

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

RENATO PEREIRA DE ARAUJO

**SISTEMA RFID COMPLEMENTAR DE PISO TÁTIL PARA LOCALIZAÇÃO DE
DEFICIENTES VISUAIS EM AMBIENTES FECHADOS**

São Paulo
2015

RENATO PEREIRA DE ARAUJO

**SISTEMA RFID COMPLEMENTAR DE PISO TÁTIL PARA LOCALIZAÇÃO DE
DEFICIENTES VISUAIS EM AMBIENTES FECHADOS**

Dissertação apresentada a Banca Examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica sob a orientação da Profa. Dra. Annie France Frère Slaets.

São Paulo

2015

RENATO PEREIRA DE ARAUJO

**SISTEMA RFID COMPLEMENTAR DE PISO TÁTIL PARA LOCALIZAÇÃO DE
DEFICIENTES VISUAIS EM AMBIENTES FECHADOS**

Dissertação apresentada a Banca Examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica sob a orientação da Profa. Dra. Annie France Frère Slaets.

Aprovada em _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA:

Nome do Professor

Nome do Professor

Nome do Professor

Dedico esta obra a minha mãe Maria e minha esposa Geiza pelo apoio e confiança depositados, além do carinho, paciência e compreensão oferecidos incondicionalmente.

AGRADECIMENTOS

A Deus e Nossa Senhora Aparecida, por sempre me conceder sabedoria nas escolhas dos melhores caminhos, coragem para acreditar e força para não desistir.

A minha orientadora Annie France Frère Slaets e ao professor Luiz Carlos de Campos pela dedicação em suas orientações para a elaboração deste trabalho, me incentivando e colaborando no desenvolvimento das ideias.

A toda equipe técnica da PUC pela atenção e cordialidade em atendimento e prestação de serviços e a CAPES pelo incentivo e apoio.

“Os pescadores sabem que o
mar é perigoso e a tormenta, terrível.
Mas este conhecimento não os
impede de fazer-se ao mar”.

Vincent van Gogh

RESUMO

Para os deficientes visuais, identificar qual caminho deve ser seguido para chegar ao destino desejado, sem auxílio de pessoas hígdas, é um desafio. Para se deslocar em um ambiente desconhecido é necessária a interação com os mecanismos de informação. Entretanto os deficientes visuais ainda não contam com um sistema de navegação em ambientes internos com resposta em tempo real que possibilite essa comunicação. Este trabalho apresenta um dispositivo que possibilita a interação com o piso tátil para auxiliar a navegação e a orientação. Por meio de uma interface de áudio, o dispositivo proporciona ao deficiente visual as informações úteis sobre o espaço em seu entorno e as opções de navegação disponíveis. As informações pertinentes são difundidas utilizando etiquetas com tecnologia de identificação por rádio frequência, integradas a um micro controlador e uma placa de reprodução de áudio. Cada etiqueta possui um código de produto eletrônico que permite identificá-la de forma exclusiva. A etiqueta instalada em um local padronizado do piso tátil está atrelada a um arquivo de áudio com informações sobre o espaço e as rotas disponíveis. O leitor integrado a placa de desenvolvimento faz a leitura das etiquetas e envia o código eletrônico ao micro controlador, que por sua vez identifica o código e atribui a este o arquivo de áudio que será reproduzido. O dispositivo foi testado por um voluntário que encontrou todas as etiquetas posicionadas junto ao piso tátil de alerta, identificou claramente sua posição e chegou ao destino desejado sem erros de percurso. Usado como complemento da sinalização tátil, este dispositivo possibilita uma interação entre o deficiente visual e a sinalização tátil existente. Este projeto poderá contribuir diretamente para a sociedade, disponibilizando um sistema de navegação conveniente para que as pessoas com deficiência visual tenham maior autonomia.

Palavras-chave: Deficiência visual, radiofrequência, leitor, etiqueta.

ABSTRACT

For the visually impaired, identify which path to follow to reach the desired destination without assistance from healthy people is a challenge. To move in an unknown environment is required to interact with the mechanisms of information. However the visually impaired do not yet have a navigation system in indoor environments with real-time response that allows this this communication. This paper presents a device that allows interaction with the tactile floor to aid navigation and orientation. Through an audio interface, the device provides the visually impaired relevant information on the space around it and the navigation options available. The relevant information is disseminated using labels with radio frequency identification technology, integrated into a microcontroller and an audio playback card. Each label has an electronic product code that allows to identify it uniquely. The label installed in a standard place of tactile floor is linked to an audio file with information about the space and the available routes. The reader integrated development board reads the labels and sends the electronic code to the microcontroller, which in turn identifies the code and assigns this audio file to be played. The device was tested by a volunteer who found all labels positioned on the floor tactile alert, clearly identified its position and reached the desired destination without route errors. Used as a complement to tactile signage, this device provides an interaction between the visually impaired and the existing tactile signage. This project will directly contribute to society, providing a convenient navigation system for people with visual disabilities have greater autonomy.

Key word: Visual Impairment, radiofrequency, reader, tag.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Sistema de orientação desenvolvido na Universidade Ciência e Tecnologia da China	18
Figura 2: Voluntário testando o sistema de auxílio ao deslocamento desenvolvido pelos pesquisadores da Universidade de Roma	19
Figura 3: Sistema de navegação desenvolvido na Universidade de Bangkok ..	21
Figura 4: Fluxograma do sistema de navegação desenvolvido na Universidade de Bangkok.	22
Figura 5: Imagem identificada em infravermelho.....	22
Figura 6: Ilustração dispositivo desenvolvido na Universidade de Minnesota	23
Figura 7: Montagem do dispositivo proposto pelos pesquisadores da Universidade da Malásia.....	24
Figura 8: Instalação das etiquetas no Piso tátil	25
Figura 9: Modulo de Piso Tátil de Alerta.....	27
Figura 10: Descrição Piso Tátil.	28
Figura 11: Sequência de aquisição de dados utilizando tecnologia RFID	30
Figura 12: Sistema de transmissão Leitor - Tag.....	31
Figura 13: Instalação do tag junto ao piso tátil	33
Figura 14: Tag tipo Pastilha e Tag tipo Capsula de vidro	34
Figura 15: Leitor ID - 12.	34
Figura 16: Arduino.	35
Figura 17: Modulo MP3 Player	36
Figura 18: Integração entre o Arduino e o leitor ID - 12.....	37
Figura 19: Esquema Elétrico de ligação Shield – Arduino - leitor	38
Figura 20: Interligação entre o Arduino e o leitor ID - 12.....	39
Figura 21: Ilustração da aplicação do projeto proposto neste estudo.....	40
Figura 22: Fluxograma de operação do dispositivo.....	41
Figura 23: Teste do dispositivo desenvolvido.....	48
Figura 24: Instalação do Leitor na bengala.....	49
Figura 25: Teste do Dispositivo.	51
Figura 26: Posicionamento dos Tags.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Teste de Áudio.....	50
Tabela 2: Teste do dispositivo.....	54

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

RFID – Radio Frequency Identifier.

GPS - Global Positioning System.

MAC - Media Access Control.

EPC - Electronic Product Code.

GPRS - General Packet Radio Services.

PDA - Personal Digital Assistants.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1. CONCEITOS INICIAIS	12
1.2. MOTIVAÇÃO	14
1.3. OBJETIVOS	15
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	16
2 ESTADO DA ARTE	17
3 TEORIA ASSOCIADA AO PROJETO	26
3.1 PISO TÁTIL DIRECIONAL.....	26
3.1.1PISO TÁTIL DE ALERTA.....	26
3.2 TECNOLOGIA RFID.....	29
4. MATERIAIS E MÉTODO	32
4.1 IMPLEMENTAÇÃO UTILIZANDO TECNOLOGIA RFID	33
4.1.1IMPLEMENTAÇÃO DO DISPOSITIVO	33
4.1.2LEITORES RFID.....	34
4.1.3MICRO CONTROLADOR.....	35
4.1.4PLACA DE REPRODUÇÃO DE ÁUDIO	35
4.1.5 AQUISIÇÕES DOS DADOS.....	37
4.1.6INTEGRAÇÃO ENTRE MODULO MP3-ARDUINO-LEITOR	38
4.1.7IMPLEMENTAÇÃO DO CONJUNTO – TAG – LEITOR.	39
4.1.8DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE.	41
4.2 TESTES.....	48
4.2.1TESTES DE ENGENHARIA.	48
4.2.2TESTES DE ÁUDIO	50
4.2.3TESTES DE USABILIDADE.....	51
4.2.4MÉTODO	53
5 RESULTADOS	54
5.1RESULTADOS DOS TESTES DE ENGENHARIA.....	54
6 DISCUSSÃO	56
7 CONCLUSÃO.....	58

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, existem mais de seis milhões de pessoas com deficiência visual, sendo quinhentas e oitenta e duas mil pessoas que não possuem qualquer nível de visão e aproximadamente seis milhões com baixa visão, segundo dados do Censo 2010, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE – Censo 2010). O deficiente visual, ainda que com perda parcial da visão, tem que enfrentar diversos desafios como desviar de obstáculos, identificar o que há a frente e as rotas disponíveis.

Atualmente, para enfrentar estes desafios, o deficiente visual dispõe principalmente de bengalas brancas, para, por meio do tato, identificar os obstáculos e desníveis. Em alguns casos o deficiente visual utiliza o cão guia, porém este é um recurso restrito e limitado tendo em vista a morosidade e o alto custo em se treinar o animal para esta finalidade (ANDERLINE, 2009). Em todas as alternativas de auxílio ao deficiente visual, é clara a ausência de interação. Para se deslocar principalmente nos grandes centros, é necessária a interação com os meios de informação disponíveis, seja ela visual ou tátil. Mas para o deficiente visual a interação com os mecanismos e sistemas de comunicação é um complexo desafio. Como saber em que local estar, encontrar portas, manter-se no percurso até chegar ao destino e situar-se, são alguns exemplos. Um sistema de navegação que oferecesse interface com resposta em tempo real e que possibilitasse a interação dos sistemas de informação e dos mecanismos analógicos com o deficiente visual seria de grande auxílio.

