

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS

MATHEUS OLIVEIRA RODRIGUES

**DISPOSITIVO DE ACESSIBILIDADE PARA DEFICIENTES VISUAIS EM
TRANSPORTE PÚBLICO**

CAMPINAS

2023

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, AMBIENTAIS E DE TECNOLOGIAS
ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO
MATHEUS OLIVEIRA RODRIGUES**

**DISPOSITIVO DE ACESSIBILIDADE PARA DEFICIENTES VISUAIS EM
TRANSPORTE PÚBLICO**

Monografia do Trabalho de Conclusão de Curso do Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias, da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, como exigência para obtenção da Graduação como Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Dr. Everton Dias de Oliveira

**CAMPINAS
2023**

Ficha catalográfica elaborada por Mirian Teixeira CRB 8/6546
Sistema de Bibliotecas e Informação - SBI - PUC-Campinas

Rodrigues, Matheus Oliveira

R618d

Dispositivo de acessibilidade para deficientes visuais em transporte público /
Matheus Oliveira Rodrigues. - Campinas: PUC-Campinas, 2023.

51 f.: il.

Orientador: Everton Dias de Oliveira.

TCC (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) - Faculdade de
Engenharia de Controle e Automação, Escola Politécnica, Pontifícia Universidade
Católica de Campinas, Campinas, 2023.

Inclui bibliografia.

1. Dispositivo assistivo. 2. Acessibilidade. 3. Deficientes visuais. I. Oliveira,
Everton Dias de. II. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Escola Politécnica.
Faculdade de Engenharia de Controle e Automação. III. Título.

23. ed. CDD

AGRADECIMENTOS

Gostaria, em primeiro lugar, de expressar minha profunda gratidão a Deus por me conceder o dom da existência e por orientar-me em direção a aspirações que superaram em muito minhas próprias expectativas.

Este trabalho é dedicado aos meus progenitores, bem como à minha irmã, Valdenice Oliveira, Marcelo Briotto e Mariana Oliveira, cujo apoio inabalável e encorajamento foram o alicerce e o refúgio que me permitiram perseverar nos momentos mais desafiadores. Não posso deixar de mencionar minha namorada, Dorys Regina, cujo apoio constante e contribuições significativas ao desenvolvimento deste projeto foram inestimáveis.

Expresso minha sincera gratidão aos meus orientadores, o Professor Me. Lorenzo Campos Coiado e o Professor Dr. Everton Dias, cuja orientação e assistência desempenharam um papel fundamental no sucesso deste trabalho.

Não posso deixar de agradecer a todos os meus colegas na turma de Engenharia de Controle e Automação, bem como à instituição PUC-Campinas, por proporcionar um ambiente propício para a aprendizagem e interação social.

Minha gratidão se estende aos professores que, ao longo de minha jornada acadêmica, compartilharam seus conhecimentos, paciência e apoio, contribuindo significativamente para o meu desenvolvimento profissional. Gostaria de fazer menção especial ao técnico do laboratório de eletrônica, José Ricardo, que desempenhou um papel crucial em meu progresso ao longo dos semestres.

RESUMO

Este trabalho apresenta o estudo e desenvolvimento de um dispositivo assistivo para auxiliar a acessibilidade de deficientes visuais em ônibus. O dispositivo é equipado com tecnologia Near Field Communication (NFC), módulo de radiofrequência, teclado em Braille e assistente por voz. Ele detecta a presença de deficientes visuais e facilita o processo de embarque no ônibus, eliminando a necessidade de ajuda de terceiros. O dispositivo se comunica com um display LCD que informa ao motorista qual ponto de ônibus foi solicitado, além disso, um alarme acionará quando o transporte parar, sinalizando o momento adequado para o embarque.

A pesquisa foi baseada em uma revisão bibliográfica sobre o tema e em pesquisas de campo com usuários. A metodologia utilizada envolveu o desenvolvimento de um protótipo do dispositivo, testes com usuários e análise dos resultados por meio de estatística descritiva. Os resultados indicam que o dispositivo desenvolvido é eficaz para auxiliar a acessibilidade de deficientes visuais em ônibus, contribuindo para a inclusão social e a melhoria da qualidade de vida desses usuários. A implementação desse dispositivo pode ser uma solução promissora para melhorar a qualidade de vida de deficientes visuais que dependem do transporte público para se locomover.

Palavras-chave: dispositivo assistivo, acessibilidade, deficientes visuais, ônibus

ABSTRACT

This paper presents the development of an assistive device to enhance the accessibility of visually impaired individuals on buses. The device is equipped with NFC technology, radiofrequency, Braille keyboard, and voice assistant. It detects the presence of visually impaired individuals and facilitates the bus boarding process, eliminating the need for thirdparty assistance. The device features an LCD display that informs the user which bus stop has been requested and a buzzer that signals the appropriate time for boarding.

The research was based on a literature review and field research with users. The methodology involved the development of a device prototype, tests with users, and analysis of results using descriptive statistics.

The results indicate that the developed device is effective in improving the accessibility of visually impaired individuals on buses, contributing to social inclusion and improving their quality of life. The implementation of this device could be a promising solution to improve the quality of life of visually impaired individuals who depend on public transportation.

Keywords: *assistive device, accessibility, visually impaired, bus.*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	JUSTIFICATIVA	12
1.2	OBJETIVO GERAL.....	13
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	MICROCONTROLADORES	18
2.1.1	ARDUINO UNO	19
2.1.2	ARDUINO NANO	21
2.2	RADIOFREQUÊNCIA	22
2.2.1	TÉCNOLOGIA RFID	23
2.2.2	MFRC522	24
2.2.3	MÓDULO RF433MHZ.....	26
2.2.4	MÓDULO LORA.....	28
2.3	MÓDULO MP3 DFPLAYER MINI	30
2.4	MÓDULO DE DISPLAY LCD	31
3	MATERIAIS E MÉTODOS	33
4	RESULTADOS	37
4.2	REALIZAÇÃO DO DIAGNÓSTICO.....	38
4.2.1	O PROTÓTIPO	39
4.2.2	ELABORAÇÃO DO SOFTWARE/FIRMWARE.....	42
4.2.3	DISCUSSÃO	47
5	CONCLUSÃO.....	49
6	REFERÊNCIAS	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Microcontrolador	18
Figura 2 - Arduino Uno	20
Figura 3 - Arduíno Nano	21
Figura 4 - Oscilação de um campo elétrico, magnético.	22
Figura 5 - Módulo RFID MFRC522.....	24
Figura 6 - Módulo Transmissor e Receptor RF433MHz.....	26
Figura 7 - Um sinal ASK (abaixo) e a mensagem (acima).....	27
Figura 8 – Áreas de uso LoRa	28
Figura 9 - Módulo LoRa SX1278.....	29
Figura 10 - Módulo DFPlayer Mini.....	30
Figura 11 - LCD 0802A.....	32
Figura 12 - Diagrama de Blocos - Problemática Atual	37
Figura 13 - Diagrama esquemático - Transmissor.....	38
Figura 14 - Diagrama esquemático - Receptor.....	38
Figura 15 - Dispositivo Assistivo (conjunto)	39
Figura 16 - TAG válida	40
Figura 17 - TAG inválida	40
Figura 18 - Receptor aguardando solicitação de embarque.....	41
Figura 19 - Receptor com solicitação de embarque	41
Figura 20 - Fluxograma de funcionamento	42
Figura 21 - Código (Sistema Iniciado)	43
Figura 22 - Código (Permitido ou Não Permitido).....	43
Figura 23 - Código (Escolha da linha).....	44
Figura 24 - Código Nano (I2C e LoRa).....	45
Figura 25 - Código Uno Ônibus (Aviso ao motorista)	46
Figura 26 - Código Uno Ônibus (Chegada ao ponto solicitado).....	47
Figura 27 - Diagrama de blocos - Resolução da Problemática.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A/D	Analógico/Digital
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASK	Amplitude Shift Keying
BLE	Bluetooth Low Energy
CLP	Controladores Lógico-Programáveis
CPU	Unidade Central de Processamento
CSS	Chirp Spread Spectrum
DSP	Processador de Sinal Digital
EPC	Electronic Product Code
FAT	File Allocation Table
FPGA	Field-Programmable Gate Array
ICSP	In Circuit Serial Programming
IoT	Internet Of Things
ISM	Industrial, Scientific and Medical
LCD	Display de Cristal Líquido
LED	Diodo Emissor de Luz
LoRa	Long Range
LPWAN	Rede de Área Ampla de Baixa Potência
MIT	Instituto de Tecnologia de Massachusetts
PC	Personal Computer
RFID	Radio Frequency Identification
s.d	Sem Data

SMD	Surface Mounted Device
SPI	Serial Peripheral Interface
TA	Tecnologia Assistiva
TAG	Etiqueta
USB	Universal Serial Bus

1 INTRODUÇÃO

A acessibilidade, segundo a ABNT (2004) e citada por Manzini (2005), é a possibilidade de alcance, percepção e uso autônomo de edificações, espaços e equipamentos urbanos por qualquer pessoa, inclusive aquelas com mobilidade reduzida. Essa abordagem abrange tanto a acessibilidade física quanto a de comunicação. No entanto, muitas pessoas com deficiência ainda enfrentam barreiras, incluindo o transporte público.

Araújo (2011) divide a acessibilidade no transporte público em duas categorias: a acessibilidade ao sistema de transporte e a acessibilidade aos destinos. A primeira avalia o acesso ao sistema em si, enquanto a segunda considera a facilidade de chegar ao destino após utilizar o transporte. É fundamental destacar que, além da mobilidade, é necessário garantir a acessibilidade aos pontos de chegada e partida.

A acessibilidade ao sistema de transporte público está intrinsecamente ligada às distâncias que os passageiros precisam percorrer ao usar o transporte coletivo. Isso inclui o trajeto desde o ponto de origem da viagem até o ponto de embarque no transporte público, bem como o trajeto do ponto de desembarque até o destino final.

Quanto menor for a distância percorrida a pé pelo passageiro, melhor será a acessibilidade ao sistema de transporte público. Além das distâncias, a acessibilidade desse sistema também depende da facilidade de acesso, o que está relacionado ao tempo necessário para chegar ao ponto de parada e ao tempo de espera pelo veículo.

Portanto, uma condição ideal para o passageiro envolve a presença de pontos de parada próximos aos locais de origem e destino de seus deslocamentos, juntamente com uma frequência de serviço adequada (Araújo, 2011).

É importante ressaltar que os desafios de acessibilidade e mobilidade decorrentes das desigualdades na distribuição espacial das áreas urbanas podem ser mitigados por meio de um planejamento de transporte coletivo urbano integrado. Os principais meios de transporte motorizado de passageiros em áreas urbanas incluem ônibus, automóveis, trens e metrô. Em muitas cidades brasileiras, o sistema de transporte coletivo por ônibus predomina devido à sua flexibilidade na conexão de pontos de origem e destino, custos relativamente baixos de implantação e capacidade de se adaptar a aumentos na demanda, até o limite da densidade de tráfego (Barat & Batista, 1973).

No Brasil, a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015) obriga a acessibilidade em todos os meios de transporte público. No entanto, a implementação

efetiva dessas medidas é um desafio, especialmente para pessoas com deficiência visual, que enfrentam dificuldades específicas, como identificar o ônibus correto, saber quando e onde descer e evitar obstáculos. Isso muitas vezes requer assistência externa, prejudicando a independência (Lopes & De Marchi, 2015).

O Censo Demográfico de 2010 revelou que no Brasil há mais de 45,6 milhões de pessoas com deficiência, sendo a visual a mais comum, afetando cerca de 35,7 milhões. Mais de 6,5 milhões enfrentam dificuldades severas, 6 milhões têm dificuldades para enxergar e mais de 506 mil são cegos (IBGE, 2011).

As políticas e diretrizes de inclusão e acessibilidade no Brasil são fundamentadas no Decreto Nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999, que estabelece a responsabilidade do Poder Público em garantir o pleno exercício dos direitos básicos das pessoas com deficiência em diversas áreas, incluindo transporte, visando seu bem-estar pessoal, social e econômico.

Apesar dos esforços do poder público em tornar o transporte público mais acessível, as pessoas com deficiência visual ainda enfrentam desafios significativos que limitam sua autonomia. Frequentemente, dependem da assistência de terceiros devido à falta de informações em pontos de ônibus, tornando necessário o auxílio de usuários videntes para identificar o ônibus correto (Lopes & De Marchi, 2015).

A tecnologia desempenha um papel cada vez mais significativo na vida das pessoas com deficiência visual, proporcionando-lhes maior independência, comunicação e mobilidade. Como destacado por Bersch (citado em Radabaugh, 1993): "Para as pessoas sem deficiência, a tecnologia torna as coisas mais fáceis. Para as pessoas com deficiência, a tecnologia torna as coisas possíveis."

1.1 JUSTIFICATIVA

A questão da acessibilidade no transporte público é de extrema relevância no contexto social e urbano, ela diz respeito não apenas ao direito fundamental de mobilidade, mas também à inclusão efetiva de todas as pessoas na sociedade. A acessibilidade, conforme definida pela ABNT, abrange tanto aspectos físicos quanto de comunicação, garantindo que qualquer indivíduo, incluindo aqueles com mobilidade reduzida, possa utilizar edificações, espaços e equipamentos urbanos com autonomia.

