



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CAMPUS QUIXADÁ  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO**

**SÁVIA RAFAELLA LOPES FERNANDES**

**“ALEXA, COMO VAI MINHA PLANTINHA?”: SISTEMA DE MONITORAMENTO  
INTELIGENTE UTILIZANDO ASSISTENTE VIRTUAL PARA AUXILIAR NO  
CULTIVO CASEIRO DE HORTALIÇAS**

**QUIXADÁ**

**2021**

SÁVIA RAFAELLA LOPES FERNANDES

**“ALEXA, COMO VAI MINHA PLANTINHA?”: SISTEMA DE MONITORAMENTO  
INTELIGENTE UTILIZANDO ASSISTENTE VIRTUAL PARA AUXILIAR NO CULTIVO  
CASEIRO DE HORTALIÇAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Engenharia de Com-  
putação do Campus Quixadá da Universidade  
Federal do Ceará, como requisito parcial à  
obtenção do grau de bacharel em Engenharia de  
Computação.

Orientador: Prof. Dr. Wagner Guimarães  
Al-Alam

Coorientadora: Profa. Dra. Andréia Li-  
bório Sampaio

QUIXADÁ

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Federal do Ceará

Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

F411" Fernandes, Sávia Rafaella Lopes.

"Alexa, como vai minha plantinha?" : Sistema de monitoramento inteligente utilizando assistente virtual para auxiliar no cultivo caseiro de hortaliças / Sávia Rafaella Lopes Fernandes. – 2021.

85 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Curso de Engenharia de Computação, Quixadá, 2021.

Orientação: Prof. Dr. Wagner Guimarães Al-Alam .

Coorientação: Profa. Dra. Andréia Libório Sampaio.

1. Sistemas embarcados (Computadores). 2. Interação homem-máquina. 3. Assistente virtual inteligente. 4. Horticultura. 5. Avaliação. I. Título.

SÁVIA RAFAELLA LOPES FERNANDES

**“ALEXA, COMO VAI MINHA PLANTINHA?”: SISTEMA DE MONITORAMENTO  
INTELIGENTE UTILIZANDO ASSISTENTE VIRTUAL PARA AUXILIAR NO CULTIVO  
CASEIRO DE HORTALIÇAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Engenharia de Com-  
putação do Campus Quixadá da Universidade  
Federal do Ceará, como requisito parcial à  
obtenção do grau de bacharel em Engenharia de  
Computação.

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Wagner Guimarães Al-Alam (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dra. Andréia Libório  
Sampaio (Coorientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Francisco Helder Candido dos Santos Filho  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico este trabalho inteiramente à minha família, que sempre se mostrou ser uma fonte infinita de força, luta, amor, dedicação e resiliência.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais Maria de Fátima e Domingos Sávio e minha irmã Renata Gabriella, por serem minha base de amor, dedicação, força e terem sempre lutado muito para me garantirem uma boa educação e conforto. Ao meu tio Fernandinho (*in memoriam*) sou grata pela paciência, presença, amor e carinho durante todo o meu crescimento desde a infância. Ao meu namorado Samuel Martins, por ter acompanhado meus dois últimos anos de graduação me proporcionando infinitos momentos de felicidade, apoio e conforto; e por ter me incentivado a criar um carinho por plantas, sendo minha maior motivação para o desenvolvimento do projeto de TCC. Aos meus sogros Márcia Regina e Sérgio Paulo, por me acolherem como filha e prestarem apoio e carinho durante meu percurso na graduação e na vida.

Ao meu amigo Jonas Bezerra, pela parceria e amizade construída ao longo dos anos e por ter contribuído de forma essencial neste trabalho. Ao prof. Wagner Guimarães, pela paciência, dedicação e ideias durante o período de orientação, sou muito grata por todo o apoio prestado. À professora Andreia Libório, por contribuir com este trabalho e abrilhantá-lo, mas também por ter sido uma ponte para a minha descoberta de amor pela Interação Humano-Computador. Ao prof. Helder Cândido por me acompanhar desde o início da graduação com muita motivação. Ao prof. Carlos Roberto (Filho), que me ensinou o primeiro “*Hello world*” e me inspirou durante diversos momentos. Aos prof. Joel Ramiro, Wladimir Tavares e Thiago Werley, pelos projetos juntos e conhecimentos compartilhados. Ao prof. Valdemir, por me proporcionar suporte emocional em momentos importantes.

Aos meus melhores amigos que mais estiveram comigo durante a graduação, nos momentos de alegria, no luto, durante os estudos e também nas comemorações. A vida foi bondosa por ter cruzado os nossos caminhos e estarei sempre aqui por vocês: Iury Queirós, Felipe Silva, Antônio Raimundo, Raynara Silva, Camila Diógenes, Iago Lima, Marcelo Martins, Paulo Miranda, Décio Neto, Lorena Correira, Márcia Gabrielle, Vitória Facundo, Junior Silva (1), Bárbara Fernandes, Thiago Silva, Carlos Alberto, Juliana Pontes, Letícia Saraiva, Beatriz Precebes, Mateus Calisto, Brendon Girão, Tessele Sampaio e Gabriella Barroso.

Gratidão aos demais amigos que conheci na UFC Quixadá, pelos momentos de felicidade e apoio mútuo. Vou lembrar das nossas vivências sempre com muito carinho: Milla Almeida, Jorge Lucas, Emerson Nunes, Murilo Corpes, Douglas Nóbrega, Gabriel Uchoa, Paula Feitosa, Deyvison Sousa, Kevin Coe, Matheus Fernandes, Lucas Cruz, Ruan Felipe, Robertty Freitas, João Mateus, Junior Silva (2), Johnatan Lima, Gustavo Damasceno, Paula Luana, Daniel

Mascarenhas e Gregório Neto.

Aos meus amigos Gustavo Marinho e Pablo Justa, que mesmo com os empecilhos da distância me impulsionaram a ser cada vez melhor para superar todos os obstáculos e me privilegiam desde sempre com suas amizades. Ao meu time do Summer Job 2019, Camila Leal, Ana Karine, Miriane, Thaís Alves, Thiago e Gabriela, por me proporcionarem uma experiência única para as vidas acadêmica e pessoal.

À Flavinha, por me proporcionar os cafés salvadores durante os dias na UFC. À Hayley Williams por compor as melhores músicas possíveis que escutei incansáveis vezes durante a escrita deste projeto. Aos cães Zoe e Jack por encherem meus dias de amor. Por fim, os meus mais sinceros agradecimentos a todos que não foram citados mas que de alguma forma contribuíram para tornar possível minha formação.

“A vida é infinitamente mais estranha do que qualquer fantasia imaginada pelo homem. Jamais pensaríamos em coisas que são unicamente lugares-comuns da existência.”

(Sherlock Holmes)

## RESUMO

A prática do cultivo e jardinagem marcam a história com diferentes finalidades, entre elas melhorar as saúdes física e mental dos praticantes. O cultivo de hortaliças proporciona uma alimentação mais saudável e equilibrada, uma vez que proporciona alimentos ricos em ferro, vitaminas e fibras. Dessa forma, o cultivo orgânico é uma realidade na vida de diversas famílias, as quais utilizam espaços improvisados em suas casas para plantarem. A partir disso, diferentes pesquisas e produtos do mercado atuam no monitoramento de cultivo, com o objetivo de proporcionar melhores resultados na colheita. Estão sendo desenvolvidos equipamentos tecnológicos com o objetivo de ler variáveis do ambiente e diagnosticar a qualidade de cultivo das plantas, os quais geralmente os usuários interagem por interfaces tradicionais, como *sites* e aplicativos; além de serem, na maioria dos casos, dedicados a grandes plantações. Nesse contexto, o presente projeto objetivou desenvolver e avaliar o protótipo de um sistema de monitoramento para hortas caseiras, o qual os usuários possam interagir através de dispositivos Alexa. A partir disso, consigam se informar sobre os cuidados que seu cultivo necessita no momento, assim como algumas dicas de forma geral, através de requisição-resposta durante a interação com a assistente virtual. Baseando-se no estudo sobre as principais características do ciclo vital das plantas, assim como parâmetros de monitoramento, o trabalho iniciou com o levantamento dos requisitos necessários. A partir disso, o sistema foi modelado e desenvolvido. Apresentando uma preocupação com os usuários, o trabalho também relata uma avaliação do sistema que buscou compreender algumas questões relacionadas à usabilidade. Com tudo, foi possível pontuar que a linguagem contida na interação dos usuários com o sistema é simples e fácil de entender. Além disso, viu-se que as informações são extremamente úteis em seu cotidiano, uma vez que podem fornecer praticidade e maior conhecimento sobre como cuidar de suas hortaliças. Apesar disso, foi perceptível a necessidade de um re-design da modelagem de interação com base em uma metodologia específica para interação por voz.

**Palavras-chave:** Sistemas embarcados (Computadores). Interação homem-máquina. Assistente virtual inteligente. Horticultura. Avaliação.

## ABSTRACT

The practice of cultivation and gardening marks history with different purposes, including improving the physical and mental health of practitioners. Cultivation of vegetables provides a healthier and more balanced diet, as it provides foods rich in iron, vitamins, and fiber. Thus, organic farming is a reality in the lives of many families, who use improvised spaces in their homes to plant. From this, different researches and market products act in the cultivation monitoring, intending to provide better results in the harvest. The development of equipment to read environmental variables and diagnose the quality of plant cultivation, with which users generally interact through traditional interfaces, such as websites and applications. In most cases, this equipment is dedicated to large plantations. In this context, this project aimed to develop and evaluate a prototype of a monitoring system for home gardens, which users can interact with through Alexa devices. From this, they can inform themselves about the care that their cultivation needs at the moment, as well as some general tips, through a request-response during the interaction with the virtual assistant. Based on the study of the main characteristics of the plants' life cycle, as well as monitoring parameters, the work began with a survey of the requirements. From that, the system was modeled and developed. Presenting a concern with users, the work also reports an evaluation of the system that sought to understand some issues related to usability. However, it was possible to point out that the language contained in the interaction of users with the system is simple and easy to understand. In addition, it was seen that the information is extremely useful in your daily life, as it can provide practicality and greater knowledge about how to take care of your vegetables. Despite this, the need for a re-design of the interaction modeling based on a specific methodology for voice interaction was noticeable.

**Keywords:** Embedded Systems (Computers). Human-machine interaction. Smart Virtual Assistant. Horticulture. Evaluation.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>12</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos . . . . .</b>	<b>15</b>
<b>1.1.1</b>	<b><i>Objetivo Geral . . . . .</i></b>	<b>15</b>
<b>1.1.2</b>	<b><i>Objetivos Específicos . . . . .</i></b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA . . . . .</b>	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Monitoramento de Cultivo . . . . .</b>	<b>17</b>
<b>2.1.1</b>	<b><i>Aspectos fisiológicos e ambientais . . . . .</i></b>	<b>17</b>
<b>2.1.2</b>	<b><i>Parâmetros de Monitoramento . . . . .</i></b>	<b>19</b>
<b>2.2</b>	<b>Sensores . . . . .</b>	<b>20</b>
<b>2.2.1</b>	<b><i>Sensores Fotoelétricos . . . . .</i></b>	<b>24</b>
<b>2.2.2</b>	<b><i>Sensores de Umidade . . . . .</i></b>	<b>25</b>
<b>2.2.3</b>	<b><i>Sensores de Temperatura . . . . .</i></b>	<b>26</b>
<b>2.3</b>	<b>Assistente Virtual como Interface de Voz . . . . .</b>	<b>27</b>
<b>2.4</b>	<b>Assistentes Virtuais Inteligentes . . . . .</b>	<b>30</b>
<b>2.4.1</b>	<b><i>Ecossistema e arquitetura de assistentes virtuais . . . . .</i></b>	<b>31</b>
<b>2.4.2</b>	<b><i>Skills Alexa . . . . .</i></b>	<b>34</b>
<b>2.5</b>	<b>Interação humano-computador . . . . .</b>	<b>36</b>
<b>2.5.1</b>	<b><i>Métodos de avaliação . . . . .</i></b>	<b>37</b>
<b>2.6</b>	<b>Considerações de Uso . . . . .</b>	<b>38</b>
<b>3</b>	<b>TRABALHOS RELACIONADOS . . . . .</b>	<b>40</b>
<b>3.1</b>	<b>Cultivo sensoreado . . . . .</b>	<b>40</b>
<b>3.1.1</b>	<b><i>Design and Implementation of IoT System for Aeroponic Chamber Temperature Monitoring . . . . .</i></b>	<b>40</b>
<b>3.1.2</b>	<b><i>IoT Based Low Cost Smart Indoor Farming Management System Using an Assistant Robot and Mobile App . . . . .</i></b>	<b>41</b>
<b>3.1.3</b>	<b><i>Farming box: The integrated of vegetable production system for food safety in small household . . . . .</i></b>	<b>42</b>
<b>3.1.4</b>	<b><i>Easy Garden . . . . .</i></b>	<b>43</b>
<b>3.1.5</b>	<b><i>Horta inteligente usando ARDUINO . . . . .</i></b>	<b>43</b>
<b>3.1.6</b>	<b><i>Análise Comparativa: Cultivo sensoreado . . . . .</i></b>	<b>44</b>

<b>3.2</b>	<b>Aplicações com interface de voz por assistentes virtuais . . . . .</b>	<b>46</b>
<b>3.2.1</b>	<b><i>Implementation of Voice Control Interface for Smart Home Automation System . . . . .</i></b>	<b>46</b>
<b>3.2.2</b>	<b><i>Alexa, What Should I Eat? : A Personalized Virtual Nutrition Coach for Native American Diabetes Patients Using Amazon’s Smart Speaker Technology . . . . .</i></b>	<b>47</b>
<b>3.2.3</b>	<b><i>Análise Comparativa: Aplicações com interface de voz por assistentes virtuais . . . . .</i></b>	<b>48</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA . . . . .</b>	<b>50</b>
<b>4.1</b>	<b>Levantamento dos Requisitos . . . . .</b>	<b>50</b>
<b>4.2</b>	<b>Modelagem da Solução . . . . .</b>	<b>51</b>
<b>4.3</b>	<b>Desenvolvimento do Sistema . . . . .</b>	<b>56</b>
<b>4.3.1</b>	<b><i>Montagem do dispositivo controlador . . . . .</i></b>	<b>56</b>
<b>4.3.2</b>	<b><i>Software Embarcado . . . . .</i></b>	<b>60</b>
<b>4.3.3</b>	<b><i>Skill . . . . .</i></b>	<b>61</b>
<b>4.3.4</b>	<b><i>Arquitetura de comunicação . . . . .</i></b>	<b>63</b>
<b>5</b>	<b>AVALIAÇÃO DO SISTEMA . . . . .</b>	<b>67</b>
<b>5.1</b>	<b>Preparação . . . . .</b>	<b>67</b>
<b>5.2</b>	<b>Coleta de Dados . . . . .</b>	<b>73</b>
<b>5.3</b>	<b>Interpretação . . . . .</b>	<b>74</b>
<b>5.4</b>	<b>Consolidação dos dados e relato dos resultados . . . . .</b>	<b>78</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO . . . . .</b>	<b>82</b>
<b>7</b>	<b>TRABALHOS FUTUROS . . . . .</b>	<b>84</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>85</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A vida do ser humano é melhorada através do cultivo de hortaliças em diferentes cenários. Além dos aspectos relacionados a alimentação, essa prática hortaliças marca a história como ferramenta para procedimentos terapêuticos. O primeiro registro nesse contexto foi realizado no Egito Antigo, quando passeios ao longo dos jardins de palácios eram prescrições médicas destinadas aos membros da realeza que estivessem perturbados mentalmente. Em Souza e Miranda (2017) é relatado que após isso, a prática adormeceu durante alguns séculos, até o momento em que retornou à ativa pela comunidade científica no ano de 1970.

A partir disso, a prática da jardinagem e do cuidado com hortaliças é um assunto recorrente ainda nos dias de hoje, pautado como um método de melhoria em saúde física e mental, além de benefícios relacionados às habilidades sociais das pessoas. No trabalho de Schmutz *et al.* (2014) são mostrados resultados associados às pesquisas que afirmam a diminuição de visitas a hospitais psiquiátricos as práticas de jardinagem e cultivo como procedimento terapêutico.

Com o advento de novas tecnologias, é possível visualizar novas formas de organização para a cidade e para o campo, bem como o uso de produtos químicos (como os agrotóxicos) em produções de grande escala e ferramentas computacionais capazes de otimizar tempo e qualidade em diferentes plantações através do controle de ambientes. Assim como em todos os âmbitos da sociedade, é fácil perceber que a tecnologia de informação disponibiliza recursos capazes de serem manejados para diferentes práticas durante um processo de plantação.

Ao passo em que a democratização de ferramentas tecnológicas ganha espaço na sociedade, são estudadas e desenvolvidas novas formas em que pessoas podem interagir com diferentes tipos de sistema. Em Kabir *et al.* (2020), por exemplo, um aplicativo para *smartphones* é utilizado como forma de visualização dos dados relacionamentos ao monitoramento do cultivo. Entretanto, estão sendo desenvolvidos e aprimorados outros meios de interação, em que uma das ferramentas mais atuais pode ser dita pela interface de voz dos dispositivos que contém serviços de assistentes virtuais inteligentes.

O cultivo de hortaliças é uma prática bastante comum realizada de forma domiciliar, promovendo uma fonte de alimentação com alto teor de vitaminas e minerais. A procura por esse tipo de planta é grande principalmente devido a busca por uma alimentação mais saudável e balanceada. Mesmo em ambientes desprovidos de céu aberto e largo espaço físico para a plantação, as pessoas utilizam materiais acessíveis para construir pequenas estruturas de plantio, como *pallets* de madeira e vasos suspensos.

Os cuidados necessários para um cultivo são definidos a partir da espécie do contexto. No tipo de cultivo em que as raízes possuem contato diretamente com o solo, a umidade do solo é um fator decisivo para a prática da irrigação. No mercado, existem alguns produtos digitais que pessoas utilizam, de forma manual, para realizar essa medição. Nesse contexto, outros instrumentos são adotados a partir da necessidade e tomada de decisões do responsável, como por exemplo, medidores de PH do solo ou até mesmo detecção de nutrientes.

Para atuar como instrumentos utilizáveis pelos usuários, os sistemas de tecnologia com esse objetivo, assim como outros, precisam ter interface de interação. Como por exemplo, no trabalho citado, os autores Kabir *et al.* (2020) utilizaram um aplicativo móvel para que o usuário pudesse visualizar os dados necessários para o monitoramento do sistema.

Ao passo em que a tecnologia proporciona novas ferramentas, a interação por voz é inserida em equipamentos já existentes, como forma proporcionar entretenimento e otimizar o tempo do usuário substituindo a interação física com, por exemplo, teclados e *mouses*. Apesar de existirem interfaces mais comuns como *web sites*, podem ser usados dispositivos inteligentes, como relógios, TV'S ou interfaces em que o modo de interação seja através de voz.

Essa tecnologia assume um sistema que simula comportamentos humanos através de interações por voz. Dessa forma, permitem que o usuário realize buscas ou acesse aplicações através da fala, onde também retornam os resultados de requisições durante a conversação. “A utilização de fala na interface de um sistema computacional tem inúmeras vantagens, tais como, diminuição do tempo de formação e adaptação do utilizador, aumento de produtividade e ampliação do universo de utilização a pessoas menos especializadas ou com necessidades especiais” (PINHO, 2016).

Um dos sistemas mais conhecidos no mercado atualmente foi desenvolvido pela empresa Amazon, que lançou a assistente virtual Alexa para os seus dispositivos. Essa assistente virtual é caracterizada por fornecer auxílio em atividades diárias do usuário. Assim como *smartphones* dispõem de aplicativos, a Alexa possui *skills*, que são aplicações em que os usuários podem utilizar para usufruir do serviço de assistência.

Esse cenário é marcado também pelo surgimento das *skills* que são destinadas a operar juntamente a equipamentos físicos em residências automatizadas. Existem, por exemplo, tomadas inteligentes que se conectam aos dispositivos com a assistente virtual Alexa, podendo serem controladas pelo usuário através da interação por voz. Dessa forma, basta o usuário falar uma frase de requisição, como “*Alexa, acender as luzes*”. Além de disponibilizar *skills*

grátis e com diversos objetivos, a empresa Amazon disponibiliza plataformas com o kit de desenvolvimento necessário para usuários que desejam criar suas próprias aplicações.

Uma grande vantagem dessa flexibilidade para desenvolvimento de novas aplicações pode ser descrita pela possibilidade de integrar novos sistemas. Apesar de existem aplicações tanto com grau de automação quanto outras mais simples, dedicadas a entretenimento e outros gêneros, a aplicação dessa tecnologia em contextos de cultivo ainda é uma temática pouco abordada. Na bibliografia, a maioria dos projetos utilizam apenas controle e sensoriamento providenciados por dispositivos embarcados, onde são captadas variáveis do ambiente que influenciam no processo vital das plantas e utilizadas para acionar eventos, como irrigação automática.

Além disso, no mercado existem mais sistemas destinados a produção em grande escala que gera lucros do que para plantações domésticas com objetivos alimentares ou terapêuticos. Dessa forma, usuários que são leigos sobre conhecimentos técnicos de plantio são mais suscetíveis a descuidados que podem levar a uma má qualidade no processo da plantação, uma vez que utilizam ambientes adaptados e métodos tradicionais. Ainda existem instrumentos de medição digital capaz de propor informações úteis aos usuários mas que nem sempre são aderidos.

Visa-se que os mesmos critérios de qualidade de cultivo observados em plantações de hortaliças grande escala também são importantes para cenários caseiros e adaptados. Além disso, é possível pontuar que valores precisos sobre as condições ambiente e informações didáticas são altamente relevantes para pessoas leigas, uma vez que podem aprender a partir da obtenção de conteúdos fornecidos. Essas características podem ser uma realidade a partir da disposição de tecnologia.

Nesse contexto, o projeto proposto objetiva desenvolver uma solução focada em auxiliar o usuário, de perfil leigo em conhecimentos técnicos sobre cultivo, em relação aos cuidados com horta caseira. Para isso, pretende-se desenvolver um sistema com interação por voz capaz de diagnosticar os principais fatores para um cultivo de qualidade e disponibilizar dicas essenciais. Assim, contribuir com o cenário das aplicações tecnológicas atuais no cultivo caseiro, onde desta vez o público alvo será pessoas que utilizam plantações de hortaliças para benefícios em saúde física ou mental.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 *Objetivo Geral*

Objetivou-se, de forma geral, desenvolver e avaliar um sistema capaz de monitorar os principais parâmetros de cultivo e fornecer dicas para usuários que cuidam de hortas caseiras, onde a interação seja através de voz pela assistente virtual Alexa da Amazon. Para isso, seguiram-se os objetivos específicos:

### 1.1.2 *Objetivos Específicos*

- Modelar o sistema e design de interação com o usuário, baseando-se na compreensão de cuidados básicos para obtenção de qualidade no cultivo de hortaliças;
- Desenvolver um sistema capaz de obter dados sensoriais sobre temperatura do ambiente, tempo sob luminosidade e umidade do solo;
- Desenvolver uma interface consultável pelo usuário através da assistente virtual Alexa, na qual funcione sob a modalidade de requisição/resposta;
- Implementar a comunicação entre os componentes presentes na arquitetura do sistema;
- Realizar uma pesquisa exploratória com usuários.

Dessa forma, o presente trabalho está dividido da seguinte forma: o capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica utilizada para o embasamento do projeto, onde são abordadas temáticas sobre monitoramento de cultivo (seção 2.1), sensores (seção 2.2), assistentes virtuais como interface de voz (seção 2.3), assistentes virtuais inteligentes (seção 2.4), interação humano-computador (seção 2.5) e as considerações de uso (seção 2.6).

Em seguida, o capítulo 3 descreve nove diferentes trabalhos relacionados que abordam as áreas de monitoramento de cultivo (seção 3.1) e interface de voz por assistente virtual (seção 3.2), apresentando-se também as comparações com o trabalho aqui proposto (seções 3.1.7 e 3.2.3). Não foi encontrado nenhum trabalho com o mesmo propósito de monitorar cultivo que também utilize interação por voz.

O capítulo 4 apresenta os passos metodológicos que foram seguidos para o desenvolvimento do projeto proposto, que consistiram em levantamento de requisitos (seção 4.1), modelagem da solução (seção 4.2) e o desenvolvimento do sistema (seção 4.3). O capítulo 5 apresenta a avaliação do sistema. O capítulo 6 descreve a conclusão deste trabalho e o 7 as propostas de melhorias para trabalhos futuros. Por fim, seguem as referências consultadas e

utilizadas durante toda a pesquisa.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Aqui são apresentados alguns conceitos fundamentais para compreensão e desenvolvimento do trabalho proposto. Na seção 2.1 é discutido sobre monitoramento de cultivo, onde são descritos os aspectos fisiológicos e ambientais relevantes para o ciclo vital das plantas, seguido da abordagem sobre parâmetros de monitoramento que são utilizados na modelagem e aplicação de sistemas de monitoramento inteligente.

