

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS - CAMPUS BAURU

DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO

BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

MATHEUS HERMINIO DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA APOIO A PESSOAS
COM DEFICIÊNCIA VISUAL E AUDITIVA**

BAURU

Novembro/2024

MATHEUS HERMINIO DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA APOIO A PESSOAS
COM DEFICIÊNCIA VISUAL E AUDITIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso do Curso
de Bacharelado em Ciência da Compu-
tação da Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de
Ciências, Campus Bauru.

Orientador: Prof. Dr. João Eduardo Ma-
chado Perea Martins

BAURU
Novembro/2024

S586s

Silva, Matheus Herminio Da

Sistema para apoio a pessoas com deficiência visual e auditiva /
Matheus Herminio Da Silva. -- Bauru, 2024

59 p. : il., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciência da
Computação) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade
de Ciências, Bauru

Orientador: João Eduardo Machado Perea Martins

1. Ciência da computação. 2. Pessoas com deficiência. 3. Arduino
(Controlador programável). I. Título.

Matheus Herminio Da Silva

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA APOIO A PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL E AUDITIVA

Trabalho de Conclusão de Curso do Curso
de Bacharelado em Ciência da Computa-
ção da Universidade Estadual Paulista "Jú-
lio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciên-
cias, Campus Bauru.

Banca Examinadora

**Prof. Dr. João Eduardo Machado Perea
Martins**

Orientador

Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho"

Faculdade de Ciências

Departamento de Computação

**Profa. Dra. Simone das Graças
Domingues Prado**

Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho"

Faculdade de Ciências

Departamento de Computação

Prof. Dr. Marco Aurélio Rocha

Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho"

Faculdade de Ciências

Bauru, 13 de Novembro de 2024.

Dedico esse trabalho à minha família e amigos que me auxiliaram no caminho até aqui.

"O Sucesso é ir de fracasso em fracasso, sem perder o entusiasmo"
(Winston Churchill)

Resumo

A tecnologia assistiva envolve ferramentas e soluções voltadas para melhorar a qualidade de vida e promover a independência de pessoas com deficiência, facilitando suas atividades diárias e promovendo sua inclusão social. Este trabalho tem como objetivo aplicar esse conceito para criar um sistema assistivo destinado a pessoas surdocegas, visando facilitar a comunicação e o gerenciamento de tempo. O sistema é composto por dois aplicativos e um circuito com *Arduino*: o primeiro aplicativo permite configurar alarmes vibratórios, possibilitando que o usuário seja notificado sobre eventos por meio de vibrações no celular. Já o segundo aplicativo é integrado ao *Arduino* e conecta-se a uma campainha doméstica, enviando um alerta vibratório sempre que alguém toca a campainha. O sistema foi testado pelo desenvolvedor, demonstrando-se viável, embora com sugestões de adaptações para aumentar a acessibilidade. Este projeto propõe ainda melhorias futuras, como a integração com mais dispositivos IoT, ampliando a eficácia e usabilidade do sistema.

Palavras-chave: tecnologia assistiva, surdocegueira, *Arduino*, alarmes vibratórios, inclusão.

Abstract

Assistive technology encompasses tools and solutions designed to improve the quality of life and promote the independence of individuals with disabilities, facilitating their daily activities and fostering social inclusion. This project aims to apply this concept by creating an assistive system for deafblind individuals to aid in communication and time management. The system comprises two applications and an *Arduino* circuit: the first application allows for configuring vibrational alarms, enabling the user to receive notifications through vibrations on their smartphone. The second application integrates with the *Arduino* and connects to a household doorbell, sending a vibrational alert whenever someone rings the bell. The system was tested by the developer and proved viable, with some suggested adaptations to enhance accessibility. This project also proposes future improvements, such as integrating additional IoT devices to further increase the system's effectiveness and usability.

Keywords: assistive technology, deafblindness, *Arduino*, vibrational alarms, inclusion.

Lista de figuras

Figura 1 – Demonstração do sistema.	33
Figura 2 – Demonstração dos componentes da tela inicial.	35
Figura 3 – Programação em bloco da tela de menu.	35
Figura 4 – Tela do menu vista pelo <i>App Inventor 2</i>	35
Figura 5 – Componentes presentes na tela de alarme único	36
Figura 6 – Programação da tela de Alarme único	36
Figura 7 – Tela de alarme único.	37
Figura 8 – Lista de componentes da tela de alarme de recorrência.	37
Figura 9 – Programação da tela de alarme recorrente.	38
Figura 10 – Tela de alarme recorrente.	38
Figura 11 – Componentes da tela de IoT.	39
Figura 12 – Programação do início da tela, do botão e da lista.	40
Figura 13 – Programação da lista e conexão do <i>Bluetooth</i>	41
Figura 14 – Programação do tratamento.	41
Figura 15 – Tela do aplicativo de conexão IoT.	42
Figura 16 – Diagrama de conexão do circuito.	43
Figura 17 – Código do <i>Arduino</i>	44
Figura 18 – Circuito com Arduino e 4N25.	45
Figura 19 – Imagem da tela de erro no aplicativo.	46
Figura 20 – Módulo HC-06 e sua identificação.	47

Lista de abreviaturas e siglas

API	<i>Application Programming Interface</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
JAWS	<i>Job Access With Speech</i>
LED	<i>Light-Emitting Diode</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
UAT	<i>User Acceptance Test</i>

Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Contextualização do tema	12
1.2	Trabalhos correlatos	14
1.3	Sistemas comerciais correlatos	15
1.4	Objetivos	17
1.4.1	Objetivo geral	17
1.4.2	Objetivos Específicos	17
1.5	Justificativa	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1	Revisão literária	21
2.2	Conceitos fundamentais	21
2.2.1	Tecnologia assistiva	21
2.2.2	Surdocegueira	22
2.2.3	Internet das Coisas (IoT)	22
2.2.4	Alarmes e Sistemas de notificação por vibração	22
2.3	Ferramentas e tecnologias	22
2.3.1	<i>Arduino</i>	22
2.3.2	Módulo <i>Bluetooth</i> HC-06	23
2.3.3	<i>App Inventor</i>	23
2.3.4	<i>Push Button</i> e Optoacoplador 4N25	23
3	ANÁLISE E DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	24
3.1	Definição do problema	24
3.2	Estado da arte	24
3.3	Objetivos específicos do problema	25
4	METODOLOGIA	26
4.1	Tipo de pesquisa	26
4.2	Planejamento	26
4.3	Desenvolvimento	28
4.4	Ferramentas e ambientes	29
4.4.1	Especificações técnicas do <i>Hardware</i>	30
5	DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO	32
5.1	Descrição do sistema do módulo de campanha	32

5.2	Descrição do módulo de campanha	33
5.3	Arquitetura do sistema	33
5.4	Implementação	34
5.4.1	Especificações dos aplicativos com alarmes	34
5.4.2	Especificações do aplicativo de IoT	39
5.4.3	Especificações do circuito com <i>Arduino</i>	42
5.5	Desafios durante o desenvolvimento e soluções	45
6	RESULTADOS	48
6.1	Testes e validação	48
6.2	Resultados obtidos	49
6.3	Análise de resultados	49
7	DISCUSSÃO	51
7.1	Comparação com trabalhos semelhantes	51
7.2	Limitações	51
7.3	Implicações	52
8	CONCLUSÕES	53
8.1	Conclusão	53
8.2	Trabalhos futuros	54
	REFERÊNCIAS	57

1 Introdução

Neste capítulo será feita a introdução do projeto, mostrando seu contexto, trabalhos e sistemas correlatos, os objetivos gerais e específico, e por fim a metodologia.

1.1 Contextualização do tema

Com o crescimento acelerado da internet e da tecnologia, a inclusão de pessoas com necessidades especiais tem se tornado cada vez mais importante e factível, através de inovações que promovem a independência e participação social destas pessoas. A tecnologia assistiva desempenha um papel crucial, oferecendo ferramentas e dispositivos projetados especificamente para atender às necessidades de pessoas com deficiências físicas, sensoriais ou cognitivas. Segundo Alves e Aguiar (2014), essa área é marcada por sua multidisciplinaridade, abrangendo várias disciplinas, como a computação, que, conforme apontado por Bersch (2008), está presente em diversas classificações da tecnologia assistiva.

A computação aplicada à tecnologia assistiva envolve soluções como recursos de acessibilidade ao computador e auxílios de mobilidade, facilitando a vida diária de pessoas com deficiência. Um exemplo relevante é o software *Talks*, desenvolvido pela empresa *Nokia*, que oferece respostas auditivas para interações com a interface do celular, permitindo que pessoas com deficiência visual utilizem seus dispositivos de maneira independente. Este exemplo, mencionado por Campeiro e Carneiro (2009), ilustra o impacto positivo que tecnologias bem projetadas podem ter na vida dessas pessoas.

Outro exemplo importante é o uso da máquina elétrica de braile, descrita por Gasparetto et al. (2012), que auxilia alunos com deficiência visual a participarem de testes e provas em ambiente escolar, promovendo uma maior inclusão no ambiente educacional. Esses avanços reforçam a importância da tecnologia assistiva como uma ferramenta para eliminar barreiras e proporcionar mais autonomia.

Os recursos de tecnologia assistiva são criados para minimizar as limitações impostas pelas deficiências, proporcionando mais independência aos usuários e promovendo sua inclusão social. Segundo Bersch (2008), esses avanços também permitem que as pessoas com deficiência reduzam sua dependência de familiares e cuidadores, desenvolvendo maior confiança e autoestima.

No contexto do presente projeto, foi desenvolvido um sistema voltado para auxiliar pessoas com cegueira e surdez, proporcionando maior autonomia em relação

ao controle de tempo e alertas através da tecnologia móvel. O sistema utiliza a vibração dos celulares em diferentes frequências como forma de alerta, permitindo que os usuários sejam notificados de maneira acessível e eficaz, sem depender de estímulos visuais ou auditivos.

Esse desenvolvimento destaca a importância da tecnologia assistiva como uma ferramenta essencial para a inclusão e redução de desigualdades, utilizando a inovação tecnológica para capacitar pessoas com deficiência. Ao implementar soluções como essa, não apenas se expande o acesso à tecnologia, mas também se contribui para uma sociedade mais justa, onde todos têm a oportunidade de participar ativamente, independentemente de suas limitações físicas ou sensoriais.

A tecnologia assistiva desempenha um papel crucial na inclusão social e na promoção de igualdade de oportunidades para pessoas com deficiência, permitindo-lhes superar barreiras físicas e sensoriais e participar ativamente na sociedade. Um aspecto importante dessa inclusão é o apoio a pessoas com surdocegueira, uma condição rara que combina deficiência auditiva e visual. No Brasil, cerca de 40 mil pessoas têm diferentes graus de surdocegueira, de acordo com a Federação Nacional de Educação e Integração dos Surdos (Feneis) (AGÊNCIA BRASIL, 2023). A criação do Dia Nacional da Pessoa com Surdocegueira, celebrado em 12 de novembro, reforça a importância de se desenvolver tecnologias que garantam acessibilidade e integração dessas pessoas.

As causas da surdocegueira variam, podendo ser congênitas ou adquiridas ao longo da vida. Um dos fatores mais conhecidos é a Síndrome de Usher, uma condição genética que resulta em perda auditiva e, eventualmente, perda visual. A síndrome representa uma parte significativa dos casos de surdocegueira no Brasil (SÍNDROME DE USHER BRASIL, 2023). Existem classificações da surdocegueira, que variam de acordo com o grau e a idade de início das deficiências, destacando a importância de intervenções tecnológicas e sociais apropriadas.

Tecnologias como sistemas de vibração, aplicativos móveis e dispositivos inteligentes são exemplos práticos de como a inovação pode beneficiar pessoas com surdocegueira, oferecendo maior autonomia e qualidade de vida. Tais soluções podem ser aplicadas em diversas situações do dia a dia, como a marcação de horários ou o reconhecimento de visitas em casa, contribuindo para uma vida mais independente e integrada (HANDTALK, 2023).

Além disso, o Dia Internacional da Pessoa Surdocega, comemorado em 27 de junho, é uma oportunidade para conscientizar sobre os desafios enfrentados por essa comunidade. A data foi escolhida em homenagem à ativista Helen Keller, que foi um exemplo de superação ao se tornar a primeira pessoa surdocega a ingressar no ensino superior (AGÊNCIA BRASIL, 2023).

Portanto, ao desenvolver tecnologias assistivas como as mencionadas, o projeto busca não apenas melhorar a vida dessas pessoas, mas também promover sua inclusão plena na sociedade.

1.2 Trabalhos correlatos

O campo da tecnologia assistiva tem mostrado, por meio de diversos estudos, a importância crucial de desenvolver soluções inovadoras que atendam às necessidades específicas de pessoas com deficiências sensoriais, como a surdocegueira. A integração de aplicativos e dispositivos móveis surge como uma das alternativas mais eficazes para permitir maior independência e inclusão social. Um exemplo disso é o trabalho de Swann (2013), que destaca o papel de soluções de comunicação baseadas em dispositivos móveis no aumento da acessibilidade para surdocegos. Esses dispositivos permitem, por exemplo, a transmissão de informações por meio de sinais vibratórios, visuais e auditivos, promovendo uma interação mais ativa com o ambiente e com outras pessoas (SWANN, 2013).

A pesquisa de Hersh (2013) complementa essa discussão ao abordar as barreiras que surdocegos enfrentam na comunicação e a importância de tecnologias que utilizem interfaces táteis, como aplicativos que permitem o uso de vibrações e sinais para transmitir informações. A autora argumenta que, ao desenvolver soluções interativas, é possível ampliar o leque de opções de comunicação, algo essencial para esse público que, historicamente, tem enfrentado desafios significativos para acessar informações do mundo exterior, como citado por Hersh, 2013. O projeto aqui proposto de criar um aplicativo de tecnologia assistiva para surdocegos está alinhado com essa visão, buscando integrar inovações que promovam a inclusão e a autonomia desses indivíduos.