A divisão proposta por Araújo (2011), em acessibilidade ao sistema de transporte e acessibilidade aos destinos destaca a importância de considerar todo o percurso de um usuário, desde o ponto de origem até o destino. É crucial assegurar que a acessibilidade seja garantida em todas as etapas desse processo, incluindo o acesso aos pontos de embarque e desembarque, a facilidade de utilização do sistema de transporte em si e a chegada aos locais de destino.

A acessibilidade ao sistema de transporte público está diretamente ligada às distâncias percorridas a pé pelos passageiros e à facilidade de acesso aos pontos de parada. Essa acessibilidade é vital para garantir que todas as pessoas possam utilizar o transporte público com eficiência e autonomia. Além disso, a implementação de um planejamento de transporte coletivo urbano integrado, como mencionado, pode ajudar a mitigar desigualdades na distribuição espacial das áreas urbanas, tornando o transporte público mais acessível para todos.

No entanto, apesar da legislação que obriga a acessibilidade no transporte público, como a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (nº 13.146, de 6 de julho de 2015), ainda existem desafios significativos, especialmente para pessoas com deficiência visual. Esses desafios incluem a identificação de ônibus, saber quando e onde descer e evitar obstáculos, muitas vezes exigindo assistência externa. Isso demonstra a necessidade de soluções inovadoras e tecnológicas para melhorar a acessibilidade.

Nesse contexto, a Engenharia de Controle e Automação desempenha um papel fundamental. A automação, a integração de sistemas, a coleta e análise de dados em tempo real e o desenvolvimento de dispositivos assistivos são áreas nas quais a engenharia pode fazer contribuições significativas. A interdisciplinaridade entre a engenharia, a tecnologia e as políticas públicas é essencial para criar soluções eficazes que atendam às necessidades das pessoas com deficiência e promovam a inclusão social.

1.2 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver um dispositivo assistivo para deficientes visuais que facilite o acesso a transporte público, em particular aos ônibus, com uso de microcontroladores, módulo Radio Frequency Identification (RFID), módulo Long Range (LoRa), alarmes e autofalantes em um sistema de Hardware reduzido.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar uma pesquisa bibliográfica para identificar as tecnologias existentes para dispositivos assistivos para deficientes visuais;
- Identificar as limitações dos dispositivos assistivos existentes em relação ao acesso a ônibus;
- Analisar os dados coletados para identificar as principais necessidades dos deficientes visuais em relação ao acesso a ônibus;
- Projetar um dispositivo assistivo que atenda às necessidades identificadas e seja viável tecnicamente e economicamente;
- Implementar o dispositivo assistivo e realizar testes com usuário em ambiente controlado para avaliar sua eficácia e usabilidade;
- Realizar uma avaliação crítica dos resultados obtidos durante o desenvolvimento do dispositivo assistivo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Urania (2010), a formação do cidadão com deficiência visual requer uma prática educacional que leve em consideração a compreensão da realidade social, dos direitos e responsabilidades individuais e coletivas. As dificuldades visuais demandam cuidados especiais, pois afetam o canal sensorial mais importante na aquisição de informações, o que pode ter implicações no desenvolvimento e aprendizagem.

Araújo (2011) afirma que o trânsito deve cumprir sua função social, garantindo acessibilidade, mobilidade e qualidade de vida aos seus usuários. A mobilidade refere-se à facilidade de deslocamento de pessoas e bens na cidade, tornando-se um componente importante da qualidade de vida dos habitantes.

No entanto, problemas na infraestrutura e qualidade do transporte comprometem a mobilidade e a capacidade de locomoção. Por outro lado, a acessibilidade diz respeito à facilidade, em termos de distância, tempo e custo, de alcançar fisicamente os destinos desejados, e é uma medida direta da eficácia do sistema de transporte em conectar diferentes localidades.

Em última instância, a acessibilidade é fundamental para a qualidade de vida dos cidadãos e está intimamente ligada à relação entre as pessoas e o espaço urbano. Quando se fala em qualidade de vida no trânsito, é necessário considerar o sistema de transporte das cidades, principalmente o transporte coletivo, e sua influência na configuração do desenho urbano e no impacto na acessibilidade e mobilidade dos indivíduos.

A concepção de Tecnologia Assistiva (TA) possui diversas variações e paradigmas ao longo da história, com particularidades relacionadas à perspectiva de cada país. No entanto, o foco principal da TA em todas as suas vertentes é promover a qualidade de vida, a partir de processos que auxiliam, potencializam ou compensam habilidades ou funções pessoais comprometidas pela deficiência ou envelhecimento (ALVES,2013).

Desde os primórdios da humanidade, o uso de recursos de TA sempre esteve presente, como por exemplo, o uso de pedaços de madeira como bengala. Com o avanço tecnológico, esses recursos se tornaram mais eficientes e abrangentes, revelando processos criativos e transformadores na relação homem-tecnologia (ALVES,2013).

Foi somente em 1988 que o termo Tecnologia Assistiva foi oficialmente criado como elemento jurídico nos Estados Unidos, com o intuito de garantir recursos e serviços que favoreçam uma vida mais independente, produtiva e inclusiva no contexto social (BERSCH, 2008).

Dessa forma, o termo abrange tanto os recursos, que são os equipamentos, produtos ou sistemas, quanto os serviços, destinados a auxiliar diretamente as pessoas com deficiência a selecionar, adquirir ou utilizar os recursos de TA. A Tabela 01 contém o quadro atual da situação dos transportes públicos no Brasil e o estado almejado, para uma melhor na qualidade geral do serviço oferecido.

Tabela 1 - Situação dos transportes públicos

QUADRO ATUAL
<ul style="list-style-type: none"> • Produção de situações crônicas de congestionamento, com a elevação dos tempos de viagens e a consequente redução de produtividade das atividades urbanas; • Prejuízos crescentes ao desempenho dos ônibus urbanos; • Decréscimo do uso do transporte público regular; • Aumento da poluição atmosférica; • Aumento e generalização dos acidentes de trânsito; • Necessidade de investimentos crescentes no sistema viário; • Tráfego violando áreas residenciais e de uso coletivo; • Redução de áreas verdes e impermeabilização do solo.
ESTADO DESEJADO
<ul style="list-style-type: none"> • Melhor qualidade de vida para toda a população, traduzida por melhores condições de transporte, segurança de trânsito e acessibilidade; • Maior eficiência, traduzida na disponibilidade de uma rede de transporte integrada por modos complementares trabalhando em regime de eficiência, com prioridade para os meios coletivos.

Fonte: Neto, 2004

Por meio da Tabela 1, percebe-se que além de mudanças notáveis de melhora na mobilidade urbana, a inclusão de pessoas com deficiência é deixada de lado, fomentando ainda mais a tese de sugerir, desenvolver, uma inovação para esse nicho de brasileiros.

Em pesquisa para o desenvolvimento do projeto ‘Dispositivo de Acessibilidade para Deficientes Visuais em Transporte Público’, uma tecnologia semelhante estudada por Figueiredo s.d. foi encontrada, em que uma tecnologia RFID é utilizada em ônibus e pontos de ônibus para fornecer informações aos deficientes visuais sobre as linhas de ônibus e seus horários, além de permitir o compartilhamento de informações durante a viagem. A troca de informações ocorre entre os aparelhos RFID presentes nos ônibus e pontos de ônibus, registrando a hora, a linha de ônibus e os pontos pelos quais o ônibus passou. As informações são transmitidas por áudio por meio do receptor RFID do deficiente visual, que já possui as linhas e horários pré-gravados (FIGUEIREDO s.d.).

Outro dispositivo desenvolvido, cuja arquitetura básica da solução proposta, em que o principal objetivo é permitir ao usuário identificar a chegada, itinerário e parada no ponto de embarque de um ônibus, ou qualquer outro meio de transporte público terrestre, a partir de

mensagens de voz, consiste em dispositivos a serem incorporados ao veículo e um aplicativo a ser instalado no smartphone do usuário. Conforme descrito, a troca de informações entre o módulo a bordo do ônibus e o aplicativo instalado no celular é realizada por meio da tecnologia de comunicação sem fio BLE sem estabelecer conexão, ou seja, o aplicativo lê as mensagens enviadas regularmente e obtém as informações necessárias para o seu funcionamento (ANDRADE, 2022).

Entretanto, o propósito subjacente a este projeto reside na eliminação da dependência do usuário em relação à utilização de um dispositivo móvel, especificamente o smartphone, como requisito para a realização de suas viagens. Nesse contexto, é importante considerar o impacto social dessa abordagem, uma vez que a crescente dependência dos smartphones para atividades cotidianas, como planejamento e execução de viagens, pode excluir aqueles que não possuem ou não estão familiarizados com essa tecnologia.

Portanto, o projeto busca promover uma maior inclusão social, assegurando que a mobilidade seja acessível e viável para um espectro mais amplo de indivíduos, independentemente de sua familiaridade ou posse de dispositivos móveis.

A seguir, a Tabela 2 apresenta uma seleção de 10 publicações de artigos que abordam a aplicação de tecnologia assistiva em diversas áreas. Essas publicações são relevantes para o contexto da pesquisa, fornecendo uma base sólida de conhecimento relacionada ao tema e destacando contribuições significativas no campo da tecnologia assistiva.

Tabela 2 - Artigos de aplicação da TA

NOME DO ARTIGO	ANO DA PUBLICAÇÃO	NOME DOS AUTORES	NOME DA REVISTA DA PUBLICAÇÃO	PRINCIPAL CONTRIBUIÇÃO DO ARTIGO (SINTESE)
Tecnologia Assistiva: Aplicativos Inovadores para estudantes com Deficiência Visual	2020	Aline Aparecida Nascimento Frazão, Lívia da Conceição Costa Zaqueu, Ísis de Paula Santos Mendonça, Thays Nayara Frazão Silva, Francisca Morais da Silveira	Revista Brasileira de Desenvolvimento, Curitiba, vol. 6, nº 11, novembro de 2020.	Este trabalho enfoca a Tecnologia Assistiva para estudantes com Deficiência Visual na educação, com ênfase em aplicativos. Busca-se apresentar inovações e desafios na integração desses aplicativos em sala de aula, visando uma educação de qualidade e inclusiva.
Tecnologias Assistivas no Ensino de Física para Alunos com Deficiência Visual: um estudo de caso baseado na audiodescrição	2020	Priscila Valdênia dos Santos, Gislayne Cristina de Araújo Brandão	Ciência & Educação (Bauru)	Este estudo examina o uso da audiodescrição como tecnologia assistiva no ensino de física para um aluno universitário com deficiência visual. A audiodescrição foi eficaz em aumentar a autonomia do aluno e melhorar seu desempenho acadêmico, permitindo sua plena participação na educação.
Tecnologia assistiva para mulheres com deficiência visual acerca do preservativo feminino: estudo de validação	2015	Luana Duarte Wanderley Cavalcante, Giselly Oseni Barbosa Oliveira, Paulo César de Almeida, Cristiana Brasil de Almeida Rebouças, Lorita Marlena Freitag Pagliuca	Revista da Escola de Enfermagem da USP	Este estudo validou uma tecnologia assistiva para ensinar mulheres com deficiência visual a usar o preservativo feminino, com melhorias sugeridas pelos juízes. A tecnologia é eficaz e acessível, promovendo a prevenção de doenças sexualmente transmissíveis.
Desenvolvimento de tecnologia assistiva para o transporte público baseado na percepção do usuário.	2018	André Marques Cavalcanti Filho, André Marques Cavalcanti, Marcelo Luiz Monteiro Marinho, Telma Lúcia de Andrade Lima	Revista Exacta	Este estudo busca melhorar a acessibilidade no transporte público para pessoas com deficiência visual através de tecnologias assistivas. Foi feita uma pesquisa com 30 passageiros com deficiência visual e identificou-se o CittaMobi como a única solução adequada. O estudo visa adaptar esse sistema para atender às necessidades específicas dos usuários.
Uso da Tecnologia Assistiva no Transporte Público: Identificador RFID Portátil de Linhas de Ônibus para Deficientes visuais	s,d	Gustavo Molina Figueiredo, Maysa Andrade	Researchgate	Este artigo destaca a aplicação da Tecnologia Assistiva no transporte público para melhorar a autonomia de deficientes visuais. Propõe o uso de RFID para criar um identificador portátil de linhas de ônibus, visando facilitar a vida desses usuários.
O design de sinalização auxiliando na mobilidade de pessoas com deficiência visual no transporte público.	2019	Ana Paula Favarim Machado, Diego Piovesan Medeiros	Revista Vincici	Este artigo propõe um projeto de sinalização acessível para o terminal central de Criciúma, focado em deficientes visuais. A metodologia segue um modelo de quatro etapas e a pesquisa é qualitativa e aplicada. O resultado inclui totens, mapas táteis e estudo para piso tátil, visando melhorar a orientação dos deficientes visuais no terminal.
O uso das tecnologias assistivas na mediação da informação em biblioteca escolar: acessibilidade para alunos com deficiência visual	2021	Ana Cristina de Almeida Costa, Tania Chalhub	Biblioteca Escolar Em Revista	A biblioteca escolar deve oferecer acessibilidade a todos os alunos, incluindo aqueles com deficiência visual. Este artigo revisou métodos de acessibilidade, como softwares e livros digitais, visando promover a inclusão eficaz desses usuários nas bibliotecas escolares. Destaca a importância de práticas inclusivas para garantir o acesso equitativo à informação.
Acessibilidade e Tecnologia na Construção da Cidade Inteligente	2018	Carlos Augusto Alperstedt Neto, Carlos Roberto de Rolt, Graziela Dias Alperstedt	Revista de Administração Contemporânea	O crescimento urbano desordenado gera problemas sociais, incluindo acessibilidade. Este trabalho propôs um aplicativo para melhorar a acessibilidade nas cidades, combinando conceitos de crowdsensing e cidades inteligentes através de pesquisas e coleta de dados. O aplicativo pode ser usado em computadores ou smartphones de forma ativa ou passiva.
Tecnologia Assistiva para Auxiliar o Acesso ao Transporte Público por Pessoas com Deficiência	2021	Thaysa Carla Gomes da Silva, Júlio César de Oliveira Guimarães, Arthur Felipe Graciano de Andrade, Aida Araújo Ferreira, Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa, Vânia Soares de Carvalho	Diversitas Journal	O projeto SIGABEM, desenvolvido pelo IFPE em parceria com o Grande Recife Consórcio de Transporte e a ATI de Pernambuco, visa melhorar a acessibilidade no transporte público do Recife. O aplicativo móvel oferece informações sobre paradas, horários, denúncias e sugestões. Atualmente em fase de testes, utiliza React Native e Scrum para desenvolvimento.
A utilização de Tecnologia Assistiva na vida cotidiana de crianças com deficiência	2013	Renata Cristina Bertolozzi Varela, Fátima Corrêa Oliver	Ciência & Saúde Coletiva	Este estudo analisa o uso de tecnologia assistiva por cinco crianças com deficiência em São Paulo. Os resultados destacam a influência das relações familiares e sociais no uso desses recursos no cotidiano. Isso pode guiar profissionais e avaliações para a concessão de equipamentos de tecnologia assistiva no Sistema Único de Saúde.

