



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba
Coordenação de Engenharia Elétrica
Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica



Bengala eletrônica com sistema de identificação de ambientes para auxílio
a deficientes visuais

Autor: Fernanda Karoline Vasconcelos De Melo, Júlio Vinnícius de
Amorim Macena
Orientador: Pedro Victor Eugenio de Souza

João Pessoa

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Nilo Peçanha do IFPB, *campus* João Pessoa

M528b Melo, Fernanda Karoline Vasconcelos De.
 Bengala eletrônica com sistema de identificação de ambientes para auxílio a deficientes visuais / Fernanda Karoline Vasconcelos De Melo, Júlio Vinnícius de Amorim Macena. – 2022.
 62 f. : il.
 TCC (Graduação - Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Instituto Federal de Educação da Paraíba / Unidade Acadêmica de Processos Industriais, 2022.
 Orientação : Prof^o D.r Pedro Victor Eugenio de Souza.

1. Tecnologia assistiva 2. Deficiência visual. 3. RFID. 4. Bluetooth. 5. Bengala eletrônica. I. Macena, Júlio Vinnícius de Amorim. II. Título.

CDU 004-056.26(043)

Lucrecia Camilo de Lima
Bibliotecária - CRB 15/132

Bengala eletrônica com sistema de identificação de ambientes para auxílio
a deficientes visuais

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido à Coordenação do Curso
Superior de Bacharelado em Engenharia
Elétrica do Instituto Federal da Paraíba
como parte dos requisitos necessários
para a obtenção do grau de Bacharel em
Ciências no Domínio da Engenharia
Elétrica.

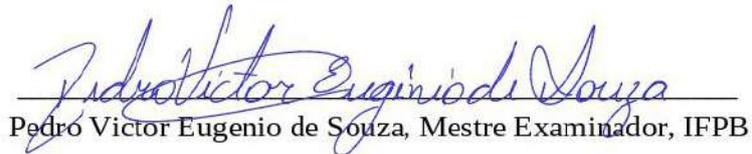
Trabalho Aprovado em 08 / 07 / 2022 pela banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 PATRIC LACOUTH DA SILVA
Data: 10/04/2023 16:49:39-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Patric Lacouth da Silva, Doutor Orientador, IFPB

Documento assinado digitalmente
 LINCOLN MACHADO DE ARAUJO
Data: 11/04/2023 10:29:39-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Lincoln Machado de Araújo, Doutor Examinador, IFPB


Pedro Victor Eugenio de Souza, Mestre Examinador, IFPB

João Pessoa
2023

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida que me concedeu e por ter me mantido forte durante os anos de curso me dando saúde e forças para chegar até o fim.

Sou grata a minha família pelo apoio oferecido durante o curso, durante a elaboração deste trabalho e por todo o esforço investido na minha educação.

Agradeço a meus amigos e companheiros de curso Thaís Lima e Eron Almeida pelas noites de estudos, projetos compartilhados e por sempre me incentivarem a prosseguir em busca dos meus sonhos.

Agradeço a Kevim Assis por todo o apoio emocional durante a execução deste trabalho e por sempre acreditar em mim.

Sou grata a todos os colegas de curso e amigos que estiveram presentes e me auxiliaram em alguns momentos durante os 4 anos da graduação, dando a mim suporte muitas vezes técnico e emocional.

Sou grata pela confiança depositada em mim durante a elaboração deste trabalho pelo meu orientador e professor Pedro Victor Eugênio de Souza. Obrigada por todo o ensino compartilhado, por todo o suporte oferecido e por tornar a pesquisa sempre mais leve e descontraída.

Também quero agradecer ao IFPB - campus João Pessoa - pela qualidade do ensino oferecido e pelo comprometimento com os seus alunos.

A todos os professores do curso de Engenharia Elétrica que sempre estarem perto, dando suporte, torcendo para o crescimento de seus alunos e por suas excelentes aulas.

Resumo

A deficiência visual é a perda, de forma irreversível, total ou parcial da visão. Ela atinge cerca de 3,5% da população Brasileira, e traz várias limitações ao indivíduo, principalmente relacionadas à locomoção e localização. Contudo, essas limitações podem ser minimizadas através do uso de tecnologias assistivas, as quais atuam para ampliar a comunicação, mobilidade, controle do ambiente e as habilidades de aprendizado e trabalho da pessoa com deficiência. O presente trabalho descreve o processo de desenvolvimento de um dispositivo inteligente, em forma de bengala eletrônica que tem por objetivo auxiliar deficientes visuais a se localizarem e se locomoverem com maior segurança dentro de instituições de ensino ou outros tipos de estabelecimentos onde o projeto possa ser aplicado. A metodologia usada para o desenvolvimento do trabalho aborda as seguintes etapas, escolha do sensor a ser utilizado, medições, desenvolvimento do circuito eletrônico, softwares para leitura e escrita, aplicativo de interface com o usuário, designer e fabricação da placa PCB, montagem do protótipo e as etapas de teste após cada desenvolvimento. Ao fim do trabalho foi possível concluir que o dispositivo criado é capaz de auxiliar deficientes visuais a se locomoverem a fim de evitar acidentes devidos a obstáculos localizados acima da linha cintura, pois esses obstáculos não são identificados por uma bengala comum, além realizar leituras e escritas de dados e enviá-los através de mensagens de áudio para os usuários informando a sua localização. O dispositivo desenvolvido é também considerado acessível e de baixo custo para os usuários.

Palavras-chave: Tecnologia Assistiva, Deficiência visual, RFID, Bluetooth, Bengala Eletrônica.

Abstract

Visual impairment is the irreversible, total or partial loss of vision. It affects about 3.5% of the Brazilian population, and brings several limitations to the individual, mainly related to locomotion and location. However, these limitations can be minimized through assistive technologies, which increase communication, mobility, control of the environment, and the learning and work skills of the person with a disability. The present work describes the process of developing an intelligent device, in the form of an electronic cane, which aims to help the visually impaired to locate and move around more safely within educational institutions or other types of establishments where the project can be applied. The methodology used for the development of the work covers the following steps, choosing the sensor to be used, measurements, development of the electronic circuit, software for reading and writing, user interface application, PCB board designer and manufacture, prototype assembly and test steps after each development. At the end of the work it was possible to conclude that the device created is capable of helping the visually impaired to get around in order to avoid accidents due to obstacles located above the waist line, as these obstacles are not identified by a common cane, in addition to reading and writing data and sending them through audio messages to users informing their location. The developed device is also considered affordable and low cost for users.

Keywords: Assistive Technology, Visual Impairment, RFID, Bluetooth, Electronic Cane.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Fluxograma de utilização de instrumentos no modelo MPT	23
Figura 2 – Funcionamento de um sistema RFID.	26
Figura 3 – Esquema e componentes de um leitor RFID.	27
Figura 4 – Esquema típico de um <i>Inlay</i> : antena, <i>Transponder</i> ou chip e encapsula- mento externo.	28
Figura 5 – Esquema de uma <i>scatternet bluetooth</i>	31
Figura 6 – Intervalo de frequências FHSS <i>Bluetooth</i>	32
Figura 7 – Pilha de protocolos <i>bluetooth</i>	33
Figura 8 – Funcionamento do sensor HC-SR04	35
Figura 9 – Fluxo das etapas de desenvolvimento do trabalho	37
Figura 10 – Funcionamento do sistema	38
Figura 11 – Diagrama em blocos, principais módulos do sistema	39
Figura 12 – Fluxograma de controle dos sensores ultrassônicos	40
Figura 13 – ATMEGA328 nano chip	41
Figura 14 – Módulo Leitor MFRC522	42
Figura 15 – Tags RFID MIFARE Classic EV1	42
Figura 16 – Organização da memória EEPROM em uma <i>Tag</i> RFID Classic EV1 . .	43
Figura 17 – Módulo <i>Bluetooth</i> HC-06	44
Figura 18 – Módulo regulador LM2596	44
Figura 19 – Módulo regulador step up, AMS1117.	45
Figura 20 – Módulo TC 4056.	45
Figura 21 – Circuito desenvolvido para o módulo de gerenciamento de bateria. . . .	46
Figura 22 – Circuito eletrônico inicialmente montado em <i>protoboard</i>	46
Figura 23 – Fluxograma aplicativo de leitura.	49
Figura 24 – PCB primeira versão, layout para a fabricação (imagem a esquerda) e placa desenvolvida (imagem a direita).	50
Figura 25 – PCB segunda versão.	51
Figura 26 – Interface do plicativo de leitura - Tela de seleção do <i>bluetooth</i>	52
Figura 27 – Interface do plicativo para escrita - Tela de inserção de dados para serem gravados à tag.	53
Figura 28 – PCB e componentes.	54
Figura 29 –	55
Figura 30 – Equipamento Fluke 424d.	55

Lista de Siglas

- ACL *Asynchronous Connection-Less* - Assíncrono sem conexão
- ADA *American with Disabilities Act* - Lei americana para deficiência
- ATDPA *Assistive Technology Device Predisposition Assessment* - Avaliação de predisposição para dispositivos de tecnologia assistiva
- CORDE Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência
- ETPA *Educational Technology Device Predisposition Assessment* - Educacional Avaliação de Predisposição de Dispositivos Tecnológicos
- EUSTATE *Empowering Users Through Assistive Technology* - Capacitando usuários por meio de tecnologia assistiva
- FHSS *Frequency-hopping spread spectrum* - Espectro de salto de frequência
- GPS *Global Positioning System* - Sistema de Posicionamento Global
- HCTPA *Healthcare Technology Device Predisposition Assessment* - Assistência médica Avaliação de Predisposição de Dispositivo Tecnológico
- HEART *Horizontal European Activities in Rehabilitation Technology* - Atividades Europeias horizontais em reabilitação Tecnológica
- ICIDH-2 *International classification of functioning and disability* - Classificação Internacional de Funcionalidade e Incapacidade
- IP *Internet Protocol* - Protocolo de internet
- ISO *International Organization for Standardization* - Associação Internacional de Normalização
- L2CAP *Logical Link Control and Adaptation Protocol* - Controle de Link Lógico e Protocolo de Adaptação
- LMP *Link Manager Protocol* - Protocolo gerenciador de links
- MPT *Matching Person Technology* - Tecnologia Correspondente a Pessoa
- MSE *Mean Square Error* - Erro quadrático médio
- OMS Organização Mundial Da Saúde
- ONU Organização das Nações Unidas

PCB *Printed Circuit Board* - Placa de Circuito Impresso

PCB *Printed circuit board* - Placa de circuito impresso

PNE Plano Nacional de Educação

PPP *Point-to-Point Protocol* - Protocolo de ponto-a-ponto

RF Radio frequência

RFID *Radio-Frequency Identification* - Identificação por Radio-Frequência

SCO *Synchronous Connection-Oriented* - Orientado à conexão síncrona

SDP *Service Discover Protocol* - Protocolo de serviço de descoberta

SIG *Bluetooth Special Interest Group* - Grupo de Interesse Especial Bluetooth

SMD *Surface Mounted Device* - Dispositivo montado em superfície

SOTU *Survey of Technology Use* - Pesquisa de uso de tecnologia

SRD *Short-range radio device* - Dispositivo de rádio de curto alcance

TA Tecnologia Assistiva

TCP *Transmission Control Protocol* - Protocolo de transmissão de rede

TCS Protocolo de sinalização e controle de telefonia

WAP *Wireless Application Protocol* - Protocolo de aplicações sem fio

WPAN *Wireless Personal Area Network* - Rede pessoal sem fio

WTPA *Workplace Technology Device and Predisposition Assessment*) - Local de trabalho
Dispositivo de Tecnologia e Avaliação de Predisposição

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Objetivo Geral	14
1.2	Objetivos Específicos	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	Deficiência Visual	15
2.2	Tecnologia Assistiva	15
2.3	Classificação das Tecnologias Assistivas	16
2.3.1	ISO 9999	16
2.3.2	HEART	17
2.3.2.1	Componentes técnicos	18
2.3.2.2	Componentes humanos	19
2.3.2.3	Componentes socioeconômicos	20
2.3.3	MPT - <i>Matching Person Technology</i>	21
2.4	Auxílio à deficiência visual	23
2.5	Identificação Por Radio Frequência	25
2.5.1	Leitor RFID	27
2.5.2	<i>Tag</i> RFID	28
2.6	Comunicação <i>Bluetooth</i>	30
2.7	Sensor Ultrassônico HC-SR04	34
2.8	Tratamento de dados estatísticos	35
2.8.1	Erro	35
2.8.2	Medidas de tendência central	35
2.8.3	Medidas de Dispersão	36
2.8.4	Erro Quadrático Médio	36
3	METODOLOGIA	37
3.1	Funcionamento do Sistema	37
3.2	Desenvolvimento dos módulos	39
3.2.1	Microcontrolador	39
3.2.2	Módulo RFID	41
3.2.3	Tags RFID	42
3.2.4	Módulo <i>Bluetooth</i>	43
3.2.5	Módulo Gerenciamento de bateria	44
3.3	Desenvolvimento do software para leitura e escrita	47
3.4	Desenvolvimento dos aplicativos de interface	48

3.5	Placa de circuito impresso (<i>PCB</i>)	50
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
	REFERÊNCIAS	59

1 Introdução

Para falar da inclusão de pessoas com deficiência é necessário conhecer um pouco sobre a exclusão, que teve seu ápice no período da idade média, no qual aconteciam matanças, perseguições e horrores com pessoas que nasciam com algum tipo de deficiência. Em algumas civilizações, crianças deficientes eram abandonadas e jogadas em abismos, outras eram afogadas, queimadas ou capturadas com a finalidade de servirem como atrações em circos (SILVA, 1986). Essas práticas foram consideradas normais por muitos anos durante a história da humanidade.

Grandes extermínios aconteceram, na maioria das vezes, por medo ou porque as causas das deficiências eram desconhecidas. Através de senso comum e ideais que eram passados entre as gerações, uma criança que nascia com algum tipo de deficiência era vista como quem carregava consigo maus espíritos. Além disso, em algumas civilizações, como na Grécia antiga, o extermínio de crianças deficientes era justificado pela idealização do corpo perfeito do homem e da mulher, igualando-os aos deuses e deusas (ROSA, 2009; SILVA, 1986).

A ideia de matar pessoas deficientes tornou-se condenável no período do Cristianismo, o qual apoiava a valorização da vida. A partir do século XVI, iniciaram-se alguns cuidados com as pessoas portadoras de deficiência. Nesse período, a deficiência passou a ser tratada como um caso médico e as crianças passaram a ter direito à educação em âmbito familiar. Em seguida, foram criados abrigos para pessoas portadoras de deficiência, os quais passaram a fornecer todos os serviços necessários a esses indivíduos (WALBER, 2004).

Um marco histórico para a inclusão mundial foi a declaração de Salamanca, em junho de 1994. O documento é uma resolução da Organização das Nações Unidas (ONU) e foi gerado na conferência mundial sobre necessidades educativas especiais, que contou com a participação de 88 países e 25 organizações. Ele trata de princípios, políticas e práticas das necessidades educativas especiais e concorda que toda criança tem o direito fundamental à educação, assim como a oportunidade de obter e manter o mínimo aceitável de conhecimento. Com relação à escola, o documento aborda a administração, o recrutamento de educadores, o envolvimento comunitário, e entre outros pontos (SALAMANCA, 1994).

No Brasil, a preocupação com o atendimento a pessoas portadoras de deficiência teve seu início a partir do século XIX, através de iniciativas isoladas de alguns educadores. A primeira lei a tratar dos direitos de pessoas com deficiência foi a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional de 1961, a qual fundamentava o atendimento educacional às pessoas com deficiência e apontava ao poder público o compromisso com a educação especial (LDBEN, 1961).

Um dos documentos mais importantes na luta pela inclusão de portadores de deficiência no Brasil foi a lei que aprova o Plano Nacional de Educação - PNE - de 2001. Segundo o PNE, a oferta de educação especial poderá ser feita de três maneiras:

1. participação nas classes comuns;
2. sala especial;
3. escola especial.

Sendo os itens 2 e 3 apenas para aquelas que não podem ser atendidas em salas convencionais. O documento tem quase 30 metas e objetivos para as crianças e jovens com deficiência (PNE, 2001).