Adicionalmente, o estudo de Francisco-Martínez (2022) revela como tecnologias assistivas, particularmente em contextos educacionais, podem ser instrumentos transformadores para surdocegos. Segundo os autores, a utilização de ferramentas digitais adequadas ao público com surdocegueira não só facilita o aprendizado, como também promove a inclusão ao criar ambientes de ensino mais acessíveis e adaptados às necessidades dos alunos. Isso reforça a relevância de sistemas que permitam tanto a comunicação quanto a interação social, não apenas em ambientes educacionais, mas também no cotidiano de pessoas surdocegas.

Federici e Borsi (2016) oferecem uma perspectiva técnica importante, ao discutirem a avaliação de uma ferramenta de tecnologia assistiva voltada para a comunicação de surdocegos na Itália. Eles argumentam que a usabilidade e a simplicidade das interfaces são fatores determinantes para o sucesso dessas tecnologias. Em seu

estudo, a adoção de interfaces intuitivas mostrou-se fundamental para garantir que pessoas com deficiência pudessem utilizar as ferramentas sem barreiras adicionais. Esse ponto é crucial para o desenvolvimento de qualquer aplicativo assistivo, uma vez que a acessibilidade deve ser o pilar central da sua concepção.

Por fim, Bansal e Garg (2021) oferecem uma visão sobre a utilização de dispositivos conectados e soluções de Internet das Coisas (IoT) para surdocegos. A automação residencial com sensores táteis e visuais, além de sistemas de alerta vibratório, permite que essas pessoas tenham maior controle sobre o ambiente ao seu redor. A conexão com aplicativos móveis aumenta ainda mais a eficiência dessas soluções, promovendo não apenas maior segurança, mas também autonomia nas tarefas diárias. Integrar essas tecnologias ao projeto de um aplicativo para surdocegos pode proporcionar uma experiência ainda mais completa e inclusiva.

1.3 Sistemas comerciais correlatos

Na busca por soluções tecnológicas que promovam a inclusão de pessoas com deficiências sensoriais, especialmente a surdocegueira, diversos sistemas comerciais foram desenvolvidos para suprir as necessidades de comunicação e acessibilidade. Essas inovações não apenas proporcionam maior autonomia, como também evidenciam o quanto a tecnologia pode ser uma ferramenta poderosa na promoção de igualdade. Entre as principais ferramentas e dispositivos comerciais disponíveis no mercado, destacam-se o Braibook, o software JAWS e o TalkBack.

O Braibook é um dispositivo inovador projetado especificamente para pessoas cegas, permitindo que elas possam ler livros digitais por meio de uma interface que converte o texto em braile. Esse e-reader portátil foi criado com o objetivo de democratizar o acesso à leitura para deficientes visuais, oferecendo uma maneira prática e eficiente de acessar obras literárias, documentos e outros textos em braile. Além de sua função principal de conversão de texto, o Braibook permite personalizar a velocidade e o estilo de leitura, garantindo uma experiência mais confortável e acessível para cada usuário. Esse dispositivo destaca-se pela portabilidade e facilidade de uso, podendo ser uma ferramenta útil também para pessoas com surdocegueira que dominam o braile e desejam aumentar seu nível de independência (BRAIBOOK, 2018).

O *software JAWS (Job Access With Speech)* é uma das ferramentas assistivas mais conhecidas mundialmente, projetada para permitir que pessoas com deficiência visual utilizem computadores com mais facilidade. Ele atua como um leitor de tela, permitindo que os usuários ouçam a leitura em voz alta dos textos exibidos em seu computador. *JAWS* é altamente configurável e suporta uma ampla variedade de idiomas, sendo compatível com diversos softwares e aplicativos, incluindo pacotes de produ-
ti-

vidade e navegadores de internet. Sua capacidade de ler conteúdos em tempo real torna-o uma ferramenta essencial para quem depende de tecnologias assistivas para acessar informações e realizar tarefas cotidianas em um ambiente digital (FREEDOM SCIENTIFIC, 2024). A importância do *JAWS* para o público com surdocegueira, porém, se destaca quando combinado com outras interfaces de tecnologia tátil ou de saída braile, permitindo que usuários surdocegos também tenham algum nível de autonomia no uso de computadores.

Outro recurso essencial é o *TalkBack*, uma funcionalidade nativa do sistema Android que visa melhorar a acessibilidade de dispositivos móveis para pessoas com deficiência visual. O *TalkBack* é um leitor de tela que permite a navegação por meio de comandos gestuais e *feedback* auditivo, descrevendo o que está acontecendo na tela do smartphone ou tablet. Essa tecnologia facilita o uso de aplicativos e recursos do telefone sem a necessidade de ver a tela, tornando-se uma ferramenta indispensável para pessoas cegas ou com baixa visão. Embora o *TalkBack* tenha sido originalmente desenvolvido para cegos, ele pode ser adaptado para auxiliar surdocegos quando combinado com dispositivos táteis ou sinais vibratórios, promovendo maior inclusão digital em dispositivos móveis (TECHNOBLOG, 2024).

O uso dessas ferramentas evidencia como o desenvolvimento de soluções assistivas pode transformar o cotidiano de pessoas com deficiência, oferecendo-lhes mais controle sobre suas rotinas e ampliando suas oportunidades de participação social. No contexto de um projeto voltado para a criação de um aplicativo de tecnologia assistiva para surdocegos, essas soluções comerciais fornecem uma base sólida de pesquisa e inspiração. Ao explorar as funcionalidades e as limitações dessas tecnologias, é possível identificar lacunas e potencialidades para o desenvolvimento de um sistema que combine acessibilidade, simplicidade e eficiência, especificamente voltado para as necessidades de pessoas surdocegas.

Desse modo, o *Braibook*, o *JAWS* e o *TalkBack* oferecem exemplos valiosos de como a tecnologia assistiva pode ser adaptada e integrada ao cotidiano de pessoas com deficiências sensoriais, contribuindo para uma maior inclusão social. A combinação de tecnologias baseadas em *feedback* auditivo, braile e tátil demonstra que, embora já existam soluções robustas no mercado, ainda há um vasto campo a ser explorado, especialmente no que diz respeito ao desenvolvimento de ferramentas mais interativas e integradas para pessoas com surdocegueira. O projeto de um aplicativo voltado especificamente para este público visa, portanto, não apenas preencher essa lacuna, mas também fornece uma plataforma acessível, eficiente e personalizada que promova a autonomia e a inclusão digital.

1.4 Objetivos

Na presente seção, discutiremos detalhadamente os objetivos que orientam o projeto, buscando esclarecer tanto o objetivo geral quanto os objetivos específicos que são fundamentais para a execução e implementação das soluções propostas. Este aprofundamento é essencial para entender a relevância e o impacto esperado do sistema, especialmente no contexto da tecnologia assistiva, que busca promover a inclusão de pessoas com deficiência.

1.4.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste projeto é desenvolver um sistema integrado que combina um aplicativo para dispositivos móveis com um dispositivo de automação residencial. O aplicativo será projetado para permitir a configuração de um temporizador, utilizando vibrações como meio de aviso para pessoas com deficiências auditivas ou visuais. Essa funcionalidade é crucial, pois a capacidade de receber alertas sensoriais pode melhorar significativamente a autonomia e a qualidade de vida dos usuários. Além disso, o sistema incluirá um dispositivo de casa inteligente que permitirá ao usuário saber se alguém está tocando a campainha, aumentando assim a sua interação com o ambiente e proporcionando uma maior sensação de segurança e controle sobre sua casa.

1.4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho, que servirão como etapas práticas e mensuráveis no desenvolvimento do projeto, são:

- Desenvolver um aplicativo para celular: O primeiro objetivo é a criação de um aplicativo intuitivo e acessível que possibilite a uma pessoa sem necessidades especiais programar um temporizador. Este aplicativo deverá oferecer uma interface simples, onde o usuário pode facilmente definir horários e configurar as vibrações como alertas. A ideia é garantir que o aplicativo seja amigável, considerando as limitações que pessoas com deficiência possam enfrentar. Essa funcionalidade de aviso sensorial é uma solução inovadora que contribui para a autonomia, permitindo que os usuários organizem melhor suas atividades diárias.
- Integração com um dispositivo de casa inteligente: Um objetivo crucial é a integração do aplicativo com um dispositivo de automação residencial, que servirá como transmissor de sinal. Esse dispositivo deverá captar o toque da campainha e enviar notificações ao aplicativo, permitindo que o usuário seja alertado por vibrações quando alguém estiver na porta. A capacidade de receber tais alertas é

fundamental para a inclusão social, pois promove um ambiente mais interativo e seguro para pessoas com deficiência, que muitas vezes podem se sentir isoladas em suas residências.

- Criar um circuito para o transmissor: Este é um dispositivo de hardware que complementa o software do item anterior. Outro passo importante é o desenvolvimento de um circuito específico para o transmissor, que capturará o toque da campainha e enviará essa informação ao aplicativo em tempo real. O projeto do circuito deve levar em consideração aspectos como a eficiência na transmissão do sinal e a durabilidade do dispositivo, assegurando que ele funcione corretamente em diferentes condições. A criação desse circuito é um desafio técnico que exigirá conhecimento em eletrônica e programação, mas que é essencial para o funcionamento global do sistema.
- Explorar possibilidades de expansão: Por fim, este projeto não se limita apenas à implementação inicial, mas também se propõe a investigar a viabilidade de futuras adições e melhorias, tanto para o circuito quanto para o aplicativo. Isso pode incluir a adição de funcionalidades como alarmes personalizados, integração com outras tecnologias assistivas, e feedback dos usuários para otimizar a experiência. A perspectiva de evolução do sistema é fundamental, pois a tecnologia assistiva deve acompanhar as necessidades em constante mudança dos usuários, proporcionando soluções cada vez mais eficazes e inclusivas.

Com esses objetivos bem delineados, o projeto se propõe a não apenas atender às necessidades imediatas de pessoas com deficiência, mas também a explorar novas fronteiras na tecnologia assistiva, promovendo a autonomia, a qualidade de vida e a inclusão social desse público. A realização desses objetivos pode trazer benefícios significativos, não só em termos de funcionalidade, mas também contribuindo para a construção de um ambiente mais inclusivo e acessível, que respeita e valoriza as capacidades de todos os indivíduos.

1.5 Justificativa

O projeto desenvolvido busca resolver dificuldades enfrentadas por pessoas com deficiência visual e auditiva no que se refere à marcação de horários e ao auxílio em situações cotidianas, como a notificação de visitas tocando a campainha. A falta de soluções tecnológicas assistivas específicas para esses desafios torna essas pessoas mais dependentes de terceiros para realizar atividades simples do dia a dia, o que afeta diretamente sua autonomia. Através de um sistema que utiliza tecnologia móvel, o projeto visa promover maior independência a esse grupo, utilizando funcionalidades como

alertas por vibração e sinais sonoros ajustáveis, permitindo uma maior personalização de acordo com o perfil do usuário.

Segundo o censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), existem no Brasil 45,6 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência, sendo que cerca de 40 mil pessoas com diferentes graus de surdocegueira. Esse número representa uma parcela significativa da população, que poderia se beneficiar de soluções tecnológicas focadas em aumentar a acessibilidade e autonomia, como destacado por autores como Martins e Napolitano (2017), além de também citado por Bersch (2008). Essas ferramentas tecnológicas desempenham um papel crucial na inclusão social e na qualidade de vida dessas pessoas, reduzindo a dependência de familiares ou cuidadores para atividades cotidianas e incentivando uma vida mais ativa e independente.

Durante o processo de desenvolvimento do projeto, foi feita uma análise de sistemas semelhantes disponíveis no mercado, e constatou-se que, embora existam soluções voltadas para "Casas Inteligentes", elas não são desenvolvidas especificamente para atender as necessidades de indivíduos com deficiência auditiva e visual. As soluções encontradas, em geral, tratam de forma superficial essas questões, não oferecendo funcionalidades customizáveis para essas deficiências. O sistema desenvolvido no projeto, por outro lado, foi desenhado com foco na inclusão e usabilidade, com a intenção de ser uma ferramenta acessível e eficaz para as necessidades desse público.

O sistema funciona através da integração de um dispositivo móvel que se comunica via Bluetooth com sensores instalados em ambientes domésticos. Esses sensores capturam ações como o toque de uma campainha e enviam um alerta ao usuário, por meio de vibração ou som, dependendo da deficiência da pessoa. Além disso, o sistema inclui um módulo para auxiliar na organização de compromissos diários, permitindo a configuração de lembretes por meio de vibração em intervalos de tempo predeterminados, o que se torna uma ferramenta essencial para pessoas com deficiência visual e auditiva.

Ainda que o sistema desenvolvido não tenha como premissa inicial ser disponibilizado gratuitamente, o projeto prevê a possibilidade de busca por financiamento público. Segundo as diretrizes de Bersch (2008), o governo pode oferecer apoio financeiro para a disponibilização de tecnologia assistiva, ampliando o alcance do sistema e tornando-o acessível para uma parcela maior da população. O apoio estatal seria essencial para viabilizar a implementação em larga escala, garantindo que o sistema possa ser utilizado por aqueles que mais necessitam, sem custos adicionais significativos para o usuário final.

O impacto potencial desse projeto vai além da simples melhoria de qualidade

de vida de pessoas com deficiência auditiva e visual. Ele representa um avanço significativo na área de tecnologia assistiva, promovendo uma inclusão mais ampla e efetiva dessas pessoas na sociedade. Ao fornecer uma solução que permite a essas pessoas uma maior independência, o projeto contribui para a redução das barreiras sociais e profissionais que essas deficiências podem impor, garantindo que elas possam participar mais ativamente de seu meio.

A inovação apresentada neste projeto é apenas o começo de uma nova era de acessibilidade e autonomia, em que a tecnologia se coloca como aliada fundamental para a inclusão social e o bem-estar de pessoas com deficiências, abrindo caminho para futuros avanços na área de tecnologia assistiva.