A partir deste ponto, serão apresentados os principais tipos de dispositivos tecnológicos que compõem o hardware reduzido do projeto, levando em consideração um custo de mercado considerado como médio. Esta seção tem como foco realizar uma prospecção das tecnologias disponíveis que serão utilizadas na implementação do dispositivo assistivo em questão.

2.1 MICROCONTROLADORES

Segundo Borges (2008), nos sistemas de Controle e Automação, é incomum encontrar exemplos em que não seja necessário utilizar alguma forma de unidade de processamento de dados. Na verdade, a menos que o sistema possua uma lógica extremamente simples, é necessário o uso de uma ou mais Unidade Central de Processamento (CPU). Isso inclui sistemas que variam desde uma simples interface com o usuário por meio de um display de cristal líquido (LCD) até o complexo controle de um veículo aeroespacial. A Figura 1 a seguir representa um microcontrolador.

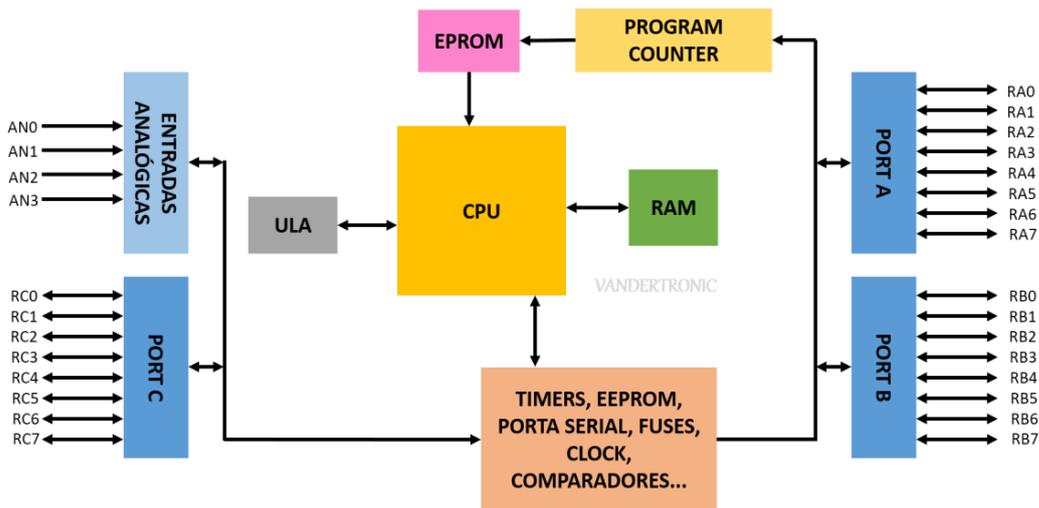


Figura 1 - Microcontrolador

No entanto, uma vez estabelecida a necessidade de empregar um elemento de processamento no sistema, surge o problema de decidir qual plataforma utilizar. Existem várias opções disponíveis, como Controladores Lógico-Programáveis (CLPs), Field-Programmable Gate Array (FPGAs), Processadores de Sinal Digital (DSPs), PCs (embarcados ou não), entre outras.

Portanto, a escolha do "cérebro" do sistema deve ser baseada em um compromisso entre as diversas necessidades do projeto e as características apresentadas pelo elemento de processamento, como custo, capacidade de processamento, memória, linguagem de programação disponível, capacidade de lidar com sistemas de controle em tempo real, consumo de energia, entre outros.

Nesse contexto, os microcontroladores geralmente surgem como uma das alternativas mais econômicas, com confiabilidade satisfatória, simplicidade, menor tempo de desenvolvimento e menor consumo de energia, embora com capacidade de processamento e memória limitadas (MARTINS, 2008).

De forma geral, os microcontroladores podem ser definidos como processadores que foram encapsulados com memória, interface de entrada/saída de dados e dispositivos periféricos. Entre esses periféricos, estão conversores analógico/digital (A/D), temporizadores/contadores, interfaces para comunicação serial, watchdog programável, entre outros.

Em outras palavras, são computadores encapsulados em um único invólucro. Eles se tornaram comuns em várias indústrias desde o final da década de 70, e atualmente existe uma variedade crescente de opções disponíveis no mercado (BORGES, 2008).

2.1.1 ARDUINO UNO

Arduino é uma placa de controle de entrada de dados (IN), como sensores, e saída de dados (OUT), como motores e leds, com cristal oscilador de 16 Mhz, um regulador de tensão de 5 V, botão de reset, plugue de alimentação, pinos conectores, e alguns LEDs para facilitar a verificação do funcionamento.

A porta USB já fornece alimentação enquanto estiver conectado ao computador, e a tensão de alimentação quando desconectado pode variar de 7 V a 12 V, graças ao regulador presente na placa.

No Arduino, informações ou comandos são transmitidos de um computador para a placa através de Bluetooth, wireless, USB, infravermelho etc. Essas informações devem ser traduzidas utilizando a linguagem Wiring baseada em C/C++ (de Robótica, G. ,2012). A Figura 2 representa o Arduino Uno.

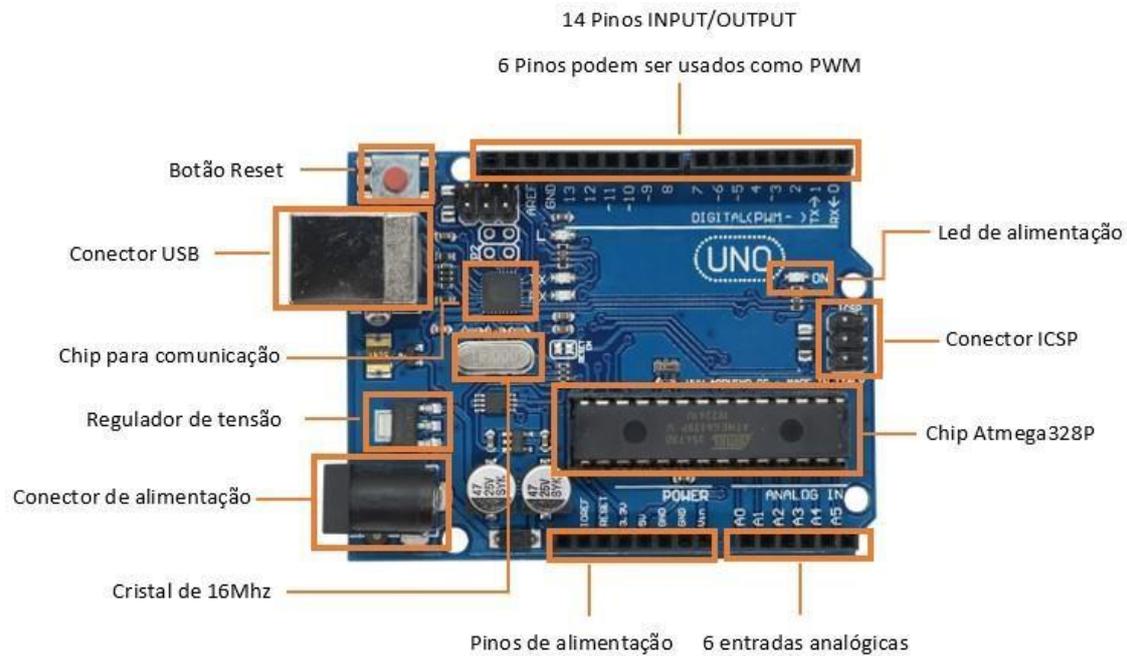


Figura 2 - Arduino Uno

Características principais do Arduino Uno:

- A tensão de operação é 5V
- A tensão de entrada recomendada varia de 7V a 12V
- A tensão de entrada varia de 6V a 20V
- 14 pinos de entrada/saída digital
- 6 pinos analógicos
- A corrente DC para cada pino de entrada/saída é de 40 mA
- A corrente DC para o pino de 3,3 V é 50 mA
- A memória flash é de 32 KB
- SRAM é 2KB
- EEPROM é 1 KB
- A velocidade do CLK é de 16 MHz

A placa do Arduino Uno pode ser construída com pinos de alimentação, pinos analógicos, ATmega328, conector ICSP, botão Reset, LED de alimentação, pinos digitais, led de teste, pinos TX/RX, interface USB e fonte de alimentação externa.

2.1.2 ARDUINO NANO

O Arduino Nano é uma versão compacta do Arduino que se assemelha ao Arduino UNO em termos de utilização do chip ATmega328 em uma configuração SMD. Notavelmente, ele está equipado com uma porta Mini-USB para fins de programação. Distingue-se das placas Arduino UNO e Arduino 2009 por apresentar duas entradas analógicas adicionais, bem como um jumper que permite selecionar uma referência de tensão de +5V AREF.

Importante mencionar que o Arduino Nano não dispõe de um conector dedicado para alimentação externa, contudo, é viável alimentá-lo através do pino Vin, sendo que o dispositivo automaticamente prioriza a fonte de alimentação de maior tensão disponível (Robótica, G., 2012). A Figura 3 é a representação do Arduino Nano.

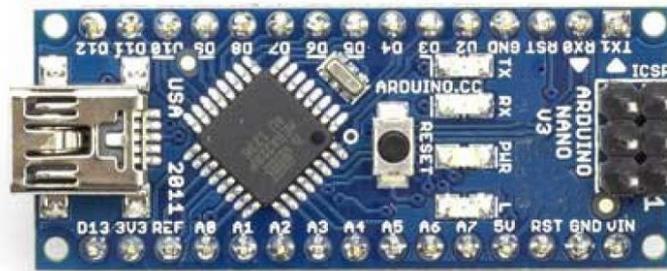


Figura 3 - Arduino Nano

Especificações do Arduino Nano:

- Microcontrolador: ATmega328
- Tensão de Operação: 5V
- Tensão de Entrada: 7-12V
- Portas Digitais: 14 (6 podem ser usadas como PWM)
- Portas Analógicas: 8
- Corrente Pinos I/O: 40mA
- Memória Flash: 32KB (2KB usado no bootloader)
- SRAM: 2KB
- EEPROM: 1KB
- Velocidade do Clock: 16MHz
- Dimensões: 45 x 18mm

O Arduino Nano tem como principal diferencial o seu tamanho reduzido, permitindo uma flexibilidade maior para o uso dessa placa em projetos cujo tamanho seja importante. O mais interessante é que mesmo sendo pequeno, ele usa o mesmo microcontrolador que o Arduino uno, ou seja, possui as mesmas configurações.

2.2 RADIOFREQUÊNCIA

As ondas de rádio foram inicialmente previstas matematicamente em 1867 pelo físico James Clerk Maxwell, que desenvolveu equações descrevendo tanto as ondas luminosas quanto as ondas de rádio como ondas eletromagnéticas que se propagam no vácuo. Duas décadas depois, em 1887, o físico alemão Heinrich Hertz comprovou os cálculos de Maxwell ao gerar ondas de rádio em seu laboratório (Sousa, 2013).

Poucos anos depois, Nikola Tesla propôs a utilização das ondas de rádio como um potencial método de telecomunicação de informações. Finalmente, em 1895, o inventor Guglielmo Marconi construiu um sistema wireless capaz de transmitir sinais a longas distâncias (cerca de 2,4 km), pelo qual recebeu reconhecimento com um Prêmio Nobel, demonstrando a aplicação das ondas de rádio em comunicações comerciais e militares. Seu objetivo principal era criar um método de comunicação de longa distância que substituísse o telégrafo, assegurando a segurança das embarcações em alto mar (Sousa, 2013).