Em janeiro de 2019 no Brasil, foi criada a Secretaria de Modalidades Especializadas de Educação, que é composta por três frentes: a Diretoria de Acessibilidade, Mobilidade, Inclusão e Apoio a Pessoas com Deficiência; a Diretoria de Políticas de Educação Bilíngue de Surdos; e a Diretoria de Políticas para Modalidades Especializadas de Educação e Tradições Culturais Brasileiras (SMEE, 2019).

A inclusão no Brasil e no mundo vem crescendo e ganhando força no decorrer dos anos. Hoje em dia, muitas crianças com deficiência frequentam escolas regulares e participam de atividades comuns da sociedade, mesmo que suas deficiências as limitem em alguns pontos.

Segundo dados estatísticos da educação básica nacional, em 1996 havia no total 201.142 alunos matriculados em classes de ensino especial no Brasil, incluindo portadores de deficiência visual, auditiva, física, mental e outros. Já em 2019, através de dados estatísticos fornecidos pelo censo de educação básica, foi constatado que há 1.3 milhão de alunos matriculados na modalidade especial.

Segundo o censo de 2019 houve um aumento de 34,4% no número de matrículas com relação ao ano de 2015, portanto, é possível observar o histórico crescente da inclusão no Brasil ao compararmos os dados apurados. De 1996 até 2019 o número de alunos matriculados na modalidade especial no Brasil foi multiplicado em quase 5 mil vezes, e esses números crescem a cada ano, o que ilustra a preocupação com a inclusão das pessoas na sociedade através da educação (EDUCACIONAIS, 1997; BRASIL, 2020).

Os deficientes sofrem com limitações físicas ou psíquicas que, em grande maioria, os impedem de participar e de realizar atividades rotineiras. Em muitas ocasiões, eles precisam de ajuda de terceiros para conseguir realizar certas atividades, o que afeta a privacidade dessas pessoas e o modo como o indivíduo se relaciona com o mundo ao redor.

Atualmente as pessoas vivem cercadas por tecnologias que permitem contornar alguns esforços simples. A tecnologia proporciona maior comodidade e bem estar, o que pode

reduzir o esforço físico e mental. Desenvolve-se cada vez mais aplicativos, equipamentos e novas tecnologias que oferecem comodidade na realização das atividades cotidianas.

Logo, ao utilizar o potencial da tecnologia, é possível reduzir barreiras e possibilitar a melhora de algumas atividades funcionais de portadores de deficiência física. Para suprir essa necessidade, nasce a tecnologia assistiva, que pode ser definida como os recursos ou serviços que contribuem para gerar ou melhorar as habilidades funcionais de pessoas com deficiência (CAT, 2007).

Segundo 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”.

Atualmente existem diversas tecnologias criadas para auxiliar pessoas com deficiência e que fornecem soluções para problemas de forma específica, ou seja, elas buscam solucionar problemas específicos de cada tipo de limitação.

Na deficiência visual os problemas frequentemente enfrentados estão relacionados à localização e à locomoção do indivíduo. Com o objetivo de solucionar tais problemas, existem algumas tecnologias como GPS (*global positioning system*) para os deficientes visuais, que tem o objetivo de auxiliar os deficientes em ambientes externos e abertos, como centros de cidades ou avenidas. O sistema GPS guia o deficiente e traça rotas para destinos específicos. Alguns aplicativos para *smartphones* foram desenvolvidos com esse tipo de ferramenta, alguns mais utilizados são o GetThere e o Lazarillo, disponíveis para *download* nas lojas de aplicativos virtuais.

Atualmente pesquisas com o foco em desenvolvimento de dispositivos de tecnologia assistiva vem ganhando mais espaço. Algumas pesquisas acadêmicas relacionadas são: o desenvolvimento de um óculos sonar ou a bengala eletrônica, que foram desenvolvidos para auxiliar a locomoção de deficientes visuais tentando evitar colisões com obstáculos. O sistema deve alertar o usuário sobre a presença de obstáculos através de sinais sonoros ou por vibração com variação de frequência do sinal à medida que ele se aproxima de um obstáculo (KONIGAME, 2015; MELLO, 2016).

O projeto desenvolvido no Instituto Federal da Paraíba, trata de uma inovação em tecnologia assistiva para auxiliar os deficientes visuais em seu dia a dia e conta com um diferencial entre tecnologias de localização já existentes, sendo projetado principalmente para a identificação de ambientes em locais fechados. Embora que pesquisas semelhantes relacionadas a identificação de ambientes para auxílio a deficientes visuais já tenham sido feitas anteriormente por outros pesquisadores, tais pesquisas em sua grande maioria não foram ainda testadas e desenvolvidos de forma funcional. Um exemplo disso é o artigo que apresenta a implementação de um dispositivo de tecnologia assistiva utilizando um chip RFID (*Radio-Frequency Identification*) semelhante ao utilizado para identificação de animais de 125kHz e encapsulamento de vidro, além de um leitor RFID e um sistema de

mensagens de voz pré-gravadas (ARAUJO et al., 2014).

Assim como muitos dispositivos já desenvolvidos, trabalhos acadêmicos, e estudos na área da tecnologia assistiva com o foco em deficientes visuais, o sistema desenvolvido neste trabalho visa proporcionar maior autonomia, independência e inclusão social. Além de ser uma boa alternativa para auxiliar os deficientes visuais dentro de instituições de ensino ou qualquer estabelecimento onde possa ser utilizado com o objetivo de identificar ambientes.

O dispositivo possui uma configuração simples e objetiva para facilitar o seu uso e foi projetado para ser um dispositivo acessível, de baixo custo. Funciona com tecnologia RFID (Identificação por radiofrequência), comunicação via *Bluetooth* e um dispositivo *Android* que são usados em conjunto. Assim, o dispositivo é capaz de identificar ambientes e transmitir a informação por mensagens de áudio ao usuário.

1.1 Objetivo Geral

O projeto desenvolvido tem como objetivo o desenvolvimento de um dispositivo inteligente que se enquadra nos tópicos de tecnologia assistiva para auxílio à deficientes visuais. O dispositivo terá a forma de uma bengala eletrônica para a identificação de obstáculos acima e abaixo da linha da cintura, além de realizar leituras de dados e transmitir ao usuário através de mensagens de áudio informações sobre a sua localização atual. As funcionalidades foram garantidas com o uso da tecnologia RFID - *Radio Frequency Identification*, comunicação *Bluetooth*, sensores ultrassônicos e um dispositivo *Android*.

1.2 Objetivos Específicos

1. Verificar a resposta do sensor HC-SR04 quando colocado em um ambiente que simule obstáculos;
2. Desenvolver o circuito eletrônico do dispositivo integrando os módulos de gerenciamento de bateria, RFID, *Bluetooth* e sensores ultrassônicos;
3. Desenvolver o software necessário para realizar as funções de leitura e escrita nas Tags RFID;
4. Desenvolver os aplicativos de interface para aparelho celular, um para comunicação com o usuário e outro para configuração interna do projeto;
5. Desenvolver a placa de circuito impresso (PCB) do projeto;
6. Desenvolver o primeiro protótipo do projeto;

2 Fundamentação teórica

2.1 Deficiência Visual

A visão é considerada como o sentido mais importante para o relacionamento de uma pessoa com o mundo a sua volta. Através dela são captadas imagens que permitem organizar em nível cerebral inúmeras informações todos os dias trazidas por outros órgãos dos sentidos. Por outro lado, a deficiência visual é a perda total ou parcial irreversível da visão (visão subnormal), sendo essa perda congênita (desde o nascimento) ou adquirida (MARTA, 2000).

Segundo a fundação Dorina NoWill, cerca de 23,9 % da população Brasileira possui algum tipo de deficiência, entre elas a mais comum é a deficiência visual, atingindo 3,5% da população. As principais causas da cegueira no país são catarata, glaucoma, retinopatia diabética, cegueira infantil e degeneração macular. Já em âmbito mundial segundo dados da OMS de 2010 a cada 5 segundos 1 pessoa se torna cega no mundo (WHO, 2010; NOWILL, 2018).

As causas mais frequentes da cegueira e visão subnormal no mundo todo são retinopatia da prematuridade (causada em decorrência de parto prematuro), catarata congênita (em consequências de infecções durante a gestação), glaucoma congênito (que pode ser hereditário ou causado por infecções na gestação), degenerações retinianas e alterações visuais corticais, também pode ser resultado de doenças como diabetes, deslocamento de retina ou traumatismo ocular (WHO, 2010).

Dentre as causas citadas, algumas podem ser evitadas, como os desenvolvidos por cataratas, glaucoma, diabetes ou tracomas. Para os casos de perda visual profunda que não possui um tratamento específico é recomendado a reabilitação funcional, alterações no ambiente e a utilização de equipamentos auxiliares, com o objetivo de capacitar o indivíduo para realizar atividades diárias, promovendo a qualidade de vida e a independência da pessoa com deficiência visual (WHO, 2010).

2.2 Tecnologia Assistiva

A maioria das limitações vivenciadas por deficientes visuais podem ser mitigadas através de duas ações, uma educação totalmente adaptada para a realidade dessas pessoas ou através do uso de tecnologia com o objetivo de reduzir barreiras (BORGES, 1996).

Pode-se então dizer que o principal objetivo da Tecnologia Assistiva é proporcionar à pessoa com deficiência maior independência, qualidade de vida e inclusão social, através da ampliação de sua comunicação, mobilidade, controle de seu ambiente, habilidades de

seu aprendizado e trabalho.

Precisamente, o termo *Assistive Technology*, traduzido no Brasil como Tecnologia Assistiva, foi criado em 1988 como importante elemento jurídico dentro da legislação norte-americana conhecida como *Public Law* e atualmente compõe, junto com outras leis o ADA - *American with Disabilities Act*, que regula os direitos dos cidadãos com deficiência nos EUA (ADA, 1990).

Já no Brasil, em 14 de Dezembro de 2007 a Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência- CORDE, em sua reunião do Comitê de Ajudas Técnicas - CAT, aprovou o conceito de Tecnologia Assistiva como sendo:

“Uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapazes ou de mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social.” (CAT, 2007)

Os recursos abordados no conceito nacional citado podem ser definidos como qualquer item, equipamento, produto ou sistema utilizado para aumentar ou melhorar as capacidades funcionais das pessoas com deficiência. Já os serviços são aqueles prestados profissionalmente à pessoa com deficiência com o objetivo de selecionar, obter ou usar um instrumento de tecnologia assistiva. Como exemplo, podemos citar avaliações, experimentação e treinamento de novos equipamentos (BERSCH, 2017).

2.3 Classificação das Tecnologias Assistivas

Existem alguns importantes documentos que podem ser tomados como referência ao tratar sobre a classificação das tecnologias assistivas. Neste tópico, apresenta-se um pouco sobre cada um deles.

2.3.1 ISO 9999

A ISO - *International Organization for Standardization* (Associação Internacional de Normalização), realiza comitês técnicos compostos por associações nacionais de diversos países, cada um com seus representantes e respectivas soluções em um determinado tema, com o objetivo de formular normas internacionais. Os projetos de normas circulam entre os associados e atingem a aprovação com 75% dos votos (BRASIL, 2009).

A norma ISO 9999 "Produtos Assistivos para pessoas com deficiência - Classificação e terminologia", foi publicada inicialmente em 2002 e atualmente está em sua 6ª edição, em vigor desde julho de 2016. É uma importante norma internacional aplicada em diversos países, focada especialmente em estabelecer uma classificação de produtos assistivos de apoio a pessoas com deficiência ou de mobilidade reduzida (ISO9999, 2002).

Nessa norma os produtos assistivos foram classificados pela sua função e alguns itens foram especificamente excluídos, como, itens utilizados para a instalação dos produtos assistivos; soluções obtidas pela combinação de produtos assistivos que, isoladamente, estão classificados na norma; medicamentos; produtos e instrumentos assistivos utilizados exclusivamente por profissionais de serviços de saúde; soluções não-técnicas, tais como auxílio pessoal, cães-guia ou leitura labial; implantes e apoio financeiro (ISO9999, 2016).

Essa classificação se dá em três níveis diferentes: classe, subclasse e detalhamento da classificação, com explicações e referências. O primeiro nível de classificação tem onze classes de produtos assistivos, são eles:

1. Produtos assistivos para medição, suporte, treinamento e substituição de funções do corpo;
2. Produtos assistivos para educação e treinamento de habilidades;
3. Produtos assistivos aplicados ao corpo para suporte neuro-musculoesquelético ou órteses e próteses;
4. Proteção e cuidados pessoais;
5. Mobilidade pessoal e transporte;
6. Cuidados e atividades domésticas;
7. Mobiliário e adaptações para residenciais e outras edificações;
8. Comunicação e informação;
9. Manuseio de objetos e equipamentos;
10. Melhorias ambientais, ferramentas e máquinas;
11. Recreação e lazer.

2.3.2 HEART

A classificação do modelo HEART - *Horizontal European Activities in Rehabilitation Technology* - (Atividades Europeias horizontais em reabilitação Tecnológica) foi elaborada por um grupo de pesquisadores de vários países da União Europeia e apresentada no documento EUSTATE (*Empowering Users Through Assistive Technology*) - Capacitando usuários por meio de tecnologia assistiva, originalmente criada para a formação de profissionais em Tecnologia assistiva (BERSCH, 2017).

Neste documento entende-se que a forma como as tecnologias assistivas são utilizadas tem influência tanto das características do utilizador como do ambiente físico e social em que se localiza.

Segundo EUSTATE (1998), "considerando como objetivo principal das Tecnologias de Apoio o uso de tecnologias que ajudem a ultrapassar as limitações funcionais dos seres humanos num contexto social, é de extrema importância identificar não só os aspectos puramente tecnológicos, mas também os aspectos relacionados com os fatores humanos e socioeconômicos.[...]"

Assim, o modelo considera três grandes áreas de formação em Tecnologia Assistiva:

- Componentes técnicos;
- Componentes humanos;
- Componentes socioeconômicos.

2.3.2.1 Componentes técnicos

Nos componentes técnicos estão definidas tecnologias que ajudam a ultrapassar as limitações funcionais dos seres humanos, como dispositivos e materiais para auxílio, divididos em quatro principais áreas: comunicação, mobilidade, manipulação e orientação (EUROPEIA-DGXIII, 1999).

A comunicação, mobilidade, manipulação e orientação são fundamentais para a qualidade de vida e independência de um indivíduo, são necessários para atividades pessoais, trabalho, educação e lazer. Segundo o documento EUSTATE (1998), esses tópicos ainda são divididos em alguns subtópicos, os quais serão apresentados a seguir.

- Comunicação
 - Comunicação interpessoal
 - Acesso a computador/interfaces do utilizador
 - Telecomunicações
 - Leitura/Escrita
- Mobilidade
 - Mobilidade manual
 - Mobilidade elétrica
 - Acessibilidade
 - Transportes privados
 - Transportes públicos
 - Próteses e ortóteses
 - Posicionamento

- Manipulação
 - Controle de ambiente
 - Atividades da vida diária
 - Robótica
 - Próteses e órteses
 - Recreio e desporto
- Orientação
 - Sistemas de navegação e orientação
 - Cognição

2.3.2.2 Componentes humanos

Os componentes humanos tratam do impacto causado pela deficiência ao ser humano, com relação a psicologia, ciências sociais e biológicas, auxilia no entendimento de como a Tecnologia Assistiva pode satisfazer as necessidades do indivíduo. As componentes humanas e seus tópicos adotados neste modelo estão descritos abaixo (EUSTATE, 1998).