Este trabalho mostra a possibilidade de automação e ampliação da capacidade de difundir informação através da aplicação da tecnologia associada à sinalização tátil.

1.1 CONCEITOS INICIAIS.

Estima-se que existam cerca de trinta e nove milhões de deficientes visuais em todo mundo (WORLD HEALTH ORGANIZATION – Visual Impairment And Blindness, 2014). Segundo uma pesquisa realizada em 2014 pela OMS (Organização Mundial da Saúde) aproximadamente duzentos e quarenta e seis

milhões de pessoas sofrem de algum problema visual. Os dados publicados informam que aproximadamente 90% das pessoas com algum tipo de deficiência vivem em países em desenvolvimento.

Atualmente grandes avanços tecnológicos possibilitam ações que antes não eram permitidas, entretanto meios de difundir as informações ainda são precários. Os sinais de trânsito, por exemplo, que usam placas para informarem destino, sentido e direção, restringe essa informação a pessoas hígdas e com capacidade de leitura e interpretação.

Em um tempo onde à engenharia e a tecnologia estão cada vez mais presentes, é necessário à aplicação dessa tecnologia em prol de benefícios voltados a sociedade como um todo. Em situações cotidianas, como encontrar um determinado produto em um mercado, às dificuldades das pessoas em interpretar e assimilarem as informações disponíveis passam despercebidas.

Alguns usuários apresentam dificuldades em localizar determinado produto em um comércio ou interpretar as placas de orientação a fim de chegar a determinado endereço ou encontrar o destino desejado. Há situações em que a informação é difundida de forma incompleta não abrangendo a todos. Há ambientes com sistemas arcaicos de informação e sem qualquer tipo de auxílio às pessoas desfavorecidas ou com deficiência (MENEZES, 2013).

A interação com os mais diversos objetos tem se tornado cada vez mais necessária. Sinais e símbolos trazem informações valiosas e necessárias às ações mais corriqueiras. Mas, e quando esta informação não é fornecida de maneira adequada ou abrangente? Como garantir que toda a informação necessária para a locomoção, por exemplo, seja interpretada de maneira correta e entendida por um deficiente visual? De fato o deficiente visual depende mais desses meios de comunicação para se ambientar e se locomover do que outras pessoas. A simples tarefa de se deslocar é um desafio que envolve desviar-se de obstáculos, identificar o que há a frente, escolher qual caminho seguir, entre as diversas escolhas que devem fazer até chegarem ao local desejado.

Os recursos disponíveis aos deficientes visuais são consideravelmente limitados até mesmo para executar atividades comuns, triviais para pessoas hígdas. Quando refere a deslocamento estas dificuldades são ainda maiores, pois grande parte da informação disponível é visual. Placas e letreiros, dispostos em locais estratégicos visam informar o que há em cada local, ou como ir até determinado

destino. Em atendimento as normas vigentes e como complemento as informações, o piso tátil é amplamente utilizado, porém este recurso possibilita ao deficiente visual identificar unicamente a direção. Entretanto não é possível informar o sentido da direção escolhida por meio do piso tátil, gerando dependência do deficiente visual. Em muitos casos esse deve recorrer ao auxílio de outras pessoas para chegar ao local desejado ou encontrar o que procura.

Como um deficiente visual poderia localizar um determinado produto em um hipermercado? Se a maioria das informações são meramente visuais e não permitem qualquer tipo de interação. Muitas vezes os deficientes visuais necessitam de apoio para serem conduzidos pela área interna destes comércios, tornando-os dependentes de auxílio de outras pessoas, que possuem pouco ou nenhum treinamento para lidar com esta situação.

Uma solução para este problema seria a geolocalização, hoje muito utilizada nos sistemas de GPS (Global Positioning System), porém, este tipo de sistema se restringe a ambientes abertos previamente mapeados e identificados em um banco de dados (CARDIN, 2007). A geolocalização é capaz de identificar o local atual do usuário, como por exemplo, por meio da identificação do endereço MAC (Media Access Control), de uma conexão sem fio, coordenadas de um GPS ou identificação de radio frequência, o RFID (Radio frequency Identification) como é comumente conhecido (AMEER, 2010).

1.2 MOTIVAÇÃO.

A informação disponível para o deficiente visual nos ambientes internos, em muitas vezes se restringe na utilização do piso tátil. Instalado de forma regular ao layout do ambiente, esse artifício tem a finalidade de indicar ao deficiente visual quais as rotas disponíveis, porém não há como informar o que há em cada uma dessas rotas. Outro recurso disponível e comumente utilizado são as etiquetas em braile. Este recurso, no entanto, perde sua finalidade, pois o deficiente visual teria que verificar todas as etiquetas até encontrar o que procura.

Muitos projetos encontrados na literatura para a localização de cegos, utilizam a tecnologia RFID, como mostrado por Bin et al. (2007), D'atri et al. (2007), Faria et al. (2010), Sakmongkon et al. (2013), Anuar et al. (2013). Entretanto estes projetos

dependem da comunicação com um servidor remoto, onde são alocados os dados referentes às etiquetas e compiladas as informações sobre a localização gerando atrasos no retorno da informação. Estes sistemas também não possuem uma sincronização em tempo real com o usuário e na maioria dos casos, como mostra Bin et al.(2007) e Sakmongkon et al.(2013) é necessário definir previamente o destino para que a rota possa ser calculada, além de não interagirem de forma a informar o usuário sobre as opções de rotas e o que há no ambiente a sua volta.

Diante dos fatores relacionados torna-se necessário a aplicação da engenharia, utilizando as técnicas disponíveis, em prol de pessoas com deficiência visual, total ou parcial, contribuindo para o aumento da autonomia ao mesmo tempo em que diminui sua dependência, possibilitando integrarem a sociedade de forma ativa e ampliando a sensação de conforto e segurança.

A proposta deste trabalho utiliza as tecnologias de identificação por rádio frequência como complemento da informação analógica, muitas vezes difundida por meio do piso tátil, de forma que se torne interativa e possibilite uma maior compreensão das informações disponibilizadas. A sinalização tátil, único recurso disponível para navegação do deficiente visual, não possui qualquer método de interação tecnológica com o usuário. Esta falta de interação dificulta o completo entendimento das informações necessárias, uma vez que não há um retorno eficaz e pela limitação em difundir informação.

Como o piso tátil é um meio de comunicação analógica seria necessário um complemento desta informação por meio da eletrônica ampliando a capacidade de informar, criando um sistema interativo que viabiliza a navegação em ambientes fechados. Isto permite que qualquer usuário possa se localizar em tempo real, em ambientes fechados, facilitando a locomoção e permitindo a acessibilidade dos deficientes visuais ao mesmo tempo em que amplia sua independência.

1.3 OBJETIVOS.

O objetivo deste trabalho é a implementação e teste de um dispositivo que atua como complemento da sinalização tátil em auxílio ao deficiente visual, possibilitando sua orientação em tempo real. Por meio do dispositivo o deficiente visual, terá um retorno interativo com informações sobre o ambiente e opções a sua volta, ampliando sua capacidade de navegação e deslocamento.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.

No capítulo 2 se faz uma descrição do estado da arte, neste capítulo são descritos os projetos similares ao proposto nesta dissertação, realizando uma abordagem das principais características técnicas. Foi realizada uma comparação em relação à metodologia utilizada e da tecnologia aplicada, confrontando as principais propriedades do dispositivo desenvolvido.

No capítulo 3 foi descrito a teoria associada ao projeto visando fornecer conteúdo a respeito das tecnologias assistivas existentes dedicadas ao deficiente visual. Foi apresentado sucintamente a tecnologia RFID, suas principais características e funcionamento.

No capítulo 4 foram descritos os materiais e o método utilizado para implementação do projeto.

No capítulo 5 foram apresentados os resultados obtidos após os testes de engenharia e usabilidade.

No capítulo 6 foi apresentada a discussão com uma análise dos conceitos relativos ao dispositivo desenvolvido e as tecnologias e metodologias utilizadas.

No capítulo 7 foi finalizada a dissertação com a conclusão sobre a viabilidade do projeto proposto e proposta de trabalhos futuros.

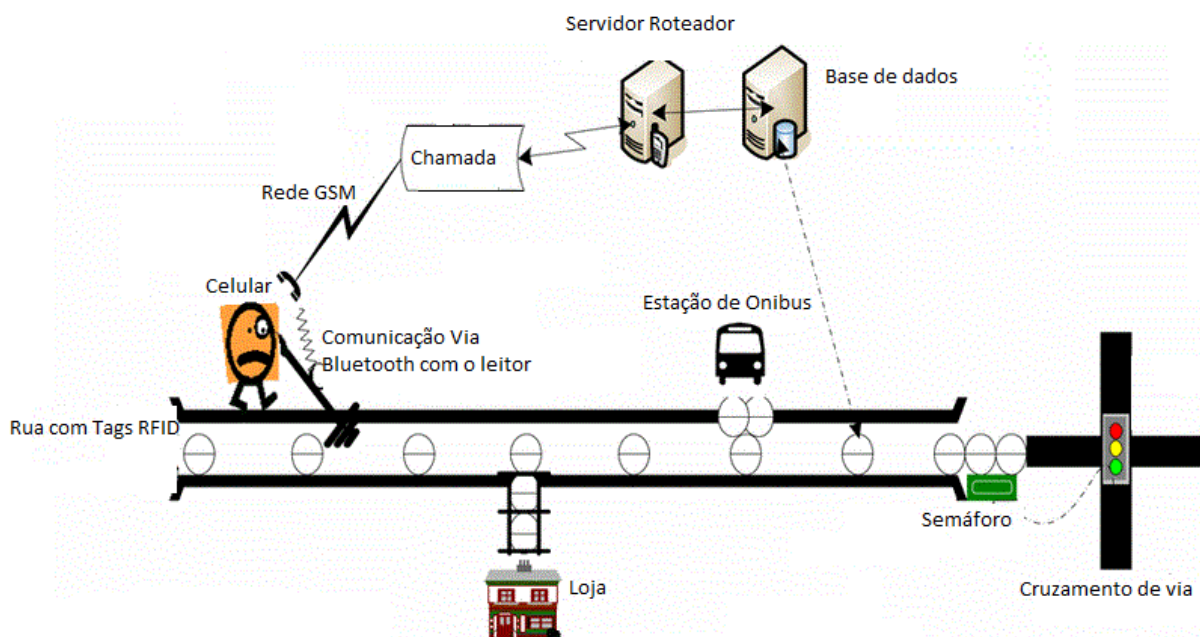
2. ESTADO DA ARTE.