2 Fundamentação Teórica

Neste capítulo será tratado a fundamentação teórica do projeto, demonstrando uma revisão literária, os conceitos fundamentais e as ferramentas utilizadas. Ainda neste documento uma parte da revisão bibliográfica já foi realizada nos capítulos de Introdução e Trabalhos Correlatos, entretanto é interessante adicionar alguns comentários.

2.1 Revisão literária

A tecnologia assistiva está em crescimento, especialmente com o avanço das soluções voltadas para a inclusão de pessoas com deficiência sensorial. Segundo Bersch (2008), a tecnologia assistiva envolve a aplicação de ferramentas que permitem maior independência e integração social de pessoas com deficiências. Em especial, no caso de indivíduos surdocegos, essa área tem como principal meta proporcionar recursos que permitam a comunicação, a mobilidade e a interação com o ambiente.

Sistemas voltados para o auxílio de pessoas com surdocegueira geralmente são desenvolvidos para atender necessidades específicas, dado a natureza diversa da deficiência. Por exemplo, o trabalho de Gasparetto et al. (2012) demonstra a importância de recursos tecnológicos como máquinas de braille e dispositivos vibratórios, que permitem uma maior interação e autonomia de usuários com deficiência visual e auditiva. Além disso, sistemas de alarmes e dispositivos IoT (Internet das Coisas) vêm sendo aplicados para criar soluções inovadoras no campo da automação residencial, promovendo a inclusão digital de pessoas com deficiência (Campei & Carneiro, 2011).

A revisão também abrange o desenvolvimento de aplicativos móveis como parte integrante da tecnologia assistiva. Aplicações que utilizam a vibração como forma de notificação são destacadas por Bersch (2008), que aborda o uso de dispositivos móveis como facilitador para o acesso a funcionalidades como alarmes e avisos em tempo real. Esses sistemas têm mostrado um grande potencial no auxílio a pessoas surdocegas, criando maior autonomia e inclusão social.

2.2 Conceitos fundamentais

2.2.1 Tecnologia assistiva

Tecnologia assistiva é definida por Bersch (2008) como qualquer produto, recurso ou metodologia que tenha o objetivo de auxiliar pessoas com deficiência a realizar

atividades de maneira mais independente e inclusiva. Para pessoas com surdocegueira, a tecnologia assistiva vai desde dispositivos de comunicação tátil até sistemas de notificação por vibração, que visam facilitar a interação com o ambiente.

2.2.2 Surdocegueira

A surdocegueira é uma condição que combina a deficiência visual e auditiva, tornando a comunicação e a interação social extremamente desafiadoras. Pessoas com essa condição dependem fortemente de tecnologias que permitam acessar informações de maneira alternativa, como o uso de vibrações, toques e luzes. Essas tecnologias permitem que o usuário perceba eventos ao seu redor, como o toque de uma campainha ou o alarme de um celular.

2.2.3 Internet das Coisas (IoT)

O conceito de IoT refere-se à interconexão de dispositivos via internet, permitindo que eles troquem informações e funcionem de maneira integrada. A IoT tem sido amplamente aplicada em projetos de automação residencial, permitindo que dispositivos comuns, como campainhas e sensores, sejam controlados remotamente por aplicativos móveis. No contexto de tecnologia assistiva, a IoT permite o desenvolvimento de sistemas que ajudam a monitorar o ambiente, alertando o usuário sobre eventos importantes por meio de sinais táteis ou sonoros.

2.2.4 Alarmes e Sistemas de notificação por vibração

Sistemas de alarmes que utilizam a vibração como meio de comunicação são essenciais para pessoas com surdocegueira. Campeí e Carneiro (2011) discutem a importância de dispositivos móveis que, integrados a tecnologias de alarme, permitem que o usuário defina temporizadores e receba notificações vibratórias sobre atividades cotidianas, sem depender da visão ou audição.

2.3 Ferramentas e tecnologias

2.3.1 *Arduino*

O *Arduino* é uma plataforma de *hardware open-source* muito utilizada na criação de sistemas de automação e dispositivos IoT. O *Arduino* é ideal para projetos que necessitam de integração entre sensores e componentes que atuam, como os sistemas que permitem que uma campainha de 110V ou 220V acione um alarme vibratório no celular de uma pessoa surdocega. O uso do *Arduino*, combinado com o optoacoplador

4N25, possibilita a integração de dispositivos de alta tensão com sistemas de baixa tensão de forma segura.

2.3.2 Módulo *Bluetooth* HC-06

O módulo *Bluetooth* HC-06 permite a comunicação sem fio entre o Arduino e dispositivos móveis. Esse módulo é fundamental para integrar sistemas de notificação que utilizam o celular como interface de usuário. No caso do projeto de tecnologia assistiva, o *Bluetooth* é utilizado para enviar notificações ao celular quando alguém toca a campainha, acionando o sistema de vibração.

2.3.3 *App Inventor*

O *App Inventor* é uma plataforma de desenvolvimento de aplicativos *mobile* criada pelo MIT, conhecida por sua interface simple de programação por blocos. É amplamente utilizada em projetos de tecnologia assistiva devido à sua facilidade de integração com dispositivos externos, como o Arduino. O App Inventor é uma ferramenta poderosa para a criação de aplicativos personalizados que podem auxiliar pessoas com deficiências sensoriais a interagir com o ambiente, configurando alarmes vibratórios e recebendo notificações de eventos por meio de seus dispositivos móveis.

2.3.4 *Push Button* e Optoacoplador 4N25

O Push Button é um componente muito simples, utilizado para acionar manualmente dispositivos no *Arduino*. No entanto, para o sistema de campainha, é recomendada a substituição pelo optoacoplador 4N25, que permite a integração de dispositivos de alta tensão (110V ou 220V) com sistemas de baixa tensão. O optoacoplador isola eletricamente os circuitos, garantindo a funcionalidade do sistema e a eficiência da comunicação entre o Arduino e os dispositivos conectados.

3 Análise e definição do problema

Neste capítulo, trataremos sobre o problema, fazendo uma análise e definição do mesmo:

3.1 Definição do problema

A tecnologia assistiva tem avançado consideravelmente, porém ainda enfrenta diversos desafios, principalmente quando se trata de atender às necessidades de pessoas com deficiências múltiplas, como a surdocegueira. Esse grupo específico de indivíduos enfrenta barreiras adicionais em relação à comunicação, ao ambiente e à mobilidade, tornando-os extremamente dependentes de cuidadores para atividades cotidianas básicas, como saber quando há alguém na porta ou quando um alarme sonoro é acionado, tais desafios se tornam extremamente complexos e tendem a ser superados se utilizando do tato como ferramenta de comunicação, como Ozioko (2018) exemplifica.

Essa dependência não se deve apenas à falta de suporte, mas também à falta de soluções tecnológicas acessíveis. O problema principal identificado é a ausência de um sistema acessível, eficiente e de baixo custo que, por meio de vibração permita que pessoas surdocegas sejam notificadas sobre eventos diários sem depender exclusivamente de terceiros. A combinação de um sistema que utilize smartphones para notificações por vibração e dispositivos IoT, como campainhas inteligentes, ainda não é amplamente implementada para atender a essa população, o que resulta em um déficit de autonomia para essas pessoas.

3.2 Estado da arte

O estado da arte em tecnologia assistiva para pessoas surdocegas é promissor, entretanto ainda não alcançou o total desempenho. Ferramentas como o Braibook, que permite a leitura de textos para deficientes visuais, e o *software JAWS* para leitura de tela têm desempenhado um papel importante na inclusão de pessoas com deficiência sensorial. No entanto, essas ferramentas são escassas e não possuem distribuição em todos os países.

Pesquisas como a de Hollier e Abou-Zahra (2018) mostram que a aplicação de dispositivos IoT pode preencher essa lacuna ao permitir que objetos cotidianos, como campainhas ou sensores de movimento, se conectem com dispositivos móveis para

criar notificações em tempo real para o usuário. Isso seria especialmente eficaz para usuários com múltiplas deficiências, que dependem de uma comunicação tátil, como a vibração do celular.

Além disso, a aplicação de IoT para notificar usuários com deficiência sobre eventos como o toque de uma campainha ainda é uma área em desenvolvimento. O uso de sistemas de vibração em *smartphones* já está bem estabelecido, mas sua integração com dispositivos externos, como uma campainha inteligente, poderia proporcionar uma solução acessível e eficiente para surdocegos, melhorando sua qualidade de vida e autonomia, que é a meta principal da tecnologia assistiva como cita Bersch (2008)

3.3 Objetivos específicos do problema

Com base nas lacunas identificadas na literatura e no estado da arte, os objetivos específicos deste projeto são:

- **Desenvolver um sistema de alarmes e temporizadores vibratórios** que permita que usuários surdocegos tenham controle sobre suas atividades diárias por meio de um aplicativo móvel simples, capaz de configurar alarmes e notificações por vibração.
- **Implementar uma solução de IoT integrada com um sistema de campainha**, onde um circuito baseado em Arduino, conectado via *Bluetooth* a um celular, possa notificar o usuário por vibração sempre que alguém tocar a campainha da residência.
- **Realizar testes** para validar a funcionalidade e a usabilidade do sistema, identificando melhorias que possam ser feitas para garantir a eficácia da solução proposta.

Esses objetivos buscam suprir as lacunas observadas nas soluções atuais e oferecer uma ferramenta simples e acessível para aumentar a independência de pessoas surdocegas, ao mesmo tempo em que integram tecnologias amplamente disponíveis no mercado.

4 Metodologia

Neste capítulo, será apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento do projeto, abordando as etapas e ferramentas que foram fundamentais para a sua realização. O desenvolvimento de um projeto dessa natureza requer uma abordagem metódica, permitindo não apenas a criação de um produto eficaz, mas também a integração de tecnologias que atendam a uma demanda social significativa.

4.1 Tipo de pesquisa

Considerando que o projeto resultou na criação de um produto inovador, podemos classificá-lo como uma pesquisa exploratória, conforme destacado por Wazlawick (2009). Essa abordagem é particularmente relevante no contexto atual, onde a tecnologia assistiva desempenha um papel fundamental na inclusão de pessoas com deficiência. A pesquisa exploratória permitiu a identificação de lacunas e necessidades no mercado, conduzindo à concepção de um sistema que visa melhorar a qualidade de vida de pessoas com deficiência. Essa metodologia não só possibilitou um entendimento mais profundo das demandas dos usuários, mas também ajudou a mapear as tecnologias disponíveis que poderiam ser incorporadas ao projeto.

Além disso, a pesquisa envolveu a revisão de literatura sobre tecnologias assistivas, com foco em inovações que poderiam ser adaptadas ou aprimoradas. Esse processo foi crucial para garantir que o produto final não apenas atendesse às expectativas dos usuários, mas também se alinhasse com as melhores práticas do setor.

4.2 Planejamento

O planejamento para a execução do projeto foi dividido em etapas estruturadas de forma semelhante a sprints, seguindo uma abordagem incremental, típica de metodologias ágeis. O projeto foi organizado em seis partes principais, que foram executadas de maneira sequencial e iterativa, garantindo o monitoramento e o ajuste contínuo em todas as fases.

- **Estudo de casos:** Esta fase inicial foi dedicada à pesquisa sobre o estado da arte, onde foram estudados aplicativos e sistemas semelhantes. O objetivo foi compreender como outras soluções de tecnologia assistiva abordavam a inclusão de pessoas surdocegas. Foi realizado um mapeamento dos principais desafios enfrentados por esse público e de como a tecnologia pode ser usada para superar

essas barreiras. Além disso, foi analisado o impacto de diferentes soluções já existentes no mercado, como dispositivos vibratórios e sistemas IoT, focando em seus pontos fortes e nas limitações. Esse estudo foi fundamental para identificar lacunas e oportunidades de inovação no projeto.

- **Desenvolvimento do aplicativo de alarmes:** A segunda etapa do planejamento consistiu no desenvolvimento do aplicativo voltado para a configuração de alarmes. Com o uso do Figma para criar os mockups, a equipe projetou uma interface acessível que permitisse a configuração de alarmes vibratórios de forma intuitiva. O *App Inventor* foi então utilizado para transformar esses protótipos em um aplicativo funcional, permitindo que o usuário configurasse alarmes com base em horários pré-definidos, os quais seriam sinalizados por vibrações. Essa etapa foi executada em ciclos de desenvolvimento e teste, permitindo que ajustes fossem feitos conforme o progresso avançava.
- **Testes:** Desde o início do desenvolvimento, os testes foram realizados em paralelo à criação das funcionalidades. Em cada ciclo de desenvolvimento, simulações foram conduzidas para verificar a usabilidade e a funcionalidade do sistema. Essa fase de testes foi crucial para garantir que o aplicativo atendesse às necessidades do usuário final, com foco na acessibilidade e na usabilidade. *Feedbacks* contínuos foram obtidos com usuários reais, permitindo ajustes iterativos na interface e nas funcionalidades.
- **Desenvolvimento do aplicativo de IoT e *Arduino*:** A quarta fase consistiu no desenvolvimento do aplicativo voltado para IoT e na integração com o *Arduino*. Utilizando o *App Inventor* e o módulo HC-06 *Bluetooth*, o aplicativo foi desenvolvido para se comunicar diretamente com o circuito de *hardware*, permitindo que o usuário recebesse notificações no celular sempre que a campainha fosse tocada. O circuito, desenvolvido com o *Arduino Uno*, foi projetado para receber o sinal de dispositivos de alta tensão (110V ou 220V), utilizando o optoacoplador 4N25 para garantir a segurança do sistema.
- **Análise de resultados:** Após o desenvolvimento das funcionalidades, foi realizada uma análise detalhada dos resultados obtidos durante os testes. O foco foi avaliar se os objetivos de acessibilidade, autonomia e integração tecnológica haviam sido atingidos. Foram revisados tanto o desempenho técnico quanto a usabilidade do sistema, e, com base nos dados coletados, ajustes finais foram realizados para melhorar a eficiência e a experiência do usuário.
- **Estudo de melhorias:** Na última fase, foi conduzido um estudo para identificar possíveis melhorias no sistema. A análise se concentrou em como expandir as funcionalidades e integrar novas tecnologias para melhorar ainda mais a

autonomia dos usuários. Sugestões como a integração com assistentes de voz e a expansão para outros dispositivos IoT foram exploradas, visando futuras atualizações do projeto.