- Tópicos sobre a deficiência
 - Patologias
 - Incapacidade, Deficiência, Desvantagem e ICIDH-2
 - Reabilitação e integração social
 - Autonomia e capacitação
- Aceitação de TA
 - Imagem social da deficiência
 - Imagem social das tecnologias de apoio
 - Compreensão da diversidade e das culturas
- Seleção de TA
 - Análise de necessidades e definição de objetivos
 - Adequação da pessoa à tecnologia
 - Fatores que levam ao sucesso ou fracasso da TA
- Aconselhamento de TA
 - Conceitos básicos de aconselhamento e de supervisão entre pares
 - Desenvolvimento de atitudes de aconselhamento entre pares
 - Desenvolvimento de qualidades de chefia

- Assistência pessoal
 - Gestão de relações com os assistentes pessoais

2.3.2.3 Componentes socioeconômicos

Já os componentes socioeconômicos tratam dos impactos entre a Tecnologia Assistiva e o contexto social de relação pessoal. Além de levar em conta as vantagens e desvantagens dos diferentes modelos de prestação de serviços, assim como do papel dos fabricantes e fornecedores. abaixo estão dispostos os componentes sociais e seus tópicos (EUSTATE, 1998).

- Noções básicas de TA
 - Definição e classificação de TA
 - A classificação ISO 9999
 - Outros modelos de classificação
- Noções básicas do desenho universal
 - Desenho para todos vs. desenho para alguns
 - Conceitos de acessibilidade e usabilidade
- Emprego
 - O mercado de trabalho e respectiva legislação
 - Adaptações do posto de trabalho
 - Perspectivas do trabalho na sociedade
- Prestação de serviços
 - Legislação relacionada com o fornecimento de TA
 - Procedimentos para obtenção ou financiamento de TA
 - Processos de negociação de TA com fabricantes e fornecedores
 - Procedimentos de manutenção
- Normalização
 - Avaliação tecnológica para TA
 - Investigação e desenvolvimento em TA
 - Normas de acessibilidade
 - Normas de TA

- Legislação e Economia
 - Legislação nacional relacionada à deficiência
 - Evolução dos processos de TA a nível internacional
 - Análise de custo para TA
 - Tendências de mercado
- Recursos de informação
 - Base de dados em TA
 - Recursos de Internet em TA
 - Catálogos, revistas e outras publicações
 - Exposições e informação de eventos
 - Centros de informação
 - Suporte de profissionais para a seleção de TA

2.3.3 MPT - *Matching Person Technology*

O modelo de classificação MPT - *Matching Person Technology* foi criado a partir de um estudo realizado por Scherer em 1986 sobre a investigação do uso de dispositivos de tecnologia assistiva por clientes com diferentes tipos de deficiências. O modelo tem o propósito de auxiliar o profissional e a pessoa portadora de deficiência a encontrarem a solução mais adequada em tecnologia assistiva para cada caso específico (ALVES, 2017).

O estudo se baseia na identificação de pontos necessários para uma boa combinação entre a pessoa e a tecnologia como, necessidades do indivíduo, preferências, motivação, estilo de vida, fatores associados ao dispositivo, disponibilidade do usuário para o uso da tecnologia, expectativas com relação ao uso, ambiente e funções da tecnologia. Fundamentalmente o modelo destaca 3 áreas que influenciam o uso da Tecnologia Assistiva (SAX, 2010):

1. Os fatores sociais e ambientais;
2. As necessidades, características pessoais e psicossociais e preferências dos usuários;
3. As funções e características próprias da Tecnologia desejável, conforto, custo, facilidade de uso e transportabilidade;

Segundo Sax (2010) em média, um terço dos dispositivos usados são abandonados por seus usuários ainda no primeiro ano. Por isso o modelo sugere que as eventuais incompatibilidades entre as tecnologias e os usuários sejam identificadas antecipadamente,

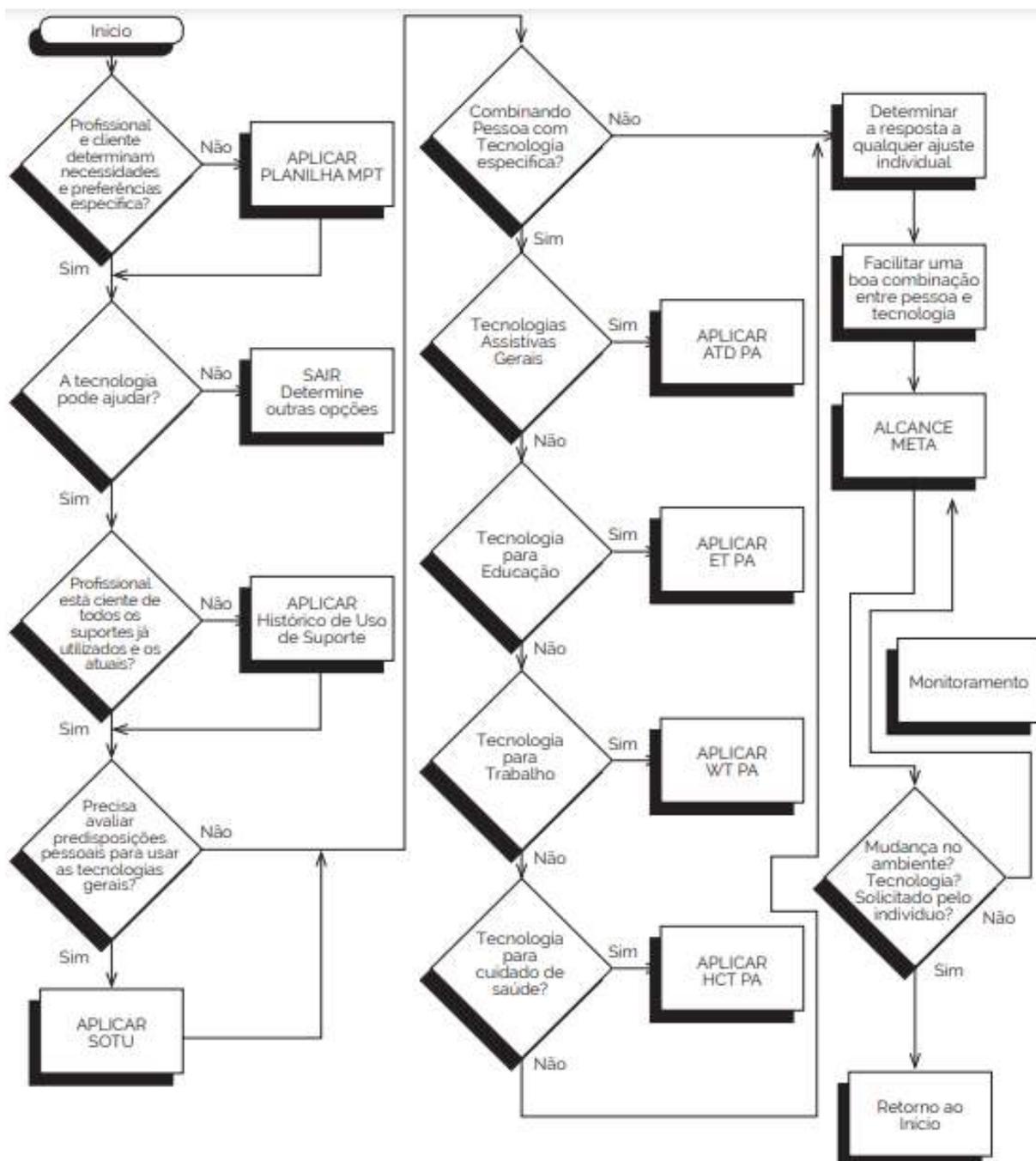
com o intuito de reverter o quadro onde a tecnologia é usada de forma incorreta ou simplesmente não usada, causando frustração e decepção aos usuários.

Para auxiliar no processo de avaliação de usuário, alguns formulários específicos e padronizados foram desenvolvidos, também chamados de instrumentos. Assim, os instrumentos que compõem o modelo MPT são (SCHERER, 2019):

- Pesquisa de uso da tecnologia (*Survey of Technology Use - SO TU*);
- Avaliação de predisposição para dispositivos de tecnologia assistiva (*Assistive Technology Device Predisposition Assessment - ATDPA*);
- Avaliação de predisposição para dispositivos de tecnologia educacional (*Educational Technology Device Predisposition Assessment - ET PA*);
- Tecnologia no local de trabalho e Avaliação da predisposição do dispositivo (*Workplace Technology Device and Predisposition Assessment - WT PA*);
- Avaliação de predisposição para dispositivos de tecnologia de saúde (*Healthcare Technology Device Predisposition Assessment - HCT PA*);
- Planilha inicial para os processos do indivíduo e sua correspondente tecnologia (*Initial Worksheet for the Matching Person & Technology Process*);
- Histórico de uso de suporte (*History of Support Use*).

Um fluxograma é proposto pelo modelo MPT para auxiliar a equipe de profissionais no processo de escolha dos instrumentos de avaliação para diferentes casos, figura 1.

Figura 1 – Fluxograma de utilização de instrumentos no modelo MPT



Fonte: (ALVES, 2017)

2.4 Auxílio à deficiência visual

Entre as tecnologias criadas com o objetivo de promover habilidades funcionais e gerar o acesso à informação para os deficientes visuais, pode-se encontrar soluções relacionadas com diferentes tópicos abordados nos modelos de classificação anteriormente vistos.

Os tópicos mais relevantes encontrados com o foco na deficiência visual são, mobilidade, comunicação, informação, acesso ao computador, leitura/escrita e controle de

ambiente. Existem atualmente algumas soluções já comercializadas como:

- Leitores de tela

Sistemas que traduzem qualquer texto mostrado na tela do computador para a forma em que o deficiente possa processar, geralmente são transformadas para a forma auditiva ou tátil. Alguns Softwares Leitores de tela são: JAWS para *Windows*, *Virtual Vision*, DOSVOX e NVDA (SANTAROSA, 2003)

- Bengalas eletrônicas e Luvas sensoriais

Formadas em grande maioria por sensores ultrassônicos e eletrônica embarcada, sistemas capazes de informar ao deficiente se existe algum obstáculo acima e abaixo da linha da cintura, geralmente por meio de vibrações ou sinais auditivos (FARIA, 2015)

- Robô guia

Existem atualmente robôs desenvolvidos com sensores capazes de informar obstáculos a frente, acima, nas laterais e também declives ou buracos. Como exemplo pode ser usado o Robô da empresa japonesa NSK que usa sensores do *Microsoft Kinect* para detectar obstáculos e escadas, possui reconhecimento da voz do dono e um sistema de orientação baseado em GPS sendo possível acessar mapas online, assim, o deficiente pode indicar a localidade em que deseja ir para o robô orientá-lo durante a caminhada (FARIA, 2015)

- Aplicativos para *Smartphones*

Podem ser desenvolvidos com sistema de identificação de objetos, cores, textos ou até sistemas de GPS exclusivos para deficientes visuais;

Alguns aplicativos já criados são:

Be my eyes: O app busca voluntários para auxiliar o deficiente visual no que ele precisa através de uma video conferencia, pode ser desde a leitura de alguma embalagem a cor de uma roupa. (BROCK, 2018)

Tap Tap See: Faz leitura de textos simples e reconhece objetos em geral, a partir de uma biblioteca online, descreve cenas fotografadas a partir de uma captura de foto do objeto e conexão com a internet. (WELFER, 2017)

Eye-D: É um GPS para deficientes visuais, desenvolvido com algumas funções principais como 'Onde eu estou'(Função que informa a localização atual do usuário), 'Ao meu redor' (Função de busca a estabelecimentos próximos), 'Ver objetos' (Descreve objetos em fotos), 'Ler texto' (Usando a câmera faz leituras de textos). (D-EYE, 2017)

WhatsCine: Desenvolvido para cinemas, o usuário pode ouvir filmes com auto descrição. (GONZÁLEZ, 2017)

2.5 Identificação Por Radio Frequência

RFID do inglês *Radio frequency identification* é um método de identificação automático usado para realizar leitura remota de dados através de sinais de rádio.

A tecnologia surgiu através do desenvolvimento dos sistemas de radares, usados durante a segunda guerra mundial por vários países como Alemanha, Japão, Estados Unidos e Inglaterra. O sistema era utilizado para descobrir com antecedência caso um avião inimigo se aproximasse da base. A partir desta aplicação as pesquisas na área de comunicação por Radiofrequência foram se tornando mais aprofundadas a mesma medida em que a tecnologia foi se desenvolvendo, até serem criados os dispositivos e circuitos utilizados hoje para identificação remota de dados (KLAUS, 2010).

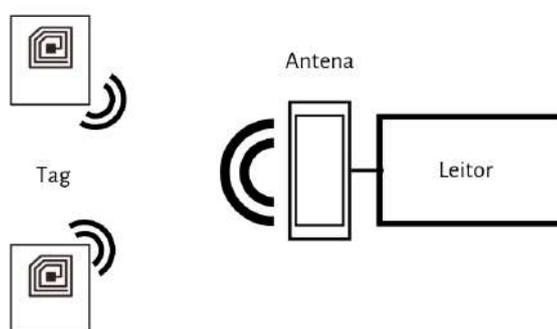
Atualmente as aplicações que abrangem o sistema RFID são diversas, auxiliando em alguns trabalhos que antes eram feitos de forma manual e demoravam horas para serem realizados e também melhorando a eficiência de alguns processos no dia a dia. As principais aplicações são:

- Sistemas de transporte público (como bilhete de acesso);
- Cadastro e rastreamento de animais;
- Controle de acesso para abrir portas em escritórios;
- Monitoramento de cargas de produtos;
- Etiquetagem de produtos em lojas (sistema de controle antifurto);
- Controle de tráfego de veículos;
- Identificação de pacientes hospitalizados;
- Movimentação de bagagens em aeroportos;
- Antifurto de veículos (chaves para travar portas à distância);
- Sensores de movimento, temperatura e substâncias químicas;
- Rastreamento de livros e processos;
- Automação industrial em ambientes isolados. (ELIZABETH; NEVES, 2005)

O sistema RFID funciona com dois componentes principais, um aparelho identificador, chamado *RFID Reader*, que tem a função de leitura, e um chip ou *transponder*, que fica localizado dentro de um objeto a ser identificado, chamado *RFID Tag*. O leitor envia sinais de radiofrequência através de uma antena em busca de detectar objetos com identificadores RFID, quando um objeto é detectado, ocorre o acoplamento eletromagnético entre ele e a antena, resultando em uma transferência de energia, o que faz com que o identificador seja capaz de recuperar dados armazenados no interior da *Tag*, assim, o identificador trata a informação recebida e envia a um computador (KLAUS, 2010).

A figura 2 abaixo ilustra o funcionamento de um sistema RFID e seus componentes.

Figura 2 – Funcionamento de um sistema RFID.



Fonte: (Acervo do autor, 2019)

Assim como o RFID outros tipos de tecnologia também podem identificar objetos e dados automaticamente, como o código de barras, os sistemas de identificação biométricos e cartões inteligentes. Mas, existem diversas vantagens ao utilizar o sistema RFID em comparação as demais tecnologias (ELIZABETH; NEVES, 2005):

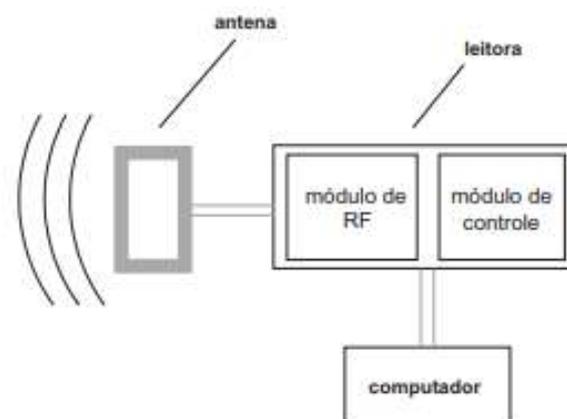
- Leituras podem ser feitas mesmo com o objeto fora do campo de visão;
- A *Tag* pode estar embutida ou aplicada a uma superfície coberta por uma camada de materiais como tinta, graxa, tecidos ou plásticos, devido a esta tecnologia não requerer contato físico da antena com a *Tag*;
- É possível capturar dados de dezenas de Tags simultaneamente ao atravessarem o campo de alcance do leitor, diferente da leitura sequencial de outros sistemas de identificação;
- A capacidade de armazenamento de dados de uma *Tag* RFID pode ser muitas vezes maior que uma etiqueta comum, trazendo informações adicionais sobre o produto além da sua identificação;

- As leituras podem ser feitas com o objeto em movimento devido ao curto tempo de resposta do sistema, inferior a 100ms;
- Existem *Tags* de leitura e escrita que podem ter seus dados atualizados em meio a um trajeto, obtendo por fim um roteiro do produto;
- As *Tags* podem ser reutilizadas quantas vezes for necessário e seu tempo de vida operacional é longo, trazendo mais durabilidade ao sistema;
- A fabricação de uma *Tag* RFID é um processo complexo o que acaba por gerar uma menor possibilidade de falsificação se tratando de uma *Tag* apenas de leitura.