Na seção 2.2 são expostas definições de como os sensores se relacionam com o ambiente de aplicação e com sistemas que o utilizam, além de diferentes classificações, vistas por sensores de: umidade do solo, fotoelétricos e temperatura.

A seção 2.3 abrange a área de IHC, descrevendo diferentes métodos de avaliação em sistemas interativos. Seguindo, apresenta-se a seção 2.4 com conteúdos relacionados a assistentes virtuais como interface de voz, onde são apresentadas as tecnologias presentes no mercado. Além disso, explora-se os ecossistemas dos serviços de assistência virtual Alexa da Amazon e Google Assistant. Por fim, a seção a 2.5 aborda as considerações de uso dos conceitos descritos nas seções anteriores.

### 2.1 Monitoramento de Cultivo

Para se estabelecer um monitoramento de cultivo efetivo, é necessário o conhecimento sobre a área de estudo referente à fisiologia vegetal. Os parâmetros necessários para a aplicação de tecnologias inteligentes destinada a plantações são definidos a partir da compreensão sobre diversos fatores relacionados às plantas, tais como estrutura física e processos realizados para fins de sobrevivência e desenvolvimento.

#### 2.1.1 Aspectos fisiológicos e ambientais

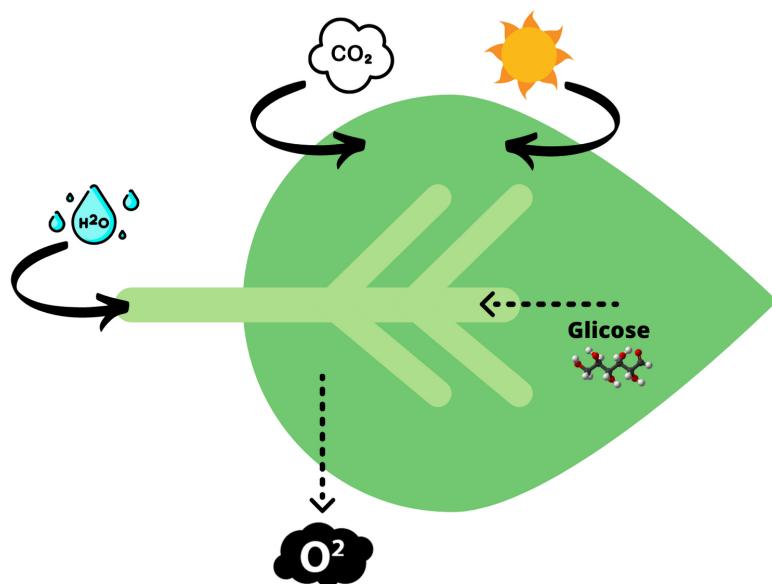
No livro de Thompson e Rios (2016) é definido que o reino *Plantae* abrange diversos organismos em diferentes ambientes. Entre eles, estão as plantas que possuem uma característica comum dada pela coloração verde nas folhas. Essa tonalidade é obtida através de um pigmento chamado clorofila. Ainda nesse contexto, as plantas também se assemelham em diversas outras características, destacando-se a capacidade de produzirem o próprio alimento através da exposição à energia luminosa. Plantas com outras colorações também são capazes de fazer a fotossíntese, entretanto o pigmento da clorofila é sobreposto por outros tipos.

No início da história referente a vida na Terra, quando as plantas se deslocaram do ambiente aquático para o terrestre, houve uma necessidade de adaptação para garantir a continuidade do ciclo de vida. A ausência de água foi um fator crítico, pois se tratou da falta de um recurso impreverível no processo fisiológico dos vegetais, uma vez que as plantas necessitam deste elemento para se desenvolverem. Segundo Peixoto (2011), sua importância está relacionada, por exemplo, à regulação térmica das plantas, transporte de materiais e nutrientes, absorção de gases através da raiz/solo, entre outros cenários.

Nesse contexto, a necessidade de sobrevivência impulsionou adaptações em que as plantas desenvolveram novos métodos de suprir a necessidade de água. É possível citar maneiras de evitar a perda do recurso, além da reprodução independente e melhoria no sistema para melhor absorção pelas raízes.

“A fotossíntese é o processo pelo qual a energia luminosa é transformada em energia química armazenada nas moléculas de carboidratos produzidas” (THOMPSON; RIOS, 2016). Esse processo ocorre, principalmente, sob responsabilidade da folha. Apesar disso, outras partes da planta podem realizar-lo, contanto que possuam clorofila. Dessa forma, a Figura 1 mostra a relação entre a folha e os elementos que interceptam na atividade relatada. Para representar o comportamento dos elementos envolvidos, as setas fragmentadas representam saída e as setas íntegras representam entrada.

Figura 1 – Elementos em um processo de fotossíntese



Fonte: Desenvolvida pela autora

É possível pontuar, a partir disso, que os elementos absorvidos são a água ( $H_2O$ ) e o oxigênio ( $O_2$ ). O primeiro é captado a partir do substrato em que a planta está em contato, como por exemplo, o solo. O segundo elemento, o oxigênio, é introduzido pelos estômatos, que são estruturas especializadas para a troca de gases. A partir da presença desses reagentes, o processo de fotossíntese ocorre em uma organela presente nas célula chamada cloroplasto, pois esta contém a clorofila que auxilia na captação da energia luminosa.

“O aumento da luminosidade nas mesmas condições de temperatura e concentração de  $CO_2$ , faz com que a fotossíntese aumente até o chamado **ponto de saturação luminosa**” (THOMPSON; RIOS, 2016). Dessa forma, a taxa de fotossíntese não aumenta, mesmo que haja uma excitação na luminosidade. A relação entre a concentração do  $CO_2$  e taxa fotossintética é diretamente proporcional, onde o aumento ou diminuição ocorre de forma equivalente em ambos. Quando é apresentada a escassez do gás, a taxa de fotossíntese equivale a um valor nulo. Entretanto, quando há excesso do gás, não é mais afetada por esse elemento.

### **2.1.2 Parâmetros de Monitoramento**

Segundo Kluge *et al.* (2015), além de intensidade luminosa e recebimento das moléculas de água, a taxa fotossintética também é influenciada pela temperatura ambiente. De acordo com Thompson e Rios (2016), temperaturas equivalentes a valores entre 30° a 40° proporcionam as melhores taxas. Ao passo em que essa medida é excedida, torna-se possível a desnaturação de proteínas que auxiliam na catalisação do processo de fotossíntese.

“Adaptações morfológicas são características na forma da planta ou de seus órgãos que possibilitam a sobrevivência em determinadas condições” (THOMPSON; RIOS, 2016). Nesse contexto, o ambiente influencia de forma direta no desenvolvimento das plantas. Portanto, as condições de umidade, luminosidade e temperatura variam para diferentes espécies.

É possível encontrar, na literatura, as condições específicas de cultivo para as espécies de plantas. No contexto de hortaliças, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária desenvolveu um material, que pode ser encontrado em Makishima *et al.* (1992), onde são descritas classificações das plantas, além de métodos e condições de ambiente necessários para um cultivo eficiente de cada cultura. Como forma de exemplificar, informações sobre a hortaliça cebolinha foram tabeladas e expostas na Tabela 1.

Visualiza-se, portanto, características sobre temperatura ideal, época de plantio, semeadura, adubação em coberta, irrigação e colheita. Ao passo em que a amostra de culturas é

Tabela 1 – Características de plantio de Cebolinha

Parâmetro	Descrição
Temperatura Ideal	22°C - 25°C
Época de Plantio	Setembro a fevereiro nas regiões de inverno frio. O ano todo em regiões de clima quente.
Semeadura	Despejar 2 ou 3 sementes em covas espaçadas de 1m x 1m. Cada grama contém 6 a 8 sementes.
Adubação em cobertura	30 a 40 dias após o plantio aplicaram-se 20g de sulfato de amônia por cova.
Irrigação	Diariamente até a raleação. Depois disso, de 3 em 3 dias.
Colheita	Quando os frutos estiverem com 4cm a 5cm de diâmetro e 18 a 22cm de comprimento, o que ocorre entre 60 e 70 dias após o plantio.

Fonte: Tabela desenvolvida pela autora com informações de (MAKISHIMA *et al.*, 1992)

expandida, as características se diversificam, pois as condições necessárias para o ciclo vital são diferentes.

## 2.2 Sensores

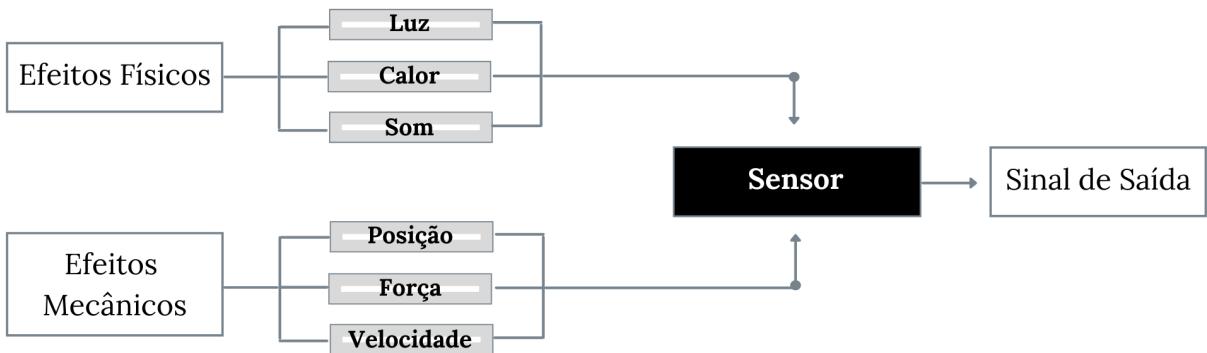
Os autores em Serna *et al.* (2010) fazem uma analogia sobre os sensores serem parecidos com os seres humanos, uma vez que conseguem captar elementos presentes em um ambiente. Dessa forma, é justificado o uso constante desse tipo de componente eletrônico em projetos de tecnologias que buscam a coleta de sinais referentes a visão, olfato, tato, paladar e audição.

Os dados capazes de serem coletados por sensores são referentes a fenômenos físicos chamados de parâmetros, que podem ser: temperatura, pressão, intensidade luminosa, entre outros. A Figura 2 demonstra um simples esquemático de organização referente a relação entre parâmetros e sensores, onde o conteúdo foi retirado de Thomazini e Albuquerque (2020) e a ilustração adaptada pela autora.

Visualiza-se que os sinais de entrada são caracterizados por efeitos físicos ou mecânicos referentes ao cenário de aplicação, onde os físicos são dados por: luz, calor ou som; e os mecânicos por: posição, força ou velocidade. Dessa forma, o bloco descrito por “Sensor” recebe os parâmetros e gera um sinal de saída para o sistema.

No mesmo contexto, Wendling (2010) descreve que os sinais de saída podem ser ser compreendidos a partir da aplicação, em que a medição pode proceder da visualização de dados, partindo para técnicas de análise com interferência de parâmetros específicos referentes aos requisitos de um projeto. Como por exemplo, sistemas podem utilizar sensores de umidade do solo para fornecer uma taxa ao usuário, mas esse dado também pode ser analisado em um

Figura 2 – Relação entre sensor e formas de energia



Fonte: Conteúdo de Thomazini e Albuquerque (2020) e imagem adaptada pela autora

contexto de automação, onde uma bomba é disparada a partir da detecção de uma umidade equivalente a taxa de 0%. Para que os sinais de saída sejam gerados, sensores são acoplados por transdutores, que funcionam como interface entre o sistema de monitoramento/controle e as variáveis do ambiente em que está sendo aplicado. Apesar de atuarem em conjunto, os dois componentes possuem papéis diferentes, uma vez que o sensor detecta o sinal e o transdutor o converte. Com isso, as variáveis oriundas das detecções se tornam aptas para serem interpretadas e utilizadas em um sistema.

As formas de representações possíveis obtidas a partir dos sinais gerados classificam os sensores em dois tipos: analógicos e digitais. Dados analógicos em forma de sinal possuem amplitude que varia continuamente de acordo com o tempo, ao contrário de sinais digitais que é caracterizado por apresentar amplitude que varia de forma discreta, também em relação ao tempo. Nesse contexto, em Thomazini e Albuquerque (2020) é definido que sensores analógicos atribuem diferentes valores dentro da sua faixa de operação, podendo abordar infinitas variações em sua representação. Sobre os sensores digitais, tem-se que assumem valores discretos no tempo e amplitude.

Dessa forma, é possível assumir que as leituras digitais representam que os dispositivos possuem dois tipos de estados. Como por exemplo, um sensor de presença, que detecta ou não detecta. Já os dispositivos que leem dados analógicos possuem diversos estados, como por

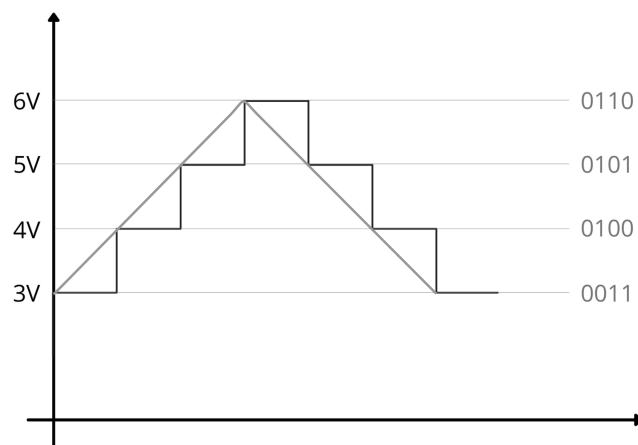
exemplo, um sensor de umidade que é capaz retornar diferentes taxas dessa variável relacionada ao solo.

Os sensores com entrada analógica capturam diferentes variáveis do ambiente, como por exemplo, temperatura e concentração de gás, para que sejam processadas por alguma plataforma. Na maioria das vezes, atuam juntamente aos microcontroladores, que por sua vez, possuem entradas digitais, capacidade de armazenamento e processamento dos dados. Nota-se, portanto, uma incompatibilidade de grandezas entre sensores e *hardware*, podendo ser solucionada através da conversão de sinal analógico para digital.

Para solucionar essa problemática, existem conversores do tipo Analógico-Digital (do inglês: *Analog-to-Digital Converter*), também conhecidos como ADC, que são capazes de converter dados digitais equivalentes aos dados analógicos. Dessa forma, esses componentes utilizam a voltagem de entrada e a converte para uma sequência de bits. Os microcontroladores apresentam, na maioria da vezes, esse conversor embutido em alguns pinos de conexão, podendo ser identificado através da especificação técnica do *hardware*.

A Figura 3 ilustra um gráfico capaz de representar ondas referentes às entradas analógicas e saídas digitais. Visualizando-a como plano cartesiano, o eixo (x) representa os valores analógicos de entrada, onde são representados por números inteiros decimais e possuem voltagem como unidade de medida. O eixo (y) apresenta o tempo em que são geradas as ondas. Dessa forma, tem-se que a onda de dados analógicos alterna entre diferentes valores, onde são geradas saídas digitais na base binária a partir da conversão, apresentando onda correspondente a dois níveis lógicos.

Figura 3 – Entradas analógicas e saídas digitais



Fonte: Desenvolvida pela autora

É possível pontuar, portanto, que as duas classificações devem ser consideradas para a escolha de sensores em uma aplicação. Os autores do livro em Wendling (2010) também citam que algumas características técnicas desses dispositivos também são altamente relevantes, as quais podem ser listadas juntamente às suas descrições:

- **Sensibilidade:** pode ser obtida através da razão entre o sinal de entrada e o sinal de saída para um determinado sensor ou transdutor, significando que a variação determina o quanto o instrumento é sensível a mudanças de valores;
- **Exatidão:** é a capacidade do instrumento de resultar no valor mais próximo possível ao exato;
- **Precisão:** essa característica corresponde ao número de vezes que o valor medido se repete. Todos os sensores estão sujeitos a erros de leituras, podendo ser maior ou menor dependendo da grandeza medida ou características relacionadas ao estado de conservação e qualidade do dispositivo;
- **Linearidade:** fator que se aplica a sensores analógicos, onde se apresenta uma relação entre os valores medidos e outros padrões. Dessa forma, um gráfico é plotado através do uso das variáveis citadas, onde uma reta é gerada se o sensor ou transdutor for ideal;
- **Alcance:** representa a lista de valores possíveis de serem lidos pelo sensor;
- **Estabilidade:** característica relacionada à flutuação de saída do sensor. É altamente relevante, uma vez que pode prejudicar o comportamento de atuadores em um sistema de controle;
- **Velocidade de Resposta:** se relaciona ao fornecimento da medida lida pelo sensor em relação ao tempo. Essa característica varia em relação ao sistema, uma vez que em alguns casos respostas lentas podem não ser prejudiciais, mas em outros podem ocasionar falhas críticas.

Com diferentes características, os sensores assumem diferentes papéis em sistemas. Dessa forma, no mercado existe um grande acervo desses dispositivos eletrônicos, com construção e especificações técnicas para executarem distintas funções, que podem ser utilizados em conjunto a microcontroladores ou circuitos integrados analógicos.

A autora em Barros e Cavalcante (2010) descreve que microcontroladores são um exemplo de componentes eletrônicos digitais de qualidade, eficientes e de baixo custo, que se caracterizam como resultado da expansão tecnológica às aplicações corriqueiras. Com isso, são bastante utilizados em projetos de sistemas embarcados que realiza algum aspecto de computação

e controle.

Para Pereira (2020), a estrutura genérica desse componente eletrônico é definida por núcleo de processador, memória e interfaces de entrada e saída. Como características gerais, tem-se que são flexíveis para regravação de diferentes programas e o custo médio de energia equivale a aproximadamente 2mW quando ligado. Quando assume modo de espera, pode atingir uma escala relacionada à unidade de medida nanowatts.

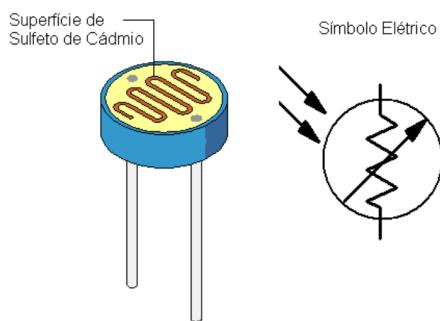
### **2.2.1 Sensores Fotoelétricos**

Os sensores classificados como Fotoelétricos operam a partir do acesso à luz. Segundo Wendling (2010), sensores que trabalham com esse tipo de energia luminosa possuem tempo de resposta mais rápido do que os sensores mecânicos, pois não estão suscetíveis a desgastes ou quebras de peças, fator influenciado, muitas vezes, pela ausência da inércia.

Além disso, devido ao seu tempo de resposta bastante curto, na ordem de  $10\mu s$ , são apropriados para aplicações que necessitem observar variações de radiação quase que instantaneamente (VICTORIA, 2008). Assim, são utilizados em diversos cenários, portanto existe um acervo que se caracteriza por diferentes detalhes de construção e operação.

A Figura 4 foi retirada do trabalho Wendling (2010) em que o autor descreve a composição física do componente eletrônico citado. É possível visualizar na ilustração à esquerda, na parte superior do sensor, a presença do semicondutor Sulfeto de Cádmio (CdS). Esse tipo de material se aplica na produção de células fotocondutoras pois as respostas em espectro obtidas sobre a exatidão da leitura, a partir do seu uso no sensor, são aproximadamente iguais às obtidas através do olho humano.

Figura 4 – Sensor foto-resistor LDR

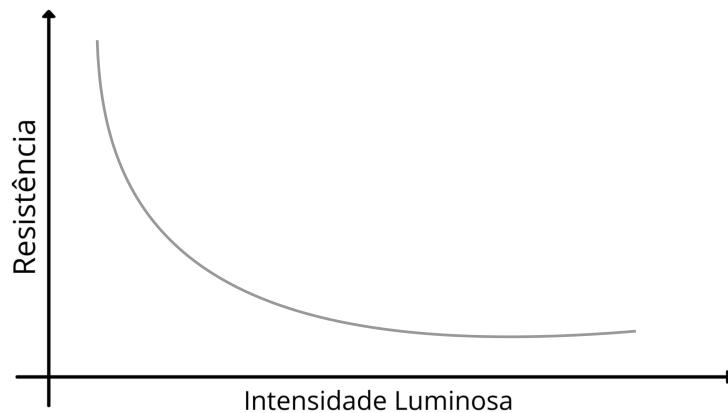


Fonte: Wendling (2010)

A relação entre esse material e a intensidade luminosa é descrita através de uma

curva característica, também disponibilizada pelo autor. É possível visualizar na Figura 5 uma relação inversamente proporcional entre as variáveis, em que quanto maior a incidência de luz menor a resistência. Essa característica faz com que esse componente seja utilizado como Sensor de Presença de Luz.

Figura 5 – Curva Característica do sensor LDR



Fonte: Desenvolvida pela autora.

De acordo com o manual de especificações do sensor LDR, esse dispositivo adquire uma característica particular de acordo com o local em que é armazenado. Quando se trata de lugares exposto à incidência solar, o local de armazenamento influencia no aumento da estabilidade do sensor, uma vez que ele estará mais sensível a partir das condições oferecidas.

### **2.2.2 Sensores de Umidade**

A umidade do solo é uma característica que influencia diretamente no processo vital das plantas. Portanto, o monitoramento dessa variável é relevante em um cenário de cultivo inteligente. Para isso, existem os sensores de umidade, que são dispositivos capazes de detectar diferentes faixas de medição.

Para cenários de cultivo, esses sensores precisam operar em largas faixas, pois o solo das plantações tendem a receber um alto teor de umidade devido a prática de irrigação. Nesse âmbito, existem diferentes formas de medir umidade, que podem influenciar diretamente no tipo de sensor ideal para a aplicação. A decisão de um sensor que atenda essa requisito pode partir dos existentes métodos para medição de umidade, que podem ser visualizados na Tabela 2, em que as informações foram retiradas de (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2020).

Tabela 2 – Métodos para medição de umidade

Parâmetro	Descrição	Medição
Temperatura de bulbo úmido	Temperatura mínima alcançada por um termômetro em um fluxo de ar.	°C
Umidade Relativa (UR)	A relação da pressão do vapor de água efetivo para a pressão do vapor de saturação, à temperatura do bulbo seco.	0-100%
Ponto de Orvalho/Congelamento	Ponto de orvalho é a temperatura à qual o ar deve ser resfriado para alcançar a saturação. Quando a temperatura é inferior a 0 °C, chama-se ponto de congelamento.	0-100%
Relação de volume ou massa	Partes por milhão (ppm) por volume é a relação da pressão parcial do vapor de água para a pressão parcial do vapor de água para a pressão parcial do gás portador quando seco. O ppm por peso é idêntico ao ppm por volume, mas a relação muda de acordo com o peso molecular do gás portador	ppm/ppv
Gramas por quilograma	Peso de água em gramas por quilograma de ar	g /kg

Fonte: Thomazini e Albuquerque (2020)

De acordo com Thomazini e Albuquerque (2020), os higrômetros eletrolíticos são sensores capazes de detectar a Umidade Relativa (UR) do solo ou do ar. Além disso, sua aplicação pode retornar uma boa precisão de leitura e apresenta a vantagem de fácil calibração.

### 2.2.3 Sensores de Temperatura

“Para a realização de medidas de temperatura, na maioria dos casos, é utilizada a propriedade física do aumento da resistência elétrica com o aumento da temperatura, em que um sistema monitorado é possível ler esta variação” (MARTINAZZO *et al.*, 2016).

Segundo Thomazini e Albuquerque (2020), termistores são resistores sensíveis a temperatura. Dessa forma, são úteis industrialmente para detecção automática, medição e controle de energia física. Nesse contexto, existem duas nomenclaturas que são utilizadas para representar a variedade entre os termistores: coeficiente positivo de temperatura (PTC) e coeficiente negativo de temperatura (NTC).

Nos dois modelos citados, a temperatura possui relação direta com a resistência. O autor descreve que o PTC’s são resistores que apresentam um coeficiente térmico positivo, em que a resistência aumenta na medida da temperatura. O uso desse componente proporciona um coeficiente de temperatura positivo, dentro da faixa de medição. Já os NTC’s possuem uma relação inversamente proporcional com a resistência, onde a mesma decresce ao passo em que a temperatura aumenta.

É possível encontrar, tanto na bibliografia quanto em produtos no mercado, diversas

aplicações que utilizam termistores. Entre elas, considera-se o cenário de necessidade da regulação de temperatura. Essa aplicação é percebida em equipamentos eletrodomésticos, como máquina de lavar, forno elétrico, entre outros. Na área do cultivo, são usados principalmente em ambientes controlados, onde se preza a qualidade de plantio a partir da temperatura ideal para o processo fotossintético de cada espécie de planta.