Atualmente a tecnologia de identificação por rádio frequência está sendo cada vez mais explorada, sua aplicação vai desde dispositivos de monitoração a sistemas de navegação, orientação e localização. Em situações específicas a tecnologia RFID pode ser usada como complemento de outros dispositivos eletrônicos possibilitando uma gama de aplicações (MITSUGI et al, 2013).

Um dos primeiros projetos utilizando a tecnologia RFID visou demonstrar que era possível destrancar a porta de um veículo sem a necessidade de uso de uma chave (JUELS et al, 2013). Durante a década de 70 ocorreram múltiplos estudos sobre teorias e modos de funcionamento do sistema RFID o que contribuiu significativamente para a evolução desta tecnologia. Com o passar dos anos, o RFID ganhou notoriedade sendo usado em diversas aplicações desde logística em linhas de empacotamento à automação e robótica em linhas de produção industriais.

Na Universidade De Ciência e Tecnologia da China foi desenvolvido um sistema de orientação que fornece informações sobre o ambiente no qual se desloca (BIN et al, 2007). Este sistema é composto por etiquetas RFID, leitor RFID, um celular e um servidor remoto. O leitor RFID, instalado na bengala se comunica via *BlueTooth* com o celular que possui um aplicativo desenvolvido especificamente para ele. Este aplicativo transforma os códigos das etiquetas em informações audíveis, repassadas ao deficiente pelo fone de ouvido conectado ao celular. O servidor remoto possui uma base de dados com todos os códigos eletrônicos de cada etiqueta instalada. Além desta base de dados o servidor também possui um sistema de GPS contendo um mapa digitalizado do município com todas as posições onde foram instaladas as etiquetas e seus respectivos códigos. A Figura 1 exemplifica o sistema proposto pelos pesquisadores, onde o servidor, ao receber o código da etiqueta enviado pelo celular, calcula a melhor rota para o destino escolhido e retorna a informação para o celular que, por sua vez, informa ao usuário qual direção seguir.

Figura 1: Sistema de orientação desenvolvido na Universidade Ciência e Tecnologia da China.



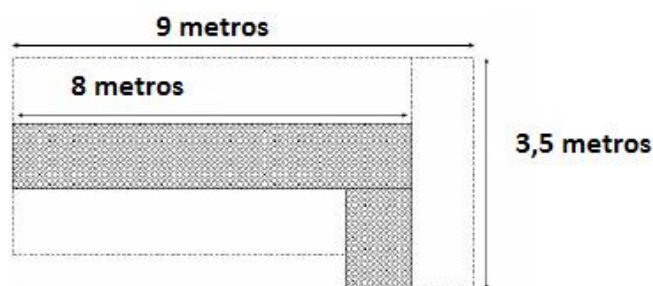
Fonte: (Adaptado de BIN et al, 2007)

Outro projeto de tecnologia assístitiva voltado ao auxílio no deslocamento de deficientes visuais, foi desenvolvido por um grupo de pesquisadores da Universidade de Roma (D'ATRI et al, 2007). Os Autores do trabalho instalaram diversas etiquetas de RFID pelo trajeto de forma a mapear o percurso e fornecer informações sobre mudanças de rota e obstáculos como desníveis ou escadas. O leitor RFID foi instalado em uma bengala confeccionada em plástico, muito similar às bengalas utilizadas pelos deficientes visuais. Uma antena na extremidade desta bengala aumentou a proximidade com as etiquetas colocadas no solo. Essa antena estava ligada a um micro controlador que por sua vez se comunicava com o sistema via *Bluetooth*. O leitor foi alimentado por baterias que podiam durar até 3 horas em modo de leitura e estava interligado a um sistema PDA (Personal Digital Assistants). Um algoritmo foi desenvolvido para interpretar e processar as informações das etiquetas. O PDA compilava as informações e, por conexão via *Bluetooth* com um servidor remoto, localizava a posição do utilizador e verificava o trajeto retornando a informação ao PDA, que, por sua vez verificava a próxima etiqueta e informava ao utilizador qual direção seguir até o destino previamente determinado. Também

indicava ao usuário obstáculos, mudanças de rota e se a direção estava correta (D'ATRI et al, 2007).

Para testar o sistema os pesquisadores construíram um percurso incluindo uma mudança de direção com etiquetas embutidas debaixo do pavimento. A Figura 2 apresenta o voluntário testando o sistema e as formas do trajeto do teste.

Figura 2: Voluntário testando o sistema de auxílio ao deslocamento desenvolvido pelos pesquisadores da Universidade de Roma.



Fonte: (D'ATRI et al, 2007.)

Segundo os autores, esse projeto apresentou alguns problemas, dentre eles, o tom das frases emitidas não era audível e muitas vezes as frases se sobrepunham quando outra etiqueta era lida ou a mesma etiqueta era lida mais de uma vez. Outro problema encontrado foi quando o deficiente visual aproximava-se de uma mudança de direção. Algumas etiquetas foram instaladas próximas às curvas, com o intuito de avisar antecipadamente ao usuário sobre o desvio. A etiqueta colocada antes do desvio informava que havia uma curva, à direita ou à esquerda, muito antes do usuário chegar nele. Para a navegação e deslocamento do deficiente visual a sincronização é importante. Uma frase informando vire a direita ou vire a esquerda antecipadamente ou tardiamente pode provocar acidentes ou desorientar o utilizador. Outro problema identificado é o atraso no retorno da informação devido à necessidade de interação com servidor remoto feito via *Bluetooth*. Após os testes, devido aos problemas encontrados, os pesquisadores chegaram à conclusão que o projeto proposto pode ser usado como complemento das informações disponíveis,

porém seu uso deve ser integrado ao uso da bengala visando garantir a integridade física do utilizador.

Na Florida nos Estados Unidos da América, um grupo de pesquisadores da Universidade da Florida propôs um sistema de etiquetas de alta frequência instaladas sob o pavimento das salas, corredores e passeios dos edifícios. Estas etiquetas contêm informação sobre a latitude e longitude referente àquele local, não sendo necessária uma base de dados ou acesso a um servidor remoto (FARIA et al, 2010). A latitude e longitude são lidas através de um leitor instalado em uma bengala e no sapato do usuário. Esta informação é repassada a um sistema de coordenadas ou um PDA que possua a opção de ser programado em Java para que se possam atrelar os dados obtidos e confrontar com latitudes e longitudes fornecidas por um GPS. Sendo que a principal característica do projeto desses pesquisadores foi o desenvolvimento de uma programação que permite informar ao PDA a posição, em coordenadas, possibilitando identificar a posição atual do deficiente e informar sobre obstáculos e desvios existentes. No entanto este projeto possui algumas limitações, a rota referente ao percurso deve ser definida previamente utilizando-se o PDA. Durante o trajeto o deficiente não dispõe de qualquer interação com o ambiente, sendo assim, não são disponibilizadas informações sobre o que há no percurso, o que dificulta a tomada de decisão caso o trajeto pré-definido tenha que ser alterado. A informação sobre latitude e longitude também não é inteiramente eficaz, pois em ambientes com vários níveis esta informação não seria útil para detectar a posição em cada andar.

Um grupo de pesquisadores da Universidade de Tecnologia do Norte de Bangkok, integrantes do departamento de engenharia eletrônica (SAKMONGKON et al, 2013), desenvolveu um sistema de navegação, destinado a deficientes visuais, para ser utilizado em ambientes internos de edifícios conforme ilustra a Figura 3. O aparelho desenvolvido é composto por um microprocessador, um módulo de interface e comunicação, placa de memória e um leitor RFID.

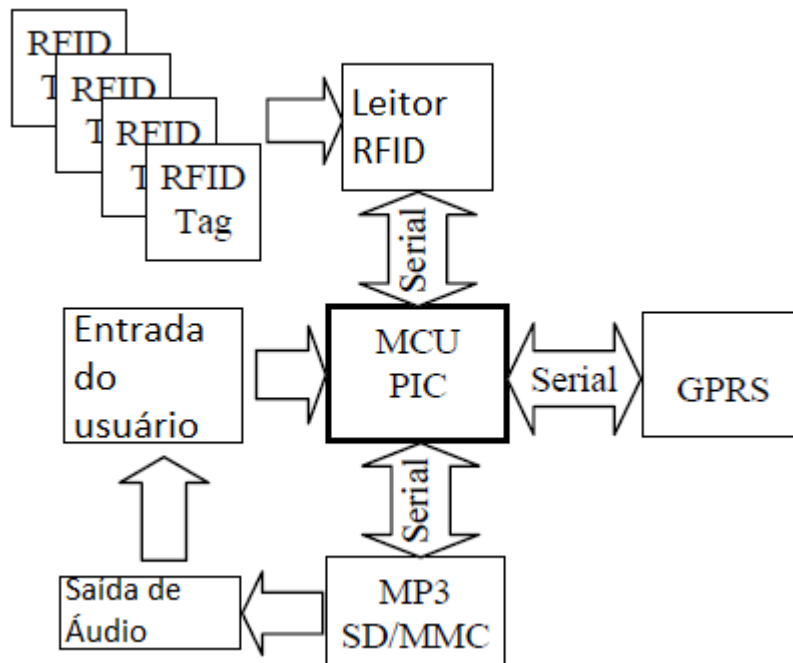
Figura 3: Sistema de navegação desenvolvido na Universidade de Bangkok.