2.5.1 Leitor RFID

O sistema completo de um leitor RFID é composto geralmente por um módulo de radiofrequência, responsável pela transmissão e recepção de sinais, uma unidade de controle e uma antena. Além disso, muitos leitores são fabricados com uma interface que permite ao sistema transmitir seus dados para um outro sistema como um computador ou um sistema de controle robótico (KLAUS, 2010). A figura 3 ilustra um esquema completo de um leitor RFID.

Figura 3 – Esquema e componentes de um leitor RFID.



Fonte: (ELIZABETH; NEVES, 2005)

O leitor RFID gera sinais de rádio que são emitidos pela antena em diferentes direções, esse sinal emitido pode ter diferentes alcances, desde alguns centímetros até metros dependendo da frequência utilizada. A antena ao encontrar uma *Tag* capta a resposta de identificação e envia ao leitor que faz a filtragem das informações (ELIZABETH; NEVES, 2005).

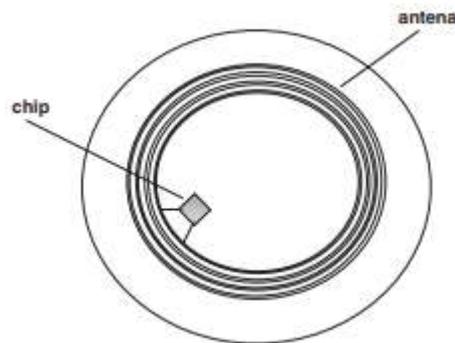
A qualidade de comunicação entre Leitor e *Tag* depende do tipo de modulação do sinal, do tamanho e formato das antenas utilizadas (a antena usada pelo leitor e a interna

a *Tag*), da frequência de operação do sistema e de alguns fatores relativos como posição e materiais próximos (KLAUS, 2010).

2.5.2 *Tag* RFID

Tag ou *Transponder* é o componente do sistema onde os dados são armazenados, ele é formado por um chip de memória conectado a uma antena de cobre que fornece a comunicação com os demais componentes do sistema. O conjunto chip e antena RFID recebe o nome de *Inlay* e são geralmente encapsulados em materiais adequados à maneira de utilização e ao ambiente de uso, (ELIZABETH; NEVES, 2005). A figura 4 ilustra um *Inlay* típico.

Figura 4 – Esquema típico de um *Inlay*: antena, *Transponder* ou chip e encapsulamento externo.



Fonte: (ELIZABETH; NEVES, 2005)

Existem diferentes tipos e formatos de *Tags*, a maioria delas são produzidas com o *inlay* preso em um filme plástico adesivo ou encapsulado em epóxi, plástico resistente, vidro, cerâmica, borracha ou outro material dependendo da aplicação. Os formatos mais utilizados para encapsulamento são os cartões, discos, etiquetas e argolas (ELIZABETH; NEVES, 2005).

Além dos diversos tipos existentes as *Tags*, ainda podem ser classificadas como Passivas ou Ativas, esta classificação descreve como o fornecimento de energia trabalha em cada um dos tipos.

As *Tags* Passivas não possuem fonte de alimentação própria, a energia usada para operar o *Transponder* é fornecida pelo campo eletromagnético do leitor, através do acoplamento eletromagnético. A transmissão de dados é feita através da modulação do campo eletromagnético. Assim, a transmissão de dados tanto do leitor para a *Tag* como o inverso ocorre através da energia fornecida pelo leitor e para isso, o *Transponder* precisa estar dentro do seu alcance (KLAUS, 2010).

Já as *Tags* Ativas têm seu próprio abastecimento de energia que é usado para fornecer tensão para o *Transponder*. Neste caso, a energia fornecida pelo campo eletromagnético do leitor não é mais necessária para a alimentação do chip. Isto é uma vantagem para o sistema, já que neste caso, o campo eletromagnético do leitor não precisa ser tão forte quanto é necessário em uma *Tag* Passiva, além de que esta condição pode aumentar consideravelmente o alcance do leitor (KLAUS, 2010).

No entanto, mesmo em *Tags* Ativas, a transmissão de sinais do *Transponder* ainda é feita através da modulação do campo do leitor, pois o chip não é capaz de gerar sinais de alta frequência. Devido a este fato, este tipo de *Tag* também é comumente chamada de Semi-Passiva (ELIZABETH; NEVES, 2005).

Como ambas as *Tags* Passivas e Semi-Passivas dependem do campo eletromagnético do leitor para transmitir informações, e levando em conta a potencia de transmissão geralmente utilizada nos leitores, o alcance máximo obtido nesses tipos de *Tags* é de aproximadamente 15 metros, dependendo da frequência de operação (ELIZABETH; NEVES, 2005)

Outros tipos conhecidos de *Transponders* Ativos equiparam-se a um pequeno dispositivo de rádio. Com transmissores TX e RX conectados a uma antena e uma fonte de energia própria, o dispositivo é capaz de emitir sinais de alta frequência ao invés de apenas modular o campo para transmitir dados a um leitor. (KLAUS, 2010)

De um olhar técnico, esse tipo de *Transponder* não é um genuíno RFID, mas sim um dispositivo de rádio de curto alcance (*short-range radio device - SRD*) que por várias décadas já foi usado para a comunicação. O alcance máximo deste tipo de *Transponder* pode chegar a mais de 100 metros dependendo da potencia de transmissão utilizada (KLAUS, 2010).

Devido a grande diferença de preço entre estes tipos de tecnologia, o tipo de *Tag* mais usado atualmente é o Passivo.

Outra classificação adequada aos *Transponders* é formada com relação ao seu modo de operação. Podem ser de leitura, aquele que pode ser gravado apenas uma única vez e é usado apenas para a leitura, ou de leitura e escrita, aquele que pode ser lido e gravado diversas vezes. É importante mencionar que as *Tag* apenas de leitura têm sua capacidade de armazenamento reduzida em comparação com as *Tag* de leitura e escrita (ELIZABETH; NEVES, 2005).

Além das classificações vistas, outra é utilizada e dá-se a partir da sua frequência de operação, baixa frequência (abaixo de 500KHz), alta frequência (acima de 1MHz) e *ultra high frequency*(acima de 800MHz). As *Tags* que operam em baixa frequência possuem: menor alcance de leitura; menor taxa de transferência de dados; maior sensibilidade a posição relativa entre *Tag* e Leitor; menor nível de potência requerido; maior imunidade a

interferências elétricas e ruídos ambientais e um menor preço (KLAUS, 2010).

2.6 Comunicação *Bluetooth*

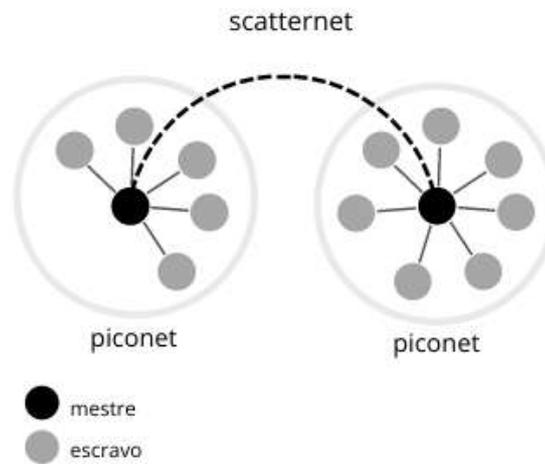
O *Bluetooth* é uma tecnologia de rádio de curto alcance, baixa potência e também baixo custo. Foi desenvolvida inicialmente com o objetivo de substituir os cabos para conexão entre dispositivos móveis como, telefones celulares, *laptops*, Computadores, impressoras, câmeras digitais e outros. Mas, ao permitir a comunicação sem fio entre diversos dispositivos eletrônicos, o *Bluetooth* acabou por se transformar em uma WPAN (*Wireless Personal Area Network*), um tipo de rede pessoal sem fio e de curto alcance que é hoje um padrão IEEE denominado como 802.15. (STURMAN, 2001).

A tecnologia ganhou o nome do rei da Dinamarca, Harald *Bluetooth*. Seu reinado ocorreu no século X e ele tinha a característica de ser um diplomata buscando sempre acordos comerciais entre países da Europa, seu grande feito foi unificar e controlar a Dinamarca e a Noruega. Assim, os desenvolvedores do *Bluetooth* escolheram o nome pelo fato de que a tecnologia tem o propósito de unificar alguns dispositivos, permitindo a comunicação entre eles, além de que era esperado que a tecnologia unisse a telecomunicação e a indústria de computadores na época (SIQUEIRA, 2006).

Tudo começou quando a empresa de celulares Ericsson passou a estudar novas alternativas para substituir cabos que conectavam telefones celulares a acessórios. A empresa descobriu que os sinais de rádio são ideais para tal tarefa, pois, não são sinais direcionais, levando grande vantagem com relação ao infra-vermelho usado em alguns dispositivos (STURMAN, 2001).

A empresa de celulares Ericsson Mobile communications se juntou a outras empresas como Intel Corporation, International Business Machines Corporation (IBM), Nokia Corporation e Toshiba Corporation para formarem o Grupo de Interesse Especial *Bluetooth* (*SIG - Bluetooth Special Interest Group*). Após o lançamento da primeira versão outras empresas se juntaram ao SIG como Microsoft Corporation, Motorola, 3COM e Lucent. O trabalho conjunto de todos os membros do SIG permitiu o desenvolvimento de ainda outras versões do *bluetooth*, atraindo ainda mais empresas, principalmente devido a detenção da licença para uso da tecnologia, onde apenas integrantes do grupo poderiam fazer seu uso (BIGLIERI, 2016).

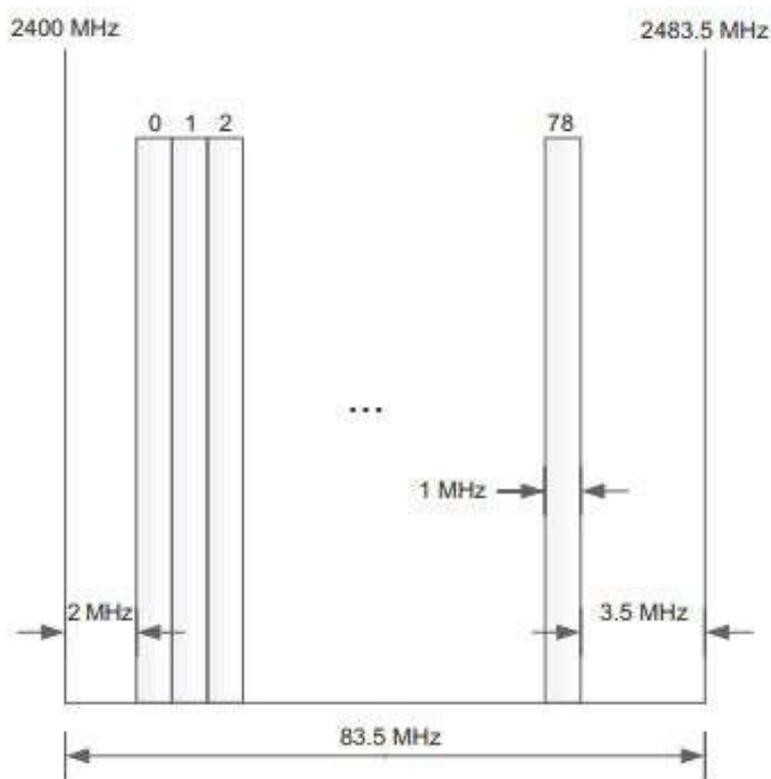
A comunicação *bluetooth* consegue transmitir dados sem fio usando os *piconets* e *scatternets*. Uma piconet é um grupo de até 7 dispositivos *bluetooth* conectados entre si, um dispositivo é definido como mestre e os outros como escravo, o mestre define a frequência de salto usada na operação e o escravo apenas sincroniza a sua frequência, seguindo o mestre. Quando duas piconets estão conectadas através de um dispositivo mestre o sistema é chamado de *scatternet*, figura 5 (STURMAN, 2001; MCDERMOTT-WELLS, 2004).

Figura 5 – Esquema de uma *scatternet bluetooth*

Fonte: (Acervo do autor, 2022)

Para realizar as conexões o *bluetooth* usa o método FHSS (*Frequency-hopping spread spectrum*), mais conhecido como frequência de salto, que propõe uma constante mudança na frequência usando uma sequência pseudo aleatória predeterminada baseada no endereço *bluetooth* do dispositivo mestre da rede. Podemos dizer que a tecnologia usa uma transmissão de espectro variável, o que reduz os efeitos das interferências entre as conexões (SCHWARTZ, 2004).

Usando este método uma transmissão *bluetooth* permanece com uma determinada frequência apenas por um curto período de tempo, e caso ocorra alguma interferência, os dados serão enviados novamente quando houver a próxima mudança de frequência. A velocidade com que ocorre a variação de frequência é de 1600 saltos por segundos, alternando entre frequências de 2402 MHz até 2480 MHz, dentro da banda não licenciada livre de 2.4GHz. As frequências escolhidas são espaçadas em 1 MHz, sendo possíveis 79 frequências diferentes dentro do intervalo, a figura 6 abaixo ilustra esse espaçamento e as possíveis frequências utilizadas pela tecnologia *bluetooth* (BIGLIERI, 2016; SCHWARTZ, 2004).

Figura 6 – Intervalo de frequências FHSS *Bluetooth*

Fonte: (SIQUEIRA, 2006)

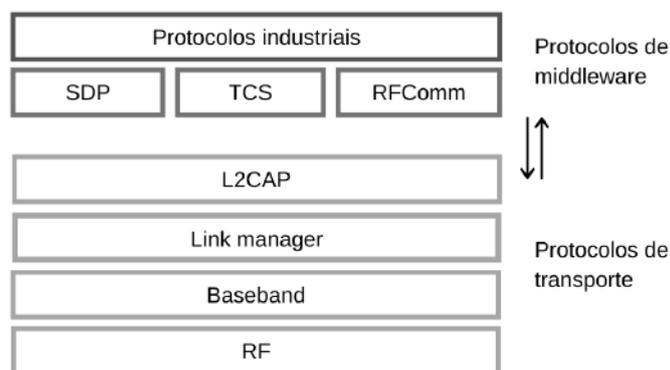
Como a tecnologia foi desenvolvida pensando em dispositivos portáteis e de baixo consumo, para evitar repetir potência, a potência de rádio é minimizada e dividida em três classes que permitem operações com alcances de 10, 20 e 100 metros. Os dispositivos de classe 1 foram desenvolvidos para comunicações de longo alcance até aproximadamente 100 metros e possuem uma potência máxima de 20 dbm (100mW), uma particularidade é que apenas para esta classe de dispositivos, se faz obrigatório o uso de um sistema de controle de potência. Os dispositivos de classe 2 tem um alcance reduzido, podendo alcançar até 10 metros, com uma potência máxima de saída de 6dbm. Já os dispositivos de classe 3, são desenvolvidos para curtas distâncias, com um alcance de apenas 10cm e potência máxima de saída de 0dbm (1mW). Se dois dispositivos forem colocados a uma distância muito pequena, menor que 10cm alguns receptores podem saturar, tornando a comunicação instável (STURMAN, 2001; BIGLIERI, 2016).