4.3 Desenvolvimento

O desenvolvimento do projeto foi realizado de forma modular, fazendo com que cada uma das funcionalidades fosse implementada, testada e aprimorada em etapas. A divisão do projeto em duas principais áreas garantiu que as necessidades específicas dos usuários fossem abordadas de maneira eficaz e integrada.

A primeira fase do desenvolvimento focou no aplicativo de alarmes, cuja interface foi projetada no Figma, facilitando a visualização do fluxo do usuário e permitindo um design centrado na acessibilidade. O aplicativo foi desenvolvido utilizando o *App Inventor*, que, com sua interface *Drag and Drop*, possibilitou a criação rápida e eficiente do sistema de alarmes. O aplicativo permite que o usuário configure temporizadores que resultam em notificações por vibração, oferecendo uma solução prática para a medição de tempo sem a necessidade de feedback visual ou auditivo.

Posteriormente ao desenvolvimento do aplicativo de alarmes, foi iniciado o desenvolvimento do sistema de IoT e *Arduino*. O uso do *Arduino Uno*, integrado com o módulo HC-06 *Bluetooth*, permitiu que o aplicativo se conectasse com o sistema de hardware para receber notificações de eventos, como o toque da campainha. O circuito foi projetado no *Tinkercad*, onde as simulações permitiram ajustes antes da implementação física. O código para o *Arduino* foi desenvolvido no *Arduino IDE* facilitando a comunicação entre o *hardware* e o *software* por meio de comandos *Bluetooth*. A implementação do optoacoplador 4N25 garantiu a segurança do sistema, permitindo a integração de dispositivos de alta tensão (como campainhas de 110V e 220V) com o circuito de baixa tensão do *Arduino*.

Durante o desenvolvimento, foram realizados testes contínuos com usuários reais para garantir que as interfaces fossem intuitivas e que o sistema funcionasse conforme o planejado. O ciclo de desenvolvimento e testes foi repetido até que todas as funcionalidades estivessem operando de forma estável, assegurando que o projeto atendesse aos requisitos iniciais de acessibilidade e autonomia.

A última etapa do desenvolvimento foi a análise dos dados obtidos durante os testes e na implementação de melhorias finais. O sistema foi melhorado para garantir que os alarmes fossem facilmente configurados e que a comunicação entre o *Arduino* e o aplicativo ocorresse de segura, além de facilitar o uso do aplicativo para o usuário. O sucesso dessa integração foi resultado da colaboração entre o desenvolvimento do *software* e *hardware*, alinhado com os feedbacks obtidos ao longo do projeto.

Para que o usuário consiga diferenciar as vibrações, é utilizado a frequência, ou seja, em cada um dos alarmes e no aplicativo de conexão, a vibração terá frequências diferentes, maiores frequências para o aplicativo de conexão, isso levaria ao cuidador ensinar o deficiente sobre as frequências e seus significados.

4.4 Ferramentas e ambientes

Para o desenvolvimento do aplicativo, foi adotado o *App Inventor*, uma plataforma desenvolvida pelo MIT que visa democratizar a criação de aplicativos móveis. Essa escolha se deu pela sua simplicidade e eficácia na criação de aplicativos, permitindo que até mesmo aqueles com conhecimentos limitados em programação pudessem contribuir para o desenvolvimento. O *App Inventor* utiliza uma interface de programação em blocos, conhecida como “*Drag and Drop*” ou “Arrasta e Solta”, que torna a implementação de diversas funções mais acessível. Essa característica foi particularmente importante para o projeto, uma vez que permitiu que diferentes membros da equipe, com habilidades variadas, pudessem colaborar efetivamente na construção do aplicativo.

Para o desenvolvimento de protótipos e *mockups* do aplicativo, foi utilizado o *Figma*, uma ferramenta colaborativa de design que facilita a criação de interfaces visuais. O *Figma* permitiu que a equipe planejasse a estrutura e o fluxo do aplicativo de maneira visual e interativa, assegurando uma melhor comunicação entre as partes envolvidas no projeto. Sua função colaborativa foi essencial para garantir que o design da interface fosse intuitivo e acessível para o público-alvo.

Apesar de alguns desafios na instalação, relacionados a requerimentos específicos do sistema, sua utilização se mostrou vantajosa, especialmente em projetos de automação residencial de baixo custo, dada a facilidade de integração com plataformas como *Arduino* e ESP através de conexão *Bluetooth*. Essa integração foi um dos pilares do projeto, uma vez que possibilitou que o aplicativo se comunicasse de forma eficiente com o dispositivo de *hardware*.

No que diz respeito ao circuito, o projeto incorporou um *Arduino*, que desempenhou um papel crucial no funcionamento do sistema. O *Arduino* é uma plataforma de prototipagem eletrônica amplamente utilizada e reconhecida, que permite a criação de dispositivos interativos. Para o desenvolvimento dos códigos que foram enviados para o *Arduino*, foi utilizada a *Arduino IDE*, uma ferramenta que facilita a escrita e upload de códigos. A escolha do *Arduino* foi motivada por sua versatilidade, facilidade de uso e a vasta comunidade de suporte, que oferece uma riqueza de recursos e tutoriais.

Adicionalmente, para o design e simulação do circuito eletrônico, foi utilizado o *Tinkercad*. Esta plataforma não apenas possibilitou que o circuito fosse modelado e

testado, mas também permitiu que a equipe realizasse simulações das interações entre o aplicativo e o hardware antes da implementação final. A capacidade de testar tanto o circuito quanto os códigos no *Tinkercad* foi um diferencial significativo, pois possibilitou ajustes e melhorias com base em testes práticos, garantindo que as interações fossem otimizadas antes da fase de execução do projeto. Essa fase de simulação foi crucial para identificar e corrigir potenciais falhas, assegurando que o sistema funcionasse conforme o esperado na prática.

A junção dessas ferramentas e abordagens facilitou o desenvolvimento do projeto, além de assegurar que os objetivos estabelecidos fossem alcançados com eficácia e inovação. A colaboração entre os membros da equipe, possibilitada pelas ferramentas escolhidas, foi fundamental para que o projeto não apenas se concretizasse, mas também para que gerasse um sistema que contribui para a autonomia de pessoas com deficiência. Este reflexo do compromisso com a inclusão e a acessibilidade é um testemunho do potencial da tecnologia assistiva em transformar vidas, promovendo a independência e a participação plena na sociedade. A metodologia aplicada ao longo do projeto garantiu que todas as etapas fossem cuidadosamente planejadas e executadas, resultando em um produto final que atende às reais necessidades dos usuários e que se destaca pela sua funcionalidade e eficácia.

4.4.1 Especificações técnicas do *Hardware*

O *Arduino Uno R3* é o microcontrolador central utilizado no projeto. Ele possui as seguintes especificações técnicas relevantes:

- Microcontrolador: ATmega328P
- Tensão de operação: 5V
- Tensão de entrada: 7-12V
- Pinos digitais: 14 pinos
- Pinos analógicos: 6 pinos
- Corrente DC por pino I/O: 20 mA
- Memória flash: 32 KB
- SRAM: 2 KB
- EEPROM: 1 KB
- Velocidade de clock: 16 MHz

As principais características do módulo do HC-06 são:

- Tensão de operação: 3,6V a 6V
- Tensão de comunicação: 3,3V Protocolo: Bluetooth Serial Port Profile (SPP), classe 2
- Velocidade de comunicação: Configurável até 115200 bps (padrão 9600 bps)
- Distância máxima: Aproximadamente 10 metros
- Conexões: 4 pinos - VCC, GND, TXD, RXD
- Compatibilidade: Funciona com qualquer microcontrolador que suporte comunicação serial

O HC-06 permite a fácil integração de comunicações sem fio ao projeto, permitindo a troca de dados com o Arduino sem a necessidade de conexões físicas diretas. As especificações do módulo *Bluetooth* HC-06 foram obtidas a partir do datasheet oficial fornecido pela Olimex (OLIMEX, 2024).

As especificações do *Push Button* especificações incluem:

- Tipo de contato: Momentâneo
- Corrente nominal: 50 mA a 12 V DC
- Resistência de contato: < 100 mOhms
- Resistência de isolamento: > 100 MOhms a 500 V DC
- Número de terminais: 2 terminais para contatos simples

5 Desenvolvimento e implementação

Neste capítulo será tratado sobre como o projeto foi desenvolvido e implementado, apresentando as ferramentas e suas estruturas. Destacando que o sistema proposto é dividido em dois módulos independentes, que são:

- Módulo campainha: Este módulo faz com que o celular vibre automaticamente, todas as vezes que a campainha da residência for acionada e, assim, permite que o surdocego saiba que tem algum chamando no portão.
- Módulo alarme: Este módulo faz com que o celular vibre automaticamente em horários pré-definidos por um colaborador, sendo que a cada horário a frequência da vibração é diferente, o que permite ao surdocego ter a percepção do horário exato.

5.1 Descrição do sistema do módulo de campainha

O sistema desenvolvido tem como base o uso do *Arduino Uno R3* para atender as necessidades de pessoas com deficiência auditiva e visual. Esse módulo de IoT (Internet of Things) permite que, por meio da integração de dispositivos, como campainhas e sensores, a comunicação entre esses aparelhos e o usuário ocorra de forma eficiente. No projeto, o *Arduino* é utilizado como processador central. O código programado nele tem a função de monitorar uma das portas do controlador em busca de sinais de entrada, como o toque de uma campainha. Quando esse sinal é detectado, o *Arduino* envia uma mensagem ao módulo *Bluetooth*, que então comunica o evento ao aplicativo *Android* conectado, garantindo que o usuário receba um alerta em seu celular.

A comunicação entre o *Arduino* e o aplicativo é realizada via *Bluetooth*, e a interface do aplicativo foi simplificada para facilitar a operação. Um botão de conexão permite o pareamento rápido entre os dispositivos, e, assim que o *Arduino* detecta uma carga elétrica na entrada configurada, o aplicativo emite uma vibração, alertando o usuário. O *hardware* foi projetado para ser flexível e pode ser integrado com diversos dispositivos, como botões ou campainhas, através de opto-acopladores como o 4N25, que isolam eletricamente os circuitos de alta e baixa tensão, permitindo a utilização do sistema em ambientes domésticos com redes elétricas convencionais.

5.2 Descrição do módulo de campainha

O segundo *software* desenvolvido para o projeto é um aplicativo *Android* que permite a criação e gerenciamento de alarmes personalizados, com o objetivo de auxiliar pessoas surdocegas no acompanhamento de horários e compromissos. O aplicativo possui três telas principais. Na primeira, o usuário pode definir alarmes únicos, inserindo a hora, os minutos e uma mensagem que será exibida no momento do alarme. Essa tela também permite a configuração de múltiplos alarmes, facilitando a organização de diferentes eventos.

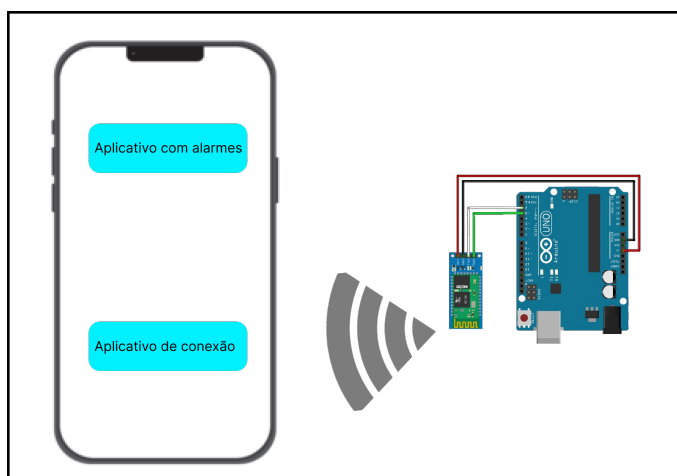
Na segunda tela, o usuário pode configurar alarmes recorrentes, onde é possível definir intervalos em horas e o número de repetições, além de uma mensagem que será exibida sempre que o alarme tocar. Essa funcionalidade é útil para lembretes periódicos, como a tomada de medicamentos ou a realização de atividades específicas. Já a terceira tela é um menu simples, que oferece botões de navegação para as demais funcionalidades do aplicativo. O *design* foi pensado para que, uma vez configurado por um cuidador ou assistente, o sistema opere de maneira autônoma, garantindo a independência do usuário.

O desenvolvimento desse aplicativo, em conjunto com o módulo de IoT, oferece uma solução robusta e acessível para melhorar a qualidade de vida de pessoas com deficiência, permitindo que elas interajam de forma mais eficiente com o ambiente ao seu redor.

5.3 Arquitetura do sistema

Nesta seção será mostrada a arquitetura do sistema descrita no subcapítulo 5.2, a visualização é facilitada pela Figura 1.

Figura 1 – Demonstração do sistema.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Como visto na imagem acima, o controlador está conectado ao módulo de *Bluetooth* que se conecta ao aplicativo de conexão, como visto também não há conexão entre o aplicativo de conexão e o aplicativo com os alarmes. Na imagem não é mostrada a entrada de energia pois para a implementação na campanha seria necessário o uso do 4N25 e isto não foi implementado em testes físicos.

Este sistema foi implementado em uma arquitetura de IoT, onde o sistema de *Hardware* atua como coletor de dados e transmite os dados para o aplicativo, esta arquitetura é conhecida por sua falta de padronização, trazendo diversos desafios na implementação e descrição do sistema, como apontado por Al-Qaseemi (2016).

