, 2021. p. 1–6. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9526391/>. Acesso em: 21 nov. 2025.
- BRAR, G. S.; KUMAR, A.; SINGH, G.; KAUSHAL, S. **Optimisation of Advanced Nutrient Solutions for Escalating Crop Production under Hydroponic Systems: A Comprehensive Review**. International Journal of Plant & Soil Science, [N.p.], vol. 36, nº 6, p. 165–177, 2024.
- CAMERON, N. **ESP32 Microcontroller**. In: CAMERON, N. ESP32 Formats and Communication. Berkeley, CA: Apress, 2023a. p. 1–54. (Maker Innovations Series). DOI: 10.1007/978-1-4842-9376-8\_1. Disponível em: [https://link.springer.com/10.1007/978-1-4842-9376-8\\_1](https://link.springer.com/10.1007/978-1-4842-9376-8_1). Acesso em: 27 nov. 2025.
- CECCARELLI, M.; BOVO, M.; SANTOLINI, E.; TASSINARI, P.; TORREGGIANI, D.; BARBARESI, A. **Enhancing Sensor Precision Through Calibration: A Case Study in Agricultural Monitoring Systems**. 2024. 2024 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor). [N.p.]: IEEE, 2024. p. 366–370. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10948761/>. Acesso em: 21 nov. 2025.
- CRESWELL, J. W.; HANSON, W. E.; CLARK PLANO, V. L.; MORALES, A. **Qualitative Research Designs: Selection and Implementation**. The Counseling Psychologist, [N.p.], vol. 35, nº 2, p. 236–264, mar. 2007. <https://doi.org/10.1177/0011000006287390>.
- DE FRANCA ARAUJO, F. B.; DE ARAUJO JUNIOR, O. R.; DE GODOI SANTANA, G. **TECNOLOGIAS NA AGRICULTURA 4.0**. Facit Business and Technology Journal, [N.p.], vol. 1, nº 53, 2024. Disponível em: <http://revistas.faculdefacit.edu.br/index.php/JNT/article/view/2929>. Acesso em: 24 nov. 2025.
- DEBDAS, S.; JAIN, A.; MARIAM, A.; MAITI, A.; BORAH, A. **Enhancing Hydroponic Systems with IoT: Optimizing pH, Temperature, and Humidity Parameters**. 2024. 2024 3rd Odisha International Conference on Electrical Power Engineering, Communication and Computing Technology (ODICON). [N.p.]: IEEE, 2024. p. 1–7. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10797531/>. Acesso em: 21 nov. 2025.
- FAISAL, M.; BACHTIAR, A. N.; DARWIS, M. **IoT Implementation for Hydroponic Water Monitoring Using Web-Based pH and TDS Sensors with Node-Red**. JISA (Jurnal Informatika dan Sains), [N.p.], vol. 8, nº 1, p. 81–91, 2025.
- GAY, W. DHT11 Sensor. In: GAY, W. **Advanced Raspberry Pi**. Berkeley, CA: Apress, 2018. p. 399–418. DOI: 10.1007/978-1-4842-3948-3\_22. Disponível em: [http://link.springer.com/10.1007/978-1-4842-3948-3\\_22](http://link.springer.com/10.1007/978-1-4842-3948-3_22). Acesso em: 28 nov. 2025.
- JORGE CARLOS SOUZA JUNIOR, F.; CASTRO ASSUNÇÃO, M.; SANTOS DA SILVA, T. **Avanços da pesquisa e inovação em sistemas agrícolas: conjunturas da ciências**

**agrárias.** [N.p.]: Científica Digital, [S.d.]. Disponível em: <https://biblioteca.uniscd.edu.mz/bitstream/123456789/3201/1/AVAN%C3%87OS%20DA%20PESQUISA%20E%20INOVA%C3%87%C3%83O%20EM%20SISTEMAS%20AGR%C3%8DCOLAS.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2025.

KHADIJAH FEBRIANA, R.; THAKUR, R.; ROY, S. **Enhancing Hydroponic Farming Productivity Through IoT-Based Multi-Sensor Monitoring System.** 2024. IoTBDS. [N.p.]: [N.p.], 2024. p. 351–357. Disponível em: <https://www.scitepress.org/Papers/2024/127413/127413.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2025.

MANJARRÉS, C.; GARIZADO, D.; OBREGON, M.; SOCARRAS, N.; CALLE, M.; JIMENEZ-JORQUERA, C. **Chemical sensor network for pH monitoring.** Journal of applied research and technology, [N.p.], vol. 14, nº 1, p. 1–8, 2016.

MERCALDI, H. V.; FUJIWARA, C. H.; PENALOZA, E. A.; OLIVEIRA, V. A.; CRUVINEL, P. E. **Smart and customized electrical conductivity sensor for measurements of the response time from sprayers based on direct injection.** Sensors & Transducers, [N.p.], vol. 193, nº 10, p. 1, 2015.

NASCIMENTO, A. P. S.; DANTAS, A. B. A.; ARAÚJO, B. A.; LIRA, V. V. **Utilizando a hidroponia para produção agrícola residencial.** Revista Práxis: saberes da extensão, [N.p.], vol. 1, nº 1, p. 03–10, 2021a.