Fonte: (Adaptado de SAKMONGKON et al, 2013.)

A função do dispositivo é processar a informação oriunda das etiquetas. Quando o deficiente visual aproxima o leitor da etiqueta esse lê a informação contida e a envia ao microprocessador. O código referente à etiqueta é enviado a um servidor remoto que tem a função de calcular o percurso entre dois pontos. O servidor calcula a rota mais curta para chegar até o destino previamente especificado. O módulo de comunicação interage com o servidor, via GPRS (General Packet Radio Services), verificando o deslocamento e validando o trajeto, toda vez que houver uma interação entre o leitor e as etiquetas. O fluxograma da Figura 4 ilustra o funcionamento do sistema desenvolvido pelos pesquisadores.

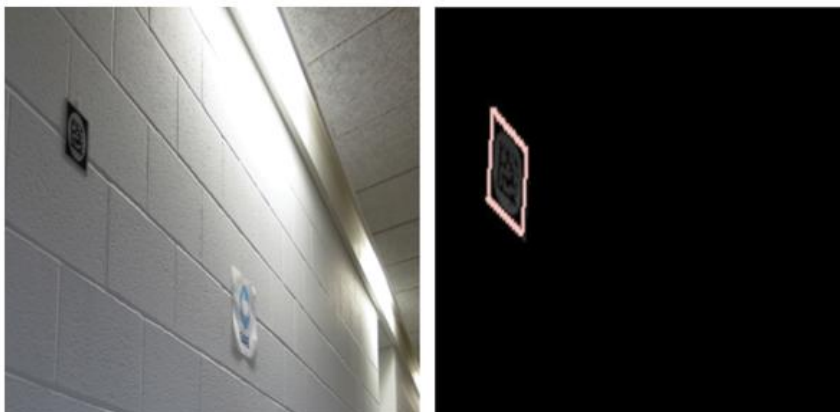
Figura 4: Fluxograma do sistema de navegação desenvolvido na Universidade de Bangkok.



Fonte: (Adaptado de SAKMONGKON et al, 2013)

Um grupo de pesquisadores da Universidade de Minnesota desenvolveu um dispositivo que identifica o destino a partir de um sinal de infravermelho (LEGGE et al, 2013). O dispositivo consiste na integração entre hardware e software, com a finalidade de interpretar sinais codificados digitalmente em formato de imagem de infravermelho, amplamente distribuídos por todo um edifício, conforme exemplificado na Figura 5.

Figura 5: Imagem identificada em infravermelho.



Fonte: (LEGGE et al, 2013).

A Figura 6 ilustra a aplicação do sistema, onde um leitor de sinal portátil baseado em uma câmera infravermelha, com um software de processamento de imagem e um mapa digital instalado em um dispositivo móvel, faz a leitura das etiquetas. Quando a câmera localiza o sinal infravermelho proveniente da imagem o leitor é acionado e a etiqueta é lida. O software atribui a cada imagem uma informação relativa ao ambiente, como por exemplo, uma sala de reuniões, recepção e etc.

O dispositivo desenvolvido apresenta uma característica importante que é a rapidez e exatidão no retorno da informação, sem atrasos, pois não há necessidade em se conectar de forma alguma a um servidor ou cluster remoto. No entanto, a premissa de se alinhar o leitor com o sinal em infravermelho, proveniente da imagem, traz ao deficiente visual a necessidade em se ter um treinamento adequado para a utilização do leitor e padronização do local e altura onde a imagem será fixada. Ainda assim seria também necessário um ponto de referência para que o deficiente possa utilizar o leitor para detectar a imagem.

Figura 6: Ilustração dispositivo desenvolvido na Universidade de Minnesota.



Fonte: (Adaptado de LEGGE et al, 2013).

Um projeto desenvolvido por pesquisadores e engenheiros da Universidade da Malásia (ANUAR et al, 2013), segue as premissas de interação entre o piso tátil e o deficiente visual. O dispositivo desenvolvido utiliza um Arduino como micro controlador, e um circuito integrado para sintetizar a voz e criar a interface entre o utilizador e o equipamento. O sistema consiste em integrar um leitor a uma bengala branca conforme representação da Figura 7. Este leitor identifica as *tags* retornando a informação ao Arduino.

Figura 7: Montagem do dispositivo proposto pelos pesquisadores da Universidade da Malásia.



Fonte: ANUAR et al, 2013.

Depois de identificado o código, será verificado a posição do usuário sendo requisitada a definição do destino. Uma vez que o destino for informado o usuário inicia o deslocamento seguindo o piso tátil. As *tags* instaladas no piso de acordo com a Figura 8 informarão ao sistema a posição ponto a ponto do usuário, o circuito de interface irá retornar a informação ao usuário com frases como “siga em frente”, “vire a direita”, “vire a esquerda”.

Figura 8: Instalação das etiquetas no Piso tátil.



Fonte: ANUAR et al, 2013.

As *tags* instaladas no piso delimitam o espaço para deslocamento evitando que o usuário afaste-se da rota. Cada *tag* é identificada e comparada para verificar se o deslocamento está correto e se a alternativa de rota escolhida é a mais curta.

Este projeto apresenta o uso da tecnologia RFID para interação do sistema de informação tátil, agindo como um sistema de apoio. A aplicação possui a limitação de fornecer apenas informações de deslocamento o que impossibilita o deficiente de escolher rotas conforme sua conveniência uma vez que o destino deve ser previamente informado.

Por último, citamos o projeto desenvolvido pela RFID Centre, um laboratório de pesquisa voltado unicamente a desenvolvimento e aperfeiçoamento da tecnologia RFID (RFID CENTRE, 2014). O sistema desenvolvido pelo laboratório foi intitulado de *TAGMOBILE*, este sistema tem como função a localização e monitoramento das etiquetas RFID associadas a objetos e pessoas. O *TAGMOBILE* possuiu métodos de configuração que permitem a localização de ambientes no interior de edifícios. O sistema, por meios de leitores instalados em cada ambiente de um edifício, cria uma triangulação que permite identificar as etiquetas. Quando o leitor de determinado ambiente recebe o sinal da etiqueta, ele associa o código ao respectivo objeto ou pessoa, por meio do banco de dados armazenado no servidor. Este sistema possui a versatilidade de identificar qualquer etiqueta em qualquer ambiente, diferente dos outros sistemas, o *TAGMOBILE* consiste em leitores fixos, o que se desloca são as etiquetas que devem estar junto ao usuário.

3. TEORIA ASSOCIADA AO PROJETO.

Para pessoas com deficiência visual a sinalização tátil traz informações em alto relevo que a direcionam. A sinalização em ambientes internos pode ser feita em braile porém esta não dispensa a obrigatoriedade de sinalização visual. Textos e figuras em baixo relevo, são dedicados apenas a pessoas com baixa visão.

A principal sinalização tátil disponível atualmente é o piso tátil, este material foi especificamente desenvolvido para orientar o deficiente visual em deslocamento. Existem dois tipos de sinalização tátil, a sinalização tátil de alerta e a sinalização tátil direcional (ABNT - NBR9050/2004).

3.1 PISO TATIL DE DIRECIONAL.

Outra sinalização tátil muito utilizada, inclusive como complemento do piso tátil de alerta, é o piso tátil direcional. Este tipo de piso é utilizado para indicar direção e rotas disponíveis. A sinalização tátil direcional consiste em relevos lineares, regularmente dispostos, com altura e distância entre relevos especificados. A sinalização tátil direcional deve ser utilizada em áreas de circulação, indicando o caminho a ser percorrido em espaços amplos.

A composição de sinalização de alerta e direcional deve ser feita principalmente quando ocorrer mudança de direção entre duas ou mais linhas de sinalização tátil direcional. Essas áreas de alerta devem ter dimensão proporcional à largura da sinalização tátil direcional.

A composição dos pisos tátil de alerta e direcional também são utilizados quando há rebaixamento de calçadas, faixas de travessias, pontos de ônibus e até mesmo nos acessos de elevadores.

3.1.1 PISO TATIL DE ALERTA.

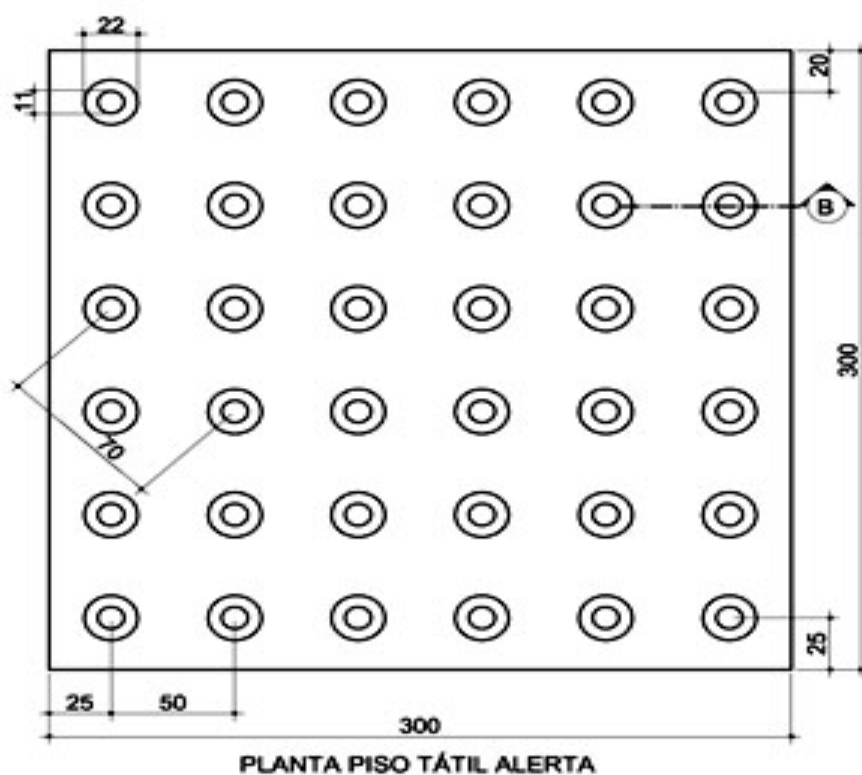
A sinalização tátil de alerta consiste em um conjunto de relevos tronco-cônicos dispostos uniformemente sobre um material com lados iguais.