5.4 Implementação

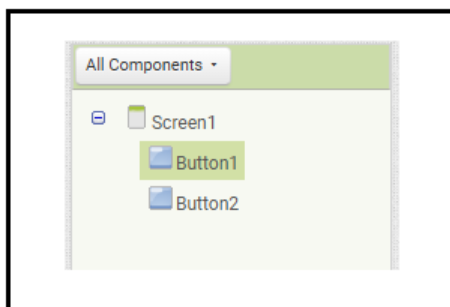
Nesta seção serão mostradas as ferramentas utilizadas no projeto, para os aplicativos, foi utilizado o *MIT App Inventor 2* para programar, isso se dá devido a sua facilidade de integração IoT, onde é muito mais simples de conectar ao serviço de *Bluetooth* usado no circuito. O *App Inventor 2* tem a facilidade de programação, mas a dificuldade de testes, visto que tem dificuldades de fazer testes unitários por sua programação em blocos. O *App Inventor 2* é um *Software* desenvolvido pelo Instituto de Tecnologia de Massachussets para a criação de aplicações *Mobile* de maneira simples, entretanto sua facilidade de criação de aplicações se mostrou não ser sua única vantagem, dado que a criação de conexões *Bluetooth* é simplificada em componentes mais fáceis de se utilizar, possibilitando conexões com módulos de circuitos.

Para a confecção do circuito, foi utilizado um *Arduino* do modelo *Uno R3* para fazer o papel de controlador no sistema, ele está ligado ao módulo de *Bluetooth* HC-06 que é responsável pela comunicação com o aplicativo, a escolha do *Arduino* se dá pela familiaridade e simplicidade de uso.

5.4.1 Especificações dos aplicativos com alarmes

No aplicativo com alarmes na tela de menu, foram utilizados apenas dois componentes, no caso dois botões que redirecionam para cada uma das telas de alarme, os componentes podem ser vistos na Figura 2.

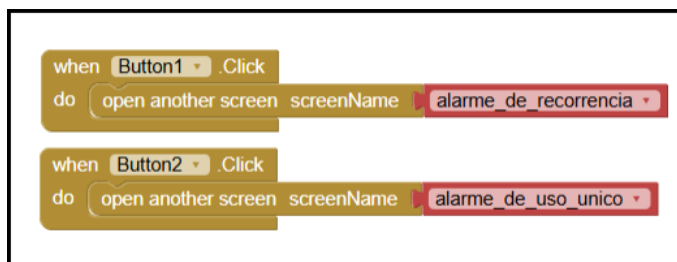
Figura 2 – Demonstração dos componentes da tela inicial.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Cada um dos botões possui seus próprios atributos, como seus nomes, cores e formatos. Na Figura 3 é possível ver a programação de ambos dos botões, sendo apenas um comando para ir para a tela correspondente sem colocar valores iniciais nas variáveis de cada tela

Figura 3 – Programação em bloco da tela de menu.



Fonte: Elaborada pelo autor.

No momento de montar a tela visualmente, os botões têm um formato retangular com os vértices arredondados, cada um tem a cor ciana e suas fontes estão em Arial com letra em negrito, a tela pode ser vista na Figura 4.

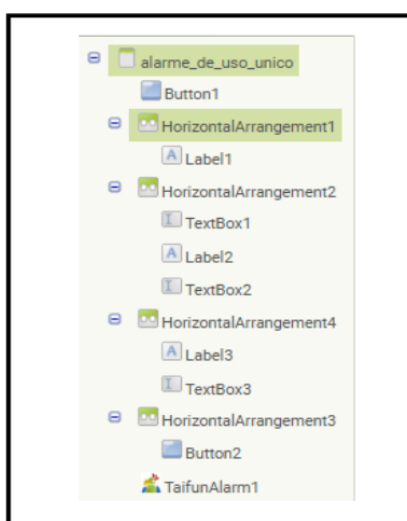
Figura 4 – Tela do menu vista pelo *App Inventor 2*



Fonte: Elaborada pelo autor.

Na tela de alarme de uso único, os componentes utilizados foram dois botões, um para voltar a tela e outro para enviar a confirmação do alarme, três *Labels* para escrever na tela do usuário com instruções simples de como usar cada campo, três Caixas de texto, para o usuário colocar os valores correspondentes, quatro caixas de *Layout* para organizar horizontalmente todos os componentes por exceção do botão de voltar ao menu, e por último um componente chamado *TaifunAlarm* que é a API utilizada pelo aplicativo para definir os alarmes pelo próprio alarme do sistema. Os botões mantêm os atributos das telas anteriores, mudando apenas seu uso e seus nomes, como pode ser visto na Figura 5.

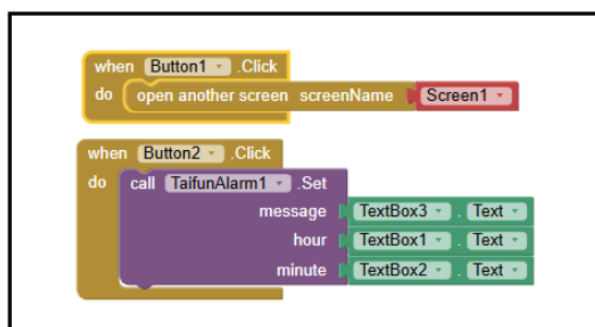
Figura 5 – Componentes presentes na tela de alarme único



Fonte: Elaborada pelo autor.

Na programação em bloco, a função que utiliza do botão um, funciona para fazer a tela voltar para o menu quando for clicado. No bloco abaixo é possível ver a função *TaifunAlarm* que define a mensagem que vai aparecer para o usuário, a hora e o minuto que o usuário terá seu alarme tocado, na Figura 6 é possível observar os blocos e seus parâmetros.

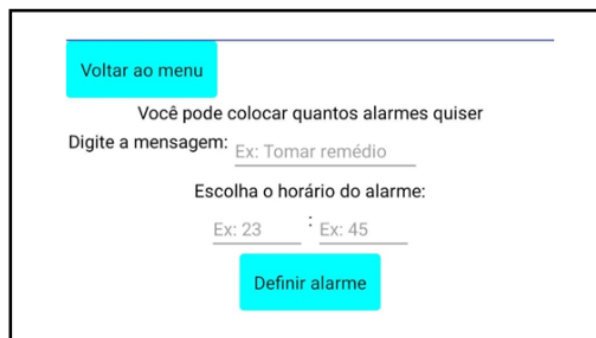
Figura 6 – Programação da tela de Alarme único



Fonte: Elaborada pelo autor.

Esta mesma tela pode ser observada na Figura 7, os campos de texto possuem dicas para o usuário poder utilizar de maneira simples e direta, os botões estão em negrito para maior destaque e segue a coloração em ciano.

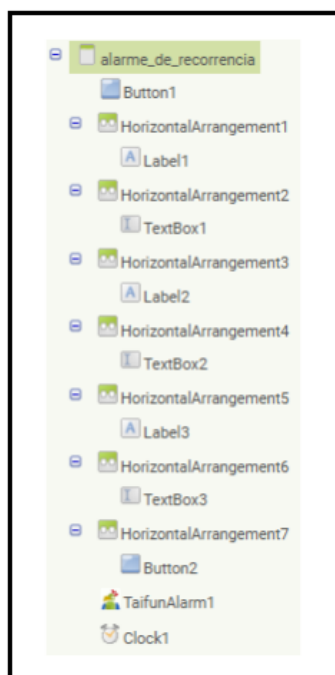
Figura 7 – Tela de alarme único.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Por último, a tela de alarme de recorrência é composta por dois botões semelhantes aos botões da tela de alarme único, três Caixas de texto para inserir a recorrência do alarme, quantas vezes ele vai tocar e pôr fim a mensagem dos alarmes, três *Labels* para mostrar textos para instrução do usuário, o componente de *TaifunAlarm* que irá fazer a ligação com o alarme do sistema do celular, além de um componente de relógio que servirá para saber o instante em que o botão foi clicado, isto pode ser visto na Figura 8.

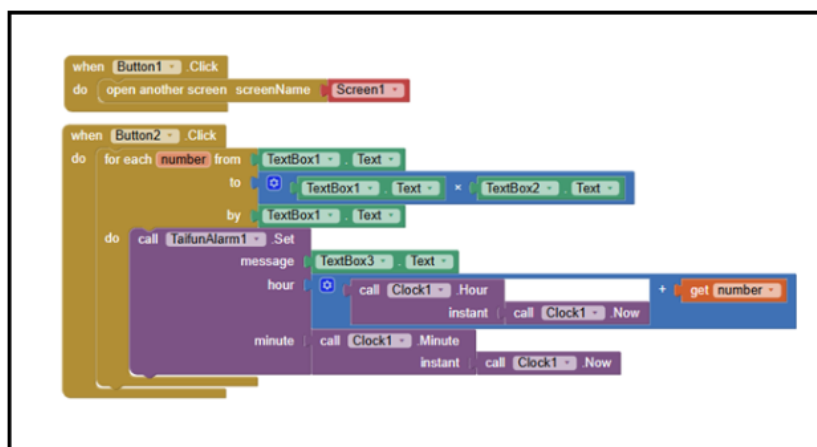
Figura 8 – Lista de componentes da tela de alarme de recorrência.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Na programação da tela de alarme de recorrência, o botão um é responsável por voltar quando for pressionado, quando o botão dois for pressionado, ele irá fazer um comando “para” que pega a entrada de vezes que o usuário quer que o alarme toque, é criado também a variável *number* que será usada para somar no valor da hora, incrementando a cada interação. Dentro da função “do” é definido a mensagem que será exibida quando o alarme tocar, além de definir o minuto e hora usando o componente *clock* que consegue definir o instante que o botão foi pressionado, é possível perceber as descrições na Figura 9.

Figura 9 – Programação da tela de alarme recorrente.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Esta tela pode ser observada na Figura 10, sua interface é simples e possui dicas em cada uma das entradas de dados.

Figura 10 – Tela de alarme recorrente.

Voltar ao menu

Digite a recorrência de horas:
Ex: A cada 2 horas.

Digite quantas vezes:
Ex: Me lembre 3 vezes

Digite a mensagem:
Ex: Tomar remédio

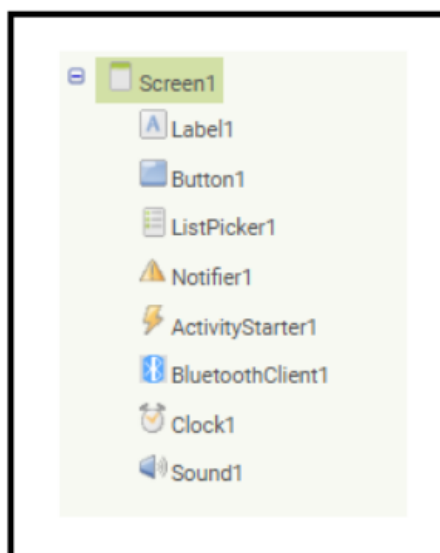
Definir alarme

Fonte: Elaborada pelo autor.

5.4.2 Especificações do aplicativo de IoT

No aplicativo de IoT existem diversos componentes, possui um *label* para demonstrar informações na tela do usuário, um botão para abrir uma lista, um *List Picker* que irá abrir uma lista de dispositivos *Bluetooths*, um *Active Starter* para pedir permissão de uso do *Bluetooth* no sistema, um *Notifier* que exibe uma mensagem de erro caso a conexão não funcione, um *Cliente Bluetooth* que vai receber os *Bytes* do circuito, um relógio que serve para saber o instante em que está e por fim um componente de som que ativa a vibração do celular, os componentes podem ser vistos na Figura 11.

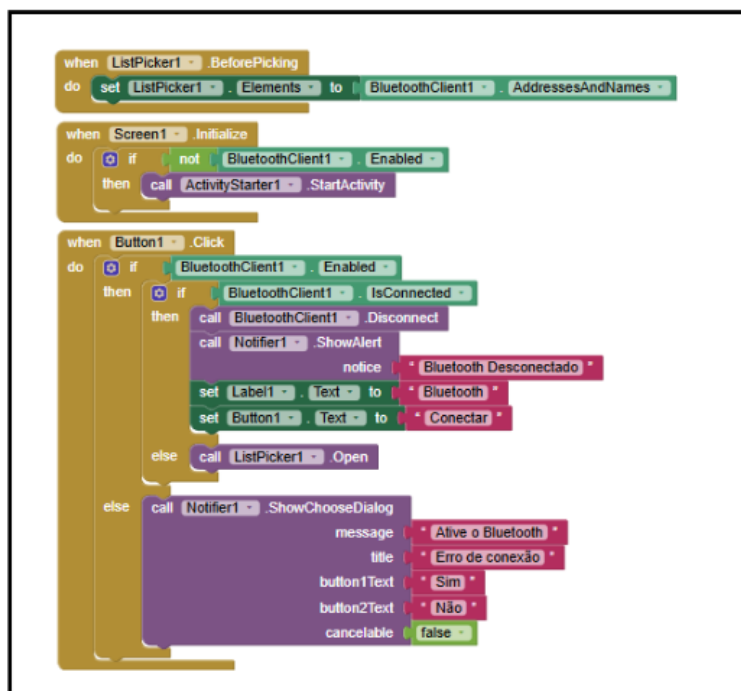
Figura 11 – Componentes da tela de IoT.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Na programação, esta é a tela mais complexa devido sua conexão, quando a tela for inicializada haverá uma checagem, caso o *Bluetooth* não esteja ativo, o *Active Starter* se iniciará, fazendo a requisição para o sistema *Android* emitir o pedido de ativação do *Bluetooth*, antes do *List Picker* ser utilizado, ele também precisa conter todos os endereços e nomes das conexões, para que quando for acionado pelo botão, o mesmo possa exibir a lista de dispositivos com conexão habilitada. Quando o botão é acionado, ele fará a checagem de habilitação do *Bluetooth* novamente, para impossibilitar que o aplicativo se encerre por erro crítico, ele também faz a checagem de conexão, caso o aparelho já esteja conectado, ele permite que haja a desconexão do aparelho, trocando o texto do botão que anteriormente estava “Conectar” para “Desconectar”, esta parte da programação pode ser vista na Figura 12.