A tecnologia definiu canais de conexão para dados e áudio e utiliza basicamente dois padrões de comunicação, SCO (*Synchronous Connection-Oriented*) e ACL (*Asynchronous Connection-Less*). O SCO estabelece uma ligação síncrona entre o emissor e o receptor e é usado em aplicações que requerem o envio contínuo de dados como em transmissões de áudio. Essa conexão é um ponto a ponto simétrico que reserva slots de tempo para

garantir as transmissões em tempo oportuno. Para este tipo de conexão não acontece a retransmissão de pacotes de dados perdidos, assim, quando acontece a perda de alguns pacotes, geralmente o receptor reproduz o som com ruídos. Já o ACL estabelece uma conexão assíncrona, focando na integridade dos dados, o padrão é usado para transmissão de arquivos e permite a retransmissão de pacotes de dados perdidos. (SAIRAM K. V. S. S. S. S. GUNASEKARAN, 2002)

A primeira versão da especificação *Bluetooth* foi lançada em 1999 e tem por objetivo permitir que dispositivos trabalhem em conjunto, independente do tipo ou marca de fabricação. Por isso ela também definiu uma pilha de protocolos onde são detalhadas todas as funcionalidades. A pilha de protocolos *bluetooth* foi agrupada em 2 categorias, os protocolos de transporte e de *middleware*, figura 7.

Figura 7 – Pilha de protocolos *bluetooth*



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Os protocolos do grupo de transporte permitem que os dispositivos localizem uns aos outros e gerenciem links com as camadas superiores. As camadas de rádio-frequência (RF), banda base (*Baseband*), protocolo gerenciador de links (*Link Manager Protocol*), Controle de Link Lógico e Protocolo de Adaptação (*Logical Link Control and Adaptation Protocol* - L2CAP) são as incluídas no grupo de protocolos de transporte como ilustra a figura 18. Estes protocolos suportam tanto comunicação síncrona quanto assíncrona e todos são indispensáveis para a comunicação entre dois dispositivos *Bluetooth* (MCDERMOTT-WELLS, 2004).

A camada de Rádio-frequência define algumas características técnicas indispensáveis para as comunicações *Bluetooth*, como a banda de frequência utilizada, o uso do método FHSS ou salto de frequência, a técnica de modulação utilizada e as três classes de dispositivos *bluetooth* disponíveis de acordo com o nível de potência usada. A camada de banda base (*baseband*) define os procedimentos para a comunicação sem fio, mais precisamente como os dados são transmitidos através de suas *piconets*. O protocolo gerenciador de links (LMP - *Link Manager Protocol*) tem a responsabilidade de configurar as

propriedades dos links *bluetooth* como a autenticação e criptografia durante as transmissões de pacotes. (BISDIKIAN, 2001)

O Controle de Link Lógico e Protocolo de Adaptação (L2CAP) é usado como interface entre os protocolos de camadas superiores e inferiores, além de ser responsável pela segmentação e remontagem dos pacotes. (SIQUEIRA, 2006)

Os protocolos de *middleware* incluem protocolos desenvolvidos pelo próprio SIG como, RFCComm, o protocolo de sinalização e controle de telefonia baseada em pacotes (TCS) e o protocolo de serviço de descoberta (*Service Discover Protocol* - SDP). Além dos protocolos desenvolvidos pelo próprio SIG foram incluídos protocolos e padrões industriais que também são usados em comunicações como *Ethernet* e *WIFI*, são eles: *Point-to-Point Protocol* (PPP), *Internet Protocol* (IP), *Transmission Control Protocol* (TCP) e *Wireless Application Protocol* (WAP). (SIQUEIRA, 2006).

O protocolo RFCComm é uma importante camada baseada no padrão ETSI 07.10, permitindo que possa emular e multiplexar sinais de várias portas seriais em um único transporte. A camada permite que aplicações legadas desenvolvidas para operar com cabos seriais sejam usadas no topo de um link *bluetooth* sem a necessidade de modificação. (BISDIKIAN, 2001)

O protocolo para sinalização de controle de telefonia TCS (*Telephony control signaling*) define a sinalização de controle de chamadas usada pelos dispositivos *Bluetooth* com o objetivo de estabelecer chamadas de voz e de dados, podendo ser usado também para coordenar grupos de vários aparelhos telefônicos. O TCS é baseado no padrão Q.931, um protocolo de controle telefônico usado de forma confiável no sistema telefônico por muitos anos, onde define as mensagens e formatos de mensagens de controle que são criados pelos dispositivos de comunicação final. (HARTE, 2017)

O protocolo de serviço de descobertas (SDP - *Service Discovery Protocol*) viabiliza a descoberta de serviços em dispositivos próximos. Assim, Usando este protocolo um dispositivo *Bluetooth* pode obter informações sobre os serviços de outros dispositivos e acessar o novo serviço por meios diferentes usando as informações aprendidas através da descoberta de serviço, tendo em vista que o SDP fornece apenas informações sobre os serviços e não acesso a eles. (BISDIKIAN, 2001)

2.7 Sensor Ultrassônico HC-SR04

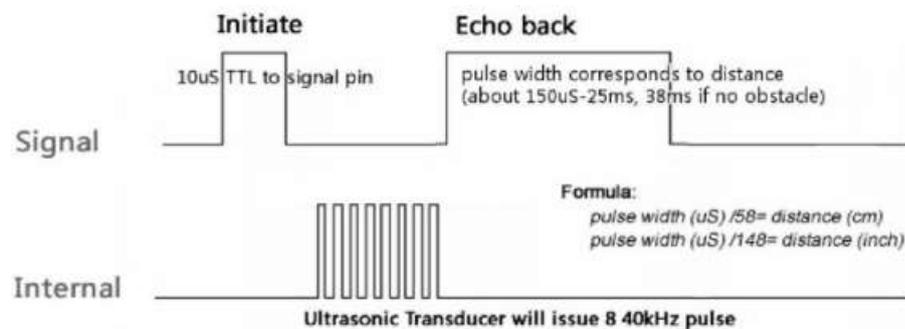
A estrutura de um sensor de ultrassom inclui um emissor e um receptor de ultrassom. O emissor envia um pulso de 10µs indicando o início da transmissão, em seguida o modulo irá enviar 8 ciclos de ultrassom a 40 KHz e então será aguardado o retorno do sinal, enquanto não há retorno o sinal de eco fica em nível alto, ficando em nível baixo apenas após o retorno (TECHNOLOGIES, 2013).

Dessa forma a saída do sensor vai ser o tempo que a onda levou para ir e voltar até o mesmo. Para calcular a distância é só dividir o tempo pela velocidade do som no ar (340m/s) e por dois, já que a onda percorre a mesma distância duas vezes (ida e volta), como mostra a equação 3.1.

$$distância = \frac{tempo * 340}{2} \quad (2.1)$$

A Figura 8 mostra o funcionamento do HC-SR04.

Figura 8 – Funcionamento do sensor HC-SR04



Fonte: (TECHNOLOGIES, 2013)

2.8 Tratamento de dados estatísticos

Todo dado experimental deve ser analisado através de algum tipo de procedimento. Um bom experimentalista deve fazer todo o esforço possível para eliminar todos os erros de seu experimento. Este objetivo, no entanto, nunca será plenamente alcançado, cabendo então ao experimentalista a responsabilidade de apresentar uma medida da confiabilidade de seus dados

2.8.1 Erro

Erro de medição: é a diferença entre o resultado da medição e o valor verdadeiro, pode ser expresso pela Equação 3.2.

$$\epsilon = v_{medido} - v_{verdadeiro} \quad (2.2)$$

2.8.2 Medidas de tendência central

As medidas de tendência central recebem tal denominação pelo fato de os dados observados tenderem, em geral, a se agrupar em torno dos valores centrais.

A média aritmética é geralmente conhecida como média é a medida de tendência central mais comum. É a única medida na qual os valores desempenham igual papel.

Mediana é o valor de um conjunto de dados que tenha sido ordenado do menor para o maior. A mediana não é afetada por valores extremos, portanto ela pode ser utilizada quando estão presentes valores extremos.

2.8.3 Medidas de Dispersão

Para verificar os valores apresentados em uma população dados estão dispersos ou não, utiliza duas das propriedades de medida de dispersão de dados a variância e o desvio padrão, na qual a variância é dada por:

$$\sigma = \frac{\sum_{k=1}^N (X_i - X)^2}{N} \quad (2.3)$$

E o desvio padrão de amostras é dado por:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N (X_i - X)^2}{N - 1}} \quad (2.4)$$

2.8.4 Erro Quadrático Médio

Erro quadrático médio, MSE do inglês *Mean Squared Error*, é utilizado para verificar a acurácia de modelos e dar maior peso aos maiores erros.

O MSE avalia a qualidade de um preditor (ou seja, uma função mapeando entradas arbitrárias para uma amostra de valores de alguma variável aleatória), ou de um estimador (ou seja, uma função matemática mapeando uma amostra de dados para uma estimativa de um parâmetro de a população da qual os dados são amostrados). A definição de um MSE difere de acordo com a descrição de um preditor ou de um estimador.

o MSE é dado por:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^N (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (2.5)$$

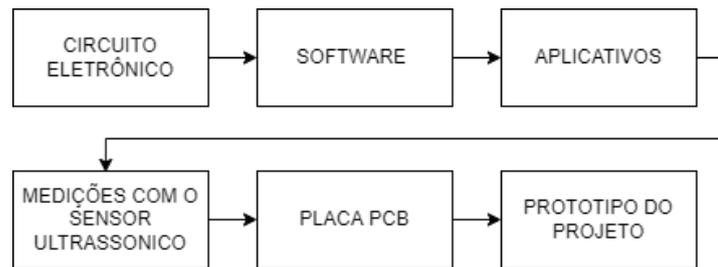
3 Metodologia

Para facilitar a elaboração do projeto, adotou-se a organização em etapas de desenvolvimento, as quais serão apresentadas e discutidas no decorrer deste capítulo.

Inicialmente foi montado o circuito eletrônico do dispositivo em uma *Protoboard*, com a integração dos módulos *Bluetooth*, RFID e o circuito de Gerenciamento De Bateria. Logo após foram desenvolvidos softwares para realizar leituras e escritas nas *Tags* e os aplicativos de interface para o projeto.

Preparado o circuito eletrônico, com todos os módulos trabalhando juntos, foram realizados testes e experimentos envolvendo as funções de leitura e escrita do sistema. Logo após, foi desenvolvida a placa PCB do dispositivo objetivando o desenvolvimento do primeiro protótipo. A figura 9 abaixo ilustra o fluxo de desenvolvimento do trabalho.

Figura 9 – Fluxo das etapas de desenvolvimento do trabalho



Fonte: (Acervo do autor, 2019)

3.1 Funcionamento do Sistema

O sistema em sua totalidade é composto pela união dos elementos: dispositivo inteligente projetado, *smartphone* Android, aplicativos de interface e *Tags* RFID, como ilustrado na figura 10.

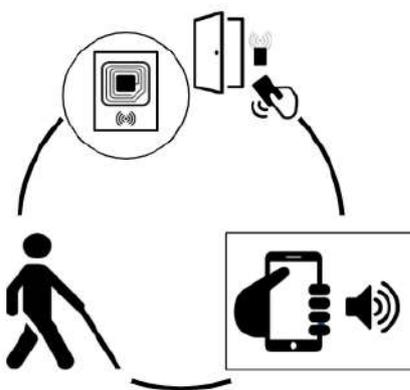
O funcionamento se dá da seguinte maneira. Inicialmente *Tags* RFID deverão estar fixadas a entrada de todos os ambientes em um determinado estabelecimento ou instituição. Em cada *Tag* estarão armazenadas informações sobre o ambiente específico onde a mesma está situada. Com o dispositivo desenvolvido ligado e um *smartphone* Android em mãos, será possível que o usuário faça o pareamento entre eles através da comunicação *Bluetooth*.

Após pareado os dispositivos, o sistema está pronto para realizar leituras de dados ao simplesmente aproximar o dispositivo às *Tags* RFID. O *smartphone* receberá os dados coletados pelo sistema, e através da aplicação de interface criada, transmitirá ao usuário via mensagens de áudio todas as informações captadas. É importante frisar que, as *Tags* precisam ser previamente cadastradas ao sistema para a sua utilização.

O sistema funciona com dois modos de operação distintos, o modo de leitura e o modo de escrita, usado para cadastrar as informações desejadas nas *Tags*, ambos os modos de operação são relacionados para o bom funcionamento da aplicação. No entanto, o modo de leitura é o único destinado ao usuário. O modo de escrita é destinado apenas aos desenvolvedores para a instalação do sistema e cadastro de novas *Tags*.

Todas as ações destinadas ao usuário no decorrer da utilização do sistema poderão ser realizadas de forma simples e adaptada as limitações da deficiência visual.

Figura 10 – Funcionamento do sistema



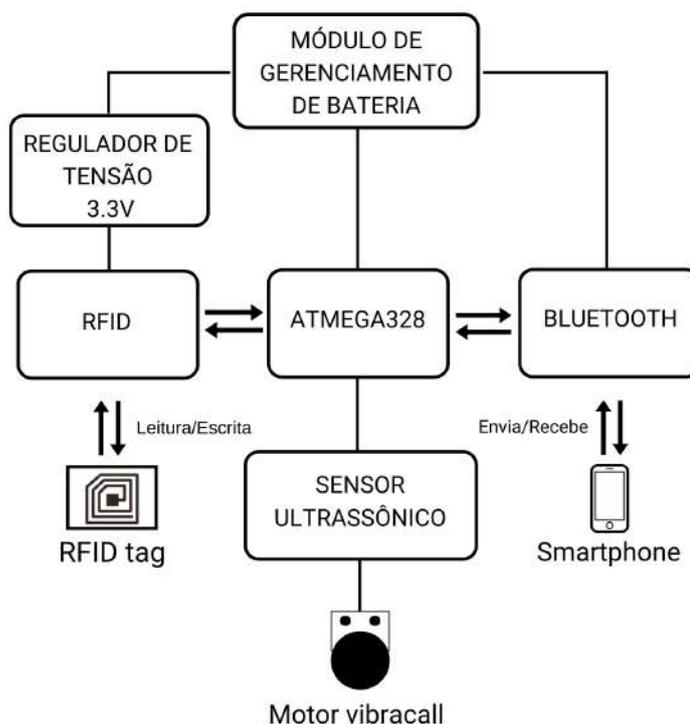
Fonte: (Acervo do autor, 2019)

O sistema ainda realiza detecção de obstáculos por meio de sensores ultrassom, e sinaliza a presença dos mesmos através de motores vibratórios acoplados ao dispositivo.

O dispositivo foi desenvolvido com três módulos principais, os módulos de RFID, *Bluetooth* e Gerenciamento de Bateria. Além de módulos complementares como o módulo de sensor ultrassônico. Cada módulo foi desenvolvido separadamente e em seguida alocados em um único circuito para funcionarem em conjunto.

O módulo de gerenciamento de bateria tem o objetivo de analisar o consumo de energia do circuito, além de carregar a bateria utilizada para fornecer a tensão de alimentação do dispositivo. O módulo de RFID é responsável por realizar leituras e escritas de dados em conexão com as *Tags* RFID, e o módulo *Bluetooth* é responsável por enviar e receber dados, gerenciando o compartilhamento de dados entre o *smartphone* Android e o dispositivo inteligente desenvolvido. A figura 11 ilustra os módulos principais do sistema e algumas das suas funcionalidades.

Figura 11 – Diagrama em blocos, principais módulos do sistema



Fonte: (Acervo do autor, 2019)

3.2 Desenvolvimento dos módulos

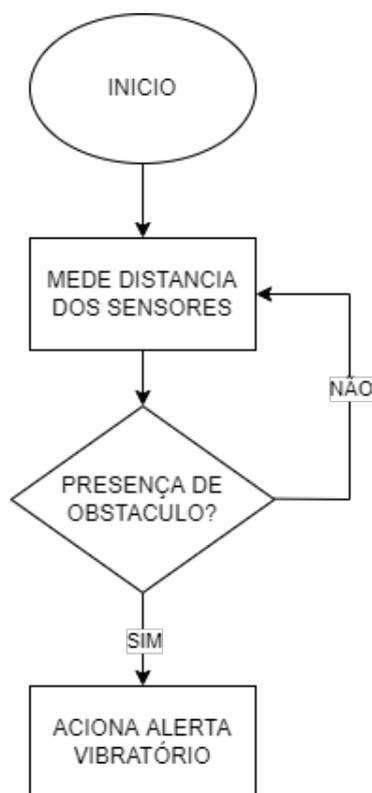
Nesta sessão apresenta-se o processo de desenvolvimento dos módulos de RFID, *Bluetooth* e Gerenciamento de bateria, além de expor alguns elementos utilizados de forma adicional aos módulos durante o andamento do projeto.