Em projetos a nível de prototipação, é bastante comum o uso do sensor LM35. Segundo o manual de especificação técnicas, disponibilizado pela Texas Instruments, esse componente é capaz de realizar medidas e gerar tensão linearmente proporcional a medida de temperatura Celsius. Sua faixa de medição é dada por -55° e 150°C, valores estes que podem ser detectados com uma boa precisão de 0,5° garantida. Além disso, outras configurações favorecem seu uso em protótipos, como por exemplo, baixo aquecimento em 0,08°C em ar parado e a possibilidade de operar em uma tensão dentro da faixa de 4V e 30V.

### **2.3 Assistente Virtual como Interface de Voz**

Segundo os autores em Dasgupta *et al.* (2018), uma Interface de Voz com Usuário (do inglês: *Voice User Interface - VUI*) é caracterizada pela interação entre sistema e usuário somente por meio do som, consistindo em duas formas de mensagem: a entrada de fala do usuário e a saída de fala (ou não falada) do sistema. A saída não falada é denominada como “não-verbal”, onde pode ser caracterizada por elementos que não dizem respeito a uma conversa, como por exemplo, música ou sons de fundo.

Para Cohen *et al.* (2004), existem três principais elementos apresentados pela tecnologia de VUI: *prompts*, gramáticas e lógica de diálogo. Os *prompts* são constituídos pelo conjunto de informações em forma de voz (gravada ou sintetizada) repassadas ao usuário durante um diálogo. Já as gramáticas representam o conjunto de respostas possíveis para as requisições dos usuários. Mesmo se o sistema identificar apenas alguns trechos em frases, ele é capaz de responder a partir do mapeamento nas gramáticas. Por fim, a lógica de diálogo define a dinâmica de interação entre sistema e o usuário, definindo às ações da assistência virtual baseadas nas requisições recebidas.

Para exemplificar os elementos em um caso de interação entre sistema e usuário, os autores descrevem um possível diálogo entre cliente de uma companhia e o serviço de atendimento virtual da empresa. Com isso, o diálogo foi traduzido e adaptado pela autora, podendo ser visualizado através da Figura 6.

Figura 6 – Diálogo entre usuário e assistente virtual

	Olá, obrigado por ligar para a BlueSky Airlines. Nossso novo sistema automatizado permite que você peça as informações de voo de que precisa. Para qualquer outra coisa, incluindo reservas, basta dizer "mais opções". Agora, você sabe qual é o número do vôo?
	Não, eu não sei.
	Sem problemas. Qual é a cidade de partida?
	São Francisco.
• • •	

Fonte: Conteúdo baseado em Cohen *et al.* (2004) e figura produzida pela autora

Relacionando-se ao sistema de assistência apresentado no diálogo, o autor descreve que as mensagens de atendimento foram pré-gravadas. Dessa forma, quando a assistente virtual reproduz “Agora você sabe qual é o número de voo?”, significa que está sendo repassado um *prompt*, pois atende ao conceito descrito anteriormente. A partir disso, espera-se que o usuário responda uma das seguintes frases: “Não”, “Não”, “Eu não sei”, “Sim”, “Sim, é o voo 227”, entre outras possibilidades. Nesse contexto, o sistema possui uma gramática que compreenda todas as informações coerentes com a interação.

O comportamento de um assistente virtual é dependente do conjunto de parâmetros utilizados em sua implementação. Essa diversificação possibilita o uso da interface de voz em diferentes contextos de aplicações para solução de problemas reais, uma vez que podem atender a diferentes requisitos.

O livro “Assistentes Virtuais Inteligentes” de Alencar *et al.* (2013) explica que compreender os diferentes atributos dos assistentes virtuais é a melhor forma de identificar os tipos existentes no mercado. Dessa forma, cada classificação apresenta características diferentes relacionadas a: comportamento, propósito, apresentação, forma de comunicação, memória, idioma de comunicação, expressões idiomáticas, aprendizado, formato de apresentação das informações, facilidade de reposicionamento no algoritmo de busca, capacidade de observar o comportamento do usuário e integração com sistemas de informações corporativos.

Dispositivos com assistentes virtuais podem se caracterizar por comportamentos passivos, dinâmicos ou dinâmicos com gatilho. São passivos quando esperam que o usuário realize

alguma requisição de auxílio através de uma frase ou palavra. Quando são programados para dedicar ajuda ao usuário, sem precisar de acionamento, apresentam comportamento dinâmico. Também podem ser dinâmicos com gatilho, quando oferecem ajudas a partir da percepção de que o usuário realizou algumas tentativas falhas.

É possível os encontrar tanto como avatares, onde são apresentados, por exemplo, a partir de uma figura humana ou robô, como também de forma não personificada, em que geralmente são apresentadas caixas de diálogo. Em relação ao conteúdo de fala, os assistentes virtuais são capazes de assumir assuntos globais, como por exemplo, informar ao usuário sobre os acontecimentos mais recentes em seu país. Além disso, também são projetados para tratar pautas específicas baseadas no perfil do usuário e sua funcionalidade de aplicação, como por exemplo, informações sobre turismo ou aconselhamento financeiro. Nesse contexto, podem responder com apenas texto, mas também são capazes de exibir imagem, sons, vídeos e outras formas de multimídia.

A comunicação também varia em relação ao idioma e suas expressões. Alguns assistentes são poliglotas, capazes de falar em diversas línguas. Outros são monoglotas, limitando a interação em apenas uma língua específica. Existem aplicações que abrangem uma interação capaz de lidar com sinônimos, jargões, dialetos, siglas e outras variações da língua, já outras são inflexíveis, onde abordam apenas linguagem formal.

As informações referentes a interação entre usuário e assistente virtual podem ser armazenadas se o assistente virtual possuir memória. Em casos contrários, os assistentes respondem às perguntas apenas de forma independente do contexto. Podem ainda, serem integrados com sistemas de informações corporativos, onde capturam dados externos que podem ser atualizados em um determinado período. Caso contrário, se limitam apenas a informações referentes a sua programação. Além disso, podem ou não sugerir novos assuntos durante uma interação, podendo ser classificados como “Proativos” ou “Reativos”, respectivamente.

Por fim, existem assistentes que aprendem a lidar melhor com as requisições recebidas pelo usuário. Isso acontece durante o processo de interação, onde a “sabedoria” do assistente é fomentada na medida em que recebe e envia novas informações. Entretanto, também existem aqueles que, independente da quantidade de interações, permanecerão com a mesma habilidade. Além disso, alguns podem reposicionar páginas da internet para apresentação de informações ao usuário considerando uma troca de contexto. Os que não apresentam esse comportamento são chamados de “Sem capacidade de reposicionamento”.

## 2.4 Assistentes Virtuais Inteligentes

O livro “Assistentes Virtuais Inteligentes: Conceitos e estratégias” em Alencar *et al.* (2013) é um material atual que aborda uma gama de conceitos sobre o universo dessa temática. Para os autores, assistentes virtuais inteligentes são programas de computador, mas que interagem com o usuário através da linguagem natural. Para isso, recebem mensagens de voz do usuário e retornam respostas coerentes à requisição. Nesse cenário, objetiva-se que assistentes virtuais inteligentes funcionem de forma a simular um comportamento humano.

Em decorrência da evolução tecnológica, assistentes virtuais atendem a diferentes demandas. Buscas por navegadores ou aplicativos, antes feitas apenas manualmente, hoje podem ser realizadas por comando de voz ao passo em que assistentes virtuais se responsabilizam por encontrar a informação, realocar rapidamente a página e retornar uma resposta ao usuário. São capazes de realizar comandos simples, como verificar a temperatura atual da cidade ou contar uma curiosidade sobre o presidente da república, mas também são utilizados em um cenário de internet das coisas, onde interagem com objetos do mundo real.

A automação residencial é uma das áreas beneficiadas pelo surgimento dessa ferramenta inteligente. Tornou-se possível o controle de artefatos domésticos pela mediação da interação entre usuário e assistente virtual. Dessa forma, são encontrados no mercado objetos inteligentes compatíveis com os dispositivos, como por exemplo, luzes em forma de lâmpadas ou fitas de led.

Nesse âmbito, os principais e mais famosos serviços de assistência virtual são: Alexa da empresa Amazon, Google Assistant da empresa Google e Siri da empresa Apple. A principal diferença entre os três serviços se dá por onde atuam. O serviço da Alexa atua pelos dispositivos Echo da Amazon, onde são disponibilizadas tecnologias de voz e vídeo. Já o Google Assistant pelo dispositivo de voz Google Home e a Siri pelos dispositivos da fabricante.

Em relação a características técnicas e nível de inteligência, a Alexa se destaca por atender a um maior número de funções, além de ser altamente flexível para novas implementações atreladas ao seu sistema. Apesar das outras responderem a perguntas e também serem capazes de conectar a objetos reais, a empresa Amazon, criadora da assistente, disponibiliza uma plataforma para desenvolvimento de *skills*, onde novas funções com diferentes objetivos podem ser desenvolvidas e testadas.

Dessa forma, usuários que são desenvolvedores são ofertados com um conjunto de ferramentas para criarem suas próprias aplicações, sejam para uso pessoal ou profissional. Caso

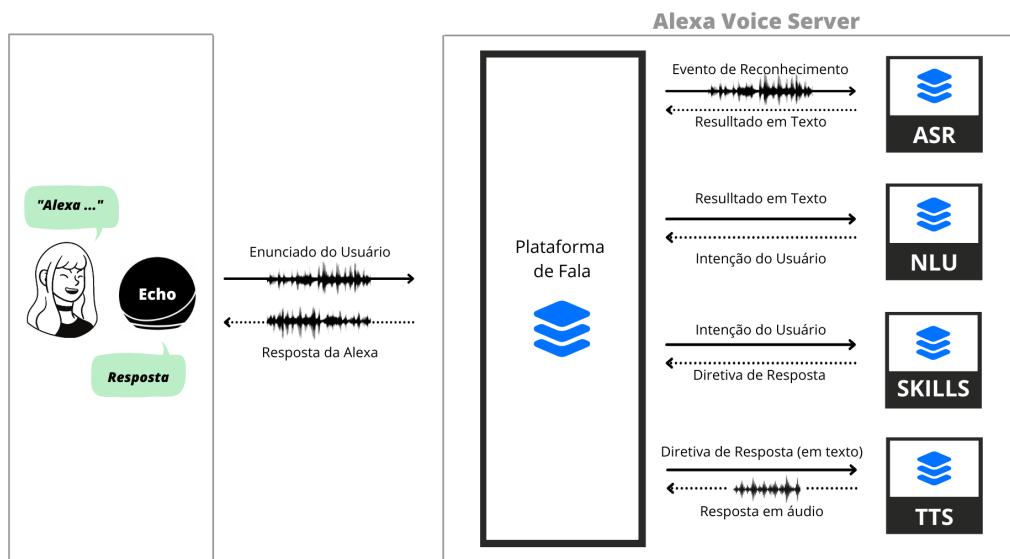
desejam utilizar *skills* desenvolvidas por outras pessoas ou pela própria empresa, é possível acessar a uma loja virtual para ativação no seu dispositivo.

#### 2.4.1 Ecossistema e arquitetura de assistentes virtuais

Nesta seção, são explicados os componentes dos ecossistemas das assistentes virtuais Alexa e Google Assistant, assim como suas responsabilidades e tecnologias envolvidas. Dispositivos que utilizam o sistema de assistência da Alexa devem possuir microfones para possibilitar a interação de voz com o usuário. Dessa forma, capturam requisições e enviam para o Alexa *Voice Server* para fins de processamento. Nesse contexto, inicia-se uma explicação sobre o ecossistema da assistente virtual Alexa, uma vez que se trata da comunicação entre diferentes tecnologias.

A Figura 7 ilustra o fluxo de dados, partindo da requisição do usuário até a obtenção da resposta.

Figura 7 – Funcionamento do ecossistema da assistente virtual Alexa



Fonte: Desenvolvida pela autora

O primeiro passo inicia quando o usuário fala pela primeira vez com a assistente virtual. Esse primeiro contato corresponde à ativação do serviço, portanto a fala deve obedecer exatamente ao formato pré-definido que é estruturado para o serviço entender que a assistente está sendo requisitada. Nesse contexto, a palavra-chave para chamar a assistente virtual é “Alexa”.

A chamada de ativação é denominada “enunciado” (do inglês: *utterance*). Quando o dispositivo captura o áudio, a informação é enviada para um componente chamado “Plataforma de Fala” (do inglês: *Speech Platform*), que por sua vez, encaminha para outro dispositivo conhecido

como “Reconhecimento Automático de Fala” (do inglês: *Automatic Speech Recognition (ASR)*). Reconhecimento Automático de Fala). Dessa forma, o ASR transforma o áudio do usuário para formato textual e envia a recognição à Plataforma de Fala.

O fluxo segue ao passo em que a plataforma de fala adquire a informação em forma de texto e envia o dado para um dispositivo chamado “Compreensão de Linguagem Natural” (do inglês: *Natural-language Understanding*), que é um mecanismo de processamento que tenta entender o contexto para descobrir a real intenção do usuário. Dessa forma, o resultado dessa interpretação é representado por uma “intenção” (do inglês: *intent*), que é enviado para a plataforma de fala após ser gerado com base em modelos de aprendizado de máquina.

Um *intent* atua como chave para procurar uma aplicação que resolva a requisição do usuário. Dessa forma, a plataforma de fala procura *skills*, baseando-se na informação que o *intent* representa, que sejam capazes de processar e retornar informações corretas. Nesse âmbito, os dados de retorno são enviados de volta para a plataforma de fala e se destinam a um novo componente chamado *Text-to-Speech* (TTS).

A tecnologia *Text-to-Speech* (em português: Texto para Fala) é utilizada para sintetizar falas em áudio a partir de formato textual. Considerando as aplicações de interface, tem-se que as mensagens oriundas do sistema e destinadas ao usuário são faladas. Nesse cenário, portanto, a TTS é utilizada em casos nos quais os dados obtidos pelo processamento de *skills* são dinâmicos e a resposta corresponde a um texto imprevisto, como por exemplo, falas que não são pré-meditadas.

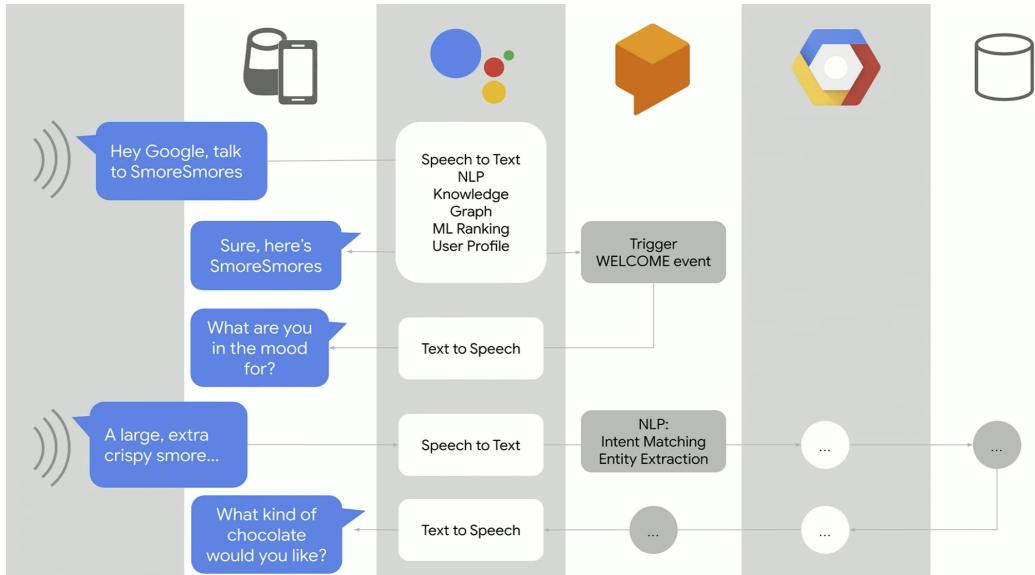
Com a resposta obtida em forma de voz, o sistema está preparado para enviar ao usuário. Dessa forma, a plataforma de fala envia a informação para o dispositivo de uso, que por sua vez, transmite para o usuário através do som amplificado.

Assim como a assistente virtual Alexa, o Google Assistant também é capaz de se comunicar com os usuários através do modelo requisição-resposta, em que as requisições dos usuários também são tratadas pelo ecossistema do Google Assistant como intenções e processadas por ferramentas de inteligência artificial. Além disso, os dois serviços possuem arquiteturas bastante semelhantes, assim como forma de desenvolvimento das aplicações. Apesar disso, não utilizam as mesmas ferramentas para as funcionalidades essenciais.

O ecossistema do Google Assistant pode ser visto a partir da Figura 8. Nesse cenário, a primeira interação do usuário “*Hey Google, talk to SmoreSmore*” é direcionada ao dispositivo no qual envia para o serviço de assistência. Nesse caso, “*Hey Google*” é a ativação do serviço

e “SmoreSmore” é o nome de invocação da aplicação. A partir disso, a mensagem em forma de voz é transcrita pra texto. A plataforma Diagflow é responsável pela compreensão de linguagem natural utilizada na interface do Google Assistant, na qual disponibiliza aos desenvolvedores um ambiente de programação das funcionalidades da aplicação com a utilização dos devidos parâmetros.

Figura 8 – Ecossistema do Google Assistant



Fonte: Desenvolvida pela autora

Quando o serviço no Dialogflow identifica a real intenção do usuário, o serviço é encaminhado para o *back-end* do serviço que contém as implementações para tratar as requisições. Ainda na ilustração, é possível visualizar o último componente, sendo representado por uma API externa. Esse cenário indica que podem ocorrer interações em que o serviço de *back-end* da aplicação se comunica com serviços externos capazes de prover dados essenciais para a geração dos resultados esperados, como por exemplo, dados sensoriais armazenados em um servidor.

Tanto Alexa como Google Assistant conseguem atuar na automação inteligente residencial. Assim como os serviços citados, a assistente Siri, implantada nos dispositivos Apple também apresenta uma arquitetura seguida pelo modelo requisição-resposta, porém guiada por mecanismos de buscas em páginas. Apesar disso, seu “nível de inteligência” é menor do que ao das demais assistentes, uma vez que este serviço atua por mecanismo de busca. Nesse cenário, Siri não é uma assistente muito utilizada em contextos de automação ou que exigem uma constante utilização funcionalidades que exijam o uso de inteligência artificial.

### 2.4.2 Skills Alexa

Assim como *smartphones* possuem aplicativos compatíveis e disponíveis para usuários, os dispositivos Alexa possuem *skills*, que são habilidades ou capacidades de executar funções. Elas podem se classificar em duas nomenclaturas: *built-in* ou *custom*. As *skills* são *built-in* quando seguem os padrões de fabricação da Amazon, como por exemplo, habilidades que falam o horário atual ou o clima da cidade. Já as *customs* são construídas por desenvolvedores terceiros.

Assim como os sistemas operacionais possuem lojas de aplicativos, como Playstore ou AppStore, os dispositivos Alexa também possuem um catálogo de *skills* no *website* da Amazon, onde os usuários são capazes de realizar ativação ou desativação através de poucos cliques, uma vez que possuem conta associada.

As *skills* são utilizadas pelos usuários através da interface de voz proporcionada pela assistente virtual Alexa, logo são estruturadas para funcionar semelhante a uma conversação. Dessa forma, a arquitetura dessas habilidades é formada, primeiramente, por um modelo de interação. Portanto, o diálogo é pensado para duas situações durante uma interação entre sistema e usuário: evento e intenção.

Eventos ocorrem em situações que o usuário não demonstra intenção no momento. Como por exemplo, lembretes referentes à reuniões de trabalho ou alarmes para acordar o usuário. As intenções (ou *intents*), pelo contrário, não são pré-programadas. Elas são utilizadas para *skills* em que o usuário interage de diferentes formas, atendendo a dados dinâmicos e entendimento de diferentes sotaques, de forma obtida através das tecnologias descritas na subseção sobre o Ecossistema.

Toda habilidade da Alexa possui um modelo de interação, que significa o conteúdo possível em um diálogo entre a assistente virtual e o usuário. Existem dois tipos: *Pre-Built Interaction Model* e *Custom Interaction Model*. No primeiro, o modelo de diálogo é pré-definido pelos desenvolvedores dos dispositivos Alexa durante a fabricação. Nesse contexto, podem ser citadas *smart home skills*, que são habilidades desenvolvidas para controlar componentes de uma casa inteligente, ou *flash briefing skills*, que são aplicações jornalísticas capazes de repassar notícias diárias ao usuário.

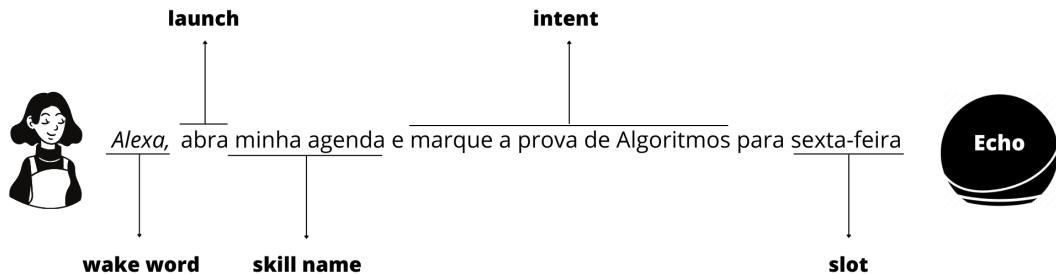
Já as *Custom Interaction Model* são *skills* customizadas pelo desenvolvedor, podendo utilizar informações dinâmicas. Pontua-se que nesse modelo o diálogo varia de acordo com o perfil e requisições do usuário. Viu-se um exemplo de assistência virtual na Figura 6.

Considerando aquela assistência virtual oriunda da Alexa, com uma *skill* que atenda requisição dos clientes de uma determinada companhia aérea, é possível visualizar um exemplo de que as respostas da assistente virtual podem ser aplicadas em diferentes modelo de diálogos, atendendo a diferentes dúvidas do usuário.

A Figura 9 ilustra uma situação em que o usuário interage com um dispositivo Alexa ao pronunciar a frase “*Alexa, abra minha agenda e marque a prova de Algoritmos para sexta-feira*”. Para que o sistema comprehenda a pretensão real da interação, a sentença é estruturada de forma que as palavras possuem significados e nomenclaturas técnicas.

Nessa conjuntura, é possível descrever as características da frase referente a Figura 9, atendendo também à outros cenários de interação. Detalham-se abaixo os componentes de uma sentença:

Figura 9 – Estrutura de interação entre usuário e Alexa



Fonte: Desenvolvida pela autora

- **wake word**: é a palavra de ativação. Ao mencionar, o dispositivo Alexa entende que será designado a executar uma ação. Por padrão de fábrica da Amazon, a palavra é “Alexa”;
- **launch**: é o verbo referente a ação requisitada pelo usuário;
- **skill name**: é o nome da aplicação que o usuário deseja utilizar, geralmente seguida do verbo referente ao *launch*;
- **intent**: a ação que deve ser executada na *skill* já definida;
- **slot**: são dados importantes para a definição da requisição do usuário, mas que nem sempre são ditos. Dessa forma, se classificam como *slots* pois desenvolvedores podem setar

esse tipo de dado para que a assistente virtual pergunte ao usuário, caso não receba a informação.

## 2.5 Interação humano-computador

A preocupação com o usuário tem sido bastante discutida na literatura da computação, uma vez que a tecnologia evolui gradativamente, proporcionando diferentes equipamentos com novidades relacionadas tanto a arquitetura interna quanto com interface. Nesse contexto, a bibliografia aborda diferentes áreas que compõem o estudo sobre usabilidade. De acordo com Carvalho (2003), IHC é uma área multidisciplinar que busca proporcionar uma melhor interação entre usuários e máquinas computacionais.

“A usabilidade geralmente é considerada como o fator que assegura que os produtos são fáceis de usar, eficientes e agradáveis - da perspectiva do usuário” (ROGERS *et al.*, 2013). Segundo os autores, a usabilidade é composta por algumas metas que são listadas e descritas abaixo:

- ser eficaz no uso (**eficácia**): de forma geral, se dá pela métrica do quanto o sistema é bom para realizar suas funcionalidades, baseando-se nas atividades possíveis em relação ao sistema;
- ser eficiente no uso (**eficiência**): meta relacionada à forma em que o sistema apoia as tarefas dos usuários, como por exemplo, uma funcionalidade que salva os dados para um possível uso futuro;
- ser segura no uso (**segurança**): objetiva proteger o usuário de situações perigosas que possam resultar em consequências indesejadas, prevenindo o erro ou recuperando facilmente;
- ser de boa utilidade (**utilidade**): meta que aborda a métrica da funcionalidade fornecida, visualizando um conjunto apropriado de funções que proporcione aos usuários a possibilidade da realização de suas tarefas;
- ser fácil de aprender (**learnability**): se relaciona a facilidade de aprendizado do uso, onde são considerados o tempo de início do uso das principais tarefas do sistema, além do aprendizado sobre operações necessárias para a realização das tarefas em geral;
- ser fácil de lembrar como se usa (**memorability**): é a meta que visa evitar situações em que o usuário precise reaprender como realizar tarefas. Para isso, objetiva-se oferecer suporte de interface capaz de auxiliar a sempre lembrar como realizar as tarefas, principalmente em sistemas que não são utilizados frequentemente.