Figura 12 – Programação do início da tela, do botão e da lista.

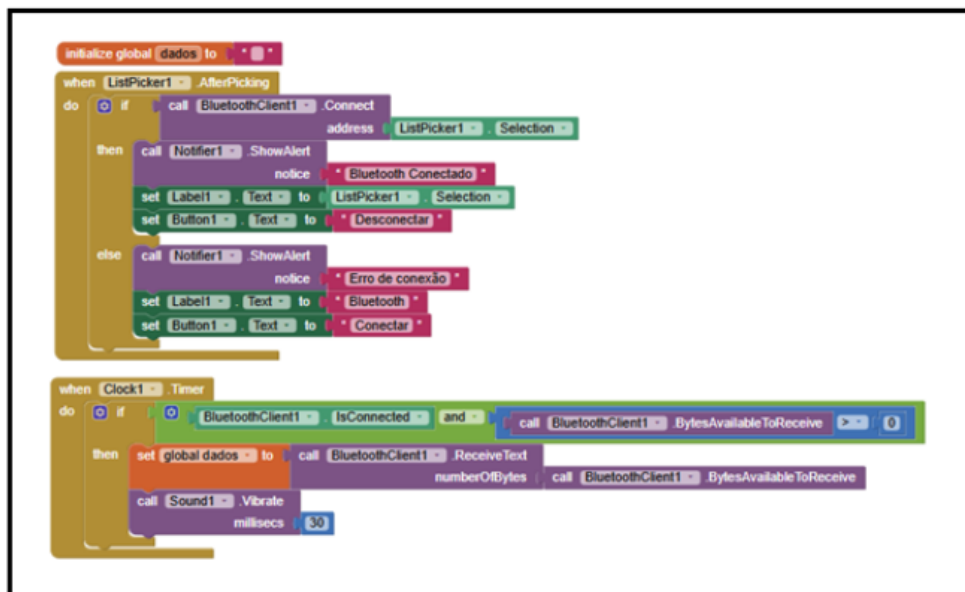


Fonte: Elaborada pelo autor.

Nesta tela, também foi necessário criar uma variável vazia para fazer a checagem da transmissão de *Bytes* digitais, para isso foi criada a variável global “dados”, que será utilizada quando o relógio for chamado, fazendo uma verificação de conexão e transmissão, na verificação, não há diferenciação de quais valores estão sendo recebidos, apenas se trata caso haja qualquer valor a ser recebido, isso se dá pela simplicidade binária do sistema, quando houver *Bytes* a serem recebidos, o relógio definirá a variável “dados” como o valor recebido e chamará o componente de som para fazer a vibração por 30 milissegundos.

Após a seleção de um elemento no componente de lista, o item escolhido será automaticamente conectado ao *Bluetooth*, o que resultará em uma atualização visual no botão, que passará a exibir o texto “Desconectar”, indicando a conexão ativa. Além disso, uma notificação com a mensagem “Bluetooth Conectado” será exibida na tela, confirmando o sucesso da operação. Caso não tenha nenhuma escolha na lista no momento da tentativa de conexão, a notificação exibirá a mensagem “Erro de conexão”, sinalizando a necessidade de selecionar um elemento válido. A programação detalhada deste comportamento pode ser conferida na Figura 13.

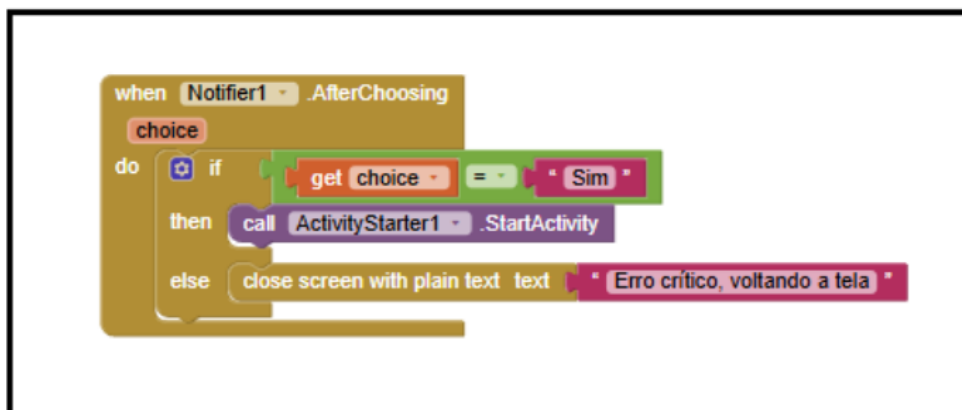
Figura 13 – Programação da lista e conexão do *Bluetooth*.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Por último, há também o tratamento da notificação em caso de erro de conexão, onde será encerrada e fechará o programa, este tratamento pode ser observada na Figura 14.

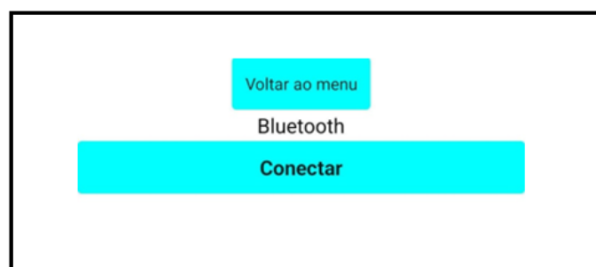
Figura 14 – Programação do tratamento.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Na Figura 15 é possível ver a tela do usuário, a tela é bem simples e é composta apenas por textos do *label* e pelo botão de conexão.

Figura 15 – Tela do aplicativo de conexão IoT.



Fonte: Elaborada pelo autor.

5.4.3 Especificações do circuito com *Arduino*

Nesta seção, será especificado as partes de *Software* e *Hardware* do circuito que fará a conexão com o aplicativo de IoT.

Os componentes utilizados para a confecção do circuito foram um *push button* que irá simular a campainha, o *Arduino* que irá receber a entrada do botão e emitirá os dados para o módulo de *Bluetooth* e o módulo HC-06 que fará a transmissão de dados para o aplicativo, possibilitando a conexão, todas as conexões físicas foram feitas com fios chamados “*Jumpers*” e com auxílio de uma placa de prototipagem para facilitar as ligações. O microcontrolador foi escolhido por sua versatilidade, ampla documentação e capacidade de interface com diversos módulos e sensores. Já o módulo HC-06 foi utilizado para estabelecer comunicação sem fio entre o *Arduino* e dispositivos externos, como smartphones ou computadores.

O *push button* serve como um dispositivo de entrada simples para acionar funções específicas no sistema. Esse botão é utilizado para enviar sinais digitais ao *Arduino* quando pressionado, permitindo a interação manual com o sistema. A função é simples: ao ser pressionado, o estado lógico do pino de entrada do *Arduino* é alterado, o que pode iniciar, pausar ou alterar uma função no código.

As especificações detalhadas do *Arduino Uno R3* foram baseadas no datasheet oficial da placa (ARDUINO, 2024). Da mesma forma, as características técnicas do módulo TBAW56 foram obtidas diretamente da documentação oficial da *Toshiba* (TOSHIBA, 2024).

A escolha do *Arduino Uno R3* (ARDUINO, 2024) foi motivada por sua versatilidade e ampla documentação, o que facilita o desenvolvimento de sistemas interativos. O módulo *Bluetooth* HC-06 foi escolhido por sua facilidade de integração com o *Arduino*, além de permitir comunicação sem fio eficiente entre dispositivos móveis e o microcontrolador (TOSHIBA, 2024). O *push button* foi adicionado para introduzir uma interface de controle simples e eficaz no sistema, além de seu baixo custo.

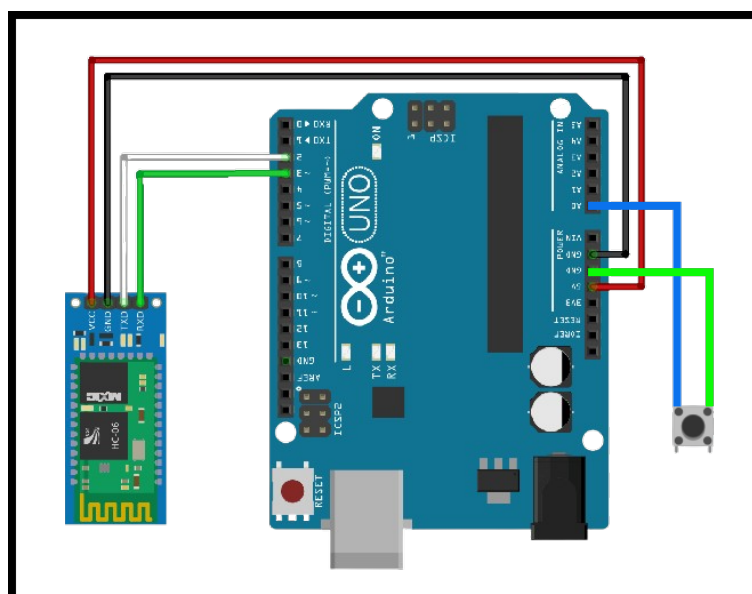
O circuito foi montado em uma protoboard, conectando o *push button* ao *Arduino*

Uno e integrando o módulo *Bluetooth* HC-06 para comunicação. A programação foi feita utilizando a IDE do *Arduino*, onde foram desenvolvidos códigos para ler o estado do *push button* e transmitir os dados via *Bluetooth* para um aplicativo móvel, desenvolvido em paralelo.

Após testes unitários de cada componente, o sistema foi integrado e testado em conjunto. Foram realizadas verificações para garantir que o *push button* funcionasse conforme o esperado e que os dados fossem transmitidos de maneira precisa pelo *Bluetooth*.

Para melhor compreensão do circuito, a Figura 16 tem um diagrama de conexão.

Figura 16 – Diagrama de conexão do circuito.



Fonte: Adaptada pelo autor de Arana Corp (2021).

A implementação do código no *Arduino* foi realizada de maneira bastante simplificada, exigindo apenas a utilização de uma única biblioteca: a *SoftwareSerial*. Essa biblioteca desempenha um papel fundamental ao possibilitar que pinos adicionais do *Arduino* sejam designados como TXD e RXD, o que proporciona uma maior flexibilidade na conexão e diminui substancialmente o risco de erros comuns, que muitas vezes ocorrem devido ao uso incorreto dos pinos nativos de comunicação. Esse ajuste facilita a integridade da conexão e a estabilidade do sistema, além de ampliar as opções de configuração para a comunicação serial. Na Figura 17 está o código para uma compreensão mais clara de sua estrutura e funcionalidades.

Figura 17 – Código do Arduino

```

#include <SoftwareSerial.h> // Inclui a biblioteca para permitir comunicação serial em pinos específicos

SoftwareSerial hc06(2, 3); // Configura os pinos 2 e 3 como RX e TX para o módulo Bluetooth HC-06
int buttonPin = A0;        // Define o pino A0 para o botão
int buttonState;           // Variável para armazenar o estado do botão

void setup() {
    Serial.begin(9600);      // Inicializa a comunicação serial com o monitor serial a 9600 bps
    Serial.println("ENTER AT Commands:"); // Imprime uma mensagem no monitor serial
    hc06.begin(9600);        // Inicializa a comunicação serial com o módulo HC-06 a 9600 bps
    pinMode(buttonPin, INPUT); // Configura o pino do botão (A0) como entrada
}

void loop() {
    int u = 1; // Define uma variável que será enviada ao HC-06 quando o botão for pressionado
    buttonState = digitalRead(buttonPin); // Lê o estado atual do botão (pressionado ou não)
    if (hc06.available()) { // Se houver dados disponíveis no módulo HC-06
        Serial.write(hc06.read()); // Lê os dados do HC-06 e escreve no monitor serial
    }
    if (buttonState == HIGH) { // Se o botão estiver pressionado (estado HIGH)
        hc06.print(u);        // Envia o valor de 'u' (1) ao módulo HC-06
        Serial.println("Apertado"); // Imprime "Apertado" no monitor serial
        delay(1000);          // Aguarda 1 segundo antes de continuar
    } else {
        Serial.println("Não Apertado"); // Caso contrário, imprime "Não Apertado" no monitor serial
        delay(1000);          // Aguarda 1 segundo antes de continuar
    }
    if (Serial.available()) { // Se houver dados disponíveis no monitor serial
        hc06.write(Serial.read()); // Lê os dados do monitor serial e os envia ao HC-06
    }
}

```

Fonte: Elaborada pelo autor.

No contexto do projeto desenvolvido com *Arduino* para auxiliar pessoas com surdocegueira, a substituição do push button pelo optoacoplador 4N25 é uma modificação viável, mas que não foi implementada nesta versão do sistema. Essa alteração teria como principal objetivo permitir a integração do *Arduino* com dispositivos que operam em altas tensões, como uma campanha residencial de 110V ou 220V, sem comprometer a segurança do circuito.

Atualmente, o sistema utiliza um *push button* para gerar a entrada de sinal no *Arduino*. Esse botão, ao ser pressionado, permite que a corrente elétrica passe, sinalizando ao controlador para realizar uma ação, como a ativação de um módulo *Bluetooth* que avisa sobre a campanha tocada. Embora funcional para ambientes de baixa tensão, o *push button* limita a aplicação do sistema a cenários onde o controle manual e a baixa tensão estão presentes.

A troca pelo optoacoplador 4N25 seria uma solução mais segura e eficiente para cenários de alta tensão, como o uso com campanhas residenciais. O optoacoplador funciona utilizando isolamento óptico para separar o circuito de alta tensão da campanha do circuito de baixa tensão do *Arduino*. Dessa forma, quando a campanha é acionada, o Diodo emissor de luz (LED) dentro do 4N25 emite luz que ativa o fototransistor, enviando um sinal ao *Arduino*, sem que haja contato direto entre os dois circuitos.