3.2.1 Microcontrolador

Para possibilitar o compartilhamento de dados entre um módulo e outro foi utilizado um microcontrolador de baixo custo, o ATMEGA328 do tipo nano chip, responsável por processar os dados e transferi-los de um módulo para o outro, figura 14.

Atuando como centro de controle do dispositivo projetado o microcontrolador é responsável por controlar e verificar os sensores ultrassônicos. Após receber as respostas dos sensores ele controla os motores vibracalls com padrões de vibrações distintos de forma que o deficiente possa entender a distância aproximada dos obstáculos, como mostra a figura 12.

Figura 12 – Fluxograma de controle dos sensores ultrassônicos



Fonte: (Acervo do autor, 2018)

O Atmega328p controla também as leituras das tags RFID. Os dados lidos são salvos temporariamente para logo após serem enviados via bluetooth para o smartphone que converte esse dado em uma mensagem de voz para o usuário.

O microcontrolador usado é desenvolvido pela *Atmel* e tem uma alta performance podendo executar instruções em um ciclo de *clock*, fazendo com que o mesmo alcance 1 MIPS/MHz (1 Milhão de Instruções por Segundo por Mega Hertz), opera com tensões de entrada entre 1,8 e 5,5 volts, e em sua estrutura está uma CPU do tipo 8 bits AVR baseado em estrutura RISC, com 32 kB de memória flash, 1 kB de EEPROM, 2 kB de SRAM, 23 pinos de I/O (Entrada e saída de dados) para propósito geral, 32 registradores, 3 *timer/counters*, interrupções internas e externas, serial programável USART, 1 interface I²C SPI porta serial, conversor A/D de 6 canais e 10 bits, temporizador do *watchdog* interno programável com oscilador, e 5 modos de economia de energia selecionáveis por software (ATMEL, 2009).

Inicialmente, no desenvolvimento do circuito eletrônico foi utilizado o ATMEGA328 junto com a placa *Arduíno Nano* para os testes iniciais e posteriormente o microcontrolador foi utilizado separadamente.

Figura 13 – ATMEGA328 nano chip



Fonte: (ATMEL, 2009)

3.2.2 Módulo RFID

Para o desenvolvimento do módulo de RFID foi utilizado o leitor do tipo MFRC522, figura 14. Um circuito integrado de leitura e escrita para comunicação remota RFID, desenvolvido pela empresa *NXP Semiconductors*, empresa que desde 1975 trabalha desenvolvendo soluções em eletrônica e atualmente atua desenvolvendo soluções de conectividades seguras para aplicações embarcadas.

O leitor MFRC522 opera com uma tensão de alimentação entre 2.5v à 3.3v e atua com frequência de 13.56MHz, a sua distância de operação típica no modo de leitura/escrita é de até 5cm dependendo do tamanho e do ajuste da antena; O *buffer* interno pode armazenar até 64 bytes de dados para leitura e escrita e ele é capaz de transmitir dados a uma velocidade de até 10Mbit/s (NXP, 2016).

Este tipo de leitor é muito usado em projetos na área da eletrônica por ser de fácil manipulação e por ter várias aplicações práticas. Para este projeto o leitor foi configurado de modo a estar apto para fazer a busca por novas *Tags* presentes em seu alcance, acessá-las e realizar as funções de escrita e leitura de dados.

Figura 14 – Módulo Leitor MFRC522



Fonte: (Acervo do autor, 2019)

3.2.3 Tags RFID

As *Tags* utilizadas no projeto foram as do tipo *MIFARE Classic EV1* desenvolvidas pela empresa NXP Semicondutores. Foram utilizadas *Tags* de dois tipos, cartão e chaveiro, figura 15.

Elas são formadas por *transponders* passivos operando a uma frequência de 13.56MHz. Em sua configuração está uma 1024 x 8 bit EEPROM- Electrically-Erasable Programmable read-Only Memory (memória apenas de leitura programável e que pode ser apagada eletricamente), trata-se de um tipo de memória não-volátil usada em computadores e outros dispositivos eletrônicos para armazenar pequenas quantidades de dados que precisam ser salvos quando a energia é removida (NXP, 2018).

Figura 15 – Tags RFID MIFARE Classic EV1

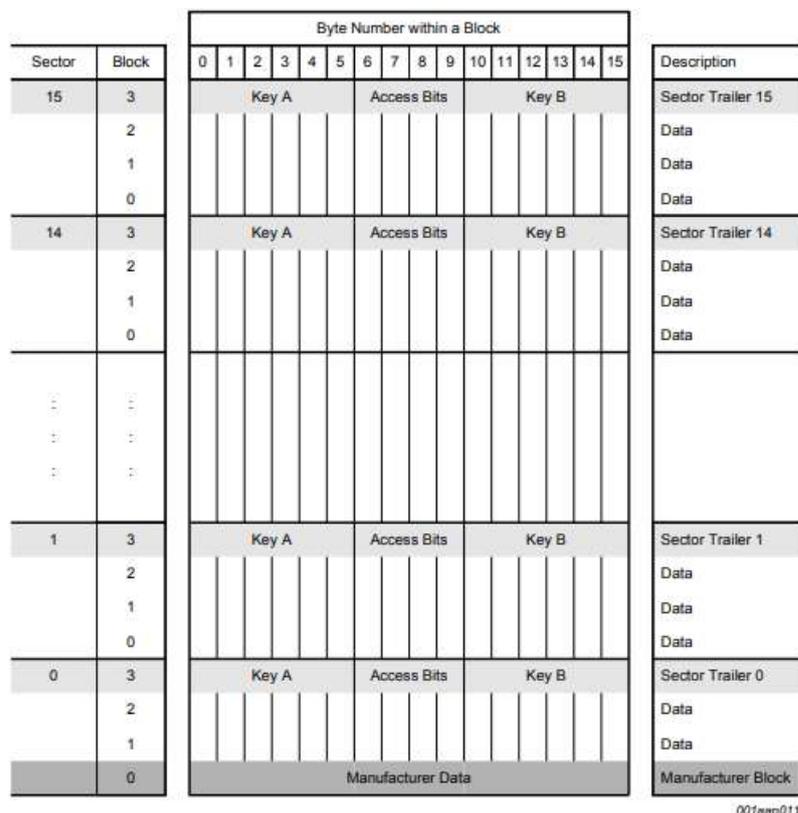


Fonte: (Acervo do autor, 2019)

Sua memória está organizada em 16 setores de 4 blocos, onde cada bloco possui 16 bytes, fornecendo um total de 1KB de memória para cada *Tag* RFID, figura 16. Também

é necessário citar que, o último bloco de cada setor é considerado um setor *trailer* e é preenchido com chaves de autenticação e acesso ao sistema. Por isso, estes blocos em particular não podem ser usados para armazenamento de dados, apenas para a configuração do sistema (NXP, 2018).

Figura 16 – Organização da memória EEPROM em uma *Tag* RFID Classic EV1



Fonte: (NXP, 2018)

As *Tags* tem a única função específica de armazenar dados de ambientes em seus blocos de memória, para serem lidos futuramente através do módulo RFID leitor.

3.2.4 Módulo *Bluetooth*

Em seu desenvolvimento foi usado o módulo *Bluetooth* HC-06, figura 17. Possibilitando a transmissão de dados sem fio em pequenas distâncias, este módulo é implementado com a versão 2.0 do *Bluetooth* com um alcance de aproximadamente 10 metros. Possui 4 pinos sendo 2 para comunicação (Tx e Rx), 1 Vcc e 1 Gnd. O módulo funciona com uma tensão de alimentação de 5V, mas os pinos de comunicação devem funcionar com tensões de 3.3V, o que torna necessária a aplicação de um circuito divisor de tensão para estes pinos (TECHNOLOGY, 2006).

Figura 17 – Módulo *Bluetooth* HC-06

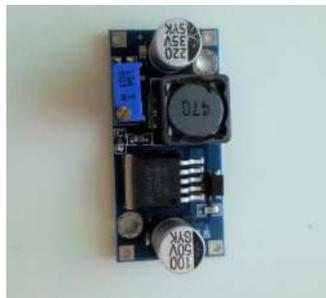
Fonte: (Acervo do autor, 2019)

Para o circuito divisor de tensão foi utilizado um resistor de 1K e outro de 2K em série, o que gerou um nível de sinal de aproximadamente 3.3v, suficiente para o bom funcionamento do circuito. Assim o módulo *bluetooth* realiza transferências de dados entre o *smartphone* e o *atmega328*.

3.2.5 Módulo Gerenciamento de bateria

O módulo de gerenciamento de bateria inicialmente foi desenvolvido com o auxílio de uma fonte de bancada, ajustada a uma tensão de saída de 5v para fornecer tensão à todo o sistema (simulando a bateria), além de um módulo regulador de tensão Step-Down, o LM2596, figura 18. Este regulador é capaz de reduzir uma carga de até 3A com ótima eficiência, a sua tensão de saída pode ser ajustada a valores entre 1,5v e 35v, tendo como entrada 3,2 a 40v, além de possuir uma velocidade de comutação de 150KHz. (INSTRUMENTS, 1999)

Figura 18 – Módulo regulador LM2596



Fonte: (Acervo do autor, 2019)

O regulador LM2596 foi ajustado para gerar uma tensão de saída de 3.3V (a partir da fonte de 5v), tensão necessária para a alimentação do módulo de leitura MFRC522.

Este circuito eletrônico inicial para o módulo de gerenciamento de bateria foi montado em uma *Protoboard* para fins de testes na alimentação do sistema.

Posteriormente melhorias foram atribuídas ao módulo de gerenciamento de bateria, que passou a ser desenvolvido com uma bateria de íons de lítio de 3.7V e 600mA, com dimensões de (5) mm x (34) mm x (46) mm, o que eliminou a necessidade da utilização da fonte de bancada anteriormente mencionada.

Um módulo regulador de tensão step up 5V, AMS1117, figura 19, foi usado para elevar a tensão da bateria para uma tensão de 5v estabilizada, atuando com baixa dissipação de calor e baixas perdas de potência (SYSTEMS, 2003).

Figura 19 – Módulo regulador step up, AMS1117.



Fonte: (Acervo do autor, 2019)

E o módulo carregador, TC 4056, figura 20, foi usado para gerenciar a carga e a descarga da bateria, protegendo-a contra danos elétricos (TECHONOLY, 2003);

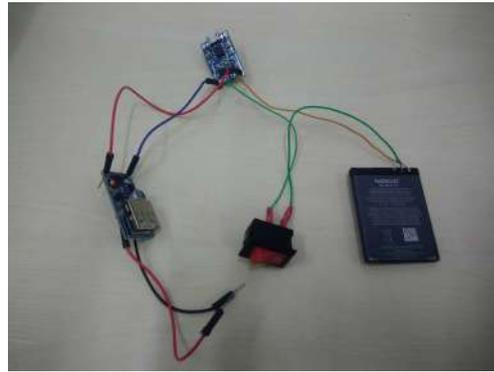
Figura 20 – Módulo TC 4056.



Fonte: (Acervo do autor, 2019)

Assim, a tensão da bateria passa por um circuito de proteção com o módulo TC 4056 e é ajustada para 5V antes de alimentar o sistema. Foi utilizado ainda uma chave táctil, gerando a funcionalidade liga/desliga do módulo. Na figura 21 abaixo é possível observar o circuito deste módulo de gerenciamento de bateria.

Figura 21 – Circuito desenvolvido para o módulo de gerenciamento de bateria.

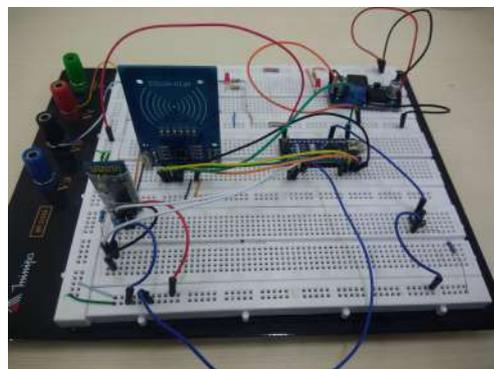


Fonte: (Acervo do autor, 2019)

Ainda se faz necessário dentro do sistema a utilização de um regulador *step down* e estabilizador de tensão em 3.3v para a alimentação do módulo de RFID. No entanto, nesta nova configuração, o regulador usado para este fim será inserido no circuito geral, precisamente próximo à configuração do módulo leitor e não dentro do módulo de gerenciamento de bateria.

O circuito completo do projeto foi montado inicialmente em *protoboard* com seus respectivos módulos, como pode ser observado na figura 23.

Para a implementação inicial do modo de escrita do sistema, foi instalado um botão de pressão ao sistema (*Push Button*), para que ao ser pressionado o sistema passe a funcionar com o modo de escrita. Posteriormente o botão será excluído e o sistema será dividido, com um dispositivo inteiramente para as leituras e outro dispositivo a parte exclusivo para realizar escritas.

Figura 22 – Circuito eletrônico inicialmente montado em *protoboard*.

Fonte: (Acervo do autor, 2019)

3.3 Desenvolvimento do software para leitura e escrita

O software foi desenvolvido em linguagem C de programação e com o auxílio da plataforma IDE do Arduino, que é um ambiente integrado de desenvolvimento gratuito usado para escrever e fazer *upload* de programas em placas compatíveis com Arduino.

Para codificar as funcionalidades desejadas e manipular as características do módulo leitor RFID foi utilizado como auxílio a biblioteca Arduino MFR-C522 criada por Balboa (2012). As funções utilizadas foram basicamente as de leitura, escrita, ganho da antena, busca por novas *tags* presentes e de visualização dos dados da memória.

Como vimos anteriormente, a memória presente nas *tags* é organizada em 16 setores de 4 blocos, onde cada bloco possui 16 bytes. Assim, para o processo de escrita e leitura foram escolhidos 2 blocos = 32bytes em um setor específico para a alocação dos dados desejados, no processo de escrita da *tag* é inserido um caractere a cada byte selecionado, formando frases de identificação. Para o processo de leitura, os mesmos blocos selecionados são lidos e seus dados são transferidos para o *smartphone* via comunicação *bluetooth*.

O acesso aos blocos de uma memória só é possível através do processo de autenticação com as chaves especificadas em cada bloco. Assim, no programa desenvolvido foi escolhido a utilização do setor 1 e blocos 4 e 5 (neste caso o bloco trailer é o bloco 7).

O programa inicialmente desenvolvido cria um loop onde a função de leitura é chamada constantemente, nela acontece a busca por novas *Tags* próximas e quando uma *tag* é identificada acontece a autenticação, então os dados presentes nos blocos 4 e 5 são lidos e enviados. Caso haja qualquer erro na leitura de um dos blocos, o sistema mostra uma mensagem informando que houve erro na leitura.

Para o processo de escrita, os dados precisam ser enviados via *bluetooth* em forma de bloco de texto de no máximo 32 caracteres, essa informação é quebrada em duas partes de 16bytes para então serem inseridas nos blocos especificados através da função de escrita.

No programa criado para a escrita deve acontecer uma busca por novas *tags* de forma semelhante ao programa de leitura, quando a nova *tag* é reconhecida no alcance do leitor o programa fica em estado de espera até que receba os 32 caracteres via *bluetooth*. O programa recebe esses dados e divide em duas partes alocando-os em alguns registradores, só então é iniciada a função de escrita de fato. Durante o processo é necessário a autenticação novamente para ter acesso a memória das *Tags* e assim poder escrever ou reescrever dados.

No início da pesquisa a função de escrita e de leitura estavam juntas em um mesmo programa, a função de leitura era acionada automaticamente desde a iniciação do sistema e para acionar o modo de escrita era necessário pressionar um botão no circuito eletrônico.

Posteriormente foram divididos em dois programas exclusivos um para o modo de leitura utilizado pelo usuário e outro para o modo de escrita, utilizada pelos desenvolvedores

para o cadastramento de novas *tags* RFID.