NASCIMENTO, A. P. S.; DANTAS, A. B. A.; ARAÚJO, B. A.; LIRA, V. V. **Utilizando a hidroponia para produção agrícola residencial.** Revista Práxis: saberes da extensão, [N.p.], vol. 1, nº 1, p. 03–10, 2021b.

NASUTION, I. S.; SATRIYO, P.; DHAFIR, M.; ISWANDA, A.; RANI, S.; FITRIA, S. R.; MUNAWAR, A. A. **Embedded fuzzy logic for controlling pH and nutrition in hydroponic cultivation.** 2023. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. [N.p.]: IOP Publishing, 2023. vol. 1183, nº 1, p. 012113. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1183/1/012113/meta>. Acesso em: 24 nov. 2025.

NIERADKA, I. **Estudo sobre Produção de Biogás a partir dos Dejetos de um Módulo de Aquaponia e Automação do Biodigestor.** [N.p.], 2023. Disponível em: <https://dspace.unila.edu.br/items/0614f046-080e-4df3-8a32-dde4ec18b7c6>. Acesso em: 24 nov. 2025.

NUNES, N. T. **Sistema de Monitoramento para Identificação de Contaminantes Apolares em Águas Subterrâneas via Condutividade Elétrica.** [N.p.], 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/200132>. Acesso em: 27 nov. 2025.

OKTIVASARI, P.; PASAI, M. W. S.; MUSTOFA, M.; ROYHAN, R.; KURNIAWAN, A. **Nutrition, pH, Temperature, and Humidity Monitoring Hydroponics System based on Android.** Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi, [N.p.], vol. 24, nº 1, p. 31–37, 2024.

PAREDES LUZURIAGA, R. X. **Creación de un prototipo de monitoreo de agricultura inteligente utilizando equipos de desarrollo de bajo costo y comunicación LoRaWAN y WiFi: creación de dispositivos IoT de un prototipo de monitoreo de agricultura**

**inteligente utilizando equipos de bajo costo y tecnología WiFi.** [N.p.], 2024a. Disponível em: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/26165>. Acesso em: 27 nov. 2025.

PILANIA, U.; KUMAR, M. **Automated Monitoring of Hydroponic System using IoT and Cloud based Technology for Sustainable Agriculture.** 2024. 2024 1st International Conference on Advanced Computing and Emerging Technologies (ACET). [N.p.]: IEEE, 2024. p. 1–7. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10729937/>. Acesso em: 21 nov. 2025.

RESH, H. M. **Hydroponic food production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower.** [N.p.]: CRC press, 2022. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781003133254/hydroponic-food-production-howard-resh>. Acesso em: 21 nov. 2025.

RITCHIE, J.; ORMSTON, R.; MCNAUGHTON NICHOLLS, C.; LEWIS, J. **Qualitative research practice: A guide for social science students and researchers.** [N.p.], 2013. Disponível em: <https://www.torrossa.com/gs/resourceProxy?an=5017584&publisher=FZ7200>. Acesso em: 24 nov. 2025.

SENOO, E. E. K.; ANGGRAINI, L.; KUMI, J. A.; KAROLINA, L. B.; AKANSAH, E.; SULYMAN, H. A.; MENDONÇA, I.; ARITSUGI, M. **IoT solutions with artificial intelligence technologies for precision agriculture: definitions, applications, challenges, and opportunities.** Electronics, [N.p.], vol. 13, nº 10, p. 1894, 2024.

SNEINEH, A. A.; SHABANEH, A. A. **Design of a smart hydroponics monitoring system using an ESP32 microcontroller and the Internet of Things.** MethodsX, [N.p.], vol. 11, p. 102401, 2023.

TERRA, F. P. **Desenvolvimento de um Prototipo de Baixo Custo para Automação de Pulverizadores Agrícolas.** 2020. PhD Thesis – Dissertação de Mestrado em Engenharia de Computação, Universidade Federal do ..., 2020. Disponível em: <https://sistemas.furg.br/sistemas/sab/arquivos/bdtd/0000013599.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2025.

THOHA, A. S.; DWIRASTIAJI, B.; SAMSUGI, S. **Monitoring Dan Kontrol Suhu Aquascape Menggunakan Arduino Dengan Sensor Suhu Ds18B20.** Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali dan Listrik, [N.p.], vol. 2, nº 2, p. 2723–598, 2021.

WU, Y. X.; LIU, D.; KUANG, X. H. **A temperature detecting system based on DS18B20.** Advanced Materials Research, [N.p.], vol. 328, p. 1806–1809, 2011.

ZHANG, Y. **IoT-Based Smart Agriculture: Toward Making the Fields Talk.** IEEE Internet of Things Journal (Journal), [N.p.], 2019a.

ZTT, F.; MASHONJOWA, E.; MATANDIROTYA, E. **DHT11 Based Temperature and Humidity Measuring System.** Journal of Electrical Engineering and Electronic Technology (2022), [N.p.], p. 5, 2022.