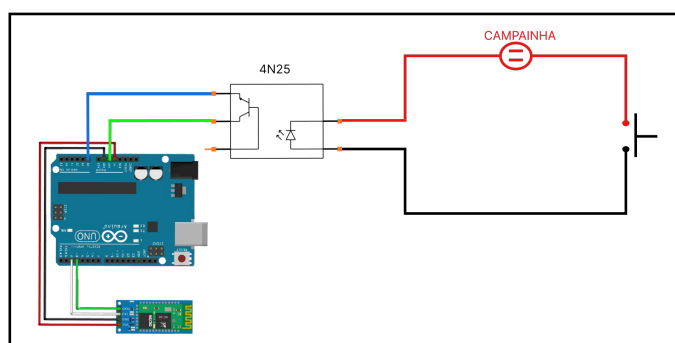
Essa abordagem garante segurança, evitando que a alta tensão da campainha interfira no funcionamento do microcontrolador.

Embora essa alteração aumente a versatilidade do projeto, permitindo que ele seja aplicado em sistemas que operam com tensões mais elevadas, ela exige algumas modificações adicionais, como a utilização de resistores de proteção e o ajuste no código para detectar a entrada de sinal através do 4N25. Em um cenário hipotético onde o 4N25 fosse implementado, o *Arduino* monitoraria o estado do fototransistor do optoacoplador, acionando o sistema de notificação assim que detectasse a campainha tocada.

Esse tipo de substituição seria especialmente útil em projetos de automação residencial, onde é comum que dispositivos como campainhas e alarmes operem em diferentes faixas de tensão. Além disso, ela oferece maior flexibilidade, permitindo que o sistema possa ser usado em uma gama mais ampla de situações e ambientes. No entanto, optou-se por não a implementar nesta versão do projeto, uma vez que o foco foi em um protótipo funcional de fácil replicação, utilizando apenas componentes de baixa tensão e um push button para controle direto.

Na Figura 18 há um diagrama de como ficaria o circuito com a implementação do 4N25.

Figura 18 – Circuito com Arduino e 4N25.



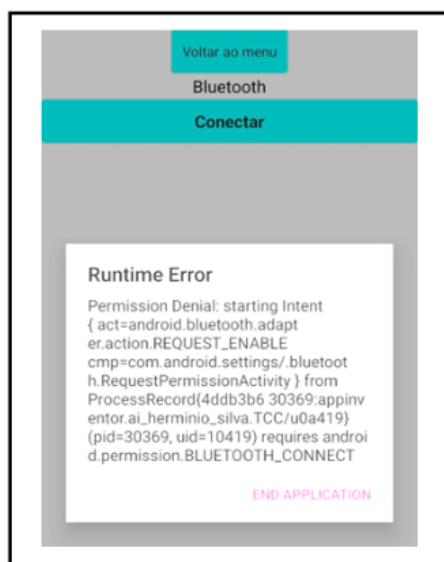
Fonte: Adaptada pelo autor de Arana Corp (2021).

5.5 Desafios durante o desenvolvimento e soluções

Durante a implementação do projeto, alguns desafios se mostraram difíceis e trabalhosos de serem resolvidos, dentre eles os testes unitários, dado a limitação de recursos disponíveis no *MIT App Inventor* para conduzir testes, além de não possuir código, o que dificulta na execução de testes e cria partes redundantes nos blocos. Para solucionar tais desafios, foi necessário fazer testes UAT (*User Acceptance Test*), simulando um usuário no *Software* de celular.

Outro desafio foi o tratamento quando um usuário entrasse no aplicativo sem o *Bluetooth* do celular ativado, isso causaria um erro e fecharia a aplicação antes mesmo de conseguir criar a conexão, a tela de erro pode ser vista na Figura 19 ocorrendo em um celular *Android*.

Figura 19 – Imagem da tela de erro no aplicativo.

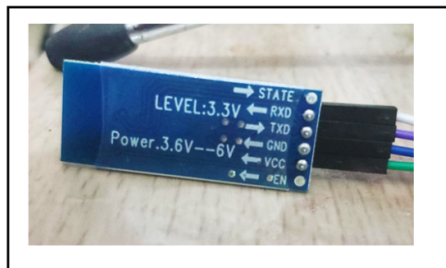


Fonte: Elaborada pelo autor.

Como pode ser observado, o erro ocorre quando o Sistema Operacional(SO) detecta que não houve um pedido de permissão de uso do *Bluetooth* resultando no encerramento do aplicativo, para solucionar o problema, foi utilizada a função *android.bluetooth.adapter.action.REQUEST_ENABLE* no componente de *Active Starter* do aplicativo de IoT, isso emitiria uma mensagem do próprio sistema Android pedindo permissão para o uso do *Bluetooth*.

Também houve um desafio quanto ao uso do módulo HC-06, dado que o pino TXD do HC-06 deve estar ligado a entrada RXD do *Arduino*, permitindo assim a transmissão dos dados pelo HC-06, entretanto a identificação dos pinos pode ser invertida, gerando uma confusão ao tentar usar o módulo e criando um erro de sincronização quando o código era mandado para o *Arduino*, para solucionar o problema foi utilizado a biblioteca *SoftwareSerial* que permite usar portas digitais comuns como RXD e TXD, fazendo assim o problema de sincronização deixar de existir, por fim trocando os pinos no módulo, o problema foi resolvido. A Figura 20 demonstra do módulo e sua identificação.

Figura 20 – Módulo HC-06 e sua identificação.



Fonte: Elaborada pelo autor.

6 Resultados

Este capítulo tem como objetivo apresentar os resultados obtidos durante a fase de testes do sistema desenvolvido para auxiliar pessoas surdocegas. Os testes foram conduzidos para validar as principais funcionalidades, avaliar o desempenho do sistema em diferentes cenários e identificar possíveis melhorias para futuras implementações, estes testes não foram feitos com pessoas surdocegas. A seguir, os resultados são detalhados nas subseções: Testes e Validação, Resultados Obtidos e Análise dos Resultados.

6.1 Testes e validação

Os testes do sistema foram realizados exclusivamente pelo desenvolvedor, dado o contexto e as limitações de tempo e recursos. O foco principal foi garantir que os dois aplicativos desenvolvidos – um para alarmes vibratórios e outro para integração IoT com *Arduino* – funcionassem de maneira eficaz e estável. A simulação do uso pelos usuários finais, embora tenha sido realizada de forma limitada, foi o suficiente para captar o funcionamento básico e identificar pontos de aprimoramento.

No aplicativo de alarmes, foram criadas diferentes configurações de horários para verificar se as notificações vibratórias eram acionadas corretamente. Cada alarme foi ajustado para disparar em momentos específicos, com diferentes variações de tempo. Os testes mostraram que as notificações vibratórias foram acionadas de maneira pontual e consistente. A interface foi avaliada durante os testes e se mostrou simples e acessível, facilitando o ajuste de alarmes por qualquer pessoa, com ou sem deficiência.

Para o aplicativo de IoT, o foco foi a integração com o *Arduino Uno* e o módulo *Bluetooth* HC-06, onde o sistema foi testado para reconhecer eventos simulados – como o toque de uma campainha – e notificar o celular por vibração. O circuito com o optoacoplador 4N25 garantiu a segurança da operação, permitindo a conexão de dispositivos de alta tensão sem comprometer a segurança do microcontrolador. O funcionamento foi testado diversas vezes, verificando a estabilidade da conexão *Bluetooth* e a resposta do sistema às notificações em tempo real.

Além disso, testes adicionais simularam situações de falha, como a perda de conexão *Bluetooth* ou quedas de energia no circuito, com o objetivo de verificar a robustez do sistema. Essas simulações permitiram identificar como o sistema lida com interrupções e recuperações, e os resultados indicaram uma boa resiliência, garantindo a segurança e a continuidade do funcionamento após as falhas.

6.2 Resultados obtidos

Os resultados dos testes sugerem que o sistema conseguiu cumprir os objetivos principais de forma satisfatória. O aplicativo de alarmes demonstrou ser eficaz em enviar notificações vibratórias no tempo configurado, sem apresentar erros significativos. A interface criada no *App Inventor* possibilitou uma fácil navegação e configuração de alarmes, oferecendo uma experiência amigável ao usuário. O design foi pensado para ser acessível, possibilitando uma utilização tranquila para pessoas com deficiência visual e auditiva, o que reflete a preocupação com a inclusão.

Já o aplicativo de IoT, em conjunto com o *Arduino*, teve desempenho igualmente satisfatório. A comunicação entre o *Arduino* e o *smartphone*, por meio do módulo *Bluetooth* HC-06, foi estável durante os testes, e o tempo de resposta para alertar sobre eventos externos (como o toque de uma campainha) foi rápido. A segurança do sistema foi garantida pela implementação do optoacoplador 4N25, que permitiu a integração de dispositivos de alta tensão com o circuito de baixa tensão do *Arduino* de maneira eficiente e sem riscos.

O sistema demonstrou a capacidade de integrar diferentes tecnologias (IoT e *mobile*) de maneira simples, oferecendo uma solução prática e acessível. Contudo, os resultados também indicaram que, embora o sistema funcione bem em um ambiente de testes controlados, algumas adaptações seriam necessárias para garantir sua aplicação em um ambiente real e mais desafiador, como o uso cotidiano por pessoas com surdocegueira.

6.3 Análise de resultados

A análise dos resultados permite concluir que o sistema desenvolvido tem grande potencial de sucesso. No entanto, é importante reconhecer que os testes foram realizados de forma limitada, apenas pelo desenvolvedor. Embora os resultados tenham sido positivos, a validação final do sistema só poderá ser feita de forma completa quando testada por usuários reais – pessoas com surdocegueira – em condições reais de uso.

Os testes demonstraram que o sistema cumpre seu papel básico de fornecer notificações por vibração para alertar o usuário sobre o tempo ou o toque de uma campainha, oferecendo maior autonomia. A interface amigável e a simplicidade no uso dos aplicativos são pontos fortes, porém, ajustes adicionais poderão ser necessários para otimizar a experiência do usuário final, principalmente para garantir que o sistema atenda a uma diversidade maior de necessidades.

Um aspecto a ser considerado é que, apesar da simplicidade do design, futuras melhorias podem incluir a integração com assistentes de voz ou outros sensores IoT

para ampliar ainda mais as funcionalidades do sistema. A robustez do sistema também se mostrou satisfatória, com boa resposta a falhas, mas há espaço para explorar novas maneiras de aumentar a confiabilidade, especialmente em cenários mais críticos.

Por fim, a análise geral dos resultados sugere que o sistema, embora em fase inicial, já apresenta uma estrutura sólida e pode, com adaptações e testes com usuários finais, tornar-se uma ferramenta útil para promover a autonomia de pessoas com surdocegueira. O uso de tecnologias acessíveis e a integração entre *software* e *hardware* garantem uma solução inovadora que pode ser expandida e aprimorada conforme novas necessidades sejam identificadas.

7 Discussão

Neste capítulo, será abordada uma discussão aprofundada sobre o projeto, mostrando comparações com outros trabalhos semelhantes, limitações encontradas durante o desenvolvimento e a implementação, e as implicações dos resultados alcançados. A discussão permite refletir sobre o impacto do sistema, suas melhorias e como ele pode ser utilizado em contextos mais amplos.

7.1 Comparação com trabalhos semelhantes

Ao longo da pesquisa, foram identificados poucos trabalhos que se assemelham diretamente ao sistema proposto neste projeto. Um dos exemplos mais próximos é o *TalkBack*, uma aplicação desenvolvida para celulares *Android* que, embora com uma proposta distinta, oferece suporte acessível a usuários com deficiência visual. O *TalkBack* funciona como um leitor de tela, permitindo que o celular vibre e emita sons ao interagir com a interface do dispositivo. Embora o *TalkBack* seja uma ferramenta robusta para acessibilidade, seu foco principal é voltado para navegação em interfaces de celular e acesso a informações por meio de áudio e vibração.

Por outro lado, o projeto aqui desenvolvido visa atender a uma necessidade específica de pessoas surdocegas, ao permitir que eventos externos sejam transmitidos para o usuário através de um sistema IoT com vibração e alarmes táteis. Enquanto o *TalkBack* foca na interação com a interface do celular, o nosso sistema amplia o campo de ação, oferecendo uma solução que vai além do ambiente digital, conectando o usuário ao mundo físico de forma mais integrada e acessível.

Comparado com outros trabalhos relacionados à tecnologia assistiva, como leitores de tela e dispositivos vibratórios independentes, o diferencial do nosso sistema está na integração entre *hardware* e *software*, oferecendo uma solução completa e acessível que combina a simplicidade do *App Inventor* com a flexibilidade do *Arduino*, possibilitando a comunicação direta entre dispositivos físicos e o smartphone do usuário.

7.2 Limitações

O sistema desenvolvido tem algumas limitações, dentre elas a programação de alarmes semanais, dado que a API do *TaifunAlarms* só permite a programação de alarmes únicos, outra limitação é o tratamento de entradas erradas nas áreas de texto,

isso se dá pelas limitações do próprio App Inventor que não tem métodos de controle de entrada simples.

Outra limitação é o uso em uma campanha real, dado que o sistema do Arduino funciona apenas com 5 V, enquanto a campanha usa 110 V ou 220 V, para isso foi pensado no uso do optocontrolador 4N25, garantindo o uso em um Arduino.

7.3 Implicações

O desenvolvimento deste projeto oferece implicações significativas para o campo da tecnologia assistiva, principalmente no que diz respeito à inclusão de pessoas com múltiplas deficiências, como a surdocegueira. O sistema não só proporciona uma maior independência, permitindo que os usuários controlem o tempo e respondam a eventos do ambiente físico, mas também sugere caminhos para futuras inovações nessa área.

Uma das implicações mais importantes deste trabalho é a possibilidade de expansão do sistema para abranger outros dispositivos de automação residencial. A integração com mais dispositivos IoT poderia proporcionar uma experiência mais completa para os usuários, oferecendo notificações de diferentes eventos, como a abertura de portas ou a ativação de alarmes de segurança. Além disso, a adição de funcionalidades, como suporte a assistentes de voz ou sensores de movimento, pode aumentar ainda mais a autonomia dos usuários.