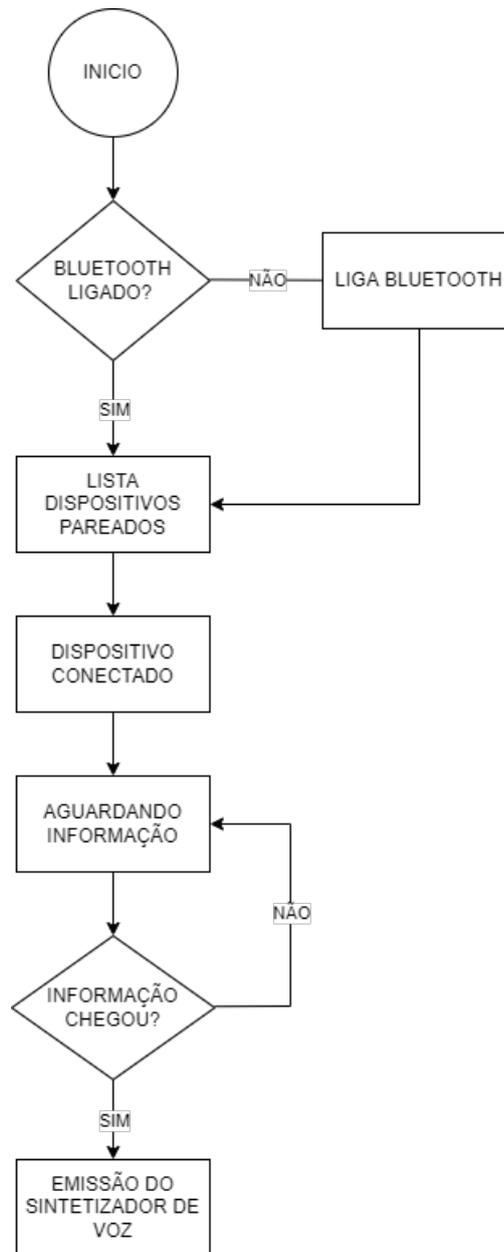
3.4 Desenvolvimento dos aplicativos de interface

Foram desenvolvidos dois aplicativos de interface para o sistema operacional *Android*, um para cada modo de operação do sistema. Ambos foram desenvolvidos através da linguagem de programação Java para *Android*, com o auxílio do software *Android studio*.

O aplicativo para o modo de leitura foi projetado pensando em melhorar a autonomia dos usuários (deficientes visuais), assim, as suas ações podem ser realizadas apenas por cliques na tela, guiados por comandos de áudio.

O aplicativo é configurado para ao iniciar, listar por comando de voz automaticamente todos os dispositivos *Bluetooth* presentes ao seu alcance. O usuário deve clicar na tela após a identificação “*Stick*” (*Bluetooth* do sistema), feito isso será realizado o pareamento entre o *Smartphone Android* e o dispositivo projetado. Após o pareamento entre os dispositivos o sistema estará pronto para ser utilizado, iniciando automaticamente as leituras caso haja alguma *Tag* já cadastrada presente no alcance do leitor, figura 23.

Figura 23 – Fluxograma aplicativo de leitura.



Fonte: (Acervo do autor, 2019)

O modo de leitura possui duas telas, a tela de seleção e a tela de monitoramento. Na tela de seleção, será onde está a lista de dispositivos pareados, é nela que será escolhida qual o dispositivo será conectado. Já na tela de monitoramento o aplicativo aguarda alguma informação de leitura das TAGs RFID, para que através de um sintetizador de voz, ele possa informar o conteúdo da TAG.

Para o cadastro das *Tags* o sistema conta com a aplicação de escrita. Nesta aplicação é fornecido uma caixa de texto onde é possível digitar os dados para serem escritos às *Tags*. O sistema aceita a inserção de até 32 bytes de caracteres, o que gera a possibilidade de escrever frases de tamanho médio como “Lab de equipamentos biomédicos”. Para que os

dados sejam adequadamente escritos é necessário aproximar a *Tag* desejada ao dispositivo (que deve estar em modo de escrita) e no aplicativo com o a caixa de texto já preenchida clicar no botão “enviar”.

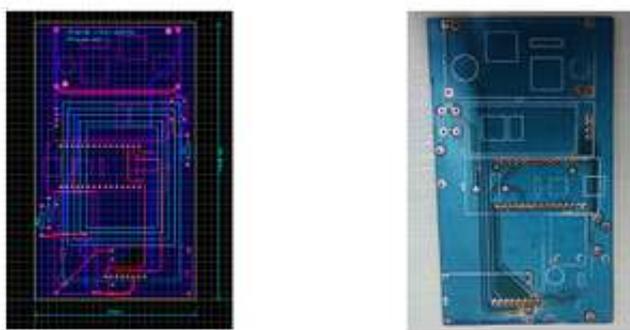
Em uma primeira versão do sistema, após uma ação de escrita bem sucedida, o sistema volta automaticamente a operar o modo de leitura. Já em segunda versão, os modos de operação são separados em dois dispositivos semelhantes, assim, a escrita é feita separadamente.

3.5 Placa de circuito impresso (*PCB*)

Do inglês *Printed circuit board*- PCB, as placas de circuito impresso conectam vários componentes eletrônicos através de trilhas de cobre em uma placa, para o desenvolvimento de dispositivos eletrônicos. Assim, foi desenvolvido uma primeira placa de circuito impresso para o projeto, com o objetivo de otimizar o circuito e produzir o primeiro protótipo.

O layout para a fabricação da primeira placa foi desenvolvido com o auxílio do software ARES *Protheus*, a figura 24 mostra o designer criado para a fabricação da placa, onde as trilhas foram desenhadas de acordo com a pinagem e a dimensão de cada componente utilizado, que foram alocados lado a lado de forma a deixar o dispositivo compacto.

Figura 24 – PCB primeira versão, layout para a fabricação (imagem a esquerda) e placa desenvolvida (imagem a direita).



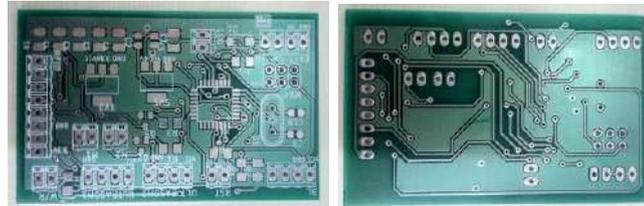
Fonte: (Acervo do autor, 2019)

Após o desenvolvimento da primeira versão da PCB, foram identificados alguns erros com relação as dimensões dos componentes, fazendo-se necessário o designer de uma nova placa para o circuito, ilustrado na figura 25.

Esta segunda versão foi desenvolvida com o auxílio do software para projeto de placas PCB, *Eagle*, e alguns componentes como módulos prontos de reguladores foram substituídos por circuitos com componentes em SMD (*Surface Mounted Device*) que

são basicamente componentes desenvolvidos em dimensões minúsculas e que podem ser alocados a placas sem a necessidade de furos, trazendo mais usabilidade a placa que pode ser usada de ambos os lados ao mesmo tempo.

Figura 25 – PCB segunda versão.



Fonte: (Acervo do autor, 2019)

A grande vantagem da utilização de componentes em SMD para a placa do projeto é que assim foi possível diminuir o tamanho da placa consideravelmente. Em sua primeira versão a placa tinha as dimensões de 93,98mm x 55mm, já em sua segunda versão possui as dimensões de 60mm x 30,7mm.

Algumas alterações relevantes entre a primeira e a segunda versão foram:

- A mudança de alguns componentes como o módulo do regulador LM2596 que foi substituído por um circuito com o regulador AMS1117 de 3.3V em SMD
- Todos os resistores e capacitores utilizados foram substituídos por componentes de mesma capacidade em SMD
- O microprocessador ATMEGA328 foi utilizado junto com um circuito para *bootloader*, e separado do microcontrolador anteriormente utilizado, o *Arduino nano*

E por fim a divisão dos modos de operação. Nesta segunda versão pretende-se utilizar um dispositivo semelhante ao de leitura, mas, apenas para realizar o processo de escrita, deixando o dispositivo do usuário livre de funcionalidades extras que não iriam ser utilizadas por ele.

4 Resultados e Discussões

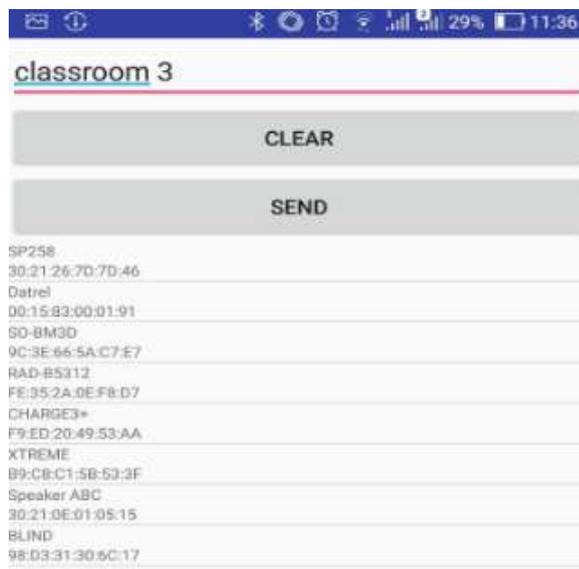
Após o desenvolvimento do circuito eletrônico, do software para leitura e escrita e dos aplicativos de interface, foram realizados testes de funcionalidade com os dois modos de operação do sistema, o modo de leitura e o modo de escrita. Ambos os modos funcionaram como de esperado e tiveram resultados satisfatórios, assim como o software e os aplicativos desenvolvidos, nas figuras 26 e 27 estão ilustrados layouts dos aplicativos projetados, a primeira imagem mostra a tela de seleção do *bluetooth* para o pareamento com o dispositivo projetado, a segunda imagem mostra a tela de apoio para o cadastro de novos dados nas tags. Nesta última é possível notar a caixa de texto mencionada anteriormente (na sessão 3.4) com a frase "*classroom 3*" e os botões, enviar (*send*) e limpar (*clear*). O aplicativo para leituras é o utilizado pelo usuário e possui apenas a função de transmitir as informações por mensagens de voz, não sendo necessário layout com funcionalidades extras.

Figura 26 – Interface do aplicativo de leitura - Tela de seleção do *bluetooth*.



Fonte: (Acervo do autor, 2018)

Figura 27 – Interface do aplicativo para escrita - Tela de inserção de dados para serem gravados à tag.



Fonte: (Acervo do autor, 2019)

Em testes de funcionalidade foi constatado que o alcance do leitor é razoavelmente baixo e a *Tag* precisa estar a uma distancia de no máximo *2cm* e em posição paralela ao leitor, para que as leituras sejam bem sucedidas. Caso contrário, é possível que ocorra erro na leitura, o que resultará apenas em uma mensagem de aviso ao invés da leitura da *Tag* específica.

Em modo de escrita, o sistema foi projetado para aceitar até 32 Caracteres de dados. Caso esse limite seja excedido, apenas os 32 iniciais serão escritos nas *Tags*. O processo funcionou adequadamente de acordo com o especificado na sessão 3.4.

Para a elaboração do protótipo do projeto utilizou-se a segunda versão da placa PCB desenvolvida. Os componentes foram inseridos a placa, assim como também os módulos *Bluetooth*, *RFID* e o gerenciamento de bateria. Na figura 28 está ilustrada a PCB desenvolvida já com todos os componentes e módulos alocados.

Figura 28 – PCB e componentes.



Fonte: (Acervo do autor, 2019)

Os testes realizados com a placa foram os de leitura e escrita e o teste de consumo da bateria. Os modos de leitura e escrita permaneceram com desempenho satisfatório e os testes foram realizados de maneira semelhante aos testes anteriores, inicialmente foram cadastradas novas *Tags* utilizando o modo de escrita do projeto. Várias frases diferentes como, "banheiro feminino", "coordenação" e "auditório 01" foram cadastradas para o teste, que ocorreu com sucesso.

Logo após foi utilizado o modo de leitura do projeto para captar as informações anteriormente cadastradas, os testes foram feitos variando a posição e a distância das *Tags* com relação ao leitor. A captação das informações via Leitor RFID foram bem sucedidas, assim como a comunicação *Bluetooth* e o funcionamento do aplicativo de leitura, componentes do modo de leitura do projeto.

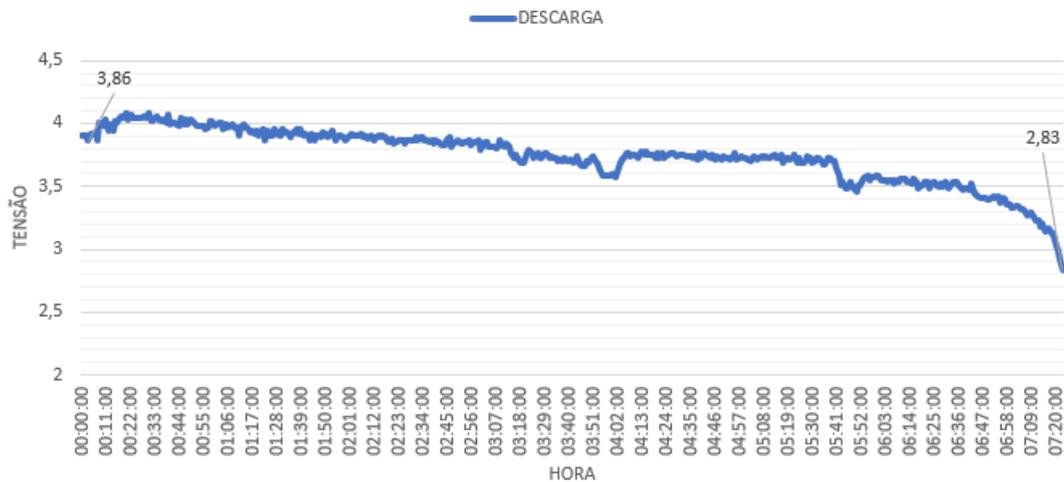
O teste de consumo de bateria foi feito através de um sistema de análise, formado com a inserção de uma placa microcontrolador Arduino Uno e uma *Shield* para conexão com Arduino que permitia o uso de um cartão micro SD. Além de ajustes realizados no software desenvolvido para leitura e escrita, com a inserção de um programa que monitora o nível de bateria a cada minuto.

A bateria foi completamente carregada para o teste e constatou-se uma tensão de 3.86V aproximadamente. O dispositivo foi pareado com o *Smartphone* Android e o sistema passou a funcionar. A cada minuto o sistema de análise detectava o valor médio do nível de tensão da bateria e salvava em uma tabela no cartão micro SD junto com os valores de tempo. Posteriormente foi utilizado o software Excel para a análise da tabela obtida, o que deu origem ao gráfico da figura 29 que ilustra a curva de descarga da bateria em função do tempo durante o funcionamento do dispositivo.

Segundo o teste realizado, o dispositivo foi capaz de funcionar durante aproximadamente 7 horas e 20 minutos, parando o seu funcionamento por completo quando a bateria chegou a uma carga de 2.83V. Isso acontece devido aos circuitos de proteção para baixas

tensões localizados no módulo de gerenciamento de bateria, não permitindo o uso da bateria a uma tensão menor que a do limite analisado, ação esta que poderia danificá-la.

Figura 29



Assim, o teste foi realizado com sucesso e através dele concluí-se que o dispositivo possui capacidade de atuar em seu pleno funcionamento por um tempo satisfatório de em média de 7h, o que garante ao usuário a comodidade de carregar o dispositivo apenas 1 vez ao dia dependendo do tipo de necessidade de uso.

O último teste feito foi o tratamento estatístico do sensor ultrassônico, que visa encontrar o desvio padrão e o EMQ. Para início do tratamento foi escolhido fazer a comparação com o equipamento Fluke 424d como mostrado na figura 30, trata-se de uma trena a laser com uma excelente precisão de aproximadamente 1mm (FLUKE, 2012). Foram utilizados 3 tipos de alvos, que foram um armário de alumínio, uma caixa de papelão e uma pessoa, foram feitas 20 amostras de cada equipamento.

Figura 30 – Equipamento Fluke 424d.