Tendo em vista as principais característica de uma boa usabilidade, a prática de avaliar um produto antes de entregar ao cliente é extremamente importante no processo de desenvolvimento de um projeto. De acordo com Barbosa *et al.* (2021), qualidade de uso e corrigir os problemas identificados, a curto prazo, contribuem para aumentar a produtividade e satisfação dos usuários, além de diminuir o número e a gravidade dos erros cometidos durante o uso. Dessa forma, a avaliação de um produto não consiste apenas em entregar ao usuário e receber um *feedback*, mas sim em um processo que parte de um planejamento adequado. Para isso, algumas questões “Como? Onde? Por que?” são consideradas para definir a melhor estratégia de avaliação.

Nesse contexto, é possível encontrar na bibliografia diferentes técnicas as quais se destinam a diferentes objetivos de avaliação. Além disso, proporcionam direcionamento sobre local de aplicação, dados a serem coletados, forma de análise e também sobre quais critérios de uso podem ser avaliadas por tais técnicas, podem ser usabilidade, experiência do usuário, acessibilidade ou comunicabilidade. Dessa forma, os métodos podem se classificar por **Investigação, Observação de Uso ou Inspeção** (BARBOSA *et al.*, 2021).

### **2.5.1 Métodos de avaliação**

Os métodos descritos, a partir de agora, foram estudados e descritos aqui com base ainda no livro de (BARBOSA *et al.*, 2021). No método por **Inspeção**, segundo os autores, os avaliadores se colocam nos cenários como usuários para tentarem pontuar possíveis erros, além das maneiras de apoia-los ao se depararem com os problemas encontrados. Para isso, é necessário que os avaliadores possuam experiência e conhecimento sobre as atividades envolvidas.

Podem ser citados os três métodos de avaliação por **Inspeção** a seguir: a avaliação heurística, na qual os avaliadores percorrem sistematicamente a interface bom base em um conjunto de diretrizes de usabilidade; percurso cognitivo, em que o ponto principal de avaliação se dá pela facilidade de aprendizado em um sistema, onde o avaliador percorre a interface inspecionando as possíveis ações necessárias para a conclusão de tarefas; por fim, o método de inspeção semiótica, que não envolve usuários e avalia a comunicabilidade de uma solução através de inspeção.

No método de avaliação em IHC através de **Observação de Uso**, os participantes realizam tarefas com ou sem a presença de um sistema computacional. Dessa vez, não são previstos apenas os eventuais problemas identificados pelos avaliadores, pois a técnica consiste

na coleta de dados e análise sobre o uso dos participantes. Nesse contexto, existem os métodos de Teste de Usabilidade, Avaliação de Comunicabilidade e Prototipação em Papel.

No teste de usabilidade, um conjunto de participantes realizam tarefas de um sistema em um ambiente controlado pelos responsáveis da avaliação. A partir disso, são registradas informações sobre a experiência de uso e desempenho dos usuários, além de reações, opiniões, entre outras características pessoais. Os autores ressaltam que esse teste é capaz de gerar algumas respostas para perguntas úteis em análises qualitativas e quantitativas, como:

- “*Quantos erros os usuários cometem nas primeiras sessões de uso?*”
- “*Quantos usuários conseguiram completar com sucesso determinadas tarefas?*”
- “*Quantas vezes os usuários consultaram a ajuda on-line ou o manual de usuário?*”

A análise feita pelo método de avaliação de comunicabilidade tem como principal objetivo pontuar os prováveis cominhos de interpretação, intenções e falhas durante a interação. Para isso, as sessões também ocorrem em ambiente controlador, seguindo um conjunto de tarefas no sistema. A partir disso, torna-se possível a descoberta sobre fatores de comunicação, tanto do usuário com o sistema, como também sobre a meta-mensagem do *designer*.

Por fim, a prototipação em papel simula um sistema computacional durante a realização de tarefas dos usuários. É um método de baixo custo e permite a comparação entre opções de *design*. A interação ocorre com escrita, gestos, entre outras ações que pontuem a tomada de decisão durante o uso.

O método por **Investigação** também é realizado com a participação dos usuários. No cenário de avaliação podem ser executadas entrevistas ou aplicados questionários, além da execução de grupos focais, pesquisa em campo, entre outros ambientes. Dessa forma, os avaliadores buscam explorar alguns aspectos de uso dos participantes com os sistemas interativos. O método proporciona uma interpretação do comportamento dos usuários, envolvendo concepções, opiniões, reações, entre outros aspectos. Com tudo, esse método é aplicado quando se busca uma resultados através de uma pesquisa exploratória, baseando-se nos objetivos da avaliação.

## 2.6 Considerações de Uso

Visto que um cultivo de qualidade considera alguns parâmetros básicos como informações de temperatura, frequência sob luminosidade e umidade do solo, os dados estudados sobre fisiologia de plantas e processo de crescimento foram utilizadas no processo de levantamento dos requisitos do sistema que preverem as principais funcionalidades. Como por exemplo,

as descrições sobre hortaliças presentes no material em Makishima *et al.* (1992) apresentaram informações importantes para a definição dos parâmetros destinados ao tratamento dos dados sensoriais referentes ao monitoramento dados por características específicas de cada tipo de cultura.

Além disso, as informações estudadas foram utilizadas para que a assistente virtual pudesse responder perguntas gerais sobre cultivo. Dessa forma, as referências encontradas sobre espécies de hortaliças foram utilizadas para alimentar a inteligência da assistente virtual através da implementação prevista pela modelagem de interação.

O estudo sobre IHC e métodos de avaliação, ainda que sejam constantemente aplicados a sistemas computacionais tradicionais (*sites*, aplicativos, entre outros), também são extremamente importantes em cenários cujos sistemas se caracterizem fortemente pelo *hardware* ou mesmo outros tipos de interface. Visto isso, essa fundamentação foi a fonte de estudo para a realização dos testes de avaliação do sistema proposto, tanto na escolha do método como na compreensão de sua realização.

O conhecimento das ferramentas que compõem o ecossistema do serviço da assistente virtual inteligente Alexa fomentou a compreensão sobre o poder de tecnologia disponível. Pesquisas sobre a evolução e aplicações de interface de voz favoreceram a implementação do *back-end* capaz de suportar as funcionalidades do sistema proposto.

### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo, são apresentados trabalhos relacionados obtidos a partir de uma pesquisa bibliográfica referente aos últimos cinco anos. Em comparação ao projeto aqui proposto, o resultado dessa pesquisa não apresentou soluções extremamente semelhantes. Portanto, esta subseção é subdivida nas diferentes áreas: cultivo sensoreado (seção 3.1) e aplicação com interface de voz por assistentes virtuais (seção 3.2).

Dessa forma, cada trabalho estudado é descrito de forma a identificar os seguintes pontos: objetivos, funcionamento do sistema, pontos negativos e positivos, além da forma de avaliação. Cada seção apresenta uma análise comparativa com o presente trabalho, uma vez que os parâmetros das duas áreas abordadas são bastante distintos.

#### 3.1 Cultivo sensoreado

##### 3.1.1 *Design and Implementation of IoT System for Aeroponic Chamber Temperature Monitoring*

No trabalho em Jamhari *et al.* (2020) os autores relatam o desenvolvimento de um sistema de cultivo Aeropônico, de escala laboratorial, capaz de monitorar em tempo real a temperatura ambiente, intensidade de luz e umidade, além de controlar o fornecimento de nutrientes para as plantas. A aeroponia é uma prática aplicada no cultivo em ambientes fechados, principalmente em estufas, onde as plantas são posicionadas de forma suspensa no ar, recebendo nutrientes nas raízes por meio de gotículas ou névoa. O ambiente de cultivo e implementação do sistema consistiu em uma repartição dada por duas câmaras: a de crescimento e a radicular.

A câmara de crescimento é exposta a luz, destinada ao lugar de crescimento dos caules, folhas ou frutos. Já a câmara radicular é protegida contra incidência luminosa, que é um ambiente semelhante ao campo de cultivo com solo, destinando-se a armazenar plantas com as raízes penduradas de cabeça para baixo no ar, onde recebem nutrientes em forma de névoa.

Dessa forma, implantou-se um sistema de sensores conectados à internet por meio de uma placa *Wemos D1 Mini* e módulo *Wi-Fi*. Não se limitando apenas ao sensoriamento, foram implementados atuadores ao sistema, sendo eles: criador de névoa, célula *Peltier* e ventilador, além de uma bomba d'água, que têm como objetivos fornecer nutrientes para as raízes e controlar a temperatura ambiente.

Os autores avaliaram o sistema durante um período de 16 dias. Inicialmente, utilizaram plantas com 7 dias de idade, colocando-as no formato Aeropônico para o teste. Uma parte delas foram cultivadas com a utilização do sistema e a outra de forma tradicional. Como resultado, obtiveram que as plantas cresceram de forma mais efetiva com a temperatura controlada.

Além disso, podem ser pontuados bons resultados também pela funcionalidade esperada da leitura de sensores em tempo real. Como pontos negativos, foi possível identificar que, apesar dos dados serem utilizados para a ocorrência de eventos impulsionada pelos atuadores, são apresentados na interface de forma bruta, dificultando a imersão do usuário no processo de cultivo.

### **3.1.2 IoT Based Low Cost Smart Indoor Farming Management System Using an Assistant Robot and Mobile App**

Baseando-se em dados sobre a crescente busca por alimentação saudável e as vantagens proporcionadas pela prática da agricultura interna, os autores em Kabir *et al.* (2020) relatam o desenvolvimento de um sistema automático de baixo custo capaz de atuar nas principais atividades relacionadas a fotossíntese das plantas em uma área de cultivo, através do exercício conjunto entre uma aplicação móvel e um robô seguidor de linha capaz de realizar monitoramento em tempo real e fornecimento de nutrientes por um aplicação móvel.

O projeto relatado se caracteriza principalmente pelo comportamento proporcionado pela comunicação entre sensores e atuadores. Um sensor de umidade é responsável por monitorar esse parâmetro no solo da planta, proporcionando dados apresentados como parâmetros para controle moderado de irrigação através do acionamento de uma bomba. Para verificar a concentração do  $CO_2$  e fumaça no ambiente, um sensor de gás MQ-135 realiza a leitura, fazendo com que a energia elétrica seja desligada caso sejam detectados os gases citados. O sistema também conta com a instalação de luzes leds capazes de serem reguladas para suprir incidências luminosas insuficientes no ambiente.

O robô seguidor de linha é encarregado de coletar os dados dos sensores através da comunicação por um módulo NRF20L01, enviá-los ao usuário por GSM para o aplicativo móvel através de um módulo NodeMCU. Além disso, esse robô foi capacitado para capturar imagens, gravar vídeos e transmitir informações visuais em tempo real através da implementação de uma câmera ESP-32 ao sistema. O aplicativo móvel, como interface do sistema para o usuário, também apresenta dados sobre temperatura e umidade do solo em tempo real, galeria de fotos

capturadas pelo robô, notificações do sistema, suporte de ajuda e opções para controle da bomba de água utilizada para irrigação e da intensidade de luz do ambiente.

Os autores não especificaram quais foram os métodos de avaliação. Entretanto, é possível visualizar que o trabalho aborda um forte ponto positivo que consiste na apresentação e utilização de diferentes parâmetros importantes no crescimento do cultivo. Ele adota, ao contrário dos outros trabalhos relacionados, o monitoramento das condições climáticas, do estado do solo, além da concentração de gases.

Portanto, baseando-se na fundamentação teórica que explica parâmetros de desenvolvimentos das plantas, é possível pontuar uma boa modelagem e implementação do sistema responsável por supervisionar a área de plantio descrita. Entretanto, alguns pontos negativos ao nível de projeto dos autores podem ser aqui relatados, como por exemplo, a incapacidade do robô seguidor de linha fornecer o nutriente correto para determinados tipos de planta, além de não ser estruturado o suficiente para percorrer áreas de diferentes características dentro do campo de cultivo.

### **3.1.3 *Farming box: The integrated vegetable production system for food safety in small household***

Baseando-se no fato de que a solução da agricultura interna recebe fortes contribuições das áreas de automação, decisões inteligentes e controles de ambiente, os autores em Duangban *et al.* (2019) apresentam um projeto que utiliza tecnologia para cultivo em uma pequena área com controle de luminosidade, temperatura e umidade. A área de cultivo (denominada Farming Box) abordada no desenvolvimento do projeto consiste em uma estrutura com dimensões 60cm x 210cm, subdivididas em três camadas, onde recebe fornecimento de água, luminosidade artificial por leds e são alocados sensores de temperatura e umidade do solo.

Os usuários são capazes de se comunicar com a Farming Box através de uma aplicação móvel para controle do sistema e através de uma aplicação web para monitorar os dados lidos pelos sensores. Os atores da arquitetura se comunicam através de um *web service* que acessa um banco de dados e compartilhar informações, que são parâmetros para a programação do monitoramento, controle e administração do usuário principal. Para estabelecer comunicação entre a aplicação móvel e a Farming Box, os autores utilizaram a nuvem Amazon MQTT Cloud. Em relação ao sensoriamento implantando com o *hardware*, os autores não especificaram quais foram os componentes comerciais empregados.

Para iniciar os testes de validação, os autores plantaram algumas amostras de vegetais na parte interior da Farming box. Dessa forma, o sistema passou a calibrar, coletar dados, controlar e monitorar as atividades realizadas durante uma safra com o período de vinte dias, quando obtiveram resultados de que cultivo foi produtivo. Como avaliação, realizaram pesquisas de *feedback* sobre sistema e funcionamento, com *stakeholders*, agricultores de plantios inteligentes e usuários interessados, onde os resultados também foram satisfatórios em sua maioria.

### **3.1.4 Easy Garden**

O projeto denominado como “Easy Garden” se trata de um sistema para cultivo de hortas caseiras. Já consolidado no mercado, ele oferece um ambiente de plantio em forma de um caixote de madeira, juntamente a um sistema embarcado capaz de realizar funções sensoriais e automotivas (MULLER, 2020). Como o trabalho não foi encontrado em forma de artigo ou qualquer publicação de cunho científico, não foi possível estudar sobre o processo de desenvolvimento e avaliação do produto, portanto é possível considerar apenas aspectos de funcionalidades.

Com a disposição de uma mangueira atrelada ao produto, o sistema realiza irrigação por gotejamento, em horários que são agendados pelo usuário ou mesmo ativados em tempo real. O sensoriamento da umidade do solo é o fator determinante sobre o diagnóstico de rega, também sendo influenciado pela incidência solar que é medida por sensor de luminosidade.

A interação do usuário com sistema é possível através da interface disposta em um aplicativo móvel. Dessa forma, torna-se possível a automação da rega com o controle do nível de água aplicado. Além disso, incluem-se ícones que indicam a temperatura ambiente e o nível de luminosidade. As funcionalidades citadas se caracterizam como pontos positivos do produto, flexibilizando os cuidados básicos que são necessários durante um cultivo. Entretanto, não existem ferramentas didáticas referentes ao sensoriamento, uma vez que os elementos da interface são limitados em ícones.

### **3.1.5 Horta inteligente usando ARDUINO**

O desenvolvimento de sistemas embarcados vem se popularizando como forma de tutoriais e vídeos didáticos nas plataformas de compartilhamento, assim foi encontrado e analisado o presente trabalho relacionado em (JULIA, 2020). Dessa vez, foi possível acompanhar o desenvolvimento do projeto, tanto a nível de codificação quanto de montagem do *hardware*.

Entretanto, a desenvolvedora que apresenta o projeto não dispôs práticas de avaliação com o usuário.

O projeto consiste no agrupamento dos seguintes componentes: sensor higrômetro eletrolítico, *display LCD* e microcontrolador ARDUINO. O desenvolvimento do *firmware* considerou as leituras do sensor com aplicação de uma inteligência que determina se o solo precisa ou não de regas, baseando-se em parâmetros pré-definidos. Com os dados programados e processados pelo microcontrolador, a interface de interação se dá pelo *display*, que por sua vez expõe mensagens diagnósticas de forma descontraída, como por exemplo “Estou com sede”, em casos onde o solo precisa ser regado.

Dessa forma, foi possível identificar alguns pontos positivos, como o baixo custo dos componentes envolvidos, assim como o modelo de interação acessível dado pelas frases no *display*. Entretanto, o projeto é focado apenas em cuidados com o diagnóstico de rega, excluindo outros fatores essenciais para o crescimento saudável de um cultivo.

### **3.1.6 Análise Comparativa: Cultivo sensoreado**

Nesta seção são descritas as principais diferenças e semelhanças entre o trabalho proposto e os relacionados. Algumas características em comum podem ser pontuadas em relação ao que abordam tecnologia destinadas a cultivos, principalmente no que se refere a objetivos sobre os resultados da solução. Todos visam fornecer mais praticidade de monitoramento, além de capturar informações precisas que impactam na qualidade do ciclo vital das plantas. Entretanto, algumas diferenças podem ser citadas, principalmente em relação aos componentes (físicos e digitais) do sistema.

No trabalho de Jamhari *et al.* (2020) a estrutura do sistema se limita a apenas uma técnica de plantação que é a aeroponia, enquanto este suporta cultivos de hortaliças em que as plantas interagem de forma direta ao solo. Além disso, o trabalho relacionado se diferencia em termos de variáveis monitoradas e interface de interação com o usuário. Como o cenário não apresenta solo para o cultivo, não houve a necessidade de utilizar um sensor para ler variáveis desse gênero. Como semelhanças, é possível citar que ambos os trabalhos unem sensores para captação de outros dados do ambiente a uma placa que processa os dados e gera resultados através da implementação de um *firmware*.

Em Kabir *et al.* (2020), objetiva-se a criação de um sistema capaz de operar em áreas de cultivo fechadas. Ambos utilizam sensores que medem umidade do solo do tipo higrômetro

eletrolítico. Sobre diferenças, é possível pontuar que em Kabir *et al.* (2020) não são utilizados as mesmas variáveis de monitoramento, fator este que implica na distinção do conjunto de sensores implementados. Enquanto este trabalho pretende ler dados sobre umidade do solo, temperatura ambiente, e tempo sob luminosidade, Kabir *et al.* (2020) não apresenta a leitura do último, realizando o controle de luzes apenas pela ação de controle oriunda do usuário. Além disso, os dois trabalhos utilizam diferentes interfaces com o usuário, uma vez que os autores relatam o uso de uma aplicação móvel para visualização e manejo de variáveis.

O sistema relatado em Duangban *et al.* (2019) possui grau de controle e monitoramento de cultivo em pequenos espaços fechados. Esse trabalho relacionado e o projeto proposto se assemelham no uso de sensores para o controle de todas as variáveis aqui citadas. Além disso, na arquitetura do sistema de ambos os projetos se apresenta um fluxo de dados em uma estrutura capaz de ser transportada para outras parcelas do sistema, partindo do dispositivo controlador responsável pelo monitoramento e seguindo em direção a um *website*. A principal diferença se dá pelo controle de luzes do ambiente de cultivo, onde os autores buscaram automatizar esse atuador, uma vez que o presente trabalho visa implementar apenas grau de sensoriamento para o fornecimento de informações aos usuários.

O trabalho descrito em Mller (2020) apresenta um sistema de monitoramento de hortas caseiras. Ele apresenta semelhanças com este trabalho uma vez que considera duas importantes práticas de cultivo: rega e tempo de luminosidade. Entretanto, no trabalho relacionado os desenvolvedores implementaram apenas agendamento de irrigação, tornando o usuário independente. Também não aborda o diagnóstico de temperatura ideal para o cultivo. Além disso, se diferencia na interface, uma vez que apresentam apenas um aplicativo capaz de se comunicar com o sistema.

Em Julia (2020), o trabalho consiste em um sistema destinado a hortas inteligentes, assim como nesta monografia. Os dois apresentam semelhanças em relação ao monitoramento de umidade do solo através de um higrômetro eletrolítico. Além disso, os dois utilizam uma placa para processar os dados através de um *firmware* desenvolvido e enviam o diagnóstico de rega para o usuário. Entretanto, se diferenciam pelo fato de que em Julia (2020), o sistema lê apenas a variável de umidade do solo, enquanto este também considera tempo sob luminosidade e temperatura ambiente. Além disso, a interface do sistema é dada por um display LCD que emite mensagens de diagnóstico de rega, enquanto aqui é por meio de voz de uma assistente virtual.

Tabela 3 – Análise comparativa com os trabalhos relacionados

Análise comparativa com os trabalhos relacionados						
Parâmetro	(JAMHARI <i>et al.</i> , 2020)	(KABIR <i>et al.</i> , 2020)	(DUANGBAN <i>et al.</i> , 2019)	(MULLER, 2020)	(JULIA, 2020)	Este
Temperatura ambiente	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim
Umidade do solo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Incidência luminosa	Não precisa	Não	Sim	Sim	Não	Sim
Interface de voz	Não	Não	Não	Não	Não	Sim

Fonte: Desenvolvida pela autora

Com tudo, a análise comparativa entre os trabalhos que abordam cultivo pode ser também visualizada através da Tabela 2. É possível concluir que, dos cinco trabalhos relacionados sobre monitoramento de cultivo, três monitoram temperatura ambiente, todos monitoram umidade do solo e apenas dois monitoram incidência luminosa, sendo que um deles não apresenta a necessidade da leitura dessa última variável devido ao tipo de cultivo. Por fim, nenhum deles utilizam interface de voz para interação com usuário.

### 3.2 Aplicações com interface de voz por assistentes virtuais

#### 3.2.1 *Implementation of Voice Control Interface for Smart Home Automation System*

Os autores em Milivojša *et al.* (2017) abordam que a automação residencial está cada vez mais sujeita a disponibilidade de sensores e dispositivos inteligentes no mercado. Também citam que a maioria dos sistemas existentes interagem com os usuários por meio de aplicações móveis ou na web, ao passo em que surgem as interfaces de comando de voz. Portanto, eles objetivaram construir uma Interface de Comandos por Voz (ICV) destinado a um sistema de automação residencial já existente, visando a compatibilidade com as assistentes virtuais Alexa Amazon e Google Home.

O sistema implementado no projeto foi subdividido em dois grupos: sensores e atuadores. Os sensores são lidos e monitorados pelos usuários a partir dos dados coletados. Os atuadores podem ser controlados remotamente, ocasionando na mudança de estado do dispositivo físico correspondente a esses componentes. A conexão que proporciona a funcionalidade do sistema é baseada em *endpoints* e unidade central de *gateway*.

Na implementação que utilizou os serviços Amazon Alexa Voice, os comandos emitidos pelos usuários são processados na nuvem Alexa. Para que a automação residencial os

possa executar, a plataforma é capaz distinguir na frase a ação a ser tomada das informações sobre o nome do dispositivo e sua localização no ambiente, possibilitando a sua execução. Em contrapartida, a aplicação desenvolvida na plataforma Google Home não foi capaz, no reconhecimento de voz, estruturar o texto de forma a excitar as ações tomadas pela automação residencial. Para corrigir este empecilho, os autores utilizaram um *web service* para implementar um componente capaz de analisar o comando.

Os autores não especificaram como foram os passos de avaliação. Entretanto, alegam que a implementação do VCI usando dois serviços principais de reconhecimento de voz se apresentou de forma funcional no sistema de automação residencial existente. Pode-se citar, como ponto positivo encontrado neste trabalho relacionado, a flexibilidade oferecida ao usuário quanto a escolha da assistente virtual.

Também foi identificado que a implementação realizada pelos autores permite tanto comandos para dispositivos individuais como para grupos deles. Essa aplicação agrega no sentido de que o sistema utiliza palavras-chaves para identificar um conjunto de dispositivos conectados em um mesmo ambiente, isentando o usuário de realizar diversos comandos consecutivos ou de precisar lembrar diferentes nomes. Por fim, o ponto negativo identificado diz respeito à necessidade de implementar um programa capaz de estruturar a frase emitida pelo usuário no uso de uma das plataformas, enquanto a outra já oferece esse serviço.

### ***3.2.2 Alexa, What Should I Eat? : A Personalized Virtual Nutrition Coach for Native American Diabetes Patients Using Amazon's Smart Speaker Technology***

Em Maharjan *et al.* (2019) os autores propõem uma inteligência artificial para guiar usuários diabéticos nativo-americanos em uma dieta condizente com seu tratamento. Para isso, utilizam a assistente virtual Alexa Amazon que interage através de tecnologia com interface de voz, sendo capaz de informar a todo momento dicas de alimentação saudável.

O funcionamento da aplicação procede ao passo em que o usuário realiza algum questionamento destinado a assistente virtual. Dessa forma, o dispositivo converte o comando de voz em texto utilizando as ferramentas ASR e NLU. A informação provinda do usuário é reconhecida através da definição de um *intent* no AWS Lambda, o qual consiste em um valor capaz de invocar a *skill* implementada para a aplicação. Essa interação faz com que o diálogo flua corretamente a partir dos dados coletados.