Desde então, o campo das comunicações por rádio tem atraído muitos pesquisadores e tem se expandido rapidamente, evoluindo continuamente até os dias de hoje (Sousa, 2013). A Figura 4 a seguir representa a oscilação de um campo elétrico e magnético:

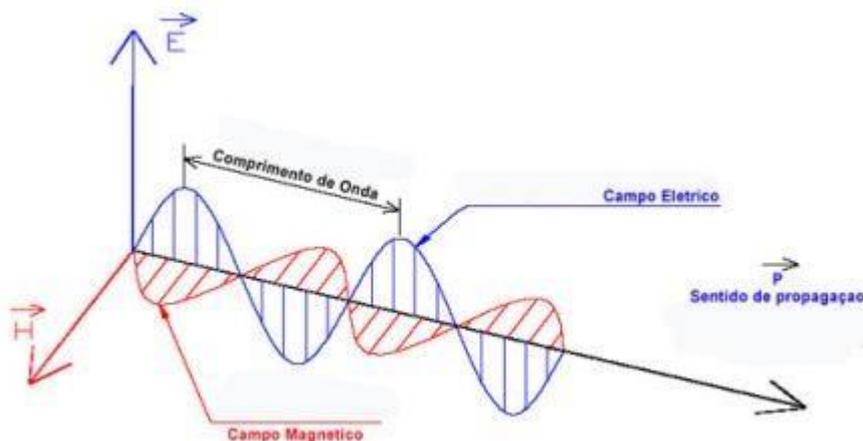


Figura 4 - Oscilação de um campo elétrico, magnético.

Um enlace de radiofrequência utiliza ondas de rádio, que são ondas eletromagnéticas. Isso significa que são ondas formadas pela oscilação simultânea de um campo elétrico e de um campo magnético perpendiculares entre si, como ilustrado na Figura 4. O que diferencia uma onda eletromagnética de outra é o seu comprimento de onda (λ), ou seja, a distância entre dois picos consecutivos de uma onda (Fogaça, 2015).

As principais características e conceitos para entender a propagação de uma onda eletromagnética estão relacionados a seguir:

- Frente de onda: toda onda eletromagnética possui duas componentes vetoriais perpendiculares, um campo elétrico e um campo magnético. Esses campos interagem entre si, ou seja, um campo elétrico variante induz um campo magnético e um campo magnético variante induz um campo elétrico (Romacho, 2012).
- Período de uma onda eletromagnética: é o intervalo de tempo necessário para que a onda se repita, ou seja, o tempo necessário para que os vetores do campo elétrico e magnético se repitam (Romacho, 2012).
- Velocidade de propagação: sempre depende do meio em que a onda eletromagnética se propaga (Romacho, 2012).
- Comprimento de onda: é a distância repetida em um padrão de onda (Romacho, 2012).
- Polarização: é definida pelo plano em que se encontra a componente do campo elétrico. A direção do campo elétrico de uma onda eletromagnética é paralela ao eixo longitudinal do elemento irradiante da antena e determina sua polarização (Romacho, 2012).

2.2.1 TÉCNOLOGIA RFID

De acordo com Pereira (2006), a tecnologia RFID (Identificação por Radiofrequência) utiliza ondas eletromagnéticas para identificar objetos, pessoas e animais. O sistema RFID teve sua origem pouco antes da Segunda Guerra Mundial, quando os aliados começaram a utilizar essa tecnologia para distinguir seus próprios aviões dos aviões inimigos.

A partir dos anos 80, o Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), em colaboração com outros centros de pesquisa, iniciou um estudo para desenvolver uma arquitetura que aproveitasse os recursos das tecnologias baseadas em radiofrequência, a fim de estabelecer um

modelo de referência para o desenvolvimento de novas aplicações de rastreamento e localização de produtos.

Esse estudo resultou no código eletrônico de produtos - EPC (Electronic Product Code). O EPC define uma arquitetura de identificação de produtos que utiliza os recursos proporcionados pelos sinais de radiofrequência.

2.2.2 MFRC522

Uma das novidades tecnológicas mais controvertidas no momento é a tecnologia RFID, acrônimo de Identificação por Rádio Frequência (Radio Frequency Identification), que representa uma evolução em termos de tecnologia para computação embarcada e que vem sendo cada vez mais utilizada em conjunto com outras tecnologias de identificação automática e as redes de computadores nos setores onde há necessidade de rastreamento e coleta de dados, como transportes e logística, indústria, comércio e segurança (PINHEIRO, 2017). Para o projeto de estudo, utilizarei o MFRC522:



Figura 5 - Módulo RFID MFRC522

Descrição geral:

- O MFRC522 é um circuito integrado leitor/gravador altamente integrado para comunicação sem contato em 13,56 MHz. O leitor MFRC522 suporta ISO/IEC 14443 A/MIFARE e NTAG.
- O transmissor interno do MFRC522 é capaz de acionar uma antena de leitor/gravador projetada para se comunicar com cartões e transponders ISO/IEC 14443 A/MIFARE sem circuitos ativos adicionais. O módulo receptor fornece uma implementação robusta e eficiente para demodular e decodificar sinais de cartões compatíveis com ISO/IEC

14443 A/MIFARE e transponders. O módulo digital gerencia a funcionalidade completa de enquadramento e detecção de erros (paridade e CRC) do ISO/IEC 14443 A.

- O MFRC522 suporta os produtos MF1xxS20, MF1xxS70 e MF1xxS50. O MFRC522 suporta comunicação sem contato e usa velocidades de transferência mais altas do MIFARE de até 848 kBd em ambas as direções.

As seguintes interfaces do host são fornecidas:

- Interface Serial Peripheral (SPI)
- UART Serial (semelhante ao RS232 com níveis de tensão dependentes do fornecimento de tensão do pino)

- Interface I2C-bus

Recursos e benefícios:

- Circuitaria analógica altamente integrada para demodular e decodificar respostas
- Drivers de saída em buffer para conexão de uma antena com o número mínimo de componentes externos

- Suporta ISO/IEC 14443 A/MIFARE e NTAG

- Distância operacional típica no modo de leitura/gravação de até 50 mm, dependendo do tamanho e ajuste da antena

- Suporta criptografia MF1xxS20, MF1xxS70 e MF1xxS50 no modo de leitura/gravação

- Suporta comunicação de alta velocidade ISO/IEC 14443 A de até 848 kBd

- Suporta MFIN/MFOUT

- Fonte de alimentação interna adicional para o IC de cartão inteligente conectado via MFIN/MFOUT

- Interfaces do host suportadas:

- I. SPI de até 10 Mbit/s

- II. Interface I2C-bus de até 400 kBd no modo Rápido, até 3400 kBd no modo de Alta velocidade

- III. RS232 Serial UART de até 1228,8 kBd, com níveis de tensão dependentes do fornecimento de tensão do pino

- Buffer FIFO manipula o envio e recebimento de 64 bytes

- Modos de interrupção flexíveis

- Reset rígido com função de baixo consumo de energia

- Modo de desligamento por software
- Temporizador programável
- Oscilador interno para conexão com cristal de quartzo de 27,12 MHz
- Alimentação de 2,5 V a 3,3 V
- Coprocessador de CRC
- Pinos de E/S programáveis
- Autoteste interno

2.2.3 MÓDULO RF433MHZ

Uma das maneiras de transmissão sem fio é a radiofrequência, a mesma abrangendo as faixas de transmissão de 3kHz a 300 GHz, também podendo ser denominada de ondas de rádio. Sua popularidade se deve principalmente por ser uma das tecnologias pioneiras com este propósito, e tendo um vasto estudo são conhecidas diversas formas de realizar tal procedimento mantendo um baixo-custo de produção, fazendo dessa forma uma disseminação em massa da ferramenta (SAVI, 2022).

O módulo RF 433 MHz é constituído por duas partes: o transmissor, responsável por emitir o sinal, e o receptor, responsável por captar os sinais vindos do transmissor. O transmissor utiliza a frequência 433 MHz, operando com tensão variando entre 3.5 e 12 Volts. Consegue alcançar entre 20 e 200 metros, transmitindo dados a uma velocidade de 4Kbps. O receptor utiliza a frequência 433.92 MHz, operando com tensão igual a 5 Volts e corrente igual a 4 mA, tendo sensibilidade igual a -105 dB (OLIVEIRA,2017)

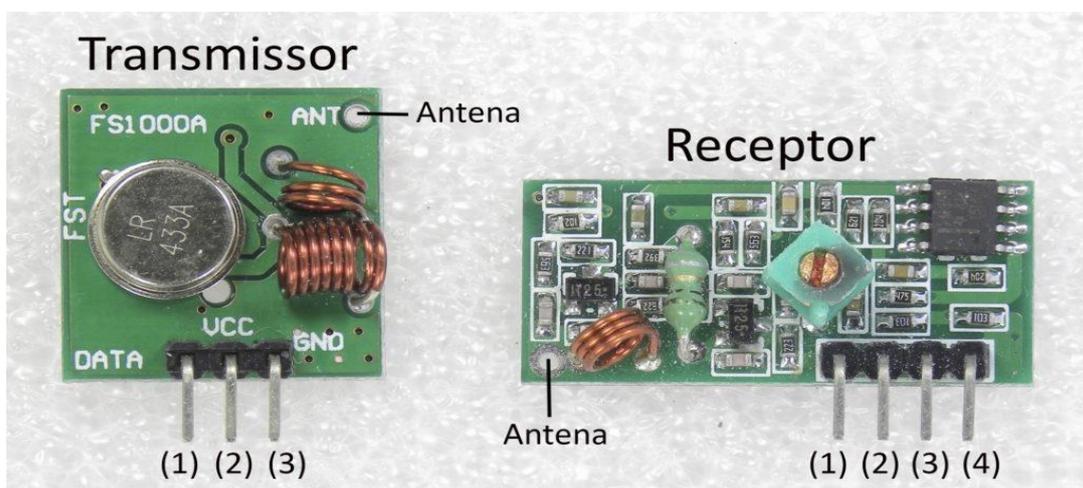


Figura 6 - Módulo Transmissor e Receptor RF433MHz

Esse conjunto de Módulos de transmissão (TX) e recepção (RX) de RF 433 MHz serve para o envio de dados digitais entre dois Arduinos (ou outro tipo de Microcontrolador). A comunicação é unidirecional, isto é, os dados são enviados pelo transmissor e recebidos pelo receptor (OLIVEIRA,2017).

A tipo de modulação da portadora de rádio frequência é o ASK (amplitude shift keying), modulação por chaveamento de amplitude. Isto é, quando existe o Bit 1 a portadora transmite o sinal de 433 MHz. Quando o Bit é zero, nenhum sinal é transmitido (ELETROGATE,2022).

A Figura 7 representa essa modulação:

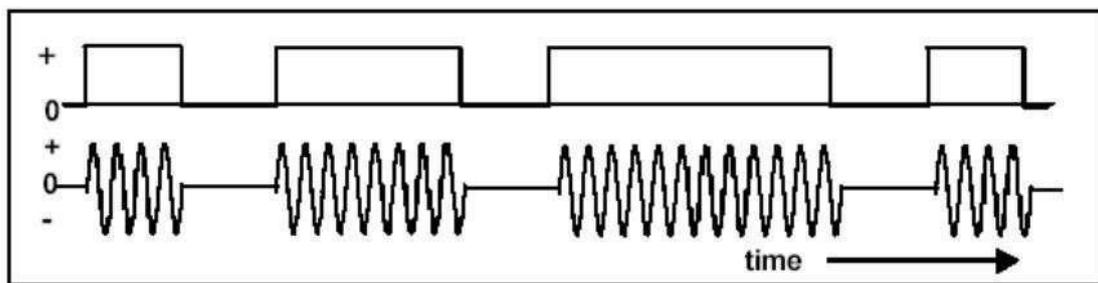


Figura 7 - Um sinal ASK (abaixo) e a mensagem (acima)

Especificações dos Módulos TX /RX de 433 MHz:

- Módulo Transmissor 433 MHz (FS1000A):

- I. Tensão de operação: 3 a 12 V

- II. Frequencia de operação: 433,92 MHz

- III. Corrente de operação: 20 a 28 mA

- IV. Potência de saída: 10mW

- V. Taxa de transferência < 4Kbps

- VI. Alcance da transmissão < 100 m (com antena, sem obstáculos) VII.

Antena externa: fio com 17,3 cm

- Módulo Receptor 433 MHz (XY-MK-5V):

- I. Tensão de operação: 5 V (somente)

- II. Frequência de operação: 433,92 MHz

- III. Corrente de operação: 4 mA

- IV. Sensibilidade de recepção: -105DB

- V. Antena externa: fio com 17,3 cm

2.2.4 MÓDULO LORA

LoRa (Longa Distância, ou Long Range em inglês) constitui uma tecnologia de Rede de Área Ampla de Baixa Potência (LPWAN) meticulosamente projetada para conferir conectividade a dispositivos embarcados a distâncias consideráveis. Esta tecnologia é concebida para oferecer funcionalidades comparáveis às redes de telefonia celular, mas sua otimização concentra-se em atender às demandas específicas das aplicações associadas à Internet das Coisas (IoT) (Carneiro, 2019).

A operação da tecnologia LoRa ocorre no espectro de frequências não licenciadas nas faixas ISM (Industrial, Scientific and Medical). Ela emprega uma variante da técnica de modulação conhecida como CSS (Espalhamento Espectral de Chirps, ou Chirp Spread Spectrum em inglês), que se destaca por sua robustez em face de consideráveis interferências, efeitos Doppler e múltiplos caminhos de propagação.

Adicionalmente, a tecnologia LoRa se destaca por sua notável capacidade de canal, permitindo a transmissão simultânea de múltiplos dispositivos em um único canal, uma característica distintiva em relação a outras tecnologias LPWAN (Liando et al., 2019).