Por fim, a escolha por ferramentas acessíveis, como o App Inventor e o Arduino, permite que o sistema seja replicado e modificado por outras equipes de desenvolvimento, ampliando o impacto social do projeto. Com a constante evolução da tecnologia e a crescente demanda por soluções inclusivas, este trabalho pode servir de base para novos desenvolvimentos em tecnologia assistiva, contribuindo para a construção de um mundo mais acessível e inclusivo.

8 Conclusões

Neste capítulo, falaremos sobre os resultados e conclusões do presente projeto, mostrando seus resultados e discutindo-os.

8.1 Conclusão

O desenvolvimento deste projeto foi focado em tecnologia assistiva e destinado a pessoas com surdocegueira, proporcionando uma rica oportunidade para explorar soluções inovadoras que visam aumentar a independência e qualidade de vida de indivíduos com essa deficiência. Ao longo do trabalho, implementamos um sistema de alarme e notificação que pudesse ser acessível, intuitivo e, acima de tudo, funcional dentro de um contexto onde as limitações sensoriais são significativas. Através de dois aplicativos *Android*, um para controle de alarmes e outro para conexão com o *Arduino*, conseguimos criar uma proposta que, mesmo em sua forma prototípica, apresenta grande potencial para ser expandida e aplicada em cenários do dia a dia de pessoas com surdocegueira.

O principal desafio abordado neste projeto foi encontrar uma solução prática e acessível que pudesse integrar tecnologias simples, como *Arduino* e *Bluetooth*, com o uso cotidiano de dispositivos de alarme e notificações. A escolha pelo uso de *Arduino* foi motivada por sua flexibilidade, baixo custo e ampla comunidade de suporte, o que facilita futuras expansões e aprimoramentos no sistema.

Dentre os principais benefícios do sistema desenvolvido está a capacidade de permitir que uma pessoa com surdocegueira seja notificada sobre eventos importantes, como a hora marcada para uma atividade ou a presença de visitas na porta, sem depender exclusivamente de um cuidador para intermediar essas interações. Essa independência, por menor que pareça em um contexto mais amplo, representa um avanço significativo na autonomia desses indivíduos e se alinha com o objetivo central das tecnologias assistivas: proporcionar maior liberdade de movimento e interação, promovendo assim uma maior inclusão social.

Consideramos que o impacto social deste projeto, mesmo em sua fase inicial, é indiscutível. Segundo dados recentes, o Brasil possui cerca de 40 mil pessoas com diferentes graus de surdocegueira, uma parcela significativa da população que pode se beneficiar de soluções tecnológicas inovadoras e acessíveis. É fundamental que mais iniciativas como esta sejam desenvolvidas e, mais importante ainda, que elas recebam o apoio necessário para serem implementadas em larga escala. O financiamento

público, como mencionado em diversas partes deste trabalho, é uma via essencial para garantir que essas tecnologias sejam acessíveis a quem delas mais necessita, especialmente em um país com tantas desigualdades sociais.

A partir deste projeto, fica evidente que, embora o campo das tecnologias assistivas esteja em constante expansão, ainda há um longo caminho a percorrer no sentido de garantir que essas inovações alcancem todas as pessoas que delas precisam. O sistema proposto, com seus dois aplicativos *Android* e a integração com *Arduino*, é apenas o início de um esforço maior para explorar as possibilidades da Internet das Coisas (IoT) no contexto de tecnologias assistivas. Conforme as tecnologias evoluem e se tornam mais acessíveis, espera-se que sistemas como este se tornem mais comuns e que a inclusão digital se estenda a todas as camadas da sociedade.

Dessa forma, conclui-se finalmente que o projeto desenvolvido cumpriu com seus objetivos iniciais, oferecendo uma solução prática e inovadora para um problema real enfrentado por pessoas com surdocegueira.

8.2 Trabalhos futuros

O desenvolvimento do projeto de tecnologia assistiva para surdocegos apresenta um potencial significativo para melhorias e adaptações que poderiam ser exploradas em trabalhos futuros. À medida que avançamos em direção a soluções mais robustas e eficazes, é fundamental considerar várias abordagens que poderiam enriquecer a experiência do usuário e ampliar a funcionalidade do sistema.

Uma das principais melhorias que poderia ser incorporada é a utilização do optoacoplador 4N25 como substituto do push button no sistema atual. Embora essa mudança não tenha sido implementada até agora, sua viabilidade oferece uma oportunidade interessante para aumentar a compatibilidade do dispositivo com campanhas comuns de 110V ou 220V. Essa integração não apenas facilitaria a utilização do sistema em ambientes domésticos convencionais, mas também garantiria a segurança dos usuários ao lidar com dispositivos de alta tensão, eliminando o risco de choques elétricos. A adoção desse componente poderia ser um passo fundamental para a comercialização do projeto, permitindo que mais pessoas se beneficiem das inovações tecnológicas propostas.

Além disso, a adição de sensores de movimento ou presença ao sistema poderia revolucionar a interação dos usuários com o ambiente. Esses sensores teriam a capacidade de detectar quando alguém se aproxima da porta e enviar notificações ao usuário, oferecendo uma sensação de segurança e melhorando a comunicação social. Essa funcionalidade poderia ser especialmente útil em situações em que a presença de um visitante é crucial, permitindo que o usuário esteja ciente de quem está na porta

antes de abrir. A integração com sistemas de automação residencial, como iluminação inteligente, também poderia ser considerada. Isso criaria um ecossistema no qual o usuário não apenas recebe notificações sobre a campainha, mas também pode ajustar a iluminação ou outros dispositivos eletrônicos de acordo com suas necessidades e preferências.

Outro aspecto que merece atenção é a realização de testes de usabilidade com pessoas que possuem surdocegueira. Realizar esses testes com usuários reais não apenas proporcionaria feedback valioso sobre a interface e a funcionalidade do sistema, mas também destacaria áreas de melhoria que podem não ser visíveis em um ambiente de desenvolvimento. Ao colaborar com instituições que atendem pessoas com deficiência, é possível reunir insights significativos que poderiam guiar o desenvolvimento de um produto mais acessível e eficaz. Isso também garantiria que a tecnologia realmente atenda às necessidades do público-alvo e não se limite a uma solução técnica, mas sim se torne uma ferramenta útil no cotidiano das pessoas.

Além disso, a capacidade de personalização dos alarmes e notificações é uma área de desenvolvimento que poderia ser ampliada. Permitir que os usuários escolham diferentes tipos de alertas, como vibrações, sons ou sinais táteis, aumentaria a eficácia da comunicação dos eventos importantes. Essa personalização pode ser especialmente relevante em um contexto onde as necessidades dos usuários podem variar significativamente. Por exemplo, enquanto algumas pessoas podem preferir alertas visuais ou táteis, outras podem se beneficiar de uma combinação de ambos, dependendo da situação. Essa flexibilidade não apenas enriqueceria a experiência do usuário, mas também incentivaria uma maior adoção do sistema, pois cada indivíduo poderia ajustá-lo de acordo com suas preferências pessoais.

A integração com outras tecnologias assistivas disponíveis no mercado também pode ser uma abordagem valiosa a ser considerada. Ao conectar o sistema a dispositivos existentes, como softwares de leitura de tela ou ferramentas de comunicação, o projeto poderia oferecer uma solução mais coesa e abrangente. Por exemplo, integrar a tecnologia com o *JAWS (Job Access With Speech)* poderia facilitar a interação de usuários surdoscegos com o ambiente digital, criando uma experiência mais integrada. Essa conexão com outras tecnologias não só ampliaria as funcionalidades do sistema, mas também melhoraria a qualidade de vida dos usuários, tornando-os mais autônomos e empoderados.

Além disso, a coleta e análise de dados sobre o uso do sistema também são cruciais para futuras melhorias. Monitorar como os usuários interagem com o aplicativo e o sistema de hardware poderia fornecer insights valiosos sobre o comportamento e as preferências dos usuários. Isso pode incluir a frequência com que os alarmes são utilizados, quais tipos de notificações são mais eficazes e como os usuários perso-

nalizam suas configurações. Com esses dados, seria possível não apenas ajustar o sistema para atender melhor às necessidades dos usuários, mas também fundamentar futuras pesquisas e desenvolvimentos com base em evidências concretas.

Em suma, as melhorias e adaptações para trabalhos futuros no projeto de tecnologia assistiva para surdocegos são inúmeras e variadas. Desde a implementação de componentes de segurança até a realização de testes de usabilidade e a integração com tecnologias existentes, cada uma dessas direções oferece uma oportunidade de enriquecer a experiência do usuário e garantir que o sistema atenda às suas necessidades. Com um enfoque contínuo na inclusão e na acessibilidade, o projeto pode evoluir de forma a impactar positivamente a vida de pessoas com surdocegueira, promovendo uma sociedade mais justa e equitativa.

Referências

AGÊNCIA BRASIL. Dia Nacional da Pessoa com Surdocegueira é criado no Brasil. 2023. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2023-06/dia-nacional-da-pessoa-com-surdocegueira-e-criado-no-brasil>. Acesso em: 08 out. 2024.

AL-QASEEMI, Sarah A. HA Almulhim, MF Almulhim, SR Chaudhry. IoT architecture challenges and issues: Lack of standardization. In: 2016 Future technologies conference (FTC). IEEE, 2016. p. 731-738.

ALVES, G.; AGUIAR, Y. Acessibilidade e tecnologia assistiva no ambiente educacional: Mapeamento sistemático. In: Anais do XX Workshop de Informática na Escola. Porto Alegre: SBC, 2014. p. 16–25. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wie/article/view/16569>. Acesso em: 02 out. 2024.

ARANA CORP. Arduino e o módulo Bluetooth HC-06. 2021. Disponível em: <https://www.aranacorp.com/pt/arduino-e-o-modulo-bluetooth-hc-06/>. Acesso em: 10 nov. 2024.

ARDUINO. Arduino Uno Rev3 Datasheet. Disponível em: <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>. Acesso em: 02 out. 2024.

BANSAL, Malti; GARG, Samarth. Internet of Things (IoT) based assistive devices. In: 2021 6th international conference on inventive computation technologies (ICICT). IEEE, 2021. p. 1006-1009.

BERSCH, R. Introdução à tecnologia assistiva. Porto Alegre: CEDI, v. 21, p. 4–12, 2008.

BRAIBOOK. Braibook: New eReader for the blind. 2018. Disponível em: <https://designawards.core77.com/Consumer-Product/74591/Braibook-new-eReader-for-blind>. Acesso em: 08 out. 2024.

CAMPEI, R. A.; CARNEIRO, A. H. Inclusão digital de deficientes visuais: O uso da tecnologia assistiva em redes sociais online e celulares. In: Computer on the Beach, 2011. p. 109–118.

FEDERICI, Stefano; BORSCI, Simone. Providing assistive technology in Italy: the perceived delivery process quality as affecting abandonment. Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, v. 11, n. 1, p. 22-31, 2016.

FREEDOM SCIENTIFIC. JAWS: Job Access With Speech. Disponível em: <https://www.freedomscientific.com/products/software/jaws/>. Acesso em: 08 out. 2024.

FRANCISCO-MARTÍNEZ, Celia et al. Kinect v2-assisted semi-automated method to assess upper limb motor performance in children. *Sensors*, v. 22, n. 6, p. 2258, 2022.

HANDTALK. O que é surdocegueira? 2023. Disponível em: <https://www.handtalk.me/br/blog/surdocegueira/>. Acesso em: 08 out. 2024.

HERSH, Marion. Deafblind people, communication, independence, and isolation. *Journal of deaf studies and deaf education*, v. 18, n. 4, p. 446-463, 2013.

HOLLIER, Scott; ABOU-ZAHRA, Shadi. Internet of things (iot) as assistive technology: Potential applications in tertiary education. In: *Proceedings of the 15th International Web for All Conference*. 2018. p. 1-4.

MARTINS, S. E. S. d. O.; NAPOLITANO, C. J. Inclusão, acessibilidade e permanência: direitos de estudantes surdos à educação superior. *Educar em Revista*, SciELO Brasil, p. 107–126, 2017.

OLIMEX. Datasheet: HC-06 Bluetooth Serial Module. Plovdiv: Olimex, [s.d.]. Disponível em: <https://www.olimex.com/Products/Components/RF/BLUETOOTH-SERIAL-HC-06/resources/hc06.pdf>. Acesso em: 02 out. 2024.

OZIOKO, Oliver Okwudili. Design and fabrication of flexible tactile sensing and feedback interface for communication by deafblind people. 2018. Tese de Doutorado. University of Glasgow.

RODRIGUES FREIRE GASPARETTO, M. E.; MONTILHA, R. de C. I.; ARRUDA, S. M. C. de P.; SPERQUE, J.; AZEVEDO, T. L. de; NOBRE, M. I. R. de S. Utilização de Recursos de Tecnologia Assistiva por Escolares com Deficiência Visual. *Informática na educação: teoria & prática*, Porto Alegre, v. 15, n. 2, 2012. DOI: 10.22456/1982-1654.23190. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/InfEducTeoriaPratica/article/view/23190>.

SÍNDROME DE USHER BRASIL. Síndrome de Usher. 2023. Disponível em: <https://www.sindromedeusherbrasil.com.br/sindrome-de-usher>. Acesso em: 08 out. 2024.

SWANN, David. 2nd Design 4 Health 2013 Exhibition. 2013. Disponível em: <https://shura.shu.ac.uk/12432/2/2013-D4H-exhibition2.pdf>. Acessado em: 13 de julho de 2024.

TECHNOBLOG. O que é o TalkBack? Disponível em: <https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-o-talkback/>. Acesso em: 08 out. 2024.

TOSHIBA. TBAW56 Datasheet. Disponível em: https://toshiba.semicon-storage.com/info/TBAW56_datasheet_en_20160930.pdf?did=55284&prodName=TB AW56. Acesso em: 02 out. 2024.

WAZLAWICK, R. S. Metodologia de pesquisa para ciência da computação. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. p. 28–37.