Com a subscrição dos dados, os autores utilizam um serviço de *back-end* baseado

em ontologia que consiste no tratamento de informações a partir da pré-definição de perfil, conhecimentos locais, dados baseados em interações passadas e informações fundamentadas em artigos e organizações que fornecem diretrizes alimentares e nutricionais no contexto de diabetes. Após serem tratados considerando semanticamente, a plataforma AWS Lambda direciona a resposta em forma de texto para a assistente virtual Alexa que é responsável por transmitir ao usuário.

Para o modelo de interação ser implementado de forma que atenda as necessidades do usuário a partir de informações corretas ao contexto de uso, a *skill* desenvolvida é capaz de tratar erros de software, como *bugs* e exceções, além de erros de compreensão, em que a assistente virtual não consegue mapear respostas corretas e envia sugestão ao usuário para continuar a conversa. Essa correção de erros pode ser vista como um forte ponto positivo, pois enquanto interação por voz, é comum usuários se expressarem de formas diferentes, muitas vezes se baseando na sua vivência pessoal. Um ponto negativo encontrado é que os autores não deixaram claro se a assistente virtual é capaz de atualizar dados sobre os parâmetros corporais e de saúde do usuário de forma automática, em que os parâmetros presentes em um contexto de conversa passada podem não serem informações pré-definidas.

### **3.2.3 Análise Comparativa: Aplicações com interface de voz por assistentes virtuais**

Em Milivojša *et al.* (2017), relata-se o desenvolvimento de uma interface por comando de voz capaz de se comunicar com dispositivos conectados a rede de um sistema residencial. Dessa forma, se assemelha ao projeto proposto em relação ao recebimento de dados capturados pelo sensores e envio aos usuários por meio de uma *skill* da assistente virtual Alexa. Assim como é planejado para o projeto proposto, os autores utilizaram o kit de desenvolvimento para aplicações da assistente virtual, disponibilizado pela empresa Amazon em uma plataforma destinada a desenvolvedores.

Podem-se pontuar as principais diferenças entre este trabalho relacionado e o apresentado nesta monografia. Em relação a aplicação do sistema, enquanto em Milivojša *et al.* (2017) é desenvolvida a IVC dedicada a uma estrutura de automação residencial já existente, sem descrever os componentes utilizados, este trabalho aborda um projeto dedicado para auxiliar no cultivo, abordando componentes específicos que são sensores de umidade, temperatura ambiente, umidade do solo e contração do gás dióxido de carbono. Vale ressaltar que os autores desenvolveram a aplicação para ser também compatível com a assistente Google Assistant, onde

implementar um estruturador de frases que a Amazon já disponibiliza para a Alexa.

O trabalho de Maharjan *et al.* (2019) se relaciona ao projeto proposto pois os dois projetos utilizam a assistente virtual Alexa como interface de interação com o usuário. Ambos desenvolvem uma *skill* que possibilita a troca de mensagens com o objetivo de obter informações precisas e adaptadas ao contexto de dúvidas do usuário.

Para isso, são utilizados métodos de coleta de dados a partir de fontes confiáveis, além do uso de informações baseadas no contexto do usuário. Além disso, a implementação nos dois trabalhos são apresentados métodos para correção de possíveis erros durante a execução no uso da *skill*. A diferença entre os dois trabalhos se dá principalmente pelo cenário de aplicação. Enquanto em Maharjan *et al.* (2019) os autores criaram uma ferramenta de auxílio em dieta para diabéticos, este projeto visou auxiliar os usuários nos cuidados necessário de cultivo caseiro.

## 4 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os detalhes de execução para o desenvolvimento do trabalho proposto. Na seção 4.1 é descrito o processo de **levantamento dos requisitos**, onde seguem as etapas de descoberta, classificação e organização, priorização e especificação. Dessa forma, foram definidos alguns requisitos baseados nas principais funcionalidades de diagnóstico da planta, além de funções de dicas de cultivo e checkagem do dispositivo controlador.

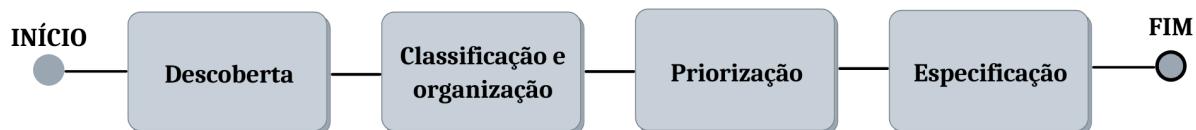
A seção 4.2 apresenta a **modelagem da solução**, onde são descritos os procedimentos relacionados tanto ao *front-end* como *back-end* do sistema. É possível visualizar, portanto, a modelagem de interação com o usuário, além de diagramas UML (referentes ao comportamento do sistema e seus requisitos) e uma máquina de estados com restrição temporal.

A seção 4.3 aborda o **desenvolvimento do protótipo**, que seguiu em quatro etapas: montagem do *hardware*, implementação do *software* embarcado, desenvolvimento da *skill Alexa* e a integração da arquitetura de comunicação.

### 4.1 Levantamento dos Requisitos

Este passo metodológico se relaciona à compreensão sobre o funcionamento do sistema, assim como as possibilidades de uso. Visto isso, foram realizadas a elicitação e análise de requisitos, através de etapas definidas pela engenharia de requisitos no livro “Engenharia de Software” por (PRESSMAN; MAXIM, 2016). Esse processo contou com a compreensão sobre ambiente, contextos de uso e tecnologias disponíveis. Dessa forma, foram seguidos os passos ilustrados na Figura 10, que se listam por: descoberta, classificação e organização, priorização e especificação, descritos a seguir.

Figura 10 – Metodologia de especificação dos requisitos



Fonte: Conteúdo retirado de Pressman e Maxim (2016) e figura desenvolvida pela autora

- **Descoberta:** nessa etapa foram mensurados os requisitos do sistema a partir do estudo sobre cultivo doméstico de hortaliças e tecnologias envolvidas;
- **Classificação e organização:** passo em que os requisitos foram categorizados em funcionais e não funcionais;
- **Priorização:** cada requisito levantado foi categorizado como desejável, importante ou essencial;
- **Especificação:** etapa final da fase de elicitação, em que os requisitos foram documentados.

Para isso, iniciou-se o processo citado através da etapa de descoberta, foi aplicada a técnica etnográfica. “É uma técnica de observação que pode ser usada para compreender os processos operacionais e ajudar a extrair os requisitos de apoio para esses processos” (PRESSMAN; MAXIM, 2016). Dessa forma, foram consideradas as principais informações para um bom cultivo caseiro de hortaliças de acordo com a bibliografia. Além disso, a autora se colocou como usuário para a compreensão das necessidades de uso. Com tudo, a Tabela 4 contém os requisitos levantados, assim como o detalhamento definido a partir das etapas citadas.

Tabela 4 – Requisitos do sistema

Requisito	Categorização	Priorização
Informar se o solo da planta está precisando de rega	Funcional	Essencial
Informar se a temperatura ambiente está ideal ou não para o cultivo	Funcional	Essencial
Informar se a planta já pegou sol o suficiente ou não	Funcional	Essencial
Receber requisições e enviar respostas por interface de voz	Funcional	Essencial
Ter uma boa usabilidade	Funcional	Importante
Disponibilizar menu de funcionalidades	Não-funcional	Importante
Realizar <i>check-up</i> de disponibilidade dos sensores	Não-funcional	Importante
Informar dicas básicas sobre cultivo de hortaliças	Não-funcional	Importante
Fazer avaliação geral da situação da planta	Não-funcional	Importante

Fonte – Desenvolvida pela autora

## 4.2 Modelagem da Solução

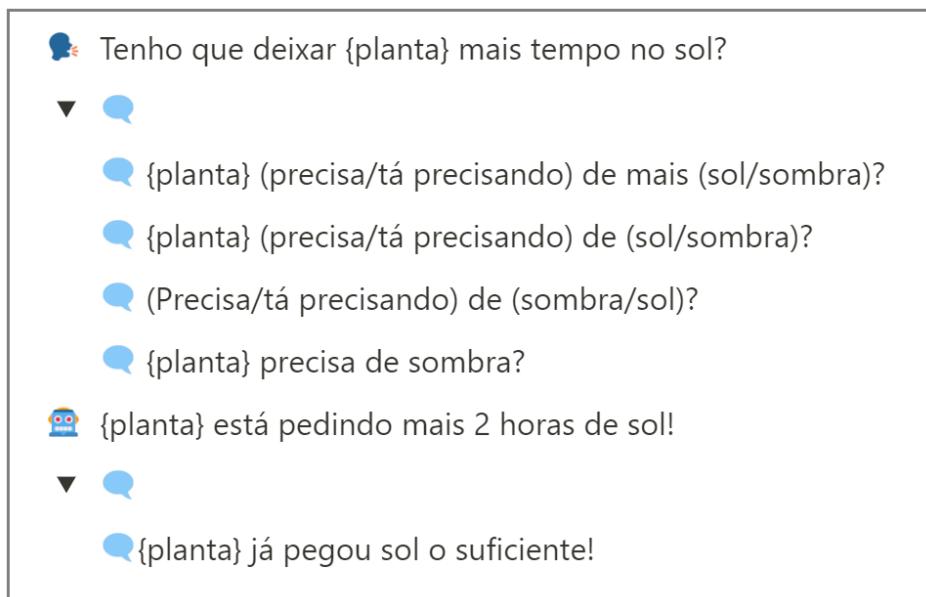
A modelagem do sistema proposto foi realizada em duas partes: interação e arquitetura, onde a primeira consistiu na criação de diálogos entre usuário e sistema e a segunda em diagramas UML e máquina de estados estendida.

O ambiente de modelagem da interação consistiu em caixas de diálogos separadas por possíveis cenários de conversação. Cada caixa foi construída com as principais falas dos atores (usuário e Alexa), além de outras possíveis sentenças. Nesse contexto, um exemplo pode ser visualizado na Figura 11.

A caixa de diálogo mostra uma interação na qual o usuário deseja saber se sua planta precisa receber mais sol e a Alexa responde que são necessárias mais duas horas de sol. Para identificar os atores e suas respectivas falas, o ícone de um avatar falando representou o usuário e o ícone de um robô representou a Alexa. Além disso, os ícones dados por balões contém possíveis variações da frase principal que o sistema também deve conter e reconhecer.

Com o objetivo de estruturar a gramática a ser implementada na solução, as palavras entre chaves significam que podem variar de acordo com o seu tipo. A sintaxe em {planta} representa todos os tipos possíveis de hortaliças que o sistema é capaz de tratar nas funcionalidades. Já as palavras entre parênteses significam diferentes possibilidades na composição da gramática, uma vez que a interação foi modelada de forma a abranger não apenas uma possibilidade padrão na interação e foi utilizada dessa forma para a modelagem não se estender mais do que o necessário.

Figura 11 – Caixa de diálogo entre usuário e Alexa



Fonte: Desenvolvida pela autora

O padrão de criação das possíveis frases de requisição do usuário seguiu memória intuitiva após serem visitados diferentes materiais bibliográficos sobre hortaliças e principais cuidados para um cultivo de qualidade. Foram utilizados termos padrões que com grau de facilidade no entendimento por pessoas leigas em assuntos técnicos sobre cultivo.

Os parâmetros de monitoramento, assim como as informações gerais de cultivo contidas nos diálogos de interação foram extraídos do livro escrito por Makishima *et al.* (1992), disponibilizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Nesse material são abordadas informações específicas para diferentes hortaliças, como: temperatura ambiente

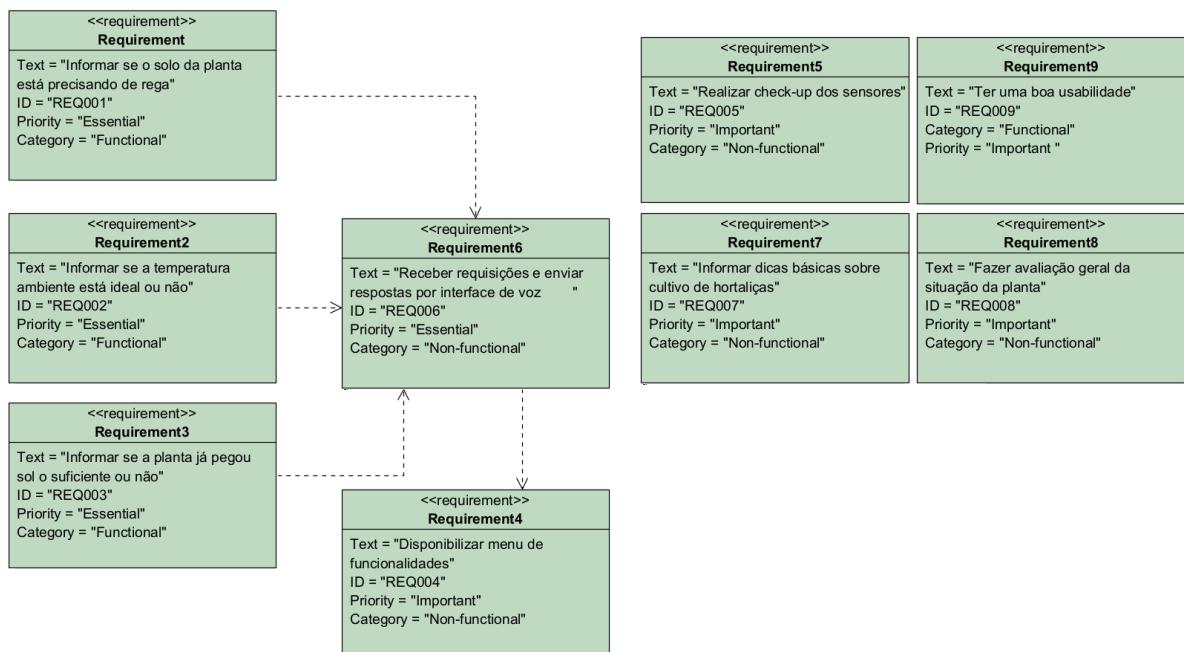
ideal, expectativa de colheita, semeadura, adubação, intervalo entre irrigação, entre outros aspectos.

As frases de resposta da Alexa também seguiram o padrão de criação citado. Além disso, as sentenças foram criadas para se adaptarem a cenários de interação com voltas direcionadas, uma vez que oferece suporte de dúvidas ao usuário durante a sessão de uso. No mais, foi utilizada a documentação disposta pela Amazon na qual aborda práticas de *design* para uma boa experiência do usuário, onde enfatiza que a *skill* deve ser adaptável, pessoal, disponível e identificável. Essas características são descritas abaixo:

- **Adaptável:** o usuário poder falar suas próprias palavras;
- **Pessoal:** cria familiaridade com o usuário através de uma imersão em sua realidade;
- **Disponível:** mantém o diálogo aberto ao usuário de forma que a *skill* apresente menus reduzidos;
- **Identificável:** a interação funciona em forma de conversação e não exatamente através do retorno de textos prontos em todos os momentos;

Após a modelagem de interação, os requisitos especificados foram diagramados, como é possível visualizar através da Figura 12. Nesse cenário, cada requisito recebeu um nome, descrição, priorização e categorização. Ademais, foram correlacionados de acordo com as dependências através de representações por setas.

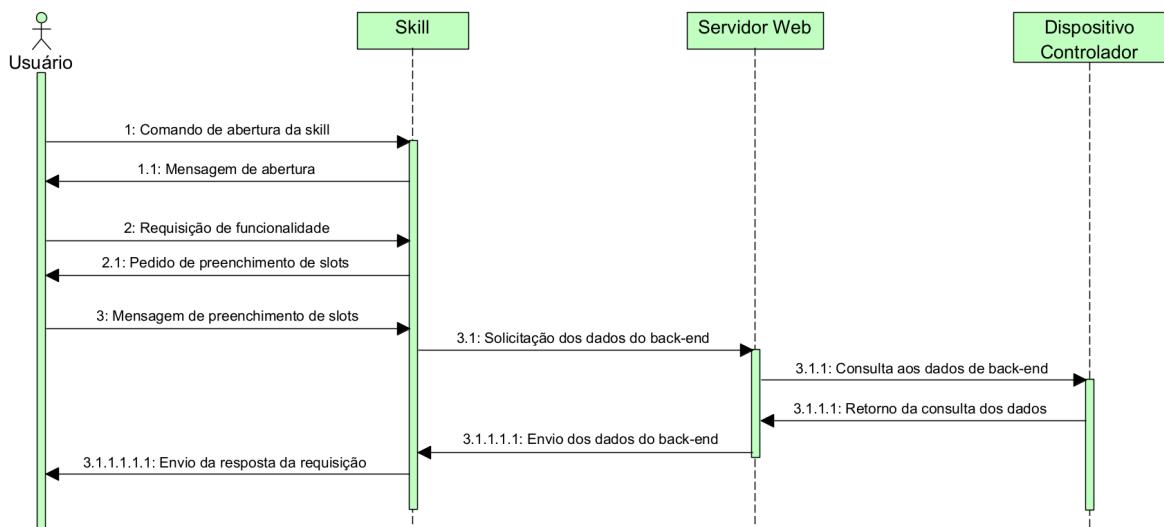
Figura 12 – Modelagem dos requisitos



Fonte: Desenvolvida pela autora

A partir disso, foi possível identificar os aspectos de comportamento esperados do sistema que atendem ao objetivo geral deste trabalho. Para determinar o fluxo de funcionamento do sistema foi criado o diagrama de sequência ilustrado na Figura 13. Esse diagrama apresenta o encadeamento de processos que ocorrem durante o funcionamento do sistema. São especificadas as atividades realizadas em uma sessão de uso de forma temporal, mostrando o relacionamento entre elas, os atores e objetos do sistema.

Figura 13 – Diagrama de sequência



Fonte: Desenvolvida pela autora

A construção do diagrama citado abordou o pior caso possível, onde o usuário envia informações incompletas e a assistente virtual pergunta os *slots* faltantes. Para isso, o modelo é composto pelo ator “Usuário” e pelos objetos “Skill”, “Servidor Web” e “Dispositivo Controlador”, onde cada um possui uma linha de vida referente a sua participação em atividades.

Como ilustra a Figura 13, o usuário inicia a sessão de uso com a frase de ativação referente ao comando de abertura da *skill*, que por sua vez, recebe a primeira mensagem de retorno da assistente virtual. A partir disso, o usuário fala qual a sua requisição de uso. Como se trata do caso em que ele não envia a informação completa, a *skill* solicita os dados faltantes, recebe do usuário e envia solicitação de dados do *back-end* de um servidor *web* responsável por armazenar dados sensoriais.

Uma vez que a *skill* precisa de dados sensoriais, o dispositivo controlador lê o parâmetro solicitado e envia para o servidor *web*, que retorna o valor para *skill*. Feito isso, a *skill* processa a requisição do usuário e envia a resposta para ele.

A partir da delimitação do fluxo de processos e responsabilidades dos objetos que

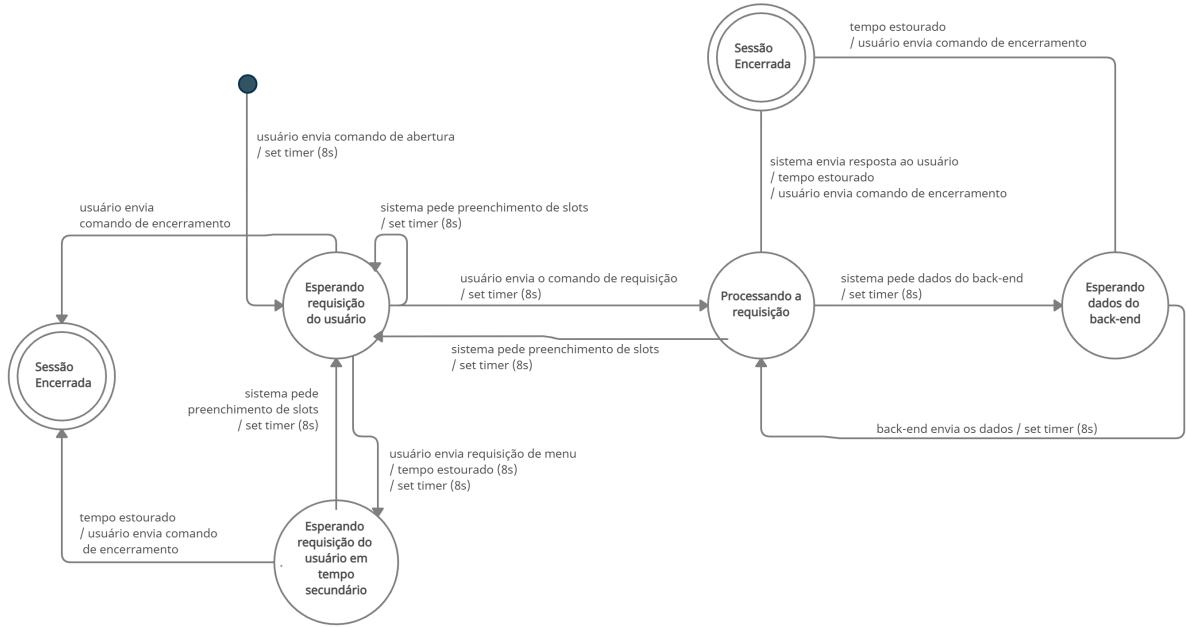
compõem o sistema, uma máquina de estados foi construída para representar os possíveis estados e seus eventos correspondentes, além de validar a futura implementação. Além disso, esta modelagem possibilitou a inclusão de restrições temporais, uma vez que o sistema funciona na base de requisição-resposta e possui um tempo limite entre os estados possíveis pela transição desses dois tipos de evento.

A máquina citada pode ser visualizada através da Figura 14, onde existem cinco possíveis estados para o sistema proposto, que podem ser descritos e explicados abaixo:

- **Sessão encerrada:** é o estado em que o usuário não está usando a *skill* e ela permanece fechada mesmo que o dispositivo Alexa esteja ativo. Na máquina ilustrada, este estado aparece duas vezes por questões de organização da diagramação mas representam como um só;
- **Esperando requisição do usuário:** representa o estado em que a assistente virtual, assim como a *skill*, esperam receber uma requisição do usuário;
- **Esperando requisição do usuário em tempo secundário:** este estado se difere do anterior ao passo em que o usuário não envia a requisição na primeira vez que a assistente virtual solicitar, estourando o tempo limite de oito segundos. “Tempo secundário” significa que é o segundo momento, durante o funcionamento da *skill*, em que o sistema espera uma requisição do usuário, independentemente do evento relacionado;
- **Processando a requisição:** estado em que o sistema executa um conjunto de etapas para tratar o pedido do usuário e formular uma resposta para sua requisição;
- **Esperando dados do back-end:** é o estado em que o sistema aguarda o recebimento de dados sensoriais após uma requisição que necessite dessas informações para serem processadas.

Visto os possíveis estados, é importante ressaltar que o usuário pode encerrar a sessão de uso da *skill* em qualquer momento em que o estado atual não seja o de “Sessão Encerrada”. Além disso, um temporizador de oito segundos é ativado em todos os estados enquanto a sessão estiver ativa, restringindo o prazo de ocorrência dos eventos relacionados. Essa restrição acontece, principalmente, devido à arquitetura padrão da assistente virtual Alexa. Portanto, mesmo que esse *deadline* estoure sem o recebimento da requisição do usuário, o sistema dispõe de uma segunda e última oportunidade, que se dá em tempo secundário.

Figura 14 – Máquina de estados com restrição temporal



Fonte: Desenvolvida pela autora

### 4.3 Desenvolvimento do Sistema

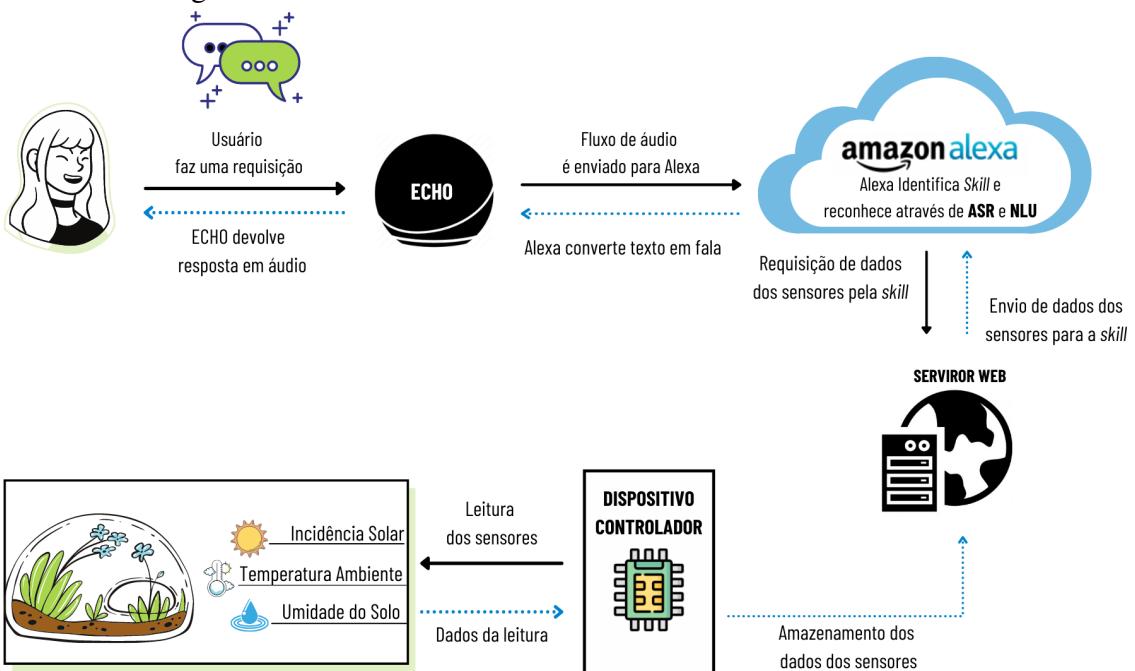
Após a finalização das etapas em que os requisitos foram levantados e o sistema foi modelado, deu-se início ao processo de implementação das parcelas que formam a arquitetura geral da solução proposta. Nesse cenário, a Figura 15 representa a visão geral do sistema desenvolvido.