A Figura 9 mostra a disposição dos relevos do piso tátil de alerta. Cada um dos relevos pode ter uma altura mínima e máxima dependendo da aplicação ou

finalidade. A distância horizontal entre os centros de relevo e a distância diagonal também são especificados, com valores mínimos e máximos visando isonomia. (NBR9050/2004, pag. 30 – tabela 3).

A sinalização tátil de alerta é utilizada para indicar obstáculos à frente, rebaixamentos de calçadas, início e término de escadas fixas, escadas rolantes e rampas. Também pode ser utilizado junto à porta de elevadores e plataformas de embarque e desembarque que apresentem desnível.

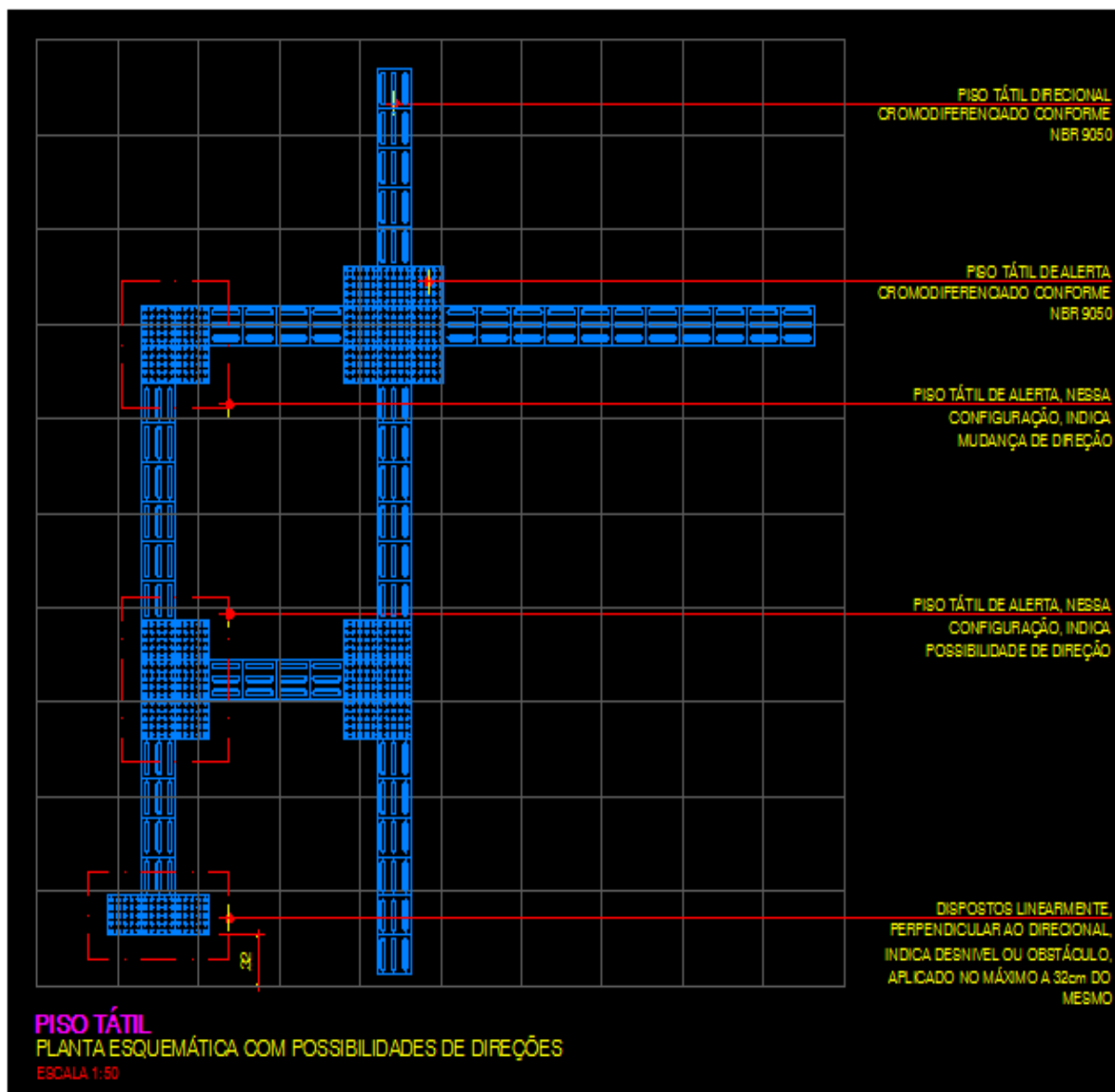
Figura 9- Modulo de Piso Tátil de Alerta.



Fonte: NBR9050/2004

Quando são utilizados vários módulos, o piso tátil de alerta indica mudança de direção. Um par de módulos instalados juntos indica mudança de direção, quando são instalados quatro módulos de piso tátil, isto indica mudança de direção com duas opções de rota. Seguindo este padrão, seis módulos de piso tátil indicam mudança de direção com três opções de rota. Este método de instalação do piso tátil pode ser mais bem interpretado analisando a Figura 10.

Figura 10 - Descrição Piso Tátil.



Fonte: Manual do Deficiente Visual – FEBRABAN 2010

Considerando que a orientação espacial é uma das principais dificuldades dos deficientes visuais, veremos que a maioria das adequações dos ambientes internos para estas pessoas está diretamente relacionada com a maneira como irão se localizar para encontrar e desfrutar dos serviços oferecidos.

Diversos recursos visam o bem estar dos deficientes, através destas tecnologias assistivas os deficientes visuais terão certa autonomia para desenvolver determinadas atividades.

Esta situação influencia diretamente o deslocamento dos deficientes visuais em ambientes internos. Para que uma pessoa com deficiência visual possa acessar

uma edificação com segurança é necessário orientá-la. Esta orientação está vinculada a um ponto de apoio e a uma sinalização dedicada.

3.2 TECNOLOGIA RFID.

O Radio Frequency Identification ou RFID, como é comumente conhecido, é um método de identificação automático através de sinais de rádio, que recuperam e armazenam dados remotamente, utilizando dispositivos do tipo transponder, também chamados de *tag* RFID ou etiquetas de RFID.

Existem diversos métodos de aquisição e identificação de dados, o mais comum é armazenar um número de série que identifique determinado material ou objeto. A tecnologia RFID permite a aquisição automática de dados utilizando dispositivos de leitura por de rádio frequência. Estas *tags* emitem sinais de rádio frequência para os leitores que, por sua vez, captam esse sinal e o decodificam.

A tecnologia RFID possui várias aplicações, desenvolvida com a finalidade de substituir o código barras, esta tecnologia mostrou-se versátil e está sendo utilizada de várias formas diferentes.

O RFID está sendo amplamente utilizado em todas as fases de processos produtivos. Sua aplicação em muitos casos é direcionada para evitar desperdícios, limitar roubos, simplificar a logística aumentando a produtividade e facilitando a gestão de inventários (FINKENZELLER, 2010).

Conforme ilustração da Figura 11, a sequência de aquisição de dados desta tecnologia é relativamente simples. O sistema necessita apenas de leitor, conectado a um microcomputador ou micro controlador, e um *tag*. O leitor ou antena, opera pela emissão de um campo eletromagnético que induz uma corrente que alimenta a bobina interna da *tag*. Essa alimentação induzida alimenta o transponder, que por sua vez, envia ao leitor o seu número de série contido em sua memória.

Figura 11 – Sequência de aquisição de dados utilizando tecnologia RFID.



Fonte: Internet, 2014.

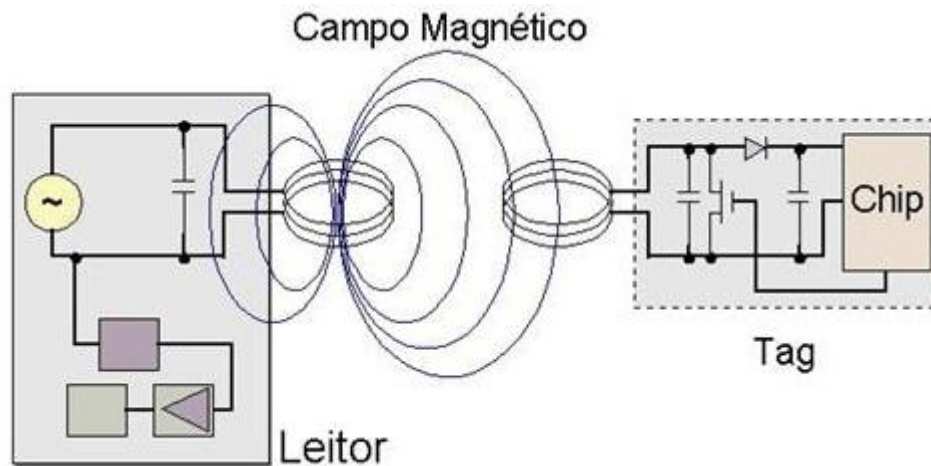
O transponder, localizado internamente na *tag*, consiste de um dispositivo que carrega os dados do sistema. Quando o transponder é ativado pelo campo magnético, este por sua vez envia os dados de volta ao leitor que induziu o campo. Cabe salientar que a frequência de emissão do leitor deve ser a mesma do transponder localizado internamente na *tag*.

O Transponder indutivo é composto por um micro chip e uma bobina que funciona como uma antena. Para a transmissão da energia, a bobina da antena do leitor induz um campo eletromagnético, de mesma frequência da *tag*, penetrando a secção transversal, tanto da bobina quanto da área a sua volta.

Uma pequena parte do campo emissor interage com a bobina da antena do transponder. Uma tensão gerada pela indução magnética na bobina do transponder é retificada e utilizada para alimentação do microchip.