Figura 8 – Áreas de uso LoRa

Segundo Suntech (2020), a tecnologia LoRa (Long Range) apresenta uma série de vantagens distintas em comparação com outras formas de conectividade sem fio, como Wi-

Fi e Bluetooth. Notavelmente, a LoRa demonstra sua eficácia em ambientes urbanos, oferecendo capacidade de transmissão sem fio em distâncias que variam de 3 a 4 quilômetros, e em áreas rurais, essa distância se estende para até 15 quilômetros.

Além disso, destaca-se a eficiência energética excepcional da LoRa, caracterizada por uma potência de transmissão de 20 dBm, equivalente a 100 mW, resultando em um consumo de energia notavelmente inferior. Como exemplo, um dispositivo de rádio operando em LoRa com potência máxima apresenta picos de consumo de apenas 0,12A, em contraste com os 2A associados às redes GSM (Global System for Mobile Communications).

Outra característica distintiva da LoRa é sua especificação de camada lógica simplificada e altamente flexível, tornando-a particularmente adequada para aplicações de Internet das Coisas (IoT). A LoRa emprega uma técnica de modulação complexa conhecida como "Chirp Spread Spectrum" (CSS), que se destaca por sua notável resistência à interferência e sua capacidade de eficiente recuperação de sinal.

Essas características fazem da LoRa uma escolha atrativa para implementações de sistemas de comunicação sem fio em uma variedade de cenários, especialmente em aplicações de Internet das Coisas (IoT) e em locais onde a eficiência energética e a ampla cobertura são requisitos essenciais. Para o seguinte projeto, foi utilizado o modelo SX1278 LoRa.

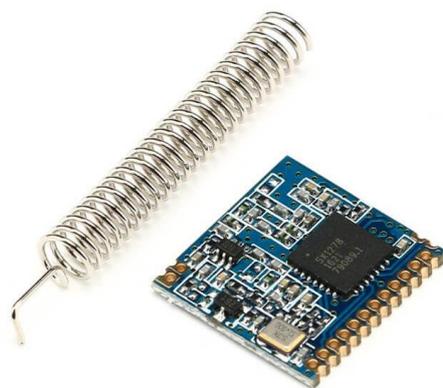


Figura 9 - Módulo LoRa SX1278

Especificações do módulo LoRa SX1278:

- Tensão de funcionamento: 1.8-3.6 VDC;
- Temperatura de trabalho: -20 - 70;

- Freqüência de operação: 410-525 MHz;
- Potência de transmissão: 19-20.5 dBm;
- A sensibilidade do receptor: desvio de freqüência 5 K;
- Tecnologia: FSK/GFKS;
- Comunicação: Half duplex;
- Modo de transmissão: FIFO/direct mode;
- Tamanho da FiFo: 256 bits tx/rx;
- Índice de rejeição de canais: 56db;
- Sensibilidade de Recepção: -139dbm;
- Consumo de baixa potência para aceitar corrente: 10-12mA;
- Distância de transmissão (max.): 5 KM;
- Tamanho do módulo: 17 x 16.5 mm.

2.3 MÓDULO MP3 DFPLAYER MINI

O DFPlayer Mini é um módulo MP3 de baixo custo que reproduz arquivos de áudios armazenados em um cartão de memória. O Arduino se comunica com este módulo através de uma comunicação serial, informando qual arquivo deve ser reproduzido (CARVALHO, 2019).

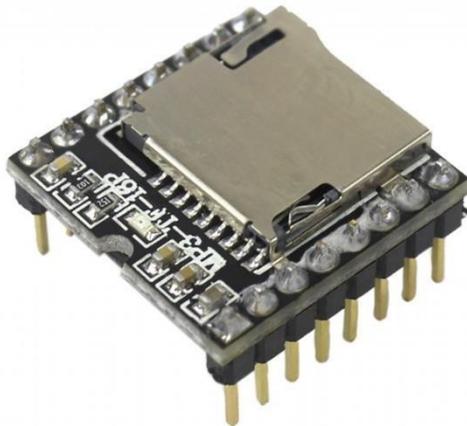


Figura 10 - Módulo DFPlayer Mini

Ele é compatível com cartões microSD formatados como FAT16 ou FAT32 (tamanho máximo de 32GB) e suporta várias taxas de amostragem, podendo ser usado em sistemas de alarme, navegação, sistemas de informação, brinquedos, automação residencial e muitas outras aplicações.

Especificações:

- Tensão de operação: 3.3 à 5VDC
- Formatos suportados: MP3, WAV, WMA
- Taxas de amostragem (KHz): 8/11.025/12/16/22.05/24/32/44.1/48
- Saída DAC 24 bits
- Slot para cartão microSD
- Formatação suportada: FAT16 e FAT32
- Capacidade máxima do cartão SD: 32GB
- Modos de controle: teclado, botões e interface serial
- Modo propaganda: suspende a música e volta a tocar quando a propaganda termina
- Suporta até 100 pastas no cartão SD, com no máximo 255 músicas cada pasta
- 30 níveis de volume ajustáveis
- 6 níveis de equalização ajustáveis
- Dimensões: 21 x 20 x 4,5mm

2.4 MÓDULO DE DISPLAY LCD

Os módulos de display LCD alfanuméricos são interfaces visuais de comunicação que são muito úteis e atraentes. Eles estão presentes em uma ampla variedade de dispositivos, como eletrodomésticos, eletrônicos, automóveis e instrumentos de medição. Esses dispositivos possuem interfaces elétricas padronizadas e recursos internos de software e gráficos, o que permite uma fácil substituição por outros fabricantes, sem a necessidade de alterar o programa de aplicação (PUHLMANN, 2015).

Além disso, devido à sua alta padronização, eles têm um custo baixo. Embora seja uma tecnologia antiga, com cerca de vinte anos ou mais, ainda é amplamente utilizada, com uma variedade de formas, cores, tamanhos e preços. A tecnologia predominante nesses módulos é o

LCD (Liquid Crystal Display), mas também é possível encontrar opções baseadas em LEDs orgânicos (OLED). O módulo de display LCD representa um avanço tecnológico significativo em relação aos primeiros displays de LED de 7, 14 ou 16 segmentos ((PUHLMANN, 2015).

Visando o menor gasto para tornar o projeto acessível, utilizarei o LCD 8x2 0802A:

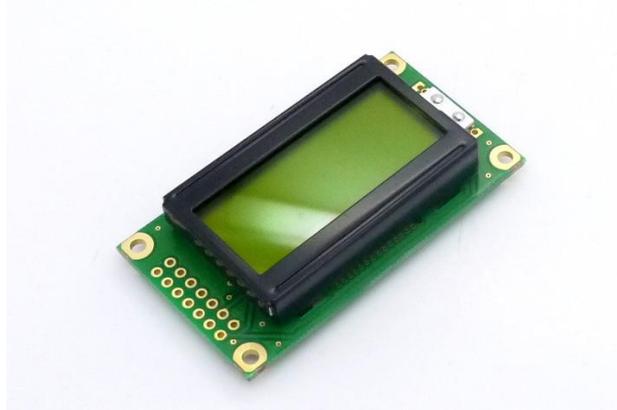


Figura 11 - LCD 0802A

Especificações do Módulo LCD 0802A:

- Display LCD 8×2
- Backlight (luz de fundo): Azul
- Tensão de operação: 5V
- Linhas: 2
- Colunas: 8
- Dimensões: 58 x 32 x 12mm
- Área visível: 38 x 16mm

Com 8 colunas e 2 linhas, o display LCD 8x2 é capaz de mostrar números, letras e, dependendo da programação, caracteres customizados. O seu backlight (luz de fundo) azul facilita a leitura em ambientes com pouca iluminação.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa científica é conduzida com diferentes objetivos e abordagens metodológicas. Neste contexto, a pesquisa explicativa tem como foco a identificação das variáveis e fatores que desempenham um papel determinante ou contributivo no surgimento de um fenômeno específico, com ênfase nas relações de causa e efeito que emergem de experimentos ou ocorrências naturais. O propósito principal desse tipo de pesquisa é a explicação da lógica subjacente aos eventos observados (Gil, 2002).

Por outro lado, as pesquisas exploratórias e descritivas têm a função de proporcionar uma visão mais aprofundada do tema de estudo e frequentemente são utilizadas como etapas preliminares para estabelecer as bases necessárias antes de buscar explicações científicas, que são tipicamente obtidas por meio de pesquisas explicativas. As pesquisas explicativas, por sua vez, empregam predominantemente procedimentos metodológicos experimentais e são particularmente comuns nas ciências naturais. Na coleta de dados de pesquisas experimentais, há a manipulação controlada de variáveis em termos de quantidade e qualidade, seguida da observação dos efeitos gerados por essas manipulações. Isso possibilita a identificação das relações causais e a compreensão de como um fenômeno específico é produzido, frequentemente fazendo uso de recursos mecânicos, elétricos ou eletrônicos (Gil, 2002).

Na perspectiva da proposta, este se enquadra como uma pesquisa explicativa, uma vez que visa a explicar as razões subjacentes à concepção e desenvolvimento de um dispositivo assistivo destinado a auxiliar pessoas com deficiência visual no embarque de transporte público. Isso implica uma investigação aprofundada para compreender os mecanismos de causa e efeito envolvidos na eficácia desse dispositivo, com a aplicação de abordagens experimentais e a manipulação de variáveis relevantes para a obtenção de resultados esclarecedores.

A pesquisa quanti-qualitativa, no seu início, emprega procedimentos quantitativos seguidos por uma fase qualitativa. Nesse contexto, a análise quantitativa é complementada por uma interpretação qualitativa, visando a identificação de comportamentos ou fenômenos específicos com base nos dados coletados na fase quantitativa (Creswell e Clark, 2010).

A abordagem qualitativa envolve um conjunto de técnicas interpretativas que visam descrever, decodificar, traduzir e entender fenômenos em vez de quantificá-los, destacando-se pela ausência de métodos estatísticos, pela abordagem de questões "o quê", "porquê" e "como", pela ênfase na análise detalhada de dados de um número menor de casos ou indivíduos e pela busca pela compreensão dos fenômenos de acordo com a perspectiva dos participantes (Gil,

2002). Para evitar subjetividade e especulações, a pesquisa qualitativa costuma envolver múltiplas fontes de evidência, capturando diferentes pontos de vista e compreendendo o contexto dos participantes (Fleury et al., 2018).

No âmbito deste plano de trabalho, é importante ressaltar que se trata de uma pesquisa qualitativa, na qual a compreensão da necessidade e eficácia do dispositivo assistivo para auxiliar pessoas com deficiência visual no embarque de transporte público será obtida por meio da análise de dados qualitativos, incluindo entrevistas, observações e pesquisa documental. A perspectiva dos participantes desempenha um papel central na compreensão e explicação da dinâmica envolvida no uso desse dispositivo.

O desenvolvimento de um estudo de caso, conforme caracterizado por Gil (2017), envolve uma abordagem detalhada e aprofundada de um objeto de estudo específico ou de um grupo de objetos, com o propósito de investigar de forma clara e objetiva a temática em questão. Essa abordagem é amplamente utilizada para a investigação de fenômenos ou comportamentos específicos em seu contexto real, sendo direcionada para diversas finalidades, incluindo a formulação de hipóteses e teorias, a explicação de situações específicas, a preservação da singularidade do objeto de estudo, a investigação de situações cotidianas com limites pouco definidos e a exploração de variáveis causais quando levantamentos e experimentos convencionais não são viáveis.

No contexto deste projeto, que se configura como um estudo de caso, o foco principal é aprofundar a compreensão de um problema específico relacionado ao desenvolvimento de um dispositivo assistivo para pessoas com deficiência visual no processo de embarque em transporte público. O estudo de caso se mostra apropriado para investigar essa questão complexa em seu ambiente natural. A condução de um estudo de caso envolve várias etapas-chave, como a estruturação do problema, a definição da unidade de caso, o estabelecimento do número de casos, a construção de um protocolo de coleta de dados, a coleta de dados propriamente dita e a interpretação dos resultados.

Durante a fase de análise dos dados, é fundamental categorizar e apresentar as contribuições de maneira organizada, fazendo uso de recursos como tabelas, fluxogramas, diagramas e métricas estatísticas para representar claramente os cenários antes e depois do diagnóstico.

Em resumo, o projeto se configura como um estudo de caso que tem como objetivo investigar e resolver um problema específico relacionado à forma como as pessoas com deficiência visual enfrentam desafios durante o processo de embarque em transporte público.

A pesquisa qualitativa desempenha um papel fundamental na obtenção de insights valiosos por meio de entrevistas, observações e pesquisa documental, com foco na perspectiva dos participantes. O respeito pela privacidade e dignidade dos entrevistados é primordial ao conduzir as entrevistas, assegurando uma abordagem ética e respeitosa na coleta de dados essenciais para o sucesso do projeto de pesquisa.

O plano estudado foi submetido a simulações em ambiente físico, com o objetivo de testar diversas distâncias a fim de validar o funcionamento do dispositivo desenvolvido. Esses testes foram conduzidos em diferentes cenários, incluindo ambientes fechados em bancada e em campo aberto.

A seleção dos cenários e critérios para a realização dos testes baseou-se em situações que simulam a interação do usuário com o dispositivo, considerando ajustes de precisão e a avaliação de possíveis falhas situacionais.