O usuário se comunica com um dispositivo Alexa, realizando sua requisição de funcionalidade. Dessa forma, o fluxo de áudio é enviado para o serviço de *back-end* que comprehende a intenção e processa a *skill*. Caso sejam necessários dados sensoriais, os mesmos são consultados num servidor *web*, que permanece atualizando os dados de tempo sob incidência solar, taxa de umidade do solo e a temperatura do ambiente, que são lidos e enviados pelo dispositivo controlador. Com tudo, as parcelas e sua comunicação são explicadas nas seções a seguir.

#### 4.3.1 Montagem do dispositivo controlador

A parcela do sistema responsável por efetuar as leituras sensoriais de umidade do solo, luminosidade e temperatura do ambiente referente ao cultivo é denominada por “Dispositivo controlador”, que consiste na junção de três sensores e um microcontrolador. Nesse cenário, os

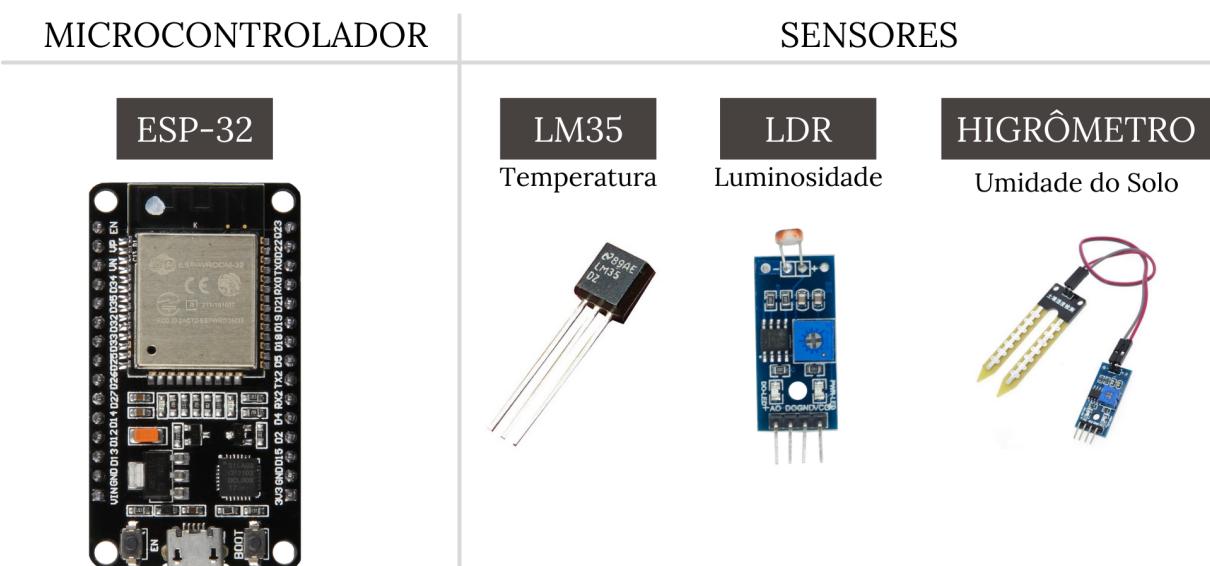
Figura 15 – Visão geral do sistema



Fonte: Desenvolvida pela autora

componentes utilizados podem ser visualizados na Figura 16.

Figura 16 – Componentes do dispositivo controlador



Fonte: Desenvolvida pela autora

A escolha dos sensores para o protótipo proposto seguiu alguns critérios, nos quais o principal se deu pelo baixo custo para que os componentes pudessem ser substituídos facilmente por novos em casos de defeitos de funcionamento. Além disso, também foi considerada a

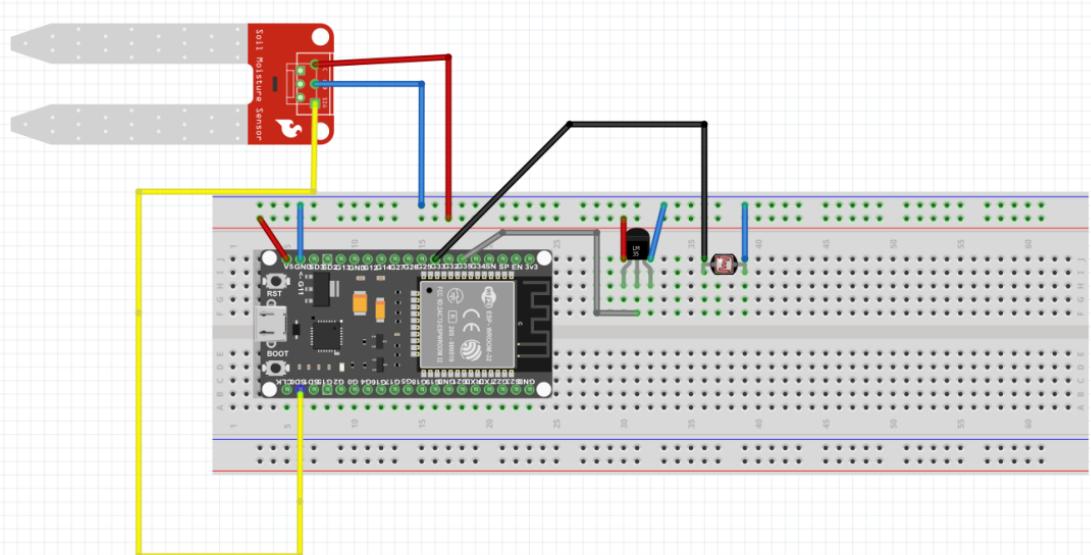
facilidade de programação, assim como a disponibilidade de conteúdo *online* postado por desenvolvedores da comunidade de sistemas embarcados. Portanto, os sensores escolhidos foram: LM35 para ler a temperatura do ambiente, módulo LDR para a luminosidade e um higrômetro eletrolítico para a umidade do solo.

O sensor LDR não possui um tempo de resposta instantâneo, porém esse não é um problema para a solução proposta, uma vez que o parâmetro importante para o sensoreamento será a contagem de tempo que a planta esteve exposta ao sol durante o dia. Isso foi possível através da leitura digital de luminosidade, apesar do componente também prover leitura analógica. Além disso, o sensor possui a sensibilidade ajustável por potenciômetro.

O sensor de umidade higrômetro eletrolítico trabalha com uma tensão de alimentação que varia de 3,3V a 5V. Assim como o LDR, possui a sensibilidade também modificável através do uso de potenciômetro. No contexto da solução, objetivou-se a leitura analógica para a obtenção de diferentes valores referentes ao nível de umidade do solo.

Para o processamento dos dados sensoriais, foi escolhida a placa ESP-32 que já contém um módulo *Wi-Fi*, sendo este o principal motivo da seleção, excluindo assim a necessidade de um componente externo capaz de proporcionar a conectividade com a rede. Além disso, o microcontrolador possui baixo consumo de energia e possui capacidade de fornecer tensão suficiente para os sensores atrelados. Dessa forma, a montagem do circuito referente ao dispositivo controlador pode ser visualizado na ilustração disposta na Figura 17.

Figura 17 – Visão geral do sistema



fritzing

Fonte: Desenvolvida pela autora

O protótipo real pode ser visualizado a partir da Figura 18. Ele foi montado em uma pequena placa identificadora de plantas, na qual as do seu tipo geralmente são aterradas no solo do cultivo para identificar a cultura naquele ambiente, principalmente em épocas em que as mudas são muito pequenas. São bastante utilizadas também para melhorar a organização das hortas.

Dessa forma, o circuito foi montado em uma *protoboard* de 400 pontos, pois o tamanho se assemelha com o da placa indicadora, facilitando a acoplamento a ela. A imagem à esquerda (1) da Figura 18 mostra o verso do protótipo, com os sensores e o microcontrolador utilizado. O sensor de umidade foi acoplado na parte inferior da placa, para ser introduzido ao solo juntamente a ela. O isolamento dos fios foi realizado apenas por questão de organização dos ligamentos.

O sensor de luminosidade se encontra na parte superior direita da *protoboard* e o sensor de temperatura na parte inferior esquerda. Já a imagem à esquerda (2), ainda na Figura 18, mostra a frente do protótipo, onde um *post-it* foi adicionado com a indicação para o cultivo de rúcula, podendo ser retirada ou substituída a qualquer momento. A marcação em preto no sensor de umidade proporciona ao protótipo uma métrica ideal de profundidade ao ser inserido no solo.

Figura 18 – O protótipo



Fonte: Desenvolvida pela autora

A alimentação da placa se deu a partir da conexão USB com o computador em que

a solução estava sendo desenvolvida. Dessa forma, a pinagem disponível na placa serviu para a conexão dos sensores através das portas de entrada e saída. Os sensores foram conectados através de portas compatíveis, variando entre entradas analógica e digital, selecionadas a partir da especificação técnica da ESP-32.

#### **4.3.2 Software Embarcado**

Após a montagem do circuito referente ao *hardware* do dispositivo controlador, o processo de desenvolvimento seguiu com a preparação do ambiente para a implementação do *software* embarcado. Para isso, foi realizado o *download* do Arduino IDE (*Arduino Integrated Development Environment*) para possibilitar o desenvolvimento de um *firmware* compatível com a placa ESP-32.

O *software* foi modularizado em três arquivos. O primeiro, denominado como “main.ino”, é o arquivo principal. Para fazer o microcontrolador se conectar à internet, foi utilizada uma biblioteca já instalada na lib do Arduino, chamada “WiFi.h”. Inicialmente, foram criadas duas variáveis, a primeira referente ao nome da rede *Wi-Fi* do ambiente e a segunda contendo a respectiva senha.

Nesse contexto, foi implementada a função para inicializar a comunicação serial e a comunicação *Wi-Fi*. Inicialmente foi utilizada a função **Wifi.begin()** para conectar à ESP-32, com o uso dos parâmetros referentes ao nome e senha da rede. A partir disso, um *loop* foi implementado para verificar o *status* de comunicação a cada *delay* de 500ms através da utilização da função **Wifi.status()**. A comunicação serial seta os sensores a partir dos números referentes às portas compatíveis, que foram selecionadas a partir da consulta no manual de especificação técnica da ESP-32.

As leituras dos sensores foram implementadas no segundo arquivo denominado como “sensor.ino”. A primeira função foi codificada para realizar a leitura digital do sensor de umidade, a segunda para a leitura análogica do sensor de temperatura e a terceira para leitura digital do sensor de luminosidade. Cada função de leitura recebeu como parâmetro as variáveis que foram setadas no arquivo “main.ino”.

O terceiro e último arquivo “http.ino” contém a implementação da serialização dos dados lidos pelos sensores. Para isso, os dados foram estruturados em formato JSON através da função **serializeJson()** capaz de gerar uma serialização sem espaços em branco ou quebra de linhas entre os valores. O JSON é composto pelo nome do parâmetro seguido de seu respectivo

valor sensorial, como por exemplo, ["temperatura": "30.3"]. A partir disso, foi implementada a rotina de envio dos dados ao servidor que acontece a partir do estabelecimento de conexão detalhado na arquitetura do sistema.

#### 4.3.3 Skill

O primeiro passo para o desenvolvimento da *skill* foi a definição de *intents*. Cada um representa uma funcionalidade do sistema e possui um conjunto de possíveis frases que o usuário pode direcionar à assistente virtual. As frases foram definidas de acordo com os diálogos criados na modelagem de interação. Para cada *intent* foram criados *slots*, que são tipos de informações essenciais para a tomada de decisões da assistente virtual em que podem conter diferentes valores.

A modelagem de interação identificou que seria necessária a criação de dois tipos de *slots*: **planta** e **dica**. O primeiro foi alimentado com diferentes hortaliças, sendo que pimentão e pimentinha foram as duas selecionadas para serem tratadas no protótipo. O segundo *slot* foi configurado com as diferentes dicas: plantar, adubar, regar, cuidar e colher.

Nesse contexto, seguem listados os *intents* criados, além de seus significados e *slots* associados. Cada um recebe “*intent*” atrelado ao nome pois a documentação da Amazon indica que padronizar é uma boa prática.

- **menuIntent:** intenção do usuário relacionada a requisição da funcionalidade de menu com as instruções e possibilidades de uso da *skill*. Não possui *slots* associados. Exemplo: “*Alexa, abrir menu de funcionalidades*”;
- **wateringIntent:** intenção do usuário quando quer receber diagnóstico de rega. Possui um *slot* associado do tipo **planta**, em que a assistente virtual faz o mapeamento da hortaliça relacionada a requisição do usuário. Exemplo: “*Alexa, minha pimentinha está precisando ser regada?*”;
- **sunIntent:** intenção do usuário quando quer receber diagnóstico de tempo sob luminosidade. Também possui um *slot* associado do tipo **planta**, em que a assistente virtual faz o mapeamento da hortaliça relacionada a requisição do usuário. Exemplo: “*Alexa, a pimentinha precisa de mais sol?*”;
- **temperatureIntent:** intenção do usuário quando quer receber diagnóstico de tempo sob luminosidade. Também possui um *slot* associado do tipo **planta**, em que a assistente virtual faz o mapeamento da hortaliça relacionada a requisição do usuário. Exemplo:

*“Alexa, está muito quente para a pimentinha?”;*

- **tipsIntent:** intenção do usuário quando quer receber dicas de como plantar, adubar, regar ou colher. Possui dois *slots* associados, um do tipo **planta** e outro do tipo **dica**, sendo este para o mapeamento de qual categoria de informação o usuário deseja receber, baseada nas opções fornecidas. Exemplo: *“Alexa, quero dicas de como regar.”*;
- **generalDiagnosisIntent:** intenção do usuário quando quer receber diagnóstico geral sobre a saúde e cuidados necessários com uma hortaliça declarada a partir de um *slot* associado do tipo **planta**. Exemplo: *“Alexa, como está a saúde da minha pimentinha?”*;
- **checkIntent:** intenção do usuário quando quer verificar se a assistente virtual está conseguindo capturar os dados sensoriais de umidade do solo, temperatura do ambiente e tempo sob luminosidade. Exemplo: *“Alexa, o sistema está funcionando corretamente?”*;

Além dos *intents* citados foi utilizado outro que já veio pré-programado no ambiente de desenvolvimento. Este é de cancelamento, o qual é utilizado para casos em que o usuário deseje encerrar a sessão da *skill*.

Após a alimentação dos *intents* com possíveis frases dos usuários e a criação dos *slots* citados, foi possível construir o escopo do código que trataria as funcionalidades do sistema. Cada *intent* foi relacionado a uma função criada com o objetivo de implementar a solução para cada requisição do usuário. Dessa forma, seguem as funções criadas e a lógica adotada para o tratamento da solução. A nível de protótipo, a codificação abarcou apenas duas possibilidades de hortaliças: pimentinha e pimentão.

- **menuIntentHandler:** retorna uma mensagem contendo as três funcionalidades da *skill*, além de alguns exemplo de como o usuário pode falar para ativar o *intent* referente;
- **wateringIntentHandler:** a função verifica qual o valor do *slot* do tipo **planta** para identificar qual a hortaliça do contexto do diálogo. A partir disso, o dado sensorial referente a umidade do solo é acessado e comparado com alguns valores padrões. A partir do resultado da comparação é retornada uma mensagem ao usuário, contendo um diagnóstico que diz que se precisa ou não de rega naquele momento. Exemplo: *“Estou vendo que o solo de pimentinha precisa de um pouco de rega.”*;
- **sunIntentHandler:** a função verifica qual o valor do *slot* do tipo **planta** para identificar qual a hortaliça do contexto do diálogo. A partir disso, o dado sensorial referente ao tempo sob luminosidade é acessado e comparado com alguns valores padrões. A partir do resultado da comparação é retornada uma mensagem ao usuário, contendo um diagnóstico

que diz que se a hortaliça precisa receber sol ou já recebeu o suficiente. Exemplo: “*Pimentinha ainda precisa passar 2 horas no sol.*”;

- **temperatureIntentHandler:** a função verifica qual o valor do *slot* do tipo **planta** para identificar qual a hortaliça do contexto do diálogo. A partir disso, o dado sensorial referente ao temperatura do ambiente é acessado e comparado com alguns valores padrões. A partir do resultado da comparação é retornada uma mensagem ao usuário, contendo um diagnóstico que diz que se a temperatura do ambiente está abaixo, acima ou ideal para o bom crescimento da planta. Além disso, informa em quantos graus está discrepante da temperatura ideal. Exemplo: “*Está fazendo 2°C mais frio do que a temperatura ideal para Pimentinha.*”;
- **tipsIntentHandler:** a função verifica os valores dos *slots* do tipo **planta** e do tipo **dica**. A partir disso, é retornada uma mensagem com a dica desejada especificamente para a hortaliça requerida. Exemplo: “*Pimentinhas podem ser colhidas verdes ou maduros, cerca de 100 a 120 dias depois da semeadura.*”;
- **generalDiagnosisIntentHandler:** a função faz o mapeamento dos diagnósticos implementados em **regalIntentHandler**, **solIntentHandler** e **temperaturaIntentHandler**. Se for detectada alguma necessidade de cuidado, a função retorna uma mensagem indicando de qual se trata. Exemplo: “*Está tudo bem com Pimentinha. Não é preciso cuidados neste momento.*”;
- **checkIntentHandler:** a função verifica se os valores sensoriais são nulos ou não. Se forem, retorna uma mensagem de erro informando de quais sensores *skill* não está conseguindo acessar os valores. Exemplo: “*Estou com problemas para olhar a temperatura. Por favor, retire o sistema da tomada e ligue novamente. Se mesmo assim não funcionar, procure ajuda de um profissional.*”

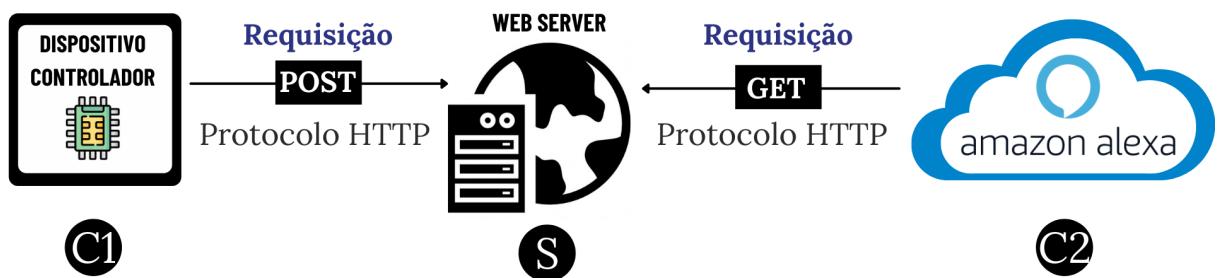
Vale ressaltar que das funções implementadas para compor a solução proposta, foram utilizados alguns tratadores padrões, pré-programados pela plataforma de desenvolvimento, destinados para casos em que o usuário solicite o fechamento da sessão de uso da *skill* ou ocorra um erro de funcionamento.

#### **4.3.4 Arquitetura de comunicação**

Para que as diferentes partes do sistema pudessem ser integradas para executar as funcionalidades propostas, a arquitetura de comunicação do sistema foi definida seguindo o

modelo de cliente-servidor (CS). Nesse cenário, os clientes se caracterizam pelas partes que realizam requisições, sendo os servidores as outras que respondem com dados apropriados em algum formato ou armazenam os dados enviados pelos clientes. Dessa forma, a ilustração disposta na Figura 19 apresenta a organização correspondente a comunicação do sistema proposta, baseada nas definições de modelagem.

Figura 19 – Estrutura de comunicação CS



Fonte: Desenvolvida pela autora

Na figura, existem dois clientes que são representados por dois **C1** e **C2** responsáveis pelo envio e requisição dos dados sensoriais, além de um servidor responsável por armazenar esses dados e atuar como ponte de acesso entre os dois clientes citados. A comunicação utilizou o protocolo HTTP para possibilitar a relação de envio e armazenamento de dados.

O cliente **C1** consiste no dispositivo controlador, o qual realiza as leituras sensoriais destinadas ao tratamento de dados do monitoramento que é realizado na *skill*. Essa parcela do sistema foi assim categorizada pois realiza uma requisição de armazenamento dos dados em um servidor. Dessa forma, o dispositivo controlador foi implementado para utilizar o método de requisição do tipo POST, que é capaz de enviar os dados empacotados no formato JSON através de uma solicitação de armazenamento.

O servidor *web* consiste em uma aplicação em Node.JS que foi implementada para receber e armazenar os dados enviados pelo dispositivo controlador e disponibilizar para o acesso de outros clientes. Para isso, foi instanciado em uma máquina virtual Ubuntu na plataforma

Amazon Elastic Compute Cloud (EC2), que é uma parte central da plataforma Amazon Web (AWS) na qual permite que os usuários contratem máquinas virtuais para compor suas próprias aplicações. Dessa forma, foi atribuído um endereço IPV4 para possibilitar acesso por outras parcelas do sistema durante o estabelecimento de conexão a partir do protocolo HTTP.

Além da função de armazenar os dados sensoriais, também foi implementada no servidor uma função capaz de calcular o tempo em que a planta sensoreada passou sob luminosidade no sol. Essa prática foi necessária pois a luminosidade do sistema de monitoramento foi implementada para ser obtida através de leitura digital. Dessa forma, o tempo é calculado com base do dado de luminosidade contido na estrutura JSON que indica incidência. Como o servidor atualiza em cada recebimento de requisição de armazenamento, seria inviável receber a contagem já realizada pelo dispositivo controlador.

Para o cliente **C1** enviar os dados através da requisição POST, inicialmente foi estabelecida a comunicação através da função **http.begin()** tendo como parâmetro o endereço IPV4 do servidor com a porta e o endereço de armazenamento. Após isso, a função **http.addHead()** é chamada com o parâmetro de *content type* referente ao JSON. Com as informações de comunicação estabelecidas, a função **http.POST()** com o parâmetro dos dados serializados foi chamada para envia-los ao servidor.

O Cliente **C2** é o serviço da Alexa que contém a *skill* desenvolvida para atuar como a aplicação e prover a interface de voz pela assistente virtual. Essa aplicação precisa ter acesso aos dados sensoriais uma vez que os mesmos são os principais parâmetros de comparação para a formação dos resultados das funcionalidades de monitoramento. Visto isso, nas funções que requerem dados sensoriais foi utilizado o método de requisição do tipo GET para solicitar os dados armazenados no servidor.

Cada solicitação que envolva dados sensoriais é capaz de obter os referidos valores através da chave correspondente na estrutura JSON. Dessa forma, para a *skill* consultar o dado o valor exato da temperatura lida pelo sensor LM35, foi implementada uma solicitação a “data.temp”, uma vez que “temp” é o nome da chave. Para isso, uma requisição do tipo GET é realizada a partir do IPV4 do servidor *web*.

Com tudo, o sistema se comunica através da rede, proporcionando o usuário uma interação a partir de qualquer lugar por seus dispositivos Alexa que tenham a *skill* ativada. Esse cenário pode ser representado pela Figura 20, onde o usuário pode se comunicar com o dispositivo Echo que está localizado em um dos quartos da casa, enquanto a aplicação funciona

remotamente, com o dispositivo controlador realizando o monitoramento do cultivo de rúculas no quintal.

Figura 20 – Protótipo em ambientes remotos

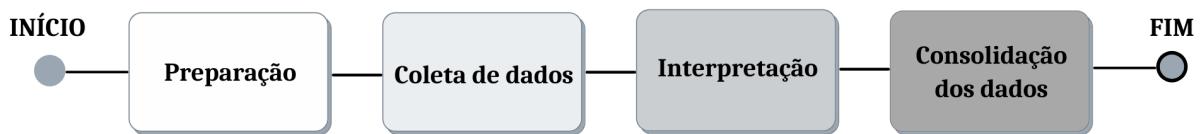


Fonte: Desenvolvida pela autora

## 5 AVALIAÇÃO DO SISTEMA

”Nas perspectivas de quem concebe e de quem utiliza um sistema interativo, a avaliação tem por objetivo principal verificar se o sistema apoia adequadamente os usuários a atingirem seus objetivos em um contexto de uso“ (BARBOSA *et al.*, 2021).