Fonte: ((FLUKE, 2012))

A tabela 1 apresenta os resultados obtidos quando o anteparo utilizado foi um armário de alumínio:

Tabela 1 – Anteparo - Armário de Alumínio

Distância(cm)	Média(cm)	Desvio Padrão	EMQ(cm)
50	39,15	0,2399841004	122,124065
100	90,3225	0,3845828225	95,740015
150	142,53	0,3409811694	58,855015
200	195,09	0,4503203538	25,20265

A tabela 2 apresenta os resultados obtidos quando o anteparo utilizado foi um caixa de papelão:

Tabela 2 – Anteparo - Caixa de Papelão

Distância(cm)	Média(cm)	Desvio Padrão	EMQ(cm)
50	42,53	0,208232537	57,399095
100	94,09	0,4276619422	94,45785
150	144,492	0,3987163614	50,67469
200	195,3225	0,2909489917	30,083425

E por último fizemos medições utilizando uma pessoa como anteparo, como mostra a tabela 3:

Tabela 3 – Anteparo - Pessoa

Distância(cm)	Média(cm)	Desvio Padrão	EMQ(cm)
50	1158,126	1550,244398	3557515,643
100	99,1465	7,180967736	53,625545
150	121,495	3,432993937	858,2972
200	1814,778	1592,707928	5006099,41

Após a conclusão do tratamento estatístico concluí-se que o sensor não apresenta resultados adequados para informar ao usuário os obstáculos a sua frente, pelo alto índice de erro principalmente com obstáculos que não apresentam a face plana.

5 Considerações Finais

De acordo com os testes realizados o projeto é capaz de realizar leitura e gravação de informações, além de enviar estas através de mensagens de áudio para os usuários.

A usabilidade do aplicativo de interface e do dispositivo projetado é simplificada e adaptada para a deficiência visual, o que permite a utilização do sistema sem a necessidade do auxílio de terceiros, trazendo mais autonomia e independência a vida dessas pessoas.

Segundo o teste de consumo de bateria realizado, o dispositivo é capaz de operar durante o período de mais de 7h seguidas com apenas uma carga de bateria, trazendo mais comodidade ao usuário que, dependendo da frequência de uso pode passar até um dia inteiro utilizando o sistema ao carregar uma única vez a bateria.

Foi constatado que é necessário a aproximação de no mínimo *2cm* entre a *Tag* e o leitor RFID para ser possível realizar leituras e escritas bem sucedidas pelo sistema. Essa distancia de operação pode ser melhorada e ampliada em trabalhos futuros, com o desenvolvimento de um leitor RFID próprio que possua uma antena de alcance maior e uma *Tag* também adaptada para longos alcances.

Essa adaptação futura poderá facilitar ainda mais o uso do sistema, pois o usuário não precisara aproximar a *Tag* ao leitor a uma distância tão pequena, mas apenas ao passar perto da *Tag* o leitor já estaria apto para realizar as suas funções.

O projeto é capaz de ajudar deficientes visuais a se localizarem dentro de instituições públicas de ensino ou em outros estabelecimentos onde possa ser instalado, aumentando o nível de acessibilidade destas instituições e também fornecendo melhores condições para estudantes e pessoas com deficiência visual numa escala geral.

O dispositivo inteligente é considerado acessível, devido o seu baixo custo de fabricação e fácil configuração para uso, adaptado exclusivamente para a deficiência visual.

Usar a tecnologia para melhorar a vida de pessoas com a deficiência visual é impactante. O sistema de auxílio a identificação de ambientes para deficientes visuais é um projeto que tem ampla possibilidade de aplicação em diversos estabelecimentos, facilitando a vida de muitas pessoas ao utilizá-lo.

Durante a elaboração deste trabalho, foi possível estudar a fundo e entender conceitos sobre a deficiência visual, as maiores dificuldades enfrentadas pelos deficientes, além de compreender a relevância da tecnologia assistiva na vida dessas pessoas e o que é possível realizar através dela.

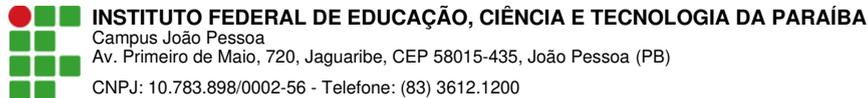
Referências

- ADA. *National Network, Information, Guidance And Training On The Americans With disabilities Act*. 1990. Disponível em: <<https://adata.org/learn-about-ada>>. Acesso em: 08/10/2019. Citado na página 16.
- ALVES, A. C. D. J. *AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIA ASSISTIVA PREDISPOSIÇÃO AO USO -ATD PA Br Versão brasileira*. 2017. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/31065/1/RELATORIO_AvaliacaodetecnologiaassistivaATDPA.pdf>. Acesso em: 02/12/2020. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 23.
- ARAÚJO, R. et al. *SISTEMA COMPLEMENTAR RFID PARA LOCALIZAÇÃO DE DEFICIENTES VISUAIS EM AMBIENTES FECHADOS*. 2014. Disponível em: <https://www.canal6.com.br/cbeb/2014/artigos/cbeb2014_submission_311.pdf>. Acesso em: 14/07/2020. Citado na página 14.
- ATMEL. *Datasheet Component ATMEGA328*. [S.l.], 2009. Disponível em: <<https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/SMD/ATMega328.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 40 e 41.
- BALBOA, M. *MFRC522 library*. 2012. Disponível em: <<https://github.com/miguelbalboa/rfid>>. Acesso em: 20/06/2018. Citado na página 47.
- BERSCH, R. Introdução à tecnologia assistiva. *Teclogoia e Educação Assistiva, Porto Alegre - RS*, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 17.
- BIGLIERI, S. K. W. ,Stephen Wilson ,E. *Academic Press Library in Mobile and Wireless Communications: Transmission Techniques for Digital Communications*. [S.l.], 2016. 559-618 p. Citado 3 vezes nas páginas 30, 31 e 32.
- BISDIKIAN, I. C. C. An overview of the bluetooth wireless technology. *IEEE Communications Magazine*, p. 86–94, 2001. Citado na página 34.
- BORGES, J. A. D. Um novo acesso dos cegos à cultura e ao trabalho. *Revista Benjamin Constant*, 1996. Citado na página 15.
- BRASIL. *Tecnologia Assistiva*. Brasília: CORDE, 2009. Acesso em: 16/03/2020. Citado na página 16.
- BRASIL. *Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). Censo da Educação Básica 2019: Resumo Técnico*. Brasília. 2020. Acesso em: 13/07/2020. Citado na página 12.
- BROCK, N. H. Mauro Avila ,K. W. A. Remote assistance for blind users in daily life: A survey about be my eyes. *University of Stuttgart, BTK - University of Art and Design, Inria Bordeaux*, 2018. Citado na página 24.
- CAT. Coordenadoria nacional para integração da pessoa portadora de deficiência. *ATA VII Reunião Do Comitê De Ajudas Técnicas*, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 16.
- D-EYE. *D-EYE App Guide*. [S.l.], 2017. Disponível em: <file:///C:/Users/ferna/Downloads/d_eye_app_guide.pdf>. Citado na página 24.

- EDUCACIONAIS, I. N. de Estudos e P. *Sinopse estatística, 1996 : Brasil, regiões, unidades da Federação.- Brasília*. 1997. Acesso em: 13/07/2020. Citado na página 12.
- ELIZABETH, R. M. V. G. ,D. C. M. F.; NEVES, M. E. T. M. S. Complexo eletrônico: Identificação digital por radiofrequência. *BNDES Setorial, Rio de Janeiro*, 2005. Citado 5 vezes nas páginas 25, 26, 27, 28 e 29.
- EUROPEIA-DGXIII, C. *Educação em Tecnologias de Apoio para Utizadores Finais Linhas de Orientação para Formadores*. 1999. Disponível em: <http://www.siva.it/research/eustat/download_por.html>. Acesso em: 23/03/2020. Citado na página 18.
- EUSTATE. *Empowering Users Through Assistive Technology*. 1998. Disponível em: <<http://www.siva.it/research/eustat/>>. Acesso em: 26/11/2020. Citado 3 vezes nas páginas 18, 19 e 20.
- FARIA, L. A. F. de. Dispositivo de auxílio à locomoção de deficientes visuais utilizando fusão sensorial em arquiteturas reconfiguráveis. *Universidade de Brasília - Curso de Engenharia Eletrônica*, 2015. Citado na página 24.
- FLUKE. *414D, 419D, 424D Laser Distance Meter*. [S.l.], 2012. Disponível em: <<https://www.instrumart.com/assets/Fluke-414D-419D-424D-manual.pdf>>. Citado na página 55.
- GONZÁLEZ Ángel García ,José Luis ,I. Whatscine: Sistema de accesibilidad para eventos culturales basado en plataformas móviles. *Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Informática*, 2017. Citado na página 25.
- HARTE, M. L. *Introduction To Bluetooth*. 2017. Disponível em: <<http://www.althos.com/tutorial/Bluetooth-tutorial-telephony-control-layer.html>>. Acesso em: 14/01/2022. Citado na página 34.
- INSTRUMENTS, T. *LM2596 SIMPLE SWITCHER® Power Converter 150-kHz 3-A Step-Down Voltage Regulator - Datahseet*. [S.l.], 1999. Disponível em: <<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2596.pdf>>. Citado na página 44.
- ISO9999. Assistive products for persons with disability — classification and terminology. *INTERNATIONAL STANDARD*, 2002. Citado na página 16.
- ISO9999. Assistive products for persons with disability — classification and terminology. *INTERNATIONAL STANDARD*, 2016. Citado na página 17.
- KLAUS, F. Fundamentals and applications in contactless smartcard, radio frequency identification and near-field communication. *RFID Handbook*, 2010. Citado 6 vezes nas páginas 25, 26, 27, 28, 29 e 30.
- KONIGAME, A. G. ,Cristiane Santos ,Felipe Melo ,Geisson Rodrigues ,João Rodrigo Faria ,E. M. *ÓCULOS SONAR PARA DEFICIENTES VISUAIS*. 2015. Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2009/anais/arquivos/RE_0948_0818_01.pdf>. Acesso em: 14/07/2020. Citado na página 13.
- LDBEN. *Lei nº 4.024, Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. 1961. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4024.html>. Acesso em: 11/10/2019. Citado na página 11.

- MARTA, G. Deficiência visual. *Cadernos da tv escola, MEC. Secretaria de Educação a Distância.*, 2000. Citado na página 15.
- MCDERMOTT-WELLS, P. What is bluetooth? *IEEE Potentials*, v. 23, n. 5, p. 33–35, 2004. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 33.
- MELLO, A. R. A. ,Jhones Clay dos Santo ,Marlon Hugo Rodrigues ,Ricardo Bernardes de. *CONSTRUÇÃO DE UMA BENGALA ELETRÔNICA PARA DEFICIENTE VISUAL*. 2016. Disponível em: <<https://periodicos.unis.edu.br/index.php/interacao/article/view/110/99>>. Acesso em: 14/07/2020. Citado na página 13.
- NOWILL, D. de G. *Estatísticas de Deficiente Visual*. 2018. Disponível em: <<https://www.fundacaodorina.org.br/a-fundacao/deficiencia-visual/estatisticas-da-deficiencia-visual>>. Acesso em: 05/09/2019. Citado na página 15.
- NXP, S. Mfrc522 standard performance mifare and ntag frontend. *Product datasheet*, 2016. Citado na página 41.
- NXP, S. Mifare classic ev1 1k - mainstream contactless smart card ic for fast and easy solution development. *Product datasheet*, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 42 e 43.
- PNE. *Plano Nacional de Educação*. 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10172.html>. Acesso em: 11/10/2019. Citado na página 12.
- RADABAUGH, M. P. Study on the financing of assistive technology devices of services for individuals with disabilities. *A report to the president and the congress of the United States, National Council on Disability*, 1993. Citado na página 13.
- ROSA Ângela C. D. *Educação inclusiva*. Curitiba, 2009. Citado na página 11.
- SAIRAM K. V. S. S. S. GUNASEKARAN, N. a. R. S. R. Bluetooth in wireless communication. *IEEE Communications Magazine*, v. 40(6), n. 5, p. 90–96, 2002. Citado na página 33.
- SALAMANCA. *Declaração De Salamanca Sobre Princípios, Políticas e Práticas na Área das Necessidades Educativas Especiais. Resolução das Nações Unidas adotada em Assembléia Geral*. 1994. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/salamanca.pdf>>. Acesso em: 11/10/2019. Citado na página 11.
- SANTAROSA, A. P. S. ,L. M. C. Ambientes digitais virtuais: Acessibilidade aos deficientes visuais. *CINTED-UFRGS Novas Tecnologias na educação*, 2003. Citado na página 24.
- SAX, M. J. S. ,C. L. *Measures of assistive technology predisposition and use*. 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Marcia_Scherer2/publication/273451626_Measures_of_Assistive_Technology_Predisposition_and_Use/links/550262bc0cf231de076e5072/Measures-of-Assistive-Technology-Predisposition-and-Use.pdf>. Acesso em: 02/12/2020. Citado na página 21.
- SCHERER, L. M. P. B. ,Ana Carla BRACCIALLI ,Mauro AUDI ,M. *Tradução e Adaptação Cultural de Instrumentos para Avaliar a Predisposição do Uso de Tecnologia Assistiva que Constitui o Modelo Matching, Person Technology*. 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbee/v25n2/1413-6538-rbee-25-02-0189.pdf>>. Acesso em: 02/12/2020. Citado na página 22.

- SCHWARTZ, S. M. *Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) vs. Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) in Broadband Wireless Access (BWA) and Wireless LAN (WLAN)*. 2004. Disponível em: <<http://www.sorin-schwartz.com/white.htm>>. Acesso em: 15/11/2021. Citado na página 31.
- SILVA, O. M. da. *A epopeia ignorada*. São Paulo, 1986. Citado na página 11.
- SIQUEIRA, T. S. de. Bluetooth – características, protocolos e funcionamento. *Universidade Estadual de Campinas*, v. 1, n. 1, 2006. Citado 3 vezes nas páginas 30, 32 e 34.
- SMEE. *Decreto nº 9.465. Criação da Secretaria de Modalidades Especializadas de Educação*. 2019. Disponível em: <http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/57633286>. Acesso em: 11/10/2019. Citado na página 12.
- STURMAN, J. B. ,C. *Bluetooth: Connect Without Cables*. [S.l.]: Prentice Hall PTR - Universidade de Michigan, 2001. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 32.
- SYSTEMS, A. M. *AMS1117 1A LOW DROPOUT VOLTAGE REGULATOR*. [S.l.], 2003. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/index.php?controller=attachment&id_attachment=215>. Citado na página 45.
- TECHNOLOGIES, C. *Product User's Manual - HC-SR04 Ultrasonic Sensor*. [S.l.], 2013. Disponível em: <<https://datasheetspdf.com/pdf/1291829/Cytron/HC-SR04/1>>. Citado 2 vezes nas páginas 34 e 35.
- TECHNOLOGY, G. H. I. *Product datasheet*. [S.l.], 2006. Disponível em: <<https://www.olimex.com/Products/Components/RF/BLUETOOTH-SERIAL-HC-06/resources/hc06.pdf>>. Citado na página 43.
- TECHONOLY, L. *LTC4056-4.2 Linear Li-Ion Charger with Termination in ThinSOT*. [S.l.], 2003. Disponível em: <<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/405642f.pdf>>. Citado na página 45.
- WALBER, V. B. As práticas de cuidado com pessoas com deficiência na igreja evangélica de confissão luterana no brasil. *Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul Instituto de Psicologia Programa de Pós-Graduação em Psicologia Social e Institucional*, 2004. Citado na página 11.
- WELFER, J. G. M. ,D. Aplicativo identificador de cédulas para apoio ao ensino do sistema monetário brasileiro a pessoas com deficiência visual. *VI Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2017)*, 2017. Citado na página 24.
- WHO, W. H. O. Health systems financing: The path to universal coverage. *World Health Organization.*, 2010. Disponível em: <<https://apps.who.int/iris/handle/10665/44371>>. Citado na página 15.



Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

TCC atualizado

Assunto: TCC atualizado
Assinado por: Fernanda Melo
Tipo do Documento: Dissertação
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Fernanda Karoline Vasconcelos de Melo, ALUNO (20142610300) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - JOÃO PESSOA**, em 13/04/2023 10:32:01.

Este documento foi armazenado no SUAP em 13/04/2023. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 805585
Código de Autenticação: b9db81f4e2