Os materiais utilizados durante o projeto incluem componentes eletrônicos e hardware que desempenham papéis cruciais no funcionamento do dispositivo. A seguir, apresenta-se uma tabela dos materiais empregados:

Tabela 3 - Materiais utilizados no projeto

Componente	Quantidade
Arduino Uno	2
Arduino Nano	1
Módulo RFID MFRC522	1
Módulo LoRa SX1278	1
Módulo DFPlayer MP3 Mini	1
Alto-falante	1
Módulo LCD 8x2	1
Buzzers	2
LEDs	3
Fios para ligação	-
Protoboards	2
Teclado Matricial	1
Cartões TAG	3

É importante ressaltar que, futuramente, está prevista a produção de placas de circuito impresso para substituir as protoboards utilizadas durante as simulações, visando proporcionar uma solução mais profissional e robusta para o dispositivo.

A lista de provas de conceito proposta para este projeto desempenha um papel fundamental na validação da solução do dispositivo assistivo destinado a auxiliar pessoas com deficiência visual durante o processo de embarque em transporte público.

As provas de conceito confirmaram a eficácia da solução em diversos aspectos:

- **Identificação precisa de informações:** Foi comprovada a capacidade do dispositivo de identificar com precisão o cartão do usuário e direcionar para o ônibus selecionado, demonstrando sua confiabilidade na recuperação de informações cruciais.
- **Comunicação eficaz ao usuário:** Através da utilização do assistente de voz, o dispositivo mostrou-se altamente eficaz na comunicação de informações de forma clara e compreensível, garantindo que o usuário receba orientações precisas e relevantes.
- **Desempenho em condições variáveis:** Os testes realizados em diferentes condições climáticas e ambientes, tanto urbanos quanto rurais, validaram a capacidade do dispositivo em manter um desempenho consistente e confiável sob variáveis adversidades.
- **Resistência a falhas:** Todo o processo de desenvolvimento, incluindo programação, montagem e conexões do projeto, foi submetido a rigorosas revisões e testes, garantindo que o dispositivo seja resistente a falhas e apresente uma alta confiabilidade em sua operação.
- **Usabilidade para pessoas com deficiência visual:** As entrevistas realizadas e as observações feitas durante os testes confirmaram a usabilidade do dispositivo por parte das pessoas com deficiência visual, destacando a interface tátil e os comandos de voz como elementos que contribuem para sua facilidade de uso.

4 RESULTADOS

O Dispositivo de Acessibilidade para Deficientes Visuais em Transporte Público, desenvolvido com o propósito de promover a inclusão e independência de pessoas com deficiência visual, demonstrou eficácia por meio de extensos testes de campo.

O projeto se destacou ao proporcionar assistência ágil durante o processo de embarque de passageiros cegos. A interação entre o totem e o usuário revelou-se intuitiva e de fácil compreensão, com a assistência de voz e a infraestrutura do dispositivo facilitando a utilização. Além disso, a relação entre o motorista e o dispositivo demonstrou clareza na comunicação e na visualização das solicitações dos passageiros, culminando em um ciclo de funcionamento perfeito.

Esses resultados ressaltam a importância do dispositivo na melhoria da qualidade de vida das pessoas com deficiência visual, permitindo-lhes uma participação mais ativa e autônoma no transporte público.

O diagrama a seguir ilustra as dificuldades significativas que as pessoas com deficiência visual enfrentam ao embarcar em ônibus coletivos. A falta de informações acessíveis, sinalização adequada e comunicação eficaz com motoristas torna esse processo desafiador para pessoas com deficiência visual.

Diagrama de Blocos - Problemática Atual

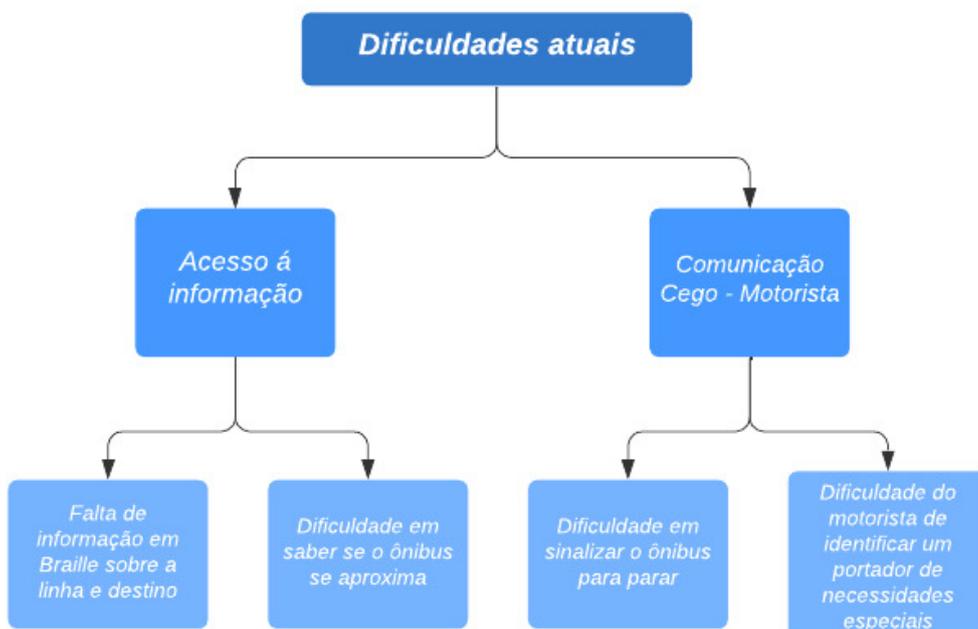


Figura 12 - Diagrama de Blocos - Problemática Atual

O diagrama realça obstáculos críticos, destacando a necessidade de melhorias no transporte público.

4.2 REALIZAÇÃO DO DIAGNÓSTICO

Aqui estão os diagramas esquemáticos dos dispositivos: o transmissor no ponto de ônibus e o receptor no ônibus.

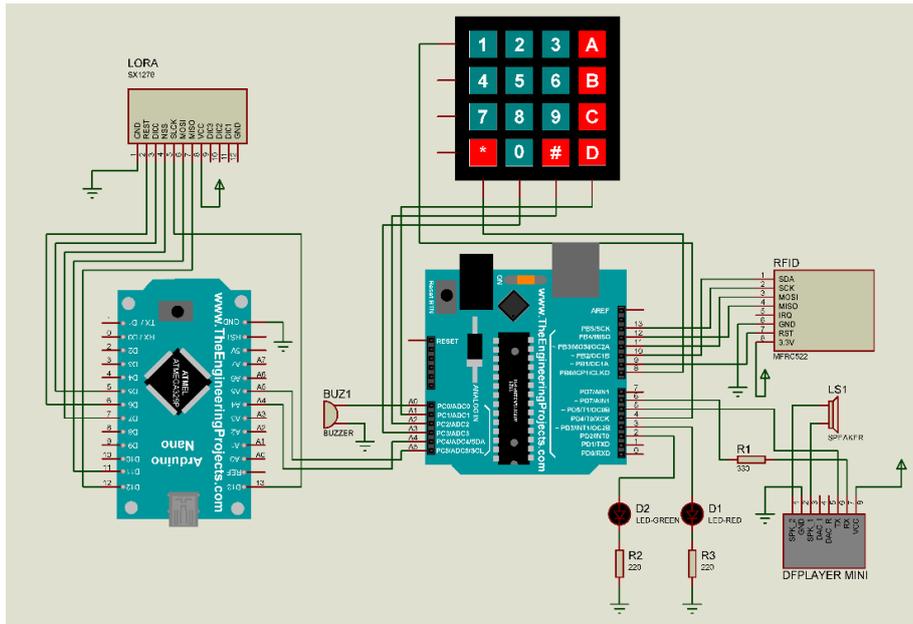


Figura 13 - Diagrama esquemático - Transmissor

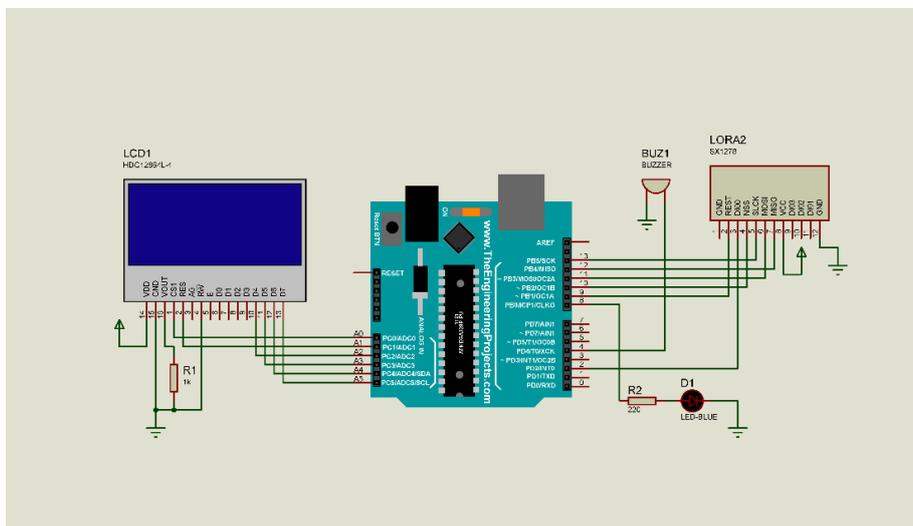


Figura 14 - Diagrama esquemático - Receptor

4.2.1 PROTÓTIPO

A seguir serão apresentadas imagens da montagem do Hardware e os estágios de funcionamento do dispositivo:

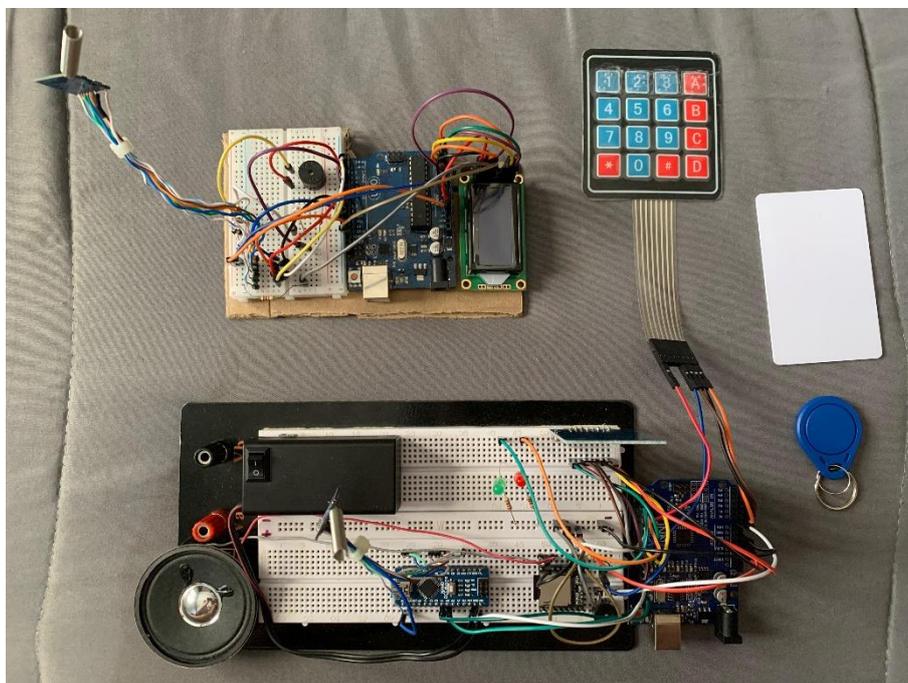


Figura 15 - Dispositivo Assistivo (conjunto)

De acordo com a ilustração, o conjunto compreende um sistema de comunicação remota. O primeiro componente (localizado na parte inferior), é um dispositivo fixo no ponto de ônibus, enquanto o segundo dispositivo (localizado na parte superior) é constituído por um equipamento igualmente fixo no próprio ônibus. Além disso, o sistema inclui cartões TAG (a direita) que serão portados pelo usuário com deficiência visual.

Após a ativação, o sistema fica em estado de espera para interagir com um cartão contendo uma TAG válida, que pode incluir até mesmo o Bilhete Único pessoal do usuário. Em caso de detecção de qualquer cartão não previamente cadastrado, o sistema permanece bloqueado, impedindo a consulta e alertando ao indivíduo, por meio da assistente de voz, que aquele não é um cartão válido. A figura abaixo ilustra um exemplo de um cartão TAG que não é considerado válido.

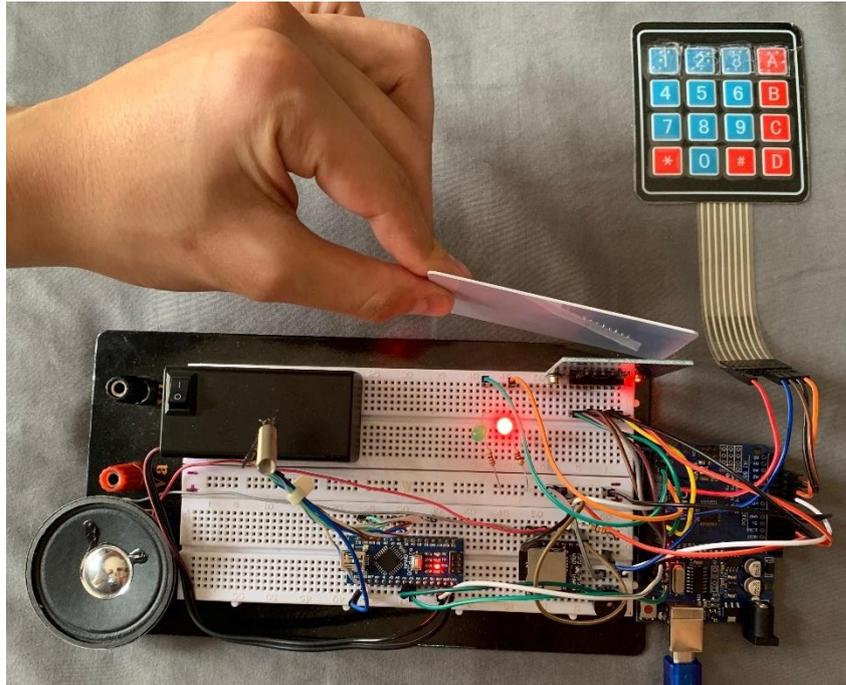


Figura 17 - TAG inválida

Uma vez que a TAG válida é detectada, o sistema começa seu ciclo de funcionamento, fazendo total interação com o usuário.