Figura 21 – Etapas da avaliação do protótipo



Fonte: Conteúdo de Barbosa *et al.* (2021) e figura desenvolvida pela autora

Para investigar aspectos quanto ao uso do sistema proposto, assim como tópicos sobre sua integridade, a avaliação seguiu com a utilização do método teste de observação seguido de entrevista. “Os métodos de observação permitem ao avaliador coletar dados sobre situações em que os participantes realizam suas atividades, com ou sem apoio de tecnologia computacional” (BARBOSA *et al.*, 2021). Dessa forma, as etapas desse processo foram baseadas na bibliografia da autora citada, as quais podem ser visualizadas a partir da Figura 21 e são descritas neste capítulo.

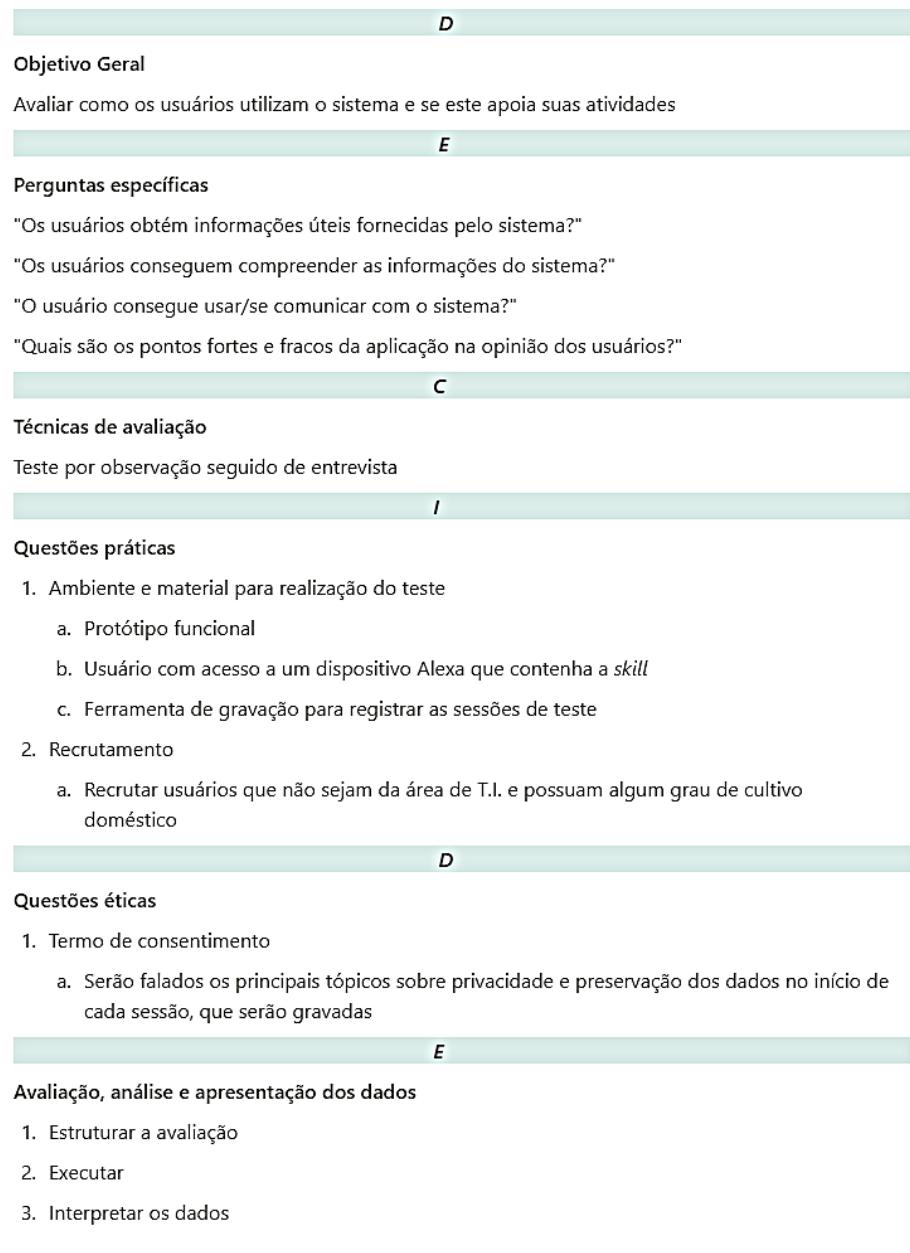
### 5.1 Preparação

A primeira etapa da avaliação consistiu em todo o processo de planejamento que foi desenvolvido a partir de um *template* adequado no aplicativo Notion. O ambiente desenvolvido é capaz de abranger as informações necessárias para essa etapa, uma vez que contém páginas específicas e tabelas dedicadas.

A partir disso, as principais questões importantes para a avaliação do sistema foram definidas e estruturadas no *framework* D.E.C.I.D.E., com o objetivo de associar os objetivos, recursos e dados disponíveis, no qual pode ser visualizado a partir da Figura 22. É possível

observar, inicialmente, que o objetivo geral consiste em avaliar o modo em que os usuários utilizam o sistema e se este apoia suas atividades. Além disso, verificar se a interface do protótipo, assim como a comunicação entre os componentes do sistema, suporta a modelagem de interação definida.

Figura 22 – Planejamento da avaliação: *framework D.E.C.I.D.E.*



Fonte: Desenvolvida pela autora

Dessa forma, cinco perguntas específicas foram definidas para guiar a busca pelo objetivo geral. Em “*Os usuários obtêm informações úteis fornecidas pelo sistema?*”, buscou-se resultados sobre a relação de possível uso dos usuários no dia-a-dia, assim como descobrir possíveis novos requisitos. As duas frases seguintes, descritas por “*Os usuários conseguem*

*compreender as informações do sistema?” e “O usuário consegue usar/se comunicar com o sistema?”,* objetivaram verificar se a linguagem utilizada no diálogo é acessível para o usuário, assim como a capacidade do sistema de responder corretamente as requisições de funcionalidade.

Por fim, a última pergunta consistiu em *“Quais são os pontos fortes e fracos da aplicação na opinião dos usuários?”*, na qual guia a busca pela opinião dos usuários após o uso do protótipo. Essa questão objetivou coletar as principais dificuldades encontradas, assim como as funcionalidades mais atrativas. Além disso, também abrir a possibilidade para coletar possíveis novos requisitos.

Apesar da metodologia descrita neste trabalho já ter previsto que o melhor método de avaliação seria um teste de observação seguido de entrevista, as definições relacionadas aos objetivos confirmaram essa decisão. Nesse contexto, também foi considerada a impossibilidade de interações presenciais provocada pela pandemia da COVID-19. Portanto, definiu-se que as sessões de testes com os usuários seriam de forma *online*.

As questões práticas para possibilitar os testes consistiram na definição do ambiente e materiais para realização do teste, além do recrutamento dos usuários voluntários. Dessa forma, viu-se que seria necessária a última versão funcional do protótipo, uma ferramenta de gravação de tela, além de dispositivos Alexa disponíveis para os usuários utilizarem durante as sessões.

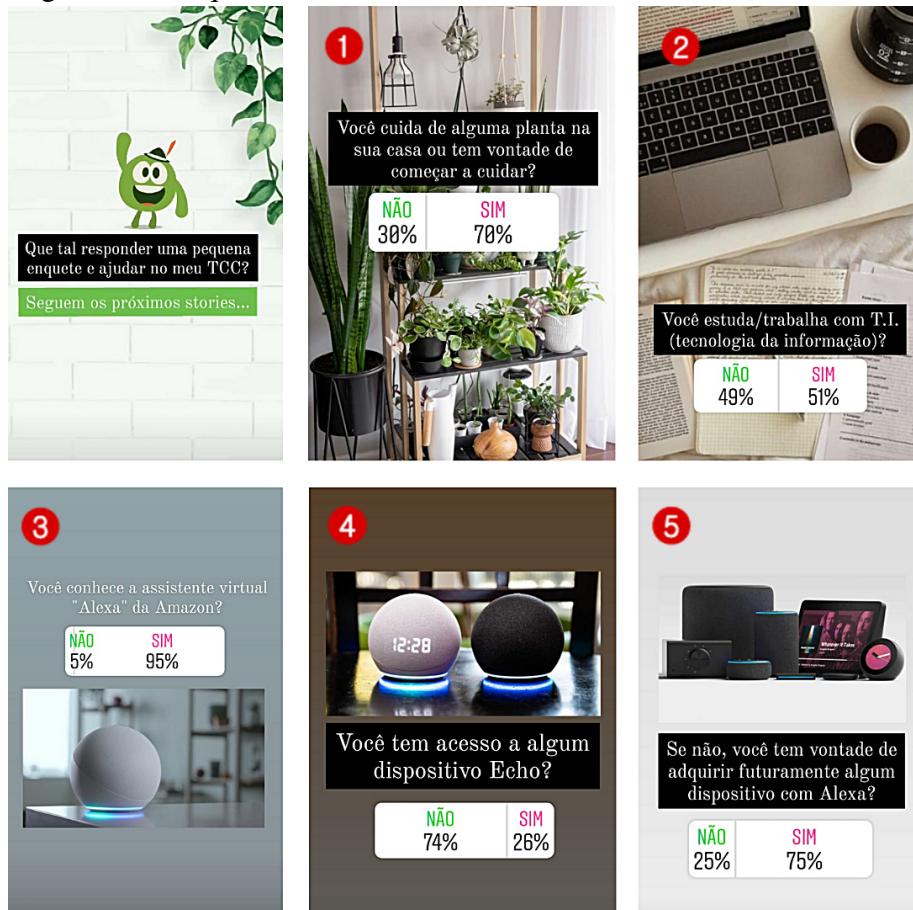
Para realizar a fase de recrutamento, primeiramente foi definido o perfil dos usuário. A primeira característica consiste em não atuar na área de tecnologia da informação (como estudo ou trabalho), fator este decidido para não enviesar os resultados de uso por pessoas que possuem conhecimento técnico sobre a lógica do funcionamento interno de sistemas, com riscos de deixar invisíveis erros sobre a modelagem de interação da interface. Além disso, deveriam possuir algum grau de cultivo doméstico e o costume de utilizar algum dispositivo Alexa, pois seriam esses os possíveis usuários do sistema proposto.

A descoberta de possíveis participantes dos testes se deu a partir de uma enquete realizada em *stories* da rede social *instagram*, no perfil da autora, na qual consistiu em cinco perguntas com duas possíveis respostas dadas por “sim” ou “não”. A enquete pode ser visualizada a partir da Figura 23, através de cinco perguntas que são descritas abaixo:

- **PE1:** “Você cuida de alguma planta na sua casa ou tem vontade de começar a cuidar?”
- **PE2:** “Você estuda/trabalha com T.I. (tecnologia da informação)?”
- **PE3:** “Você conhece a assistente virtual Alexa da Amazon?”
- **PE4:** “Você tem acesso a algum dispositivo Echo?”

- PE5: “Se não, você tem vontade de adquirir futuramente algum dispositivo Alexa?”

Figura 23 – Enquete de recrutamento



Fonte: Desenvolvida pela autora

Cada *storie* continha uma pergunta, onde as pessoas podiam ou não responde-la. Dessa forma, o número de participantes de cada *storie* foi diferente, ainda que aproximado. Para definir um número de participantes na enquete, foi calculada a média aritmética da quantidade de pessoas que responderam cada *storie*. A partir disso, obteve-se que a pesquisa recebeu respostas de em média 224 participantes. Em **PE1**, 70% dos participantes afirmaram cuidar de plantas em casa ou preveem essa prática. Na pergunta **PE2** foi obtido que 51% estuda ou trabalha com tecnologia da informação. **PE3** mostrou que 95% dos participantes conhecem a assistente virtual Alexa e **PE4** que apenas 26% têm acesso a algum dispositivo com Alexa. Por fim, 75% dos participantes afirmaram que desejam adquirir futuramente algum desses dispositivos.

A partir desses dados, foram observados os participantes que responderam “Sim” para **PE1**, “Não” para **PE2** e “Sim” para **PE4**. Essas três respostas foram as principais pois correspondem ao perfil do usuário definido no início do planejamento da avaliação. Dessa forma, os quatro primeiros participantes que atenderam a esses critérios receberam um convite por

mensagem de texto na rede social, que logo responderam com o aceite positivo.

Com isso, foi possível organizar o perfil dos usuários no ambiente de planejamento da avaliação. A Figura 24 mostra as informações relevantes sobre os voluntários da pesquisa. A primeira coluna contém as nomenclatura **U1, U2, U3 e U4**, referentes aos participantes. Na Figura 24, a coluna de “Andamento” contém todos os campos preenchidos com “testado” pois representa o *status* atual do teste de observação, nos quais poderiam ser anteriormente “aguardando confirmação” ou “agendado”. Por fim, o planejamento também contou com o agendamento da sessão, de acordo com a disponibilidade do usuário, no qual foi preenchido na coluna “Data”.

As demais colunas da Figura 24 foram preenchidas após as sessões de teste com os usuários. Em relação ao grau de afinidade com cultivo doméstico, a terceira coluna classificou cada usuário em **baixo, médio** ou **alto**. Os critérios considerados são descritos abaixo:

- **Baixo:** o usuário é totalmente leigo em conhecimento sobre cultivo. Os únicos cuidados que conhecem são necessidade de rega e sol, porém ainda não sabe como medir as variáveis envolvidas, como quantidade de água e tempo sol a incidência solar
- **Médio:** além dos principais cuidados, conhece outros dicas importantes para um cultivo de qualidade. Tem noção das variáveis envolvidas, além de sempre procurar novidades para implementar na sua rotina.
- **Alto:** costuma observar mais que as principais variáveis envolvidas. Conhece sobre adubação, nutrientes, poda, pragas, entre outros fatores. Consegue perceber a necessidade de suas plantas e busca aprender cada vez mais.

A área de atuação foi demarcada ao longo da quarta coluna, como forma de registrar que os usuários não estudam ou trabalham com tecnologia da informação. A próxima define o dispositivo com Alexa que o participante utilizou durante o teste, onde dois utilizaram tanto o aplicativo Alexa como um dispositivo Echo e os outros dois apenas o dispositivo Echo.

Além disso, também foi delimitado o nível de uso dessa tecnologias. Cada usuário recebe uma das categoriais que são descritas abaixo:

- **iniciante:** utiliza apenas funções básicas;
- **curioso:** além das funções básicas, utiliza uma ou duas *skills* para entretenimento ou necessidades do cotidiano, geralmente as mais famosas;
- **explorador:** constantemente explora as novidades dispostas na loja de *skills* da Amazon e as experimenta;

Figura 24 – Perfil dos usuários

👤 Perfil do usuário

👤 Usuários	⌚ Andamento	⌚ Cultivo doméstico	💻 Profissão (área)	💻 Dispositivo	👤 Categoria (Usuário Alexa)	📅 Data
👤 U1	Testado	Baixo	Saúde	Celular e ECHO	Iniciante	June 30, 2021
👤 U2	Testado	Médio	Direito	ECHO	Explorador	June 30, 2021
👤 U3	Testado	Médio	Ciências Sociais	Celular e ECHO	Curioso	June 24, 2021
👤 U4	Testado	Alto	Educação (Letras)	ECHO	Iniciante	June 26, 2021

Fonte: Desenvolvida pela autora

Para que os usuários pudessem utilizar a aplicação em seus próprios dispositivos, foi criado um *e-mail* dedicado ao projeto. Como a aplicação ainda não foi disponibilizada na loja *online* e ainda se encontra em fase de desenvolvimento, a conta utilizada na plataforma de implementação da Amazon foi vinculada a esse *e-mail* criado. Com isso, os usuários puderam apenas efetuar o *login* com o *e-mail* em seu aplicativo Alexa para possibilitar a sincronização com seus dispositivos Echo.

Para guiar os testes com os usuários, foi construído um roteiro composto por três etapas: pré-teste, teste com as funções do sistema e entrevista pós-teste. A primeira com leitura do termo de consentimento e perguntas sobre o perfil do participante, a segunda com atividades sobre o uso das funcionalidades do sistema, e a última com perguntas intencionadas a receber o *feedback* do usuário.

Para validar o roteiro criado, foi realizado um teste piloto. As frases planejadas de acordo com as etapas foram verificadas, assim como foram definidos alguns modos de extrair a informação do usuário. A partir disso, viu-se que seria necessário um segundo teste piloto, pois o primeiro não consistiu na simulação de uma real sessão com o usuário e sim na verificação das atividades definidas.

Dessa forma, o roteiro foi seguido através da simulação de como seria exatamente as sessões de teste com os usuários. O resultado final do piloto foi satisfatório, foram recebidos apenas alguns *feedbacks* sobre como conduzir a conversa de forma natural e envolvente. Além disso, a avaliadora obteve aprendizado sobre como explorar melhor a possibilidade de coletar dados a partir da entrevista não-estruturada, onde os usuários não ficam presos a formas padrões de respostas. Viu-se que seria interessante explorar bem o contexto de cultivo, pois se trata de um cenário afetivo na vida dos participantes. Além disso, seria essencial abrir mais espaço para os usuários falarem suas necessidades a partir do uso do sistema.

Essa análise incrementou no planejamento dos testes pois a partir desse modelo, foi possível observar mais detalhes que serão descritos na etapa de consolidação dos dados. A

partir disso, o trabalho seguiu com a realização dos testes com o usuários de acordo com o agendamento, no qual será descrito na próxima seção.

## 5.2 Coleta de Dados

A segunda etapa ocorreu a partir da aplicação de um pequeno questionário com o intuito de registrar algumas características sobre o usuário. Algumas delas podem ser ditas por idade, nível de contato com tecnologia (além de assistentes virtuais), grau de conhecimentos sobre cuidados durante cultivo e relação com plantas. Objetivou-se que as informações coletadas fossem utilizadas durante a fase de análise dos resultados.

As sessões de teste com os usuários foram realizadas através da plataforma Google Meet, durante três momentos: pré-teste, sessão de teste e entrevista pós-teste. Como o encontro não aconteceu de forma presencial, a autora dispôs o protótipo funcional operando no cultivo artificial de uma pimentinha. O cenário foi montado com o intuito de simular, partindo do usuário, cuidados com a hortaliça. Para proporcionar a interação de voz com o sistema a partir dos próprios dispositivos Alexa, os usuários efetuaram *login* em seus aplicativos Alexa com o *e-mail* que contém a *skill* referente ao trabalho proposto. Dessa forma, puderam sincronizar com seus dispositivos e utilizar a aplicação de forma remota.

Durante a primeira fase da pesquisa, além da preparação do ambiente, também foi lido o termo de consentimento que solicitava a gravação da sessão e abordava questões de confidencialidade. Além disso, os usuários foram orientados a tirar dúvidas a qualquer momento ou abandonar a participação na pesquisa caso fosse necessário ou requerido. A partir dos aceites, foram coletados os dados sobre o perfil dos participantes, seguindo os critérios definidos na etapa de preparação.

Com o pré-teste finalizado, as entrevistas seguiram com as sessões de uso. Nesse cenário, os usuários realizaram seis tarefas de interação com a assistente virtual Alexa:

- **T1** (Diagnóstico geral): consultar sobre a saúde da planta, onde os parâmetros de rega, temperatura e luminosidade são verificados a partir de uma interação;
- **T2** (Diagnóstico de rega): verificar a necessidade de regar a pimentinha;
- **T3** (Diagnóstico de temperatura): verificar se a temperatura estava ideal para pimentinha;
- **T4** (Diagnóstico de luminosidade): consultar sobre a necessidade ou não de exposição ao sol;
- **T5** (Dicas): pedir uma dica de como regar;

- **T6** (Verificação do sistema): verificar se os sensores estão lendo as variáveis.

### 5.3 Interpretação

O usuário **U1**, que é profissional da saúde e possui **baixo** relacionamento com cultivo alegou que já tentou cultivar algumas plantas em casa, porém não conseguiu ter cuidados o suficiente. Apesar disso, tem vontade de adquirir novas mudas e aprender sobre como cultivar de forma correta. “*Com relação às plantas, eu tenho poucas mas eu não sou uma boa cuidadora. Eu quero aprender a cuidar mais, sabe? Porque as que já tentei acabei matando.*”, disse.

**U1** utiliza a assistente virtual Alexa através de um dispositivo Echo dot de 4º geração para funcionalidades básicas, como música, lembretes e alarmes. Dessa forma, foram orientados ao participante alguns comandos padrões para abertura e uso de *skills*, como “Alexa, abrir minha *skill*”. Conhece as aplicações que integram luzes inteligentes pois já viu um amigo utilizando em sua casa. Apesar de não possuir, relatou que possui bastante vontade.

O participante **U2** atua na área de ciências sociais, ama plantas e atualmente cuida de aproximadamente 15. Possui conhecimento sobre rega, adubação e nutrientes, nos quais aprendeu pesquisando na internet e com pessoas da família. No dia-a-dia, o companheiro ajuda bastante, principalmente com relação às regas. Em relação ao uso da Alexa, **U2** utiliza dispositivo Echo dot de 3º geração, tanto para funções de jogos como para funcionalidades simples: “*A gente aqui em casa jogava bastante, Akinator, outras coisas... mas hoje em dia é mais pra coisas simples, tipo música e alarme*”. Apesar de não possuir, também conhece as aplicações de casas inteligentes. Não apresentou muito entusiasmo em adquirir futuramente mas acha bastante interessante.

O usuário **U3** tem bastante vontade de fazer uma horta em casa. Atualmente, cuida de plantas que exigem pouca atenção, geralmente algumas flores. No cotidiano, é a esposa quem mais toma cuidados pois o usuário passa o dia fora trabalhando. Já construiu um ambiente horizontal de *pallets* para uma horta com coentro, cebolinha, entre outras hortaliças as quais acabaram morrendo pois o usuário não possuía tempo suficiente disponível para se dedicar aos detalhes.

Ao contrário de todos os relatos, **U3** se declara um **explorador**, pois gosta de descobrir e experimentar todas as *skills* disponíveis para a assistente virtual Alexa. Diariamente ouve notícias, marca lembretes, alarmes, mas também costuma buscar jogos e outros tipos de aplicações no site da Amazon: “*As skills mais diferentes eu vou testando!*”, disse. Também

utiliza uma aplicação chamada Drop-in, na qual o permite fazer ligações de áudio entre seu celular e o Echo Dot para conversar com sua esposa. Além disso, relatou que futuramente pretende automatizar a sua casa com as tomadas inteligentes compatíveis com os dispositivos Alexa.

O último participante **U4** possui alto nível de relacionamento com cultivo. Durante o pré-teste, relatou ter relacionamento íntimo com plantas desde criança, já que cresceu em sítio e aprendeu muitas coisas com seu pai que é agricultar, como adubação, verificação e eliminação de pragas, produção de venenos caseiros, replantio, entre outros cuidados específicos. Em sua antiga casa, cultivava manjericão, coentro, cebolinha, entre outras hortaliças, onde dedicava bastante porque tinha tempo livre.

Ao mudar de realidade, **U4** acabou deixando algumas plantas morrerem pois não estava frequentemente disponível para proporcionar os cuidados específicos. Atualmente, cuida de algumas plantas que não exigem tanta atenção e gosta bastante de flores. Os únicos cuidados possíveis, devido ao tempo disponível, são relacionados a adubação caseira com cascas de ovos, além da verificação de tempo de sol e necessidade de rega.

Em relação ao uso da Alexa, o usuário **U4** afirma que utiliza as funções mais comuns, como alarmes, lembretes e música. “*Uso muito para timer na cozinha. Alexa fica na sala de jantar então dá certo. Para mim foi maravilhoso pois não precisa estar olhando e ela avisa.*”, disse. O usuário afirma conhecer algumas aplicações de casa inteligente e ter desejo de utilizar em casa.

As tarefas apresentadas na etapa da coleta de dados correspondem às principais funcionalidades do sistema. Dessa forma, é possível descrever o comportamento observado por tarefa, mostrando as informações relacionadas a cada um dos quatro usuários. Em **T1**, o usuário **U1** conseguiu realizar a tarefa na primeira interação. Os demais usuários alcançaram o resultado esperado só após a segunda tentativa.

Essas falhas recorreram pois os usuários **U2**, **U3** e **U4** não pronunciaram o nome correto da planta utilizada no cenário dos testes. Ao invés de perguntarem sobre a saúde de “pimentinha”, chamaram de “pimenta” e “pimenteira”, logo a assistente virtual não conseguiu realizar no protótipo o mapeando das nomenclaturas citadas. Dessa forma, repetiram a mesma sentença apenas mudando o nome da planta, resultando na resposta esperada.

Em relação a **T2**, apenas o participante **U1** conseguiu obter a resposta e em apenas uma interação. Os demais usuários realizaram duas tentativas e mesmo assim a Alexa não retornou a

resposta correta para a solicitação pedida. Nessas requisições que falharam, a assistente virtual respondeu sobre o diagnóstico geral, quando na verdade era solicitado apenas o de regas. A partir disso, foi identificado uma falha na modelagem de interação. A frase pronunciada pelo participante **U1**, a qual foi o suficiente a obtenção da resposta, se mostrou totalmente distinta das frases dos outros usuários.