Um capacitor instalado paralelamente ao micro chip, de forma que associado à indutância da bobina, atribui características de circuito ressonante paralelo a *tag*, obtendo uma frequência ressonante que corresponde à frequência de transmissão do leitor.

Figura 12 – Sistema de transmissão Leitor - Tag.



Fonte: Internet, 2014.

A *tag* é fabricada em diversos tamanhos, podendo variar de forma de acordo com a necessidade de aplicação. É comum encontrar *tags* em formato de cartão, muito utilizada em logística. Também é possível encontrar *tags*, tipo capsula cilíndrica, revestida em vidro, muito utilizada para identificação de animais por poder ser aplicada sob a epiderme.

A *tag* pode ser caracterizada por um número, que é na verdade a identificação única desta *tag*. Este número é gerado pelo transponder excitado pelo campo magnético. O transponder envia pulsos que são convertidos em um conjunto de bytes no formato EPC (Eletronic Product Code)

Cada *tag* possui um código único, que o identifica e que não pode ser reprogramado. Por meio deste código pode-se associar determinado objeto ou produto ao byte e fazer a aquisição deste dado, via leitor, com um micro controlador ou microcomputador comum.

4. MATERIAIS E MÉTODO.

Com o intuito de aumentar a interação dos deficientes visuais com o meio que os cercam, principalmente ambientes internos, partimos da ideia de automatizar o ambiente para que o próprio deficiente visual identifique a área espacial no seu entorno, escolhemos como opção o complemento dos recursos atualmente disponíveis, de forma que se tornem parte atuante na propagação da informação.

Em ambientes fechados geralmente temos a sinalização tátil utilizando piso tátil de alerta complementado pelo piso tátil direcional. Estes recursos são utilizados com o intuito de direcionar o deficiente visual aos produtos e serviços disponíveis, porém não proporcionam uma interação capaz de fornecer informações suficientes para que esse se localize em um ambiente desconhecido.

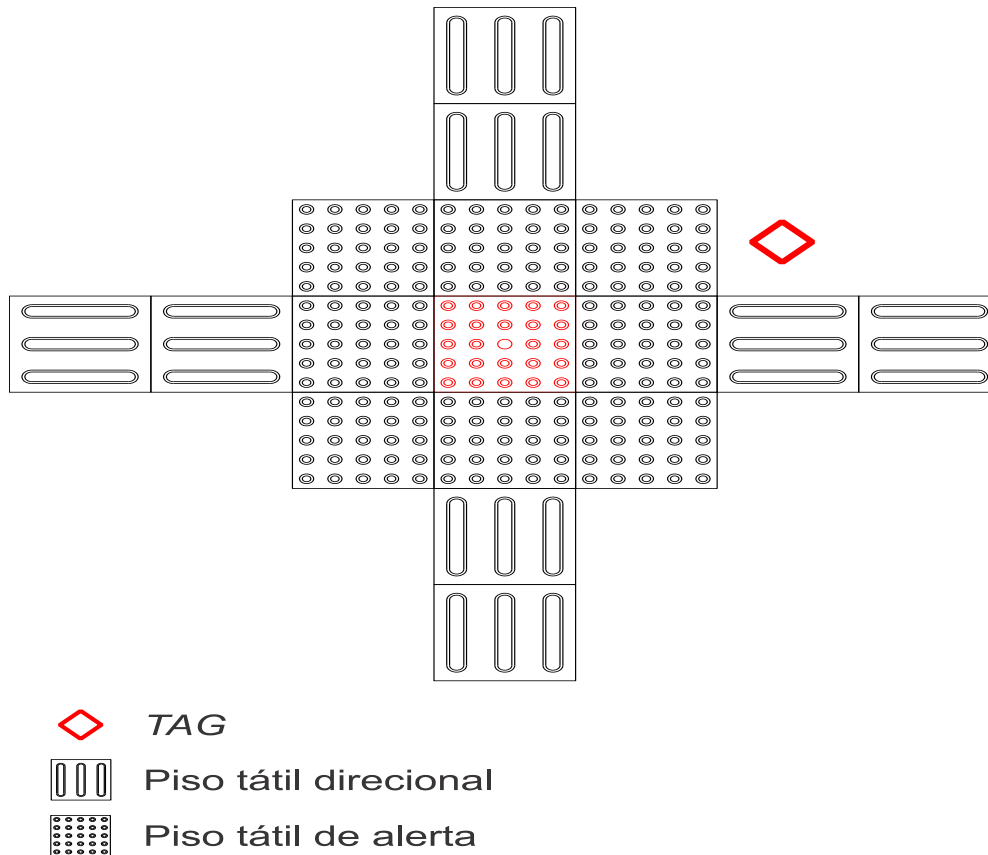
Para viabilizar a proposta do trabalho foi utilizada a tecnologia RFID com o intuito de automatizar o ambiente, para mapear a área, atribuindo *tags* a cada direção, rota ou informação pertinente à ambientação espacial do local.

O *tag* foi instalado junto ao canto superior do piso tátil de alerta de forma que o deficiente visual possa tateá-la com a bengala, possibilitando que o leitor fique próximo ao *tag* e faça a aquisição dos dados.

Instalamos o *tag* em um ponto específico do piso tátil de forma que o usuário saiba que a referência do local se dá a partir daquele ponto podendo assim identificar quais são suas opções até o local desejado.

Para se orientar o usuário deve se posicionar de forma que o *tag* fique no canto superior direito do piso de alerta sendo esta posição sua referência conforme Figura 13. Caso o usuário se desloque e acesse o piso tátil de forma que o *tag* não fique posicionado da forma especificada, este deverá se posicionar de forma a manter sempre o *tag* do lado direito no canto superior.

Figura 13 – Instalação do *tag* junto ao piso tátil.



Fonte: Imagem desenvolvida pelo próprio autor.

4.1 IMPLEMENTAÇÃO UTILIZANDO TECNOLOGIA RFID.

4.1.1 IMPLEMENTAÇÃO DO DISPOSITIVO.

Utilizamos uma *tag* no formato de pastilha com aproximadamente 10 milímetros de diâmetro. Este tipo de *tag* possui uma frequência de 125 KHz, compatível com a maioria dos leitores existentes no mercado, e pode ser adquirida com facilidade e a um baixo custo. Na Figura 14 apresentamos dois diferentes modelos de *tags*.

Figura 14 – Tag tipo Pastilha e Tag tipo Capsula de vidro.



Fonte: Lab. de garagem – acessado em 2014.

4.1.2 LEITORES RFID.

Para a aquisição dos dados contidos na *tag* utilizamos um leitor compatível com a frequência do transponder. O leitor ao ser aproximado do *tag* o identifica, sem a necessidade de contato, e decodifica o sinal enviado convertendo-o em um conjunto de bytes.

Utilizamos o leitor ID-12, mostrado na Figura 15. Com capacidade de leitura a uma distância de até vinte centímetros, este leitor possui a característica de comunicar-se com o micro controlador via interface serial, além de possuir a antena integrada a sua estrutura. Devido à comunicação serial, sua aplicação e instalação são relativamente simples.

Figura 15 – Leitor ID - 12.



Fonte: Lab. de garagem – acessado em 2014.

4.1.3. MICRO CONTROLADOR.

Para fazer a aquisição dos dados recebidos pelo leitor, proveniente da *tag*, utilizamos um micro controlador compatível com o leitor e que possui interface serial. Para processar toda esta informação, utilizamos o Arduino. Este dispositivo, ilustrado na Figura 16, é uma plataforma de desenvolvimento que inclui uma placa com entradas e saídas, digitais e analógicas, que permitem diversos tipos de aplicações, tais como: robótica, segurança, eletrônica, entre outras.

Além da plataforma de desenvolvimento micro processada e do microprocessador, o Arduino conta com uma interface de desenvolvimento de algoritmo (IDE) que pode ser baixada gratuitamente da internet e permite a programação do dispositivo utilizando a linguagem C.

Desenvolvemos toda a programação utilizando esta plataforma e, depois de compilado o algoritmo, realizamos o *upload* do programa para o micro controlador do Arduino.

Figura 16 – Arduino.



Fonte: lab. De garagem – acessada em 2014.

4.1.4. PLACA DE REPRODUÇÃO DE ÁUDIO.

Desenvolvemos toda a aplicação para associar, a cada *tag*, um respectivo áudio com informações sobre o local. O intuito foi de atribuir a cada número serial da *tag* um valor e este valor corresponde a uma saída de áudio, reproduzida para informar ao deficiente sobre as opções no entorno.

A placa de áudio que utilizamos para reproduzir o áudio foi a MP3 player Shield da Sparkfun (Lab. De garagem, 2014) mostrada na figura 17.

Figura 17– Módulo MP3 Player.



Fonte: Lab. de garagem – acessado em 2014.

Esta placa possui a característica de reproduzir áudios previamente gravados, por meio da capacidade de decodificação de arquivos. O módulo possui um compartimento onde pode ser inserido um cartão, do tipo micro SD, que armazena os áudios gravados em formato MP3. Esta placa, quando integrada à plataforma de desenvolvimento, comunica-se com o Arduino via interface serial possibilitando sua programação.