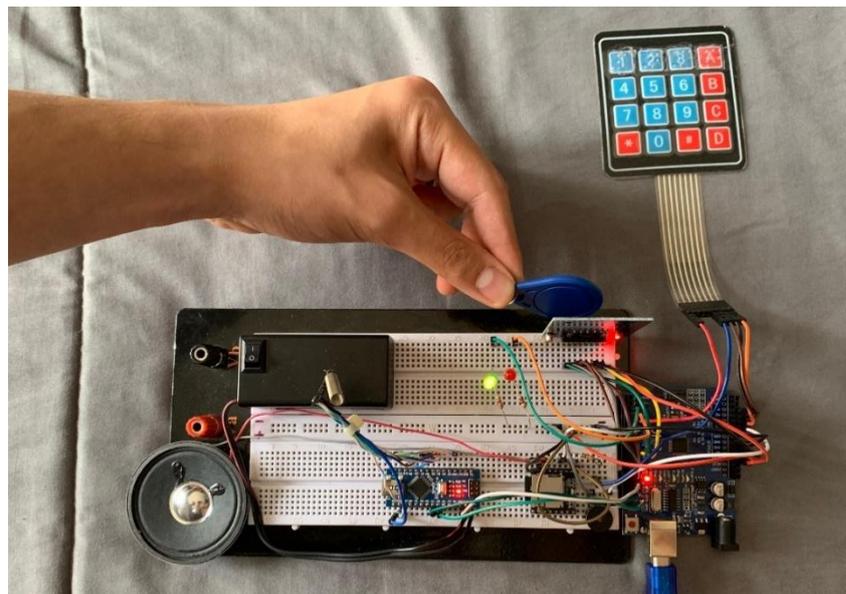


Figura 16 - TAG válida

No interior do ônibus, o dispositivo destinado ao motorista permanece em um estado de espera, aguardando uma solicitação de embarque por parte de um passageiro com deficiência visual. Isso é indicado diretamente no display do dispositivo.

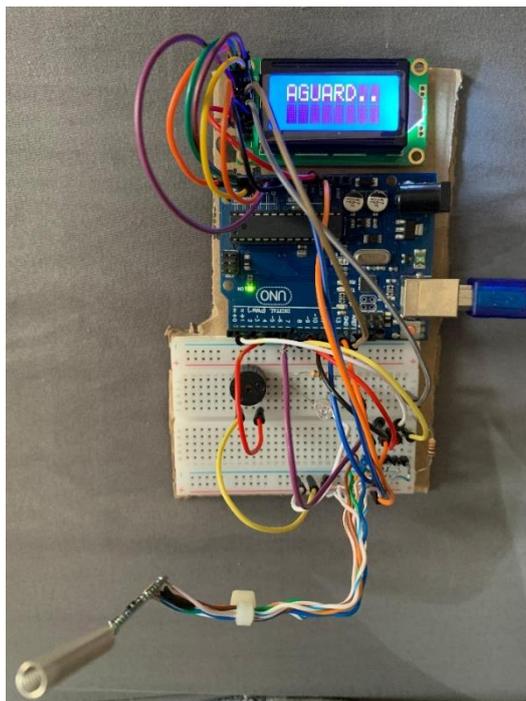


Figura 18 - Receptor aguardando solicitação de embarque

Após o usuário efetuar a seleção da linha no ponto de ônibus, um sinal é transmitido para o componente no ônibus, notificando o motorista sobre a solicitação. Além disso, o sinal fornece informações precisas sobre a localização do ponto onde o passageiro com deficiência visual está aguardando o embarque.

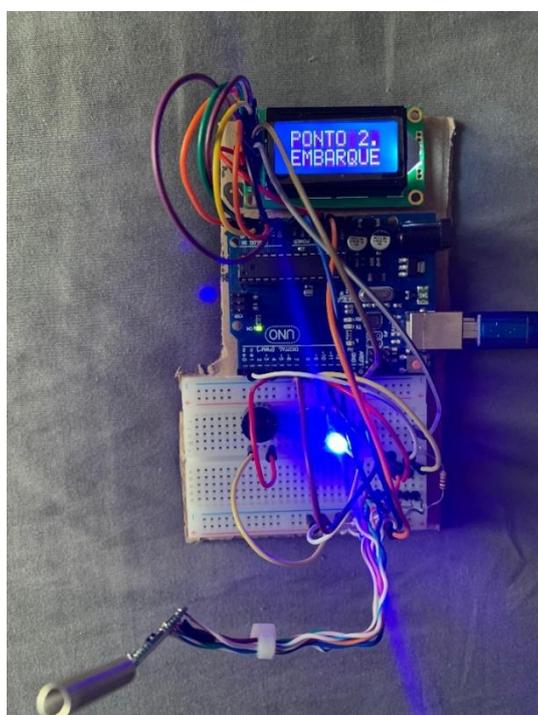


Figura 19 - Receptor com solicitação de embarque

Quando o ônibus solicitado se aproxima e para no ponto para o embarque, é ativado um alarme sonoro com o propósito de notificar o passageiro com deficiência visual sobre a direção e a localização do veículo.

4.2.2 ELABORAÇÃO DO SOFTWARE/FIRMWARE

A seguir, será apresentado um fluxograma que delinea de maneira sistemática a operação do código do projeto. Além disso, para uma compreensão abrangente, será fornecida uma explicação concisa e informativa para cada etapa, destacando como cada uma dessas etapas opera com base na implementação do código de programação.

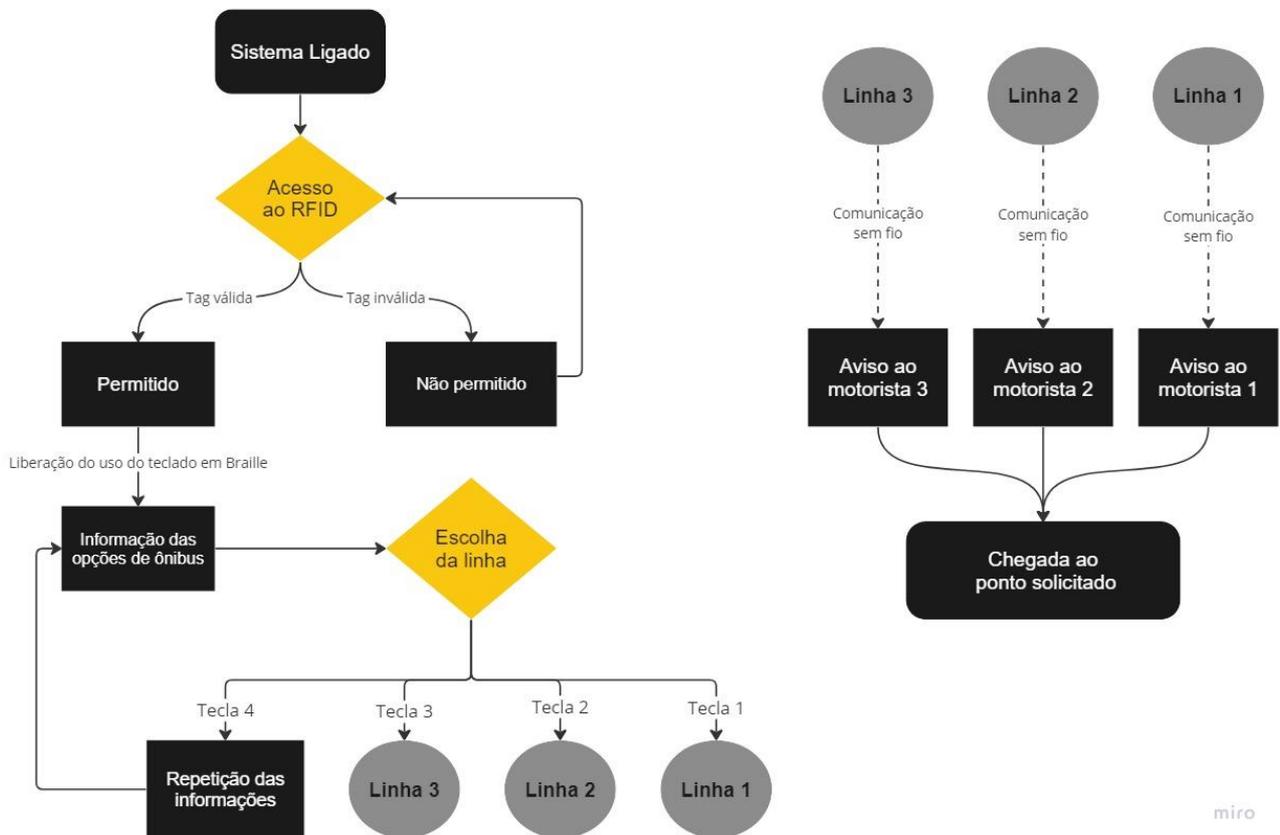


Figura 20 - Fluxograma de funcionamento

Com o **Sistema Ligado**, ocorre a configuração de determinados processos iniciais, que estabelecem as condições necessárias para a prontidão operacional do dispositivo:

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
  SPI.begin();
  mfrc522.PCD_Init();
  pinMode(2, OUTPUT);
  pinMode(3, OUTPUT); // declara os leds PERMITIDO ou NEGADO como saída
  pinMode(buzzer, OUTPUT);

  mySoftwareSerial.begin(9600); // Comunicacao serial com o modulo
  myDFPlayer.begin(mySoftwareSerial); // Inicializa as funções do módulo DFPlayer
  myDFPlayer.setTimeout(500); // Timeout serial 500ms
  myDFPlayer.volume(25); // Volume 30 (1-31)
  myDFPlayer.play(7); // audio de iniciação
}
```

Figura 21 - Código (Sistema Iniciado)

Nesse momento, o sistema permanece em estado de espera, monitorando a proximidade de quaisquer etiquetas RFID em relação ao ponto de acesso (**Acesso ao RFID**). Se um cartão autorizado for detectado, o sistema concede acesso ao teclado (**Permitido**). Em caso contrário, o sistema aguarda a apresentação de um novo cartão (**Não permitido**): Através da utilização de um cartão “**Permitido**”, o dispositivo aciona a assistente por voz, a qual providenciará as

```
/*******VERIFICAÇÃO DE AUTENTICIDADE DO CARTÃO TAG*****
void buscaCartoes(String conteudo)
{
  int i = 0;
  bool cartaoValido = false;
  for (i = 0; i < NUM_CARTOES; i++)
  {
    if (cartoes[i] == conteudo.substring(1))
    {
      cartaoValido = true;
    }
  }

  if (cartaoValido)
  {
    permitido();
  }
  else
  {
    naoPermitido();
  }
}
```

Figura 22 - Código (Permitido ou Não Permitido)

Informações das opções de ônibus ao usuário, além de oferecer opções para que o usuário realize a **Escolha da linha** ou a **Repetição das informações**:

```
//***** CONDIÇÃO DAS TECLAS SELECIONADAS *****  
void lerTeclado()  
{  
  bool loop = true;  
  while(loop){  
    char customKey = customKeypad.getKey();  
    switch(customKey){  
      case '1':  
        Serial.println("Tecla 1");  
        loop = false;  
        beep(tempoBuzz, 1);  
        myDFPlayer.play(2);  
        wireSend('1');  
        break;  
      case '2':  
        Serial.println("Tecla 2");  
        loop = false;  
        beep(tempoBuzz, 1);  
        myDFPlayer.play(3);  
        wireSend('2');  
        break;  
      case '3':  
        Serial.println("Tecla 3");  
        loop = false;  
        beep(tempoBuzz, 1);  
        myDFPlayer.play(4);  
        wireSend('3');  
        break;  
      case 'A':  
        Serial.println("Tecla 4");  
        loop = true;  
        beep(tempoBuzz, 1);  
        myDFPlayer.play(1);  
        break;  
      default:  
        break;  
    }  
  }  
  
  acessoPermitido = false;  
}
```

Figura 23 - Código (Escolha da linha)

No caso de seleção de uma das linhas de ônibus, ocorre o estabelecimento de comunicação com o Arduino Nano por meio da interface I2C. Este Arduino Nano, por sua vez, emite um sinal LoRa a partir do transmissor destinado ao receptor específico do ônibus selecionado:

```

void setup() {
  Wire.begin(meuEndereco);
  Wire.onReceive(receptor);
  LoRa.setPins(7, 6, 5); // NSS, NRESET, and DIO0 pins
  Serial.begin(9600);
  pinMode(buzzerc, OUTPUT);

  while (!Serial);

  if (!LoRa.begin(433E6)) {
    Serial.println("Incapaz de iniciar o módulo LoRa. Verifique a conexão.");
    while (1);
  }
}

void receptor(int quantidade) {
  while(Wire.available()){
    char recebido=Wire.read();

    switch(recebido){
      case '1':
        Serial.println("Tecla 1");
        ligaLora();
        break;
      case '2':
        Serial.println("Tecla 2");
        ligaLora();
        break;
      case '3':
        Serial.println("Tecla 3");
        ligaLora();
        break;
      default:
        break;
    }
  }
}

void ligaLora(){
  Serial.println("Ligando Lora");
  LoRa.beginPacket();
  LoRa.print("LIGAR"); // Envie uma mensagem para indicar que o LED deve ser ligado
  LoRa.endPacket();
  delay(1000);

  // Aguardar a confirmação do receptor
  if(esperarConfirmacao()) {
    Serial.println("Receptor confirmou a mensagem.");
    loopEnabled = true; // Ativar o loop principal
  }
  else {
    Serial.println("Falha na confirmação do receptor.");
    loopEnabled = false; // Desativar o loop principal
  }
}

```

Figura 24 - Código Nano (I2C e LoRa)

Dado que o protótipo foi construído com a comunicação voltada para um único receptor, não houve a necessidade de configurar o endereçamento do destino para o sinal LoRa. No entanto, é viável realizar a configuração do endereçamento para acomodar diversos receptores, permitindo, assim, a cobertura de todas as linhas disponíveis no ponto.

Uma vez que o sinal é recebido com sucesso pelo receptor designado, o display exibe a informação referente ao ponto solicitado, e um indicador visual em forma de LED é ativado, proporcionando uma referência visual (**Aviso ao motorista**).