No caso de **U2**, foi observado o uso de termos informais. Na primeira interação, o usuário pronunciou “*Minha planta tá com sede?*”, que se trata de uma frase a qual é falada informalmente durante o cotidiano. Mesmo seguindo com a outra sentença “*Preciso regar minha planta?*”, a assistente virtual retorna o diagnóstico geral. Os usuários **U3** e **U4** falaram exatamente a mesma frase “*Preciso regar minha pimentinha?*”.

Durante a execução da tarefa **T3**, todos os usuários conseguiram respostas sobre o diagnóstico de sol apenas com uma tentativa. Apesar de cada participante falar frases distintas, esse resultado mostra que a modelagem de interação para a funcionalidade abordada em **T3** foi satisfatória dentro do contexto da presente avaliação.

No início da tarefa **T4**, o usuário **U1** se deparou com problemas de conexão com a internet, situação essa que o fez persistir bastante para a abrir a aplicação e obter demora na resposta. Entretanto, ele conseguiu obter a resposta correta com apenas uma forma de falar com a assistente virtual. Os demais usuários não se depararam com problemas técnicos e também conseguiram a resposta para sua requisição através de uma frase de interação.

Na tarefa **T5**, o usuário **U1** precisou de duas tentativas para atingir o objetivo. Isso ocorreu pois foi utilizado o termo “*aguar*”, que é um termo informal para “*regar*” bastante utilizado em algumas regiões do Brasil. Como a interação não foi modelada envolvendo termos regionais, a sistema da *skill* não compreendeu a requisição. Na segunda tentativa, **U1** substituiu o termo informal pelo formal “*regar*” na mesma sentença e conseguiu o resultado esperado.

O usuário **U2** realizou cinco tentativas. Da primeira tentativa para a segunda, tentou mudar a sentença mas manteve partes da frases que são chaves para o entendimento da *skill*. O resultado da primeira foi o diagnóstico geral e o da segunda foi o diagnóstico de regas. Na terceira tentativa, apesar de o participante ter falado “*Me dê dicas de rega*”, o sistema retornou o diagnóstico de regas, não uma dica. A quarta tentativa, dada por “*Me dê dicas*” também não foi o suficiente para Alexa ensinar algo sobre rega ao participante. Por fim, sua última tentativa foi “*Me dê dicas de rega*”, onde a Alexa prosseguiu a conversa com o preenchimento de *slots* e retornou a resposta esperada para esse cenário.

O usuário **U3**, em sua primeira interação falou a frase “*Quero dicas de como aguar.. a pimentinha.*”, a qual também conteve um termo regional que a modelagem de interação não se preocupou em abordar. A segunda tentativa, pela frase “*Como devo regar minha pimentinha?*” também foi falha, resultando no diagnóstico de diagnóstico geral. A terceita tentativa foi a correta, onde o usuário apenas pediu dicas.

Finalizando a tarefa **T5**, o usuário **U4** conseguiu concluir com duas tentativas. Na primeira, ele falou “*Como devo regar minha pimentinha?*” e a assistente virtual retornou o diagnóstico geral. Foi observado que assim que o usuário percebeu a resposta indesejada, concluiu uma forma melhor de falar que provavelmente poderia ser correta: “*Ah, isso aconteceu porque eu deveria ter PEDIDO DICAS!*”, disse. De fato, quando alterou conforme refletido, a Alexa retornou a resposta adequada à requisição.

Por fim, a obervação sob a tarefa **T6** resultou em apenas uma tentativa de sucesso para todos os usuários. Todas as falas foram bastante parecidas. Os participantes **U2**, **U3** e **U4** falaram exatamente a mesma frase: “*Checkar os sensores.*”. Já o usuário **U1** fez a requisição de forma mais flexível: “*Alexa, quero checkar os sensores*”.

Após a realização das atividades, o último momento da sessão de avaliação consistiu em uma entrevista não estruturada. Como ponto de partida, a avaliadora pediu para os usuários descreverem um pouco sobre suas maiores dificuldades, facilidades, opinião sobre a utilidade do sistema no seu cotidiano, além de possíveis sugestões de melhorias de acordo com seu ponto de vista.

O usuário **U1** relatou que a linguagem da assistente virtual era simples e fácil de entender. Apesar disso, gostaria que a gramática suportasse termos informais os quais pudesse falar ao expressar um vínculo afetivo com a planta, como por exemplo “*Tá precisando levar um solzinho?*”. Dessa forma, o usuário desejou não ter que pensar muito para formular uma boa frase, apenas utilizar as do seu cotidiano da maneira mais simples possível.

Em relação às funcionalidades, **U1** ressaltou que apenas a de diagnóstico geral já seria o suficiente para seu uso cotidiano e que seria mais prático se não precisasse sempre utilizar a frase de ativação “*Alexa, abrir minha horta*”, apenas enviar sua requisição. Apesar disso, enfatizou que a de diagnóstico de sol é bastante útil pois não é fácil controlar isso pessoalmente; e a de diagnóstico de rega é extremamente importante pois essa prática cai facilmente no esquecimento durante o dia-a-dia.

O usuário **U2** reportou um erro no fonema da Alexa, situação essa que já tinha

percebido durante o uso de outras aplicações. Na sua opinião, a linguagem foi simples de ser entendida, assim como as informações contidas na interação. Apesar disso, acha que seria interessante já existir frases padrões disponibilizadas para os usuários, tanto na própria *skill* como na descrição que fica localizada no site da Amazon.

O usuário relatou que para sua mãe, por exemplo, seria um pouco difícil pra usar o comando de voz no início, também para outros usuários que não são **exploradores**, por isso a importância das frases disponibilizadas. As dicas do usuário foram em relação a automação do sistema, como por exemplo, regras automáticas por comando de voz. Também exemplificou novas funcionalidades como personalizar os comandos, para que se adaptem à sua linguagem preferível em relação a quem utiliza o sistema.

O usuário **U3** considerou a linguagem da aplicação bastante fácil, com as informações acessíveis. Apesar disso, ressaltou que a gramática poderia conter informações mais próximas da linguagem cotidiana, como por exemplo, a palavra “aguar” no contexto em que seria utilizado “regar” formalmente. Sugeriu que o sistema poderia ser desenvolvido para atuar com plantas que também exigem cuidados minucioso, que não são hortaliças. Além disso, também mencionou que seria interessante acrescentar a informação sobre a quantidade de água que a planta deve receber durante a rega.

Por fim, o usuário **U4** ressaltou que sua maior dificuldade se deu nos momentos em que a assistente virtual não entendia sua requisição, então ficava bastante confuso sobre o que fazer. Apesar disso, achou a linguagem acessível, assim como as informações recebidas. Também ressaltou que apenas a funcionalidade de diagnóstico geral já seria o suficiente, pois otimizaria muito o seu tempo no cotidiano. O usuário sugeriu que a funcionalidade de dicas abordasse tópicos como identificar e tratar pragas, a partir da identificação de um padrão, uma vez que as mesmas começam da mesma forma em diferentes plantas.

#### **5.4 Consolidação dos dados e relato dos resultados**

A presente avaliação objetivou realizar uma pesquisa exploratória sobre como os usuários utilizam o sistema de monitoramento proposto, assim como suas expectativas quanto a esse cenário. Para isso, foi utilizado o método de avaliação por observação de uso seguido de entrevista. De forma virtual, no primeiro momento os usuários interagiram com seus dispositivos Alexa para monitorar uma planta localizada na casa da avaliadora, utilizando todas as funcionalidades disponíveis no sistema a ser avaliado. A avaliadora expôs uma muda da hortaliça

pimentinha para simular os cuidados diários durante as atividades, onde os usuários imaginaram que essa planta estaria sob sua observação em suas residências.

Após a realização das tarefas propostas, expuseram suas opiniões baseadas na experiência de uso, além de possíveis sugestões de incrementação à aplicação. Nesse contexto, as sessões de avaliação ocorreram com a participação de quatro usuários recrutados a partir de uma enquete direcionada ao perfil traçado durante a etapa de planejamento, que consiste em ter proximidade com cultivo de plantas e utilizar dispositivos com a assistente virtual Alexa em seu cotidiano.

Cada usuário fez um determinado número de tentativas para a execução da tarefas, onde uma tentativa significa que o uso da funcionalidade foi concluído sem erros. A partir disso, a Tabela 5 dispõe a quantidade de tentativas em relação as seis tarefas.

Tabela 5 – Quantidade de tentativas durante a realização das tarefas

Usuário   Tarefa	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	Total
<b>U1</b>	1	1	1	1	2	1	7
<b>U2</b>	2	3	1	1	5	1	13
<b>U3</b>	2	3	1	1	3	1	11
<b>U4</b>	2	2	1	1	2	3	11
Total	7	9	4	4	12	6	42

Fonte – Desenvolvida pela autora

De acordo com a Tabela 5, é possível inferir que a tarefa **T5** apresentou um maior número de tentativas. Foi identificado que a maioria dos erros se deu nos casos em que os usuários falaram frases em um formato atípico à modelagem de interação. Na maioria das vezes pronunciaram as frases simulando um contexto de interação informal. Dessa forma, é possível concluir que a modelagem de interação para essa atividade não foi condizente às expectativas dos usuários no contexto de uso do protótipo.

Além dessa problema, foi possível analisar outro ocorrido pela grande variedade de frases previstas na modelagem, sendo elas referente às funcionalidades de diagnóstico de regra e diagnóstico geral. Nesse cenário, o sistema confundiu a requisição do usuário devido a semelhança entre as sentenças definidas na modelagem de interação.

A tarefa **T2** apresentou o segundo maior número de tentativas pelos usuários. A frase utilizada foi totalmente diferente das frases dos demais usuários, que precisaram de duas tentativas. Os erros cometidos no cenários dos outros usuários, assim como em relação a tarefa **T5**, derivavam do fato de o sistema confundir as requisições retornando a resposta referente a outra funcionalidade. Além disso, também houveram erros relacionados à adição de termos

informais nas requisições.

Nas tarefas **T3** e **T4**, todos os usuários conseguiram a resposta esperada apenas com uma tentativa de requisição. Foi possível pontuar, através dos registros, que as frases de todos os participantes foram bastante diferentes e de caráter informal para as duas tarefas. Isso mostrou que apesar dos diferentes termos na sentença, a modelagem de interação conseguiu prever e identificar os principais elementos que caracterizam as requisições referentes as tarefas citadas.

Por fim, os resultados referentes a tarefa **T1** mostraram o menor número de tentativas. Nesse cenário, os usuários interagiram pela primeira vez utilizando o nome da planta como um preenchimento de *slot*. Dessa forma, foi possível pontuar que todos os erros ocorreram pois os usuários não pronunciaram corretamente o nome da planta situada no cenário dos testes de avaliação.

Uma vez que o sistema sempre precisa saber do usuário de qual planta a requisição se refere, todos falaram “pimenteira” ou “pimenta”, quando na verdade o correto seria “pimentinha”. A partir disso, foi possível observar que o usuário não entendia o erro, pois a mensagem de erro até então programada não informava que o nome da planta pronunciado não podia ser analisado pela aplicação. Também foi possível consolidar os dados sobre a relação do nível de uso das assistentes virtuais com o número de tentativas. Nesse cenário, é possível visualizar a análise através da Tabela 6. Na coluna vertical estão os usuários classificados quanto a experiência de uso da Alexa; na coluna horizontal estão as tarefas realizadas ao longo dos testes.

Tabela 6 – Relação de tentativas entre nível de experiência com Alexa e tarefas

Usuário   Tarefa	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>Total</b>
Iniciante	1	1	1	1	2	1	<b>7</b>
Curioso (1)	2	3	1	1	5	1	<b>13</b>
Curioso (2)	2	3	1	1	3	1	<b>11</b>
Explorador	2	2	1	1	2	3	<b>11</b>
Total	7	9	4	4	12	6	<b>42</b>

Fonte – Desenvolvida pela autora

É importante ressaltar que o usuário **iniciante** foi o único a fazer apenas uma tentativa a tarefa **T2**. Foi possível observar que isso aconteceu pois o usuário citado pronunciou os comandos de forma direta e formal, falando cautelosamente frases simples as quais seriam o suficiente para o sistema entender. Além disso, observou-se que o único usuário **explorador** apresentou o segundo maior número de tentativas em relação a **T5**. Dessa vez, o usuário optou por uma maior flexibilidade de fala. Por fim, a quantidade de tentativas dos dois usuários **curiosos** foi semelhante, se diferenciando apenas em duas.

Para compreender e analisar melhor os erros recorrentes durante a realização das tarefas, com base nos dados coletados e analisados anteriormente foram definidas algumas categoriais de falhas, que podem ser visualizadas a seguir:

- **ER1:** Uso de termos informais/regionais
- **ER2:** Frases muito diferentes da modelagem de interação
- **ER3:** Preenchimento de *slots*
- **ER4:** Retorno de respostas de outra funcionalidade;

Dessa forma, a Tabela 7 mostra uma análise da quantidade de tentativas **falhas** em relação a categorização de erros descrita anteriormente. A partir disso, foi possível concluir que a maior ocorrência de falhas se deu pela categoria **ER4**, em que o sistema enviou a resposta referente a outro tipo de requisição. Vale ressaltar, ainda, que em alguns casos a resposta seria socialmente aceitável, como por exemplo, o usuário pediu o diagnóstico de rega mas recebeu o diagnóstico geral. Apesar de que o geral já contém o de rega e o usuário receberia a resposta esperada, o sistema não foi previsto para operar dessa forma durante o processo de modelagem da interação.

Tabela 7 – Relação de usuários com tipo de erros

Usuário   Erro	<b>ER1</b>	<b>ER2</b>	<b>ER3</b>	<b>ER4</b>	<b>Total</b>
U1	1	0	0	0	<b>1</b>
U2	1	3	1	2	<b>7</b>
U3	1	1	1	2	<b>5</b>
U4	0	1	1	3	<b>6</b>
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>19</b>

Fonte – Desenvolvida pela autora

Apesar das funcionalidades do sistema terem sido descritas nas tarefas, não foi incluída a funcionalidade do MENU, pois seriam feitas análises sobre estas apenas em casos necessários, onde os usuários precisam das informações correspondentes. Dessa forma, nenhum usuário consultou o menu de funcionalidades, porém a assistente virtual retornou a funcionalidade de forma falha. Um *feedback* foi recebido pelo usuário **U3**, que caracterizou o menu como bastante extenso e ainda sugeriu uma melhoria referente a reduzir a fala da assistente e incluir as frases exatas a serem faladas em casos de dúvidas sobre como interagir com a aplicação.

## 6 CONCLUSÃO

O trabalho abordou o estudo, prototipação e avaliação de um sistema capaz de monitorar remotamente o cultivo doméstico de hortaliças, no qual os usuários podem interagir através de voz pela assistente virtual Alexa da Amazon. Com base na bibliografia, foi possível encontrar sistemas de monitoramento de plantas em ambientes controlados, porém com um grau de automação, por exemplo, de rega ou de luzes. Também foram estudados projetos que atuam com interface de voz por assistentes virtuais, apesar de não ter sido encontrado algum em que o foco seja o cuidado de hortaliças ou outros tipos de cultura. A partir disso, foi possível perceber que o projeto proposto aparenta ser bastante inovador.

É comprovado cientificamente que cuidar de plantas e manter essa prática no cotidiano pode ajudar as pessoas a se manterem saudáveis tanto mentalmente e fisicamente. Visto isso, objetivou-se facilitar a rotina dos usuários, em relação aos cuidados com as plantas, apenas com monitoramento. Isso se deu pelo intuito de continuar permitindo o contato direto entre usuários e suas plantas, sem a atuação de um sistema automatizado.

Nesse contexto, foi criado um protótipo capaz de ler dados sensoriais sobre temperatura do ambiente, umidade do solo e tempo sob incidência solar referentes a um tipo de hortaliça e diagnosticar as necessidades de cuidados a partir dos parâmetros citados. Além disso, também apresentou uma funcionalidade de dicas, que guia principalmente usuários com pouco conhecimento técnico em cultivo.

Para isso, os objetivos específicos foram alcançados através da metodologia de desenvolvimento do projeto que consistiu em uma base interdisciplinar. Trabalhando a engenharia de *software*, os requisitos foram levantados, categorizados, priorizados e documentados; e as diferentes vertentes do sistema foram modeladas a partir de diagramas adequados. Em relação a desenvolvimento de sistemas, foi implementado um dispositivo controlador capaz de ler dados sensoriais, uma aplicação Alexa destinada ao processamento da inteligência dos dados e interface de voz, além da comunicação de sistemas em diferentes plataformas.

O presente projeto também se preocupou com os usuários, levantando questões sobre usabilidade durante a interação com a interface. Nesse contexto, a área de IHC foi extremamente importante quanto ao estudo e aplicação de um método de avaliação do sistema. Dessa forma, foi planejado e executado um teste de observação seguido por entrevista não-estruturada de forma remota, que geraram dados analisados sobre a perspectiva de uma pesquisa exploratória.

De acordo com o *framework* D.E.C.I.D.E. construído na etapa de planejamento, as

perguntas específicas foram respondidas através das etapas de interpretação e consolidação dos dados. Por unanimidade, os usuários relataram que as informações fornecidas pelo sistema seriam de grande utilidade em suas rotinas, principalmente para aqueles que o tempo disponível é o principal empecilho para um cuidado dedicado de suas plantas.

Além disso, a avaliação mostrou que a linguagem utilizada pela assistente virtual para o fornecimento de informações é simples e fácil de entender. Os usuários conseguiram se comunicar com o sistema, porém houveram situações em que foi preciso diversas tentativas até a obtenção da resposta requerida.

Essas falhas foram analisadas e consolidadas onde apresentaram os aspectos relacionados a modelagem de interação. A avaliação também mostrou que os usuários preferem interagir de forma simples e informal com sistemas de interface de voz, geralmente em um cenário que seja cabível a utilização de palavras triviais, sem precisar se esforçar muito para entender como requisitar as funcionalidades à assistente virtual.

Em relação ao comportamento técnico do sistema em geral, foi observado nas sessões de avaliação que a máquina de estados criada na modelagem do sistema é capaz de validar a implementação do protótipo. Além disso, as rotinas de tratamento dos parâmetros atenderam às expectativas dos cenários utilizados nas sessões de testes.

Duas grandes dificuldades em relação ao desenvolvimento deste projeto se deram pela escolha do método de avaliação e também pela modelagem de interação. Na primeira, viu-se que tanto sistemas embarcados como sistemas de interface por voz são difíceis de se adequados aos métodos de avaliação mais utilizados em sistemas mais usuais, como *sites* e aplicativos. Em relação a segunda, foi percebido que um *design* dedicado a uma interação por voz precisa assumir uma metodologia fundamentada especificamente para esse cenário, apesar de existirem algumas dicas, disponibilizadas pela própria Amazon, que abordam boas práticas para manter uma boa experiência do usuário.

## 7 TRABALHOS FUTUROS

Com tudo, acredita-se que seja importante um re-design da modelagem de interação com a utilização de metodologias destinadas a esse tipo de interface. Para isso, é plausível a realização de uma revisão sistemática na bibliografia com o objetivo de buscar métodos de criação e a avaliação de sistemas interativos que seguem o modelo de requisição-resposta, onde não se apliquem apenas aos sistemas computacionais tradicionais.

Além de alterações na interface, é desejável que o sistema seja aprimorado para suportar suas funcionalidades com relação a diferentes tipos de hortaliças. Também é prevista a aplicação de técnicas que lhe forneçam a característica de internet das coisas (IoT), onde diferentes dispositivos possam monitorar diferentes plantas em uma mesma residência, podendo também serem gerenciados por no mínimo um usuário responsável.

Para isso, também é prevista a criação de um banco de dados capaz de suportar os parâmetros de monitoramento e outras informações de diferentes plantas. Dessa forma, integrar mais uma plataforma externa ao sistema, aumentando o acervo de informações úteis para o processamento de requisições dos usuários.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, A. J.; SCHMITZ, E. A.; CRUZ, L. T. **Assistentes Virtuais Inteligentes:** Conceitos e estratégias. [S.l.]: Brasport, 2013.
- BARBOSA, S. D. J.; SILVA, B. S. d.; SILVEIRA, M. S.; GASPARINI, I.; DARIN, T.; BARBOSA, G. D. J. **Interação Humano-Computador e Experiência do Usuário.** [S.l.]: Autopublicação, 2021.
- BARROS, E.; CAVALCANTE, S. **Introdução aos sistemas embarcados.** Artigo apresentado na Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Recife, p. 36, 2010.
- CARVALHO, J. O. F. d. **O papel da interação humano-computador na inclusão digital.** Transinformação, [S.l.], v. 15, n. SPE, p. 75–89, 2003.
- COHEN, M. H.; COHEN, M. H.; GIANGOLA, J. P.; BALOGH, J. **Voice user interface design.** [S.l.]: Addison-Wesley Professional, 2004.
- DASGUPTA, R.; DASGUPTA, R.; SRIVASTAVA. **Voice User Interface Design.** [S.l.]: Springer, 2018.
- DUANGBAN, N.; NOINAN, K.; WICHA, S. **Farming box:** The integrated of vegetable production system for food safety in small household. Thailand, p. 378–382, 2019.
- JAMHARI, C. A.; WIBOWO, W. K.; ANNISA, A. R.; ROFFI, T. M. Design and implementation of iot system for aeroponic chamber temperature monitoring. In: IEEE. **2020 Third International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE).** Surubaya, 2020.
- JULIA, L. da. **Horta inteligente usando ARDUINO.** 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ORgb678Os1U>. Acesso em: 28 jun. 2021.
- KABIR, A. T.; DEBNATH, N.; TA-SIN, A. J.; ZINNURAYEN, N.; HAIDER, M. T. *et al.* **IoT Based Low Cost Smart Indoor Farming Management System Using an Assistant Robot and Mobile App.** [S.l.:s.n], p. 155–158, 2020.
- KLUGE, R. A.; TEZOTTO-ULIANA, J. V.; SILVA, P. P. da. **Aspectos fisiológicos e ambientais da fotossíntese.** Revista virtual de química, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 56–73, 2015.
- MAHARJAN, B.; LI, J.; KONG, J.; TAO, C. **Alexa, What should i eat?:** A personalized virtual nutrition coach for native american diabetes patients usinamazon's smart speaker technology. Colombia, p. 1–6, 2019.
- MAKISHIMA, N. *et al.* **Cultivo de hortaliças.** [S.l.]: EMBRAPA-CNPH, 1992.
- MARTINAZZO, C. A.; ORLANDO, T.; URI, E. da. **Comparação entre três tipos de sensores de temperatura em associação com Arduíno.** [S. l.]: PERSPECTIVA, Erechim, 2016.
- MULLER, C. **EasyGarden:** uma horta que cuida das plantas para você. 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=SjU3O-CxHEs>. Acesso em: 26 jun. 2021.
- MILIVOJŠA, S.; IVANOVIĆ, S.; ERIĆ, T.; ANTIĆ, M.; SMILJKOVIĆ, N. **Implementation of voice control interface for smart home automation system.** [S.l.: s.n.], p. 263–264, 2017.

- PEIXOTO, C. P. **Curso de fisiologia vegetal.** Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, [S.l.], v. 177, 2011.
- PEREIRA, C. L. de O. **Programação de Microcontroladores para a Comunicação com Aplicações Móveis Usando Bluetooth.** [S.l.: s.n.], 2020.
- PINHO, C. J. da C. **Interação Humano-Computador através de interfaces conversacionais:** o caso de estudo do sistema navmetro. [S.l.: s.n.], 2016.
- PRESSMAN, R.; MAXIM, B. **Engenharia de Software.** [S.l.]: McGraw Hill Brasil, 2016.
- ROGERS, Y.; SHARP, H.; PREECE, J. **Design de interação.** [S.l.]: Bookman Editora, 2013.
- SCHMUTZ, U.; LENNARTSSON, M.; WILLIAMS, S.; DEVEREAUX, M.; DAVIES, G. The benefits of gardening and food growing for health and wellbeing. **Growing Health, Garden Organic and Sustain,** [S.l.], v. 45, 2014.
- SERNA, A.; ROS, F.; RICO, J. **Guía práctica de sensores.** [S.l.]: Creaciones Copyright SL, 2010.
- SOUZA, T. S. d.; MIRANDA, M. B. S. **Horticultura como tecnologia de saúde mental.** [S.l.: s.n.], 2017.
- THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. de. **Sensores industriais:** fundamentos e aplicações. [S.l.]: Saraiva Educação SA, 2020.
- THOMPSON, M.; RIOS, E. **Conexões com a Biologia.** [S.l.]: Editora Moderna, 2016.
- VICTORIA, I. M. B. **Medição da Radiação Solar Global e Difusa Utilizando Piranômetros com Sensores Fotoelétricos.** Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul, 2008.
- WENDLING, M. **Sensores.** Universidade Estadual Paulista. São Paulo, [s.n.], v. 2010, p. 20, 2010.