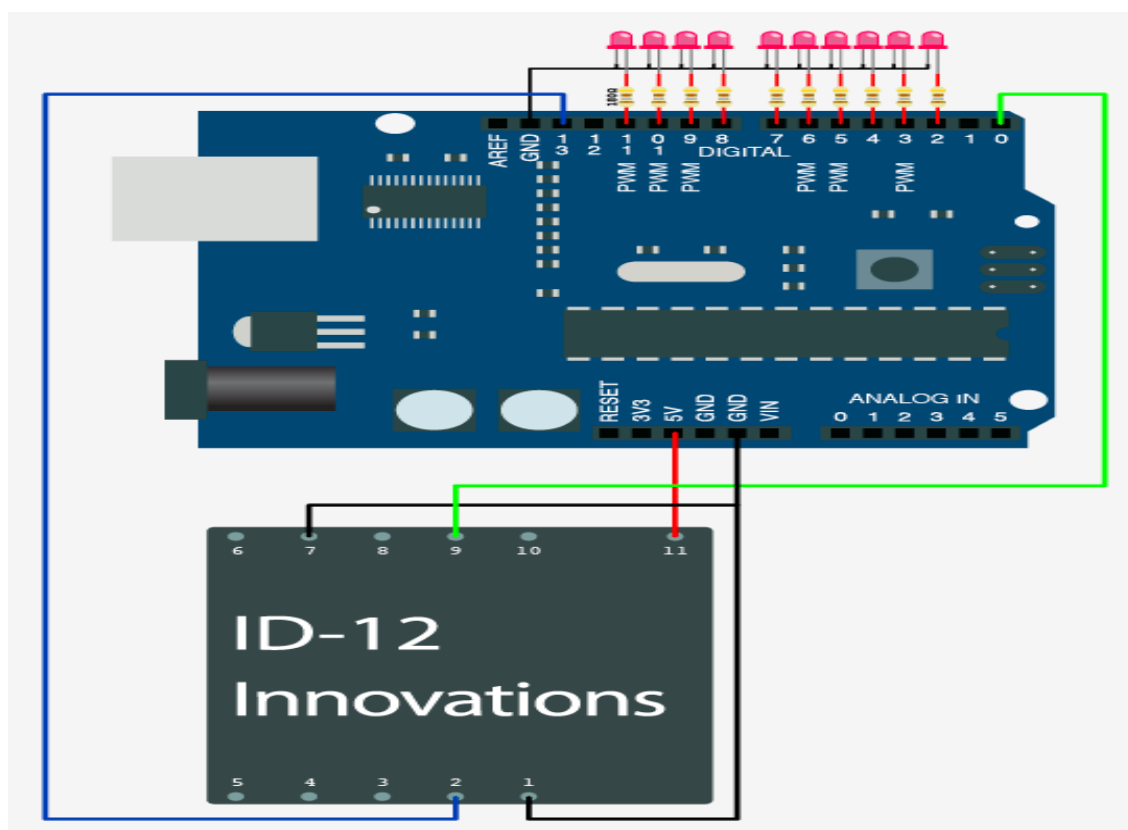
Para viabilizar a proposta integramos o modulo MP3 Player à plataforma de desenvolvimento. Esta placa associa o EPC a uma frase por meio do algoritmo, e para cada EPC, atribuímos uma frase que é reproduzida toda vez que uma determinada *tag* for identificada pelo leitor. Desenvolvemos toda a aplicação para a atribuição de valores para cada *tag* e conversação em uma saída de áudio. Para isso integramos a plataforma de desenvolvimento com a placa que reproduz os arquivos de áudio. Após instalar *tags* em todos os pontos previamente especificados, gravamos uma mensagem de voz com informações pertinentes a cada um dos pontos. Gravamos este arquivo de áudio em formato MP3 e salvamos em um cartão, do tipo micro SD, projetado para ser inserido na placa de reprodução de voz.

4.1.5 AQUISIÇÕES DOS DADOS.

Para realizarmos a aquisição dos dados relativos a cada *tag*, utilizamos o leitor modelo ID-12. Para tanto integramos o Arduino e o leitor de forma que fosse possível, após ler os dados, tratá-los por meio do algoritmo compilado com micro controlador do próprio Arduino.

A partir do mapeamento, o leitor que instalamos junto à bengala do usuário, deve detectar a presença do *tag* e informar a posição através de uma interface de áudio. A Figura 18 elucida como interligamos o Arduino e o leitor ID12. Ressaltamos que a alimentação do leitor é proveniente do Arduino.

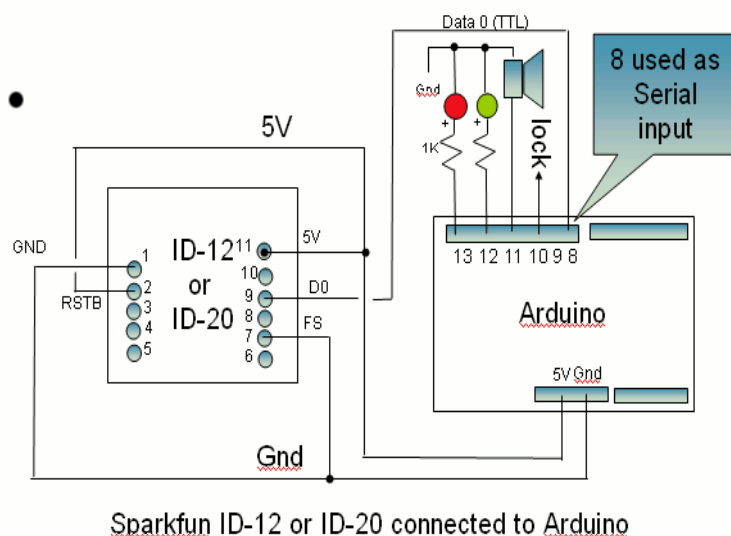
Figura 18 – Integração entre o Arduino e o leitor ID - 12.



Fonte: Lab. de garagem – acessado em 2014.

Esta primeira montagem foi feita para configurar o leitor de forma adequada. Por possuir interface serial podemos fazer diferentes configurações de integração entre os equipamentos.

Figura 20 – Interligação entre o Arduino e o leitor ID – 12.



Fonte: SparkFun – acessado em 2014.

É possível notar que o contato 9 do leitor ligado ao contato 8 do Arduino é a conexão serial entre os dispositivos. Realizamos esta configuração para que os contatos 0 e 1 do Arduino, respectivamente receptor e transmissor ficassem livres para comunicação com o módulo Mp3.

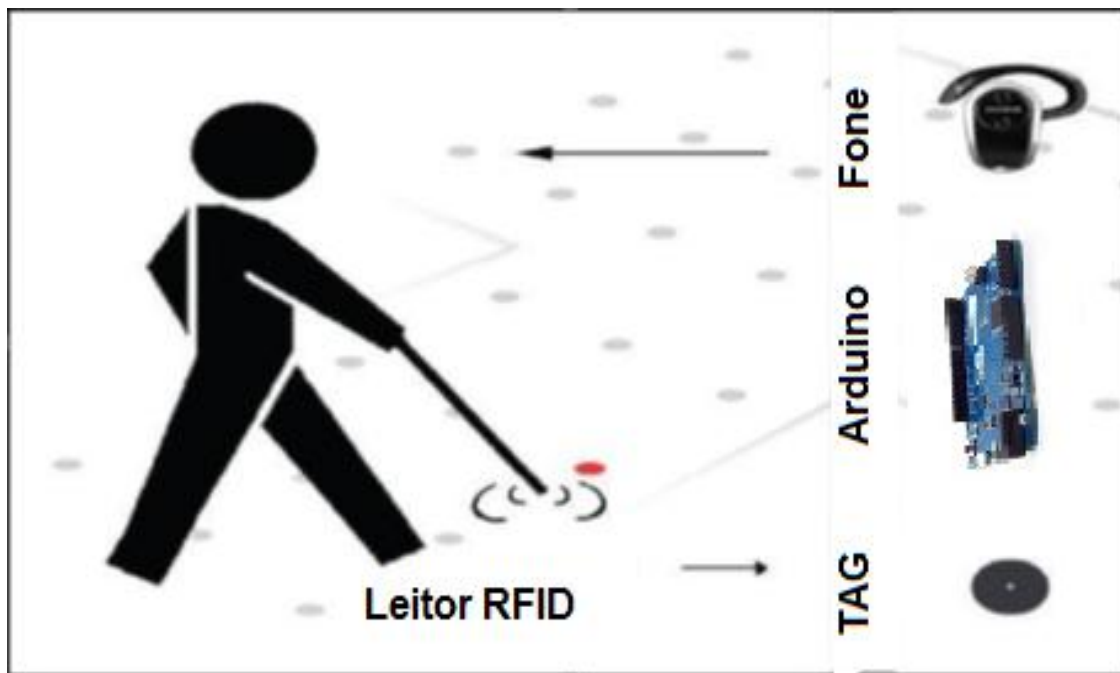
O módulo MP3 utiliza os pinos de 0 e 1 para comunicação com o Arduino, como estes pinos estão livres, fizemos a integração simultânea, tanto do módulo MP3 quanto o leitor ID – 12, sem prejudicar a troca de dados via interface serial.

4.1.7 IMPLEMENTAÇÃO DO CONJUNTO – TAG – LEITOR.

Seguindo a ilustração da Figura 21, instalamos o *tag* no piso tátil de alerta, gerando o número no formato EPC, e assim identificando-o de forma exclusiva. O leitor que instalamos na extremidade da bengala lê as *tags* sem necessidade de contato físico ou campo visual.

O deficiente visual ao aproximar o leitor RFID da *tag* instalada junto ao piso tátil de alerta, detecta a *tag*, que envia os dados do código EPC em formato de bytes.

Figura 21 – Ilustração da aplicação do projeto proposto neste estudo.



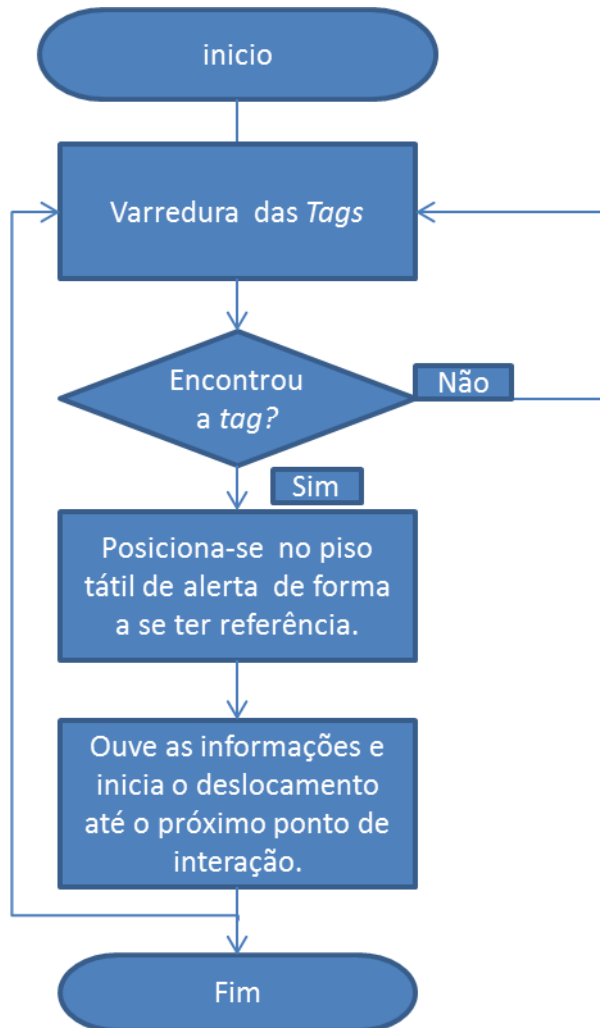
Fonte: Imagem desenvolvida pelo próprio autor

O Arduino ao processar os dados recebidos do leitor e após compilar o algoritmo, associa o código EPC da *tag* ao arquivo de áudio que previamente gravamos no cartão micro SD instalado no módulo MP3.

O módulo MP3, ao receber o comando do Arduino, reproduz o áudio associado à tag, enviando os dados a saída de áudio, onde acoplamos um fone de ouvido comum que permite ao usuário ouvir a frase informando sobre as opções no entorno. Cada frase informa a posição atual do usuário e quais são suas opções. Esta frase deve ser reproduzida por meio do módulo MP3. Acoplamos a este módulo, um fone de ouvido para que a interação ocorra de maneira única e pessoal.

Elaboramos um fluxograma representando o ciclo de operação do dispositivo mostrado na Figura 22.

Figura 22 – Fluxograma de operação do dispositivo.



Fonte: Imagem desenvolvida pelo próprio autor

4.1.8 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE.

Para o desenvolvimento do software utilizamos a interface de programação do Arduino, nela é possível escrever o algoritmo em linguagem C. A programação consiste de uma rotina principal para iniciar os dispositivos e de sub-rotinas para tratar os dados provenientes das *tags* atrelando o código EPC a frase de áudio. A seguir comentamos o software possibilitando um melhor entendimento.

```

#include <SPI.h>
#include <SdFat.h>
#include <SdFatUtil.h>
#include <SFEMP3Shield.h>
#define resetRFID 13 //Define resetRFID como 13
  
```

SdFat sd;

SFEMP3Shield MP3player; //Biblioteca relacionado ao modulo de áudio.

String tag_lida = "00000000000000"; //Cria a variável tag_lida e "limpa" as posições da ID.

String tag_PASTILHA = "4400862F836E"; //Cria a variável tag_PASTILHA com a ID da Pastilha.

String tag_CAPSULA = "0077DE588D7C"; //Cria a variável tag_CAPSULA com a ID da Cápsula.

String tag_AZUL = "0700E3C22503"; //Cria a variável tag_AZUL com a ID da tag AZUL.

String tag_VERMELHA = "0700E367A625"; //Cria a variável tag_VERMELHA com a ID da tag VERMELHA.

String tag_AMARELA = "08000B005C5F"; //Cria a variável tag_AMARELA com a ID da tag AMARELA.

String tag_CARTAO_A = "03003F8453EB"; //Cria a variável tag_CARTAO_A com a ID da tag CARTÃO A.

String tag_CARTAO_B = "03003F8A77C1"; //Cria a variável tag_CARTAO_A com a ID da tag CARTÃO B.

int i; //Variável para contagem

void setup()

{

sd.begin(SD_SEL, SPI_HALF_SPEED);

MP3player.begin();

Serial.begin(9600); //Inicia a serial com um baud rate de 9600

pinMode(resetRFID, OUTPUT); //Configura o pino D13 como saída

digitalWrite(resetRFID, LOW); //Coloca o pino de reset do módulo ID12/20 em nível baixo(resetRFID, LOW);

delay(5); //Aguarda 5 milissegundos

digitalWrite(resetRFID, HIGH); //Coloca o pino de reset do módulo ID12/20 em nível alto

```

(resetRFID, HIGH);
    delay(5); //Aguarda 5 milissegundos
}
void loop ()
{
    if(Serial.available() > 0) //Se a serial receber dados (ID)
    {
        le_tag(); //Executa a função de leitura da TAG
        identifica_tag(); //Identifica ao o que essa ID pertence (Cartão ou Cápsula)
        delay(200); //Aguarda 2 segundos para efetuar uma nova leitura;
        limpa_tag(); //Executa a função para limpar a ID e resetar o módulo ID12/20
    }
    delay(100); //Aguarda 100 milissegundos
}
void le_tag() //Função que lê a TAG e armazena a ID da TAG na variável
tag_lida
{
    i=0; //Zera a variável para leitura
    while(Serial.available() > 0) //Enquanto a Serial receber dados (ID)
    {
        tag_lida[i] = Serial.read(); //Armazena o caractere que entrou na serial na
posição da tag_lida
        i++; //Incrementa a variável de contagem
    }

    Serial.print("\n\nTAG Lida:"); //Pula 2 linhas e imprime na serial a frase "TAG
Lida:"
    for(i=0;i<13;i++) Serial.print(tag_lida[i]); //Pega cada posição da ID e imprime
a mesma na serial
    Serial.println(); //Pula linha na serial
}
void limpa_tag() //Função que limpa a variável tag_lida e reseta o módulo
ID12/20 para nova leitura
{

```

digitalWrite(resetRFID, LOW); //Coloca o pino de reset do módulo ID12/20
em nível baixo

delay(5); //Aguarda 5 milissegundos

digitalWrite(resetRFID, HIGH); //Coloca o pino de reset do módulo ID12/20
em nível alto

delay(5); //Aguarda 5 milissegundos

for(i=0;i<13;i++) tag_lida[i] = '0'; //Laço para limpar todas as posições da
variável tag_lida

}

void identifica_tag() //Função que identifica a TAG

{

boolean validar; //Cria uma variável booleana para validar a TAG

validar = true;

//Laço para comparar o ID da tag_lida com o ID da tag_CARTAO

for(i=0 ; i<12 ; i++)

{

if(tag_lida[i+1] != tag_PASTILHA[i]) //Se ID da tag_lida for diferente da ID
da tag_cartao

{

validar = false; //Desvalida a tag_CARTAO

break;

}

}

if(validar == true)//Se a tag_CARTAO nao for desvalidada

{

MP3player.playTrack(1); //toca a referência 1

}

validar = true;

//Laço para comparar o ID da tag_lida com o ID da tag_CARTAO

for(i=0 ; i<12 ; i++)

{

if(tag_lida[i+1] != tag_CAPSULA[i]) //Se ID da tag_lida for diferente da ID da
tag_cartao

```

    {
        validar = false; //Desvalida a tag_CARTAO
        break;
    }
}
if(validar == true)//Se a tag_CARTAO nao for desvalidada
{
    MP3player.playTrack(2); //toca a referência 2
}
validar = true;
//Laço para comparar o ID da tag_lida com o ID da tag_CARTAO
for(i=0 ; i<12 ; i++)
{
    if(tag_lida[i+1] != tag_AZUL[i]) //Se ID da tag_lida for diferente da ID da
tag_cartao
    {
        validar = false; //Desvalida a tag_CARTAO
        break;
    }
}
if(validar == true)//Se a tag_CARTAO nao for desvalidada
{
    MP3player.playTrack(3); //toca a referência 3
}
validar = true;
//Laço para comparar o ID da tag_lida com o ID da tag_CARTAO
for(i=0 ; i<12 ; i++)
{
    if(tag_lida[i+1] != tag_VERMELHA[i]) //Se ID da tag_lida for diferente da ID
da tag_cartao
    {
        validar = false; //Desvalida a tag_CARTAO
        break;
    }
}

```

```

    }
    if(validar == true)//Se a tag_CARTAO nao for desvalidada
    {
        MP3player.playTrack(4); //toca a referência 4
    }
    validar = true;
    //Laço para comparar o ID da tag_lida com o ID da tag_CARTAO
    for(i=0 ; i<12 ; i++)
    {
        if(tag_lida[i+1] != tag_AMARELA[i]) //Se ID da tag_lida for diferente da ID da
tag_cartao
        {
            validar = false; //Desvalida a tag_CARTAO
            break;
        }
    }
    if(validar == true)//Se a tag_CARTAO nao for desvalidada
    {
        MP3player.playTrack(5); //toca a referência 5
    }
    validar = true;
    //Laço para comparar o ID da tag_lida com o ID da tag_CARTAO
    for(i=0 ; i<12 ; i++)
    {
        if(tag_lida[i+1] != tag_CARTAO_A[i]) //Se ID da tag_lida for diferente da ID
da tag_cartao
        {
            validar = false; //Desvalida a tag_CARTAO
            break;
        }
    }
    if(validar == true)//Se a tag_CARTAO nao for desvalidada
    {

```

```
    MP3player.playTrack(6); //toca a referência 6
}
validar = true;
//Laço para comparar o ID da tag_lida com o ID da tag_CARTAO
for(i=0 ; i<12 ; i++)
{
    if(tag_lida[i+1] != tag_CARTAO_B[i]) //Se ID da tag_lida for diferente da ID
da tag_cartao
    {
        validar = false; //Desvalida a tag_CARTAO
        break;
    }
}
if(validar == true)//Se a tag_CARTAO não for desvalidada
{
    MP3player.playTrack(7); //toca a referência 7
}
//FINAL
}
```

4.2 TESTES.

4.2.1 TESTES DE ENGENHARIA.

Testamos o dispositivo utilizando uma bengala comum aos deficientes com o leitor acoplado na extremidade. Realizamos testes de leitura das etiquetas instaladas no piso tátil instalado conforme Figura 23.

Figura 23 – Teste do dispositivo desenvolvido.