```
if (LoRa.parsePacket()) {
  String message = "";
  while (LoRa.available()) {
    message += (char)LoRa.read();
  }

  if (message == "LIGAR") {
    digitalWrite(ledPin8, HIGH); // Ligue o LED

    Serial.println("Recebeu o comando para ligar o LED.");

    lcdPrint(0, 0, "PONTO 2");
    lcdPrint(0, 1, "EMBARQUE");

    // Ativar a comunicação serial após receber o comando "LIGAR"
    serialEnabled = true;
    measureSignal = true;
  }
}
```

Figura 25 - Código Uno Ônibus (Aviso ao motorista)

Após receber a notificação, o motorista inicia a trajetória em direção ao ponto onde o passageiro com deficiência visual se encontra. À medida que o veículo se aproxima e realiza a parada no local designado, um alarme sonoro é ativado com a finalidade de informar ao indivíduo cego que o ônibus está se aproximando.

Em seguida, o display do ônibus é reinicializado, preparando-se para receber um novo chamado.

```

void loop() {
  // Verificar a intensidade do sinal se a comunicação serial estiver ativada e a medição estiver habilitada
  if (serialEnabled && measureSignal) {
    if (millis() - lastRssiCheckTime >= rssiCheckInterval) {

      int valorRssi = LoRa.packetRssi();
      Serial.print("Sinal: ");
      Serial.println(valorRssi); // Imprime na Serial a intensidade do sinal

      // Verificar se o valor do RSSI é menor ou igual a threshold
      if (valorRssi >= TH_RSSI) {
        // Limpar o LCD
        lcd.clear();
        digitalWrite(buzzer2, HIGH); //aciona o buzzer
        delay(400);
        digitalWrite(buzzer2, LOW);
        delay(400);
        digitalWrite(buzzer2, HIGH);
        delay(400);
        digitalWrite(buzzer2, LOW);
        delay(400);
        digitalWrite(buzzer2, HIGH);
        digitalWrite(ledPin0, LOW); // Desligue o LED
        delay(1000);
        digitalWrite(buzzer2, LOW); // desliga buzzer

        // Desativar a medição do sinal
        measureSignal = false;
        serialEnabled = false;
      }
    }
  }
}

```

Figura 26 - Código Uno Ônibus (Chegada ao ponto solicitado)

Depois dessa etapa, o ciclo de operação do dispositivo é finalizado, restabelecendo sua disponibilidade para ser utilizado novamente.

4.2.3 DISCUSSÃO

Ao concluir o processo de desenvolvimento do projeto, um montante aproximado de 300 reais foi despendido, englobando despesas com materiais e o dispositivo em sua totalidade. Isso inclui componentes que, embora inicialmente empregados, não obtiveram êxito em sua funcionalidade e, portanto, foram posteriormente excluídos do protótipo. Ademais, vale ressaltar que alguns componentes foram disponibilizados pela própria universidade, o que resultou em uma significativa redução de custos.

No que diz respeito à seleção do módulo mais econômico para a integração no projeto, inicialmente optou-se por utilizar módulos transmissores e receptores de 433 MHz para a comunicação por radiofrequência. Contudo, devido à falta de sucesso no estabelecimento de comunicação e à limitada distância de transmissão de dados entre esses módulos, eles foram desconsiderados. Em consequência, foi adotado o módulo de radiofrequência atual, o módulo LoRa SX1278, como alternativa viável e eficaz.

Durante o processo de montagem do projeto, surgiu também a complexidade de empregar apenas um microcontrolador no transmissor para viabilizar a comunicação RFID e LoRa, uma vez que ambos compartilham o mesmo barramento SPI para a conexão das portas. Por meio de uma análise aprofundada, foi identificada uma solução, que envolveu a introdução de um segundo microcontrolador, no caso o modelo Nano. Esse segundo microcontrolador, por meio de uma comunicação I2C, estabeleceu a ligação com o Arduino Uno, liberando, dessa forma, o barramento para uma utilização exclusiva da tecnologia LoRa.

Algumas melhorias potenciais que podem ser incorporadas em etapas futuras, não sendo viáveis dentro do cronograma atual devido à restrição de tempo, incluem:

- Ampliação da distância de comunicação por radiofrequência, que poderia ser alcançada por meio da introdução de novas antenas mais eficazes.
- Implementação de múltiplos receptores para simular a presença de vários ônibus, aprimorando a funcionalidade do projeto.
- Acondicionamento dos dois dispositivos, receptor e transmissor, em placas de circuito impresso e caixas plásticas sob medida, visando aperfeiçoar o aspecto visual e a estética do produto.

A Figura 27 a seguir ilustra as medidas adotadas que efetivamente conduziram à resolução do problema de pesquisa previamente identificado.

Diagrama de Blocos - Resolução da Problemática

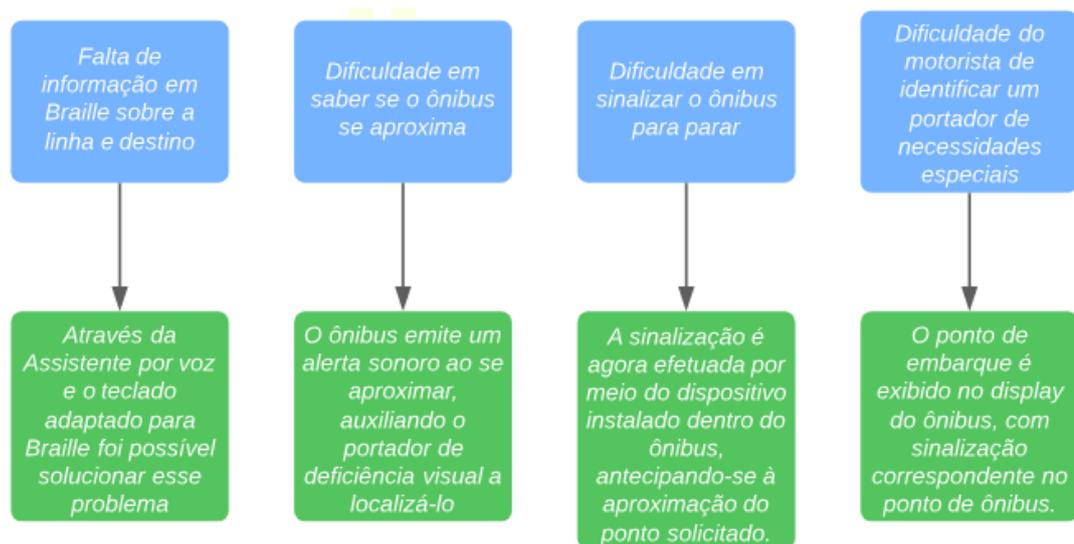


Figura 27 - Diagrama de blocos - Resolução da Problemática

5 CONCLUSÃO

O projeto alcançou integralmente seu propósito ao oferecer uma alternativa eficaz para aprimorar a qualidade de vida dos passageiros com deficiência visual. Isso foi realizado por meio do desenvolvimento e testes, com a participação ativa e avaliação de um indivíduo com limitações visuais. A aplicação da Engenharia de Controle e Automação desempenhou um papel essencial ao prover as ferramentas e conhecimentos necessários para uma compreensão abrangente e desenvolvimento do projeto. Essa abordagem permitiu explorar soluções e métodos que contribuíram significativamente para os resultados obtidos.

Uma das principais realizações foi a concepção, desde o início, de um dispositivo voltado para melhorar a acessibilidade de passageiros cegos durante o embarque em ônibus. Esse dispositivo também demonstrou uma notável capacidade de comunicação adaptável com a tecnologia desenvolvida, resultando em interações intuitivas que estreitam a relação entre o passageiro e o motorista.

Considerando projeções futuras, há margem para melhorias adicionais, como o aprimoramento da precisão e alcance do dispositivo, bem como a possibilidade de oferecer maior autonomia ao usuário na escolha da linha de ônibus para embarque. Além disso, a otimização do hardware desenvolvido poderia viabilizar uma solução mais acessível e amplamente disponível em toda a área urbana. Esse trabalho estabelece uma base sólida para futuros projetos que visem aprimorar continuamente a acessibilidade no transporte público.

6 REFERÊNCIAS

[1] Araújo (2011), *Transporte público coletivo: discutindo acessibilidade, mobilidade e qualidade de vida*
<https://www.scielo.br/j/psoc/a/XWXTQXKJ44BtT5Qw7dLWgvF/?format=pdf&lang=pt>

[2] Urania (2010), *DEFICIENCIA VISUAL*
<http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/cec/article/viewFile/4306/3086>

[3] ALVES (2013), *TECNOLOGIA ASSISTIVA – UMA REVISÃO DO TEMA*
<http://repositoriosenaiba.fieb.org.br/bitstream/fieb/687/1/Tecnologia%20assistiva%20-%20uma%20revis%c3%a3o%20....pdf>

[4] Figueiredo s.d., *Uso da Tecnologia Assistiva no Transporte Público: Identificador RFID Portátil de Linhas de Ônibus para Deficientes visuais*
https://www.researchgate.net/profile/Gustavo-Molina-Figueiredo/publication/334277372_Uso_da_Tecnologia_Assistiva_no_Transporte_Publico_Identificador_RFID_Portatil_de_Linhas_de_Onibus_para_Deficientes_visuais/links/5d20ac30299bf1547c9e8916/Uso-da-Tecnologia-Assistiva-no-Transporte-Publico-Identificador-RFID-Portatil-de-Linhas-de-Onibus-para-Deficientes-visuais.pdf

[5] ANDRADE (2022), *Desenvolvimento de Tecnologia Assistiva para Uso de Ônibus por Pessoas Cegas: da Prototipação à Capacitação*
<https://sol.sbc.org.br/index.php/encompif/article/view/20433/20261>

[6] PINHEIRO, J. M. dos S. *Identificação por Radiofrequência: Aplicações e Vulnerabilidades da Tecnologia RFID. Cadernos UniFOA, Volta Redonda, v. 1, n. 2, p. 18–32, 2017. DOI: 10.47385/cadunifoa.v1.n2.889. Disponível em:*
<https://revistas.unifoa.edu.br/cadernos/article/view/889>

[7] CARVALHO, Rafael; CERQUEIRA, Ysaac; OLIVEIRA, Camila ; CARVALHO, João. Instrumento de medição para pessoas com deficiência visual. In: ESCOLA

REGIONAL DE COMPUTAÇÃO BAHIA, ALAGOAS E SERGIPE (ERBASE) ,
2019, Ilhéus. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2019. p.

113-118. <https://sol.sbc.org.br/index.php/erbase/article/view/8964/8865>

[8] OLIVEIRA,2017 , *Sistema de comunicação de dados utilizando Arduino e Módulo RF 433 MHZ*

<https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle/235/11360>

[9] ELETROGATE, *Amplitude Shift Keying & Frequency Shift Keying*,
<https://blog.eletrogate.com/wp-content/uploads/2018/09/ASKnFSK.pdf>

[10] RONTEK, *CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO ARDUINO UNO*,
[https://www.sta-eletronica.com.br/artigos/arduinos/caracteristicas-principais-
doarduino-uno](https://www.sta-eletronica.com.br/artigos/arduinos/caracteristicas-principais-doarduino-uno)

[11] Borges, G. A., Bo, A. P. L., Martins, A. S., Cotta, L. C., Fernandes, M., Freitas, G., ... & por Computador, V. (2006). Desenvolvimento com microcontroladores Atmel AVR.

<http://www.ene.unb.br/gaborges/recursos/notas/nt.avr.pdf>

[12] SCHÜNEMANN (2018), *ACIONAMENTO REMOTO UTILIZANDO RADIOFREQUÊNCIA*,

[https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/5438/Silvio](https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/5438/Silvio%20Henrique%20Schunemann.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[20Henrique%20Schunemann.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/5438/Silvio%20Henrique%20Schunemann.pdf?sequence=1&isAllowed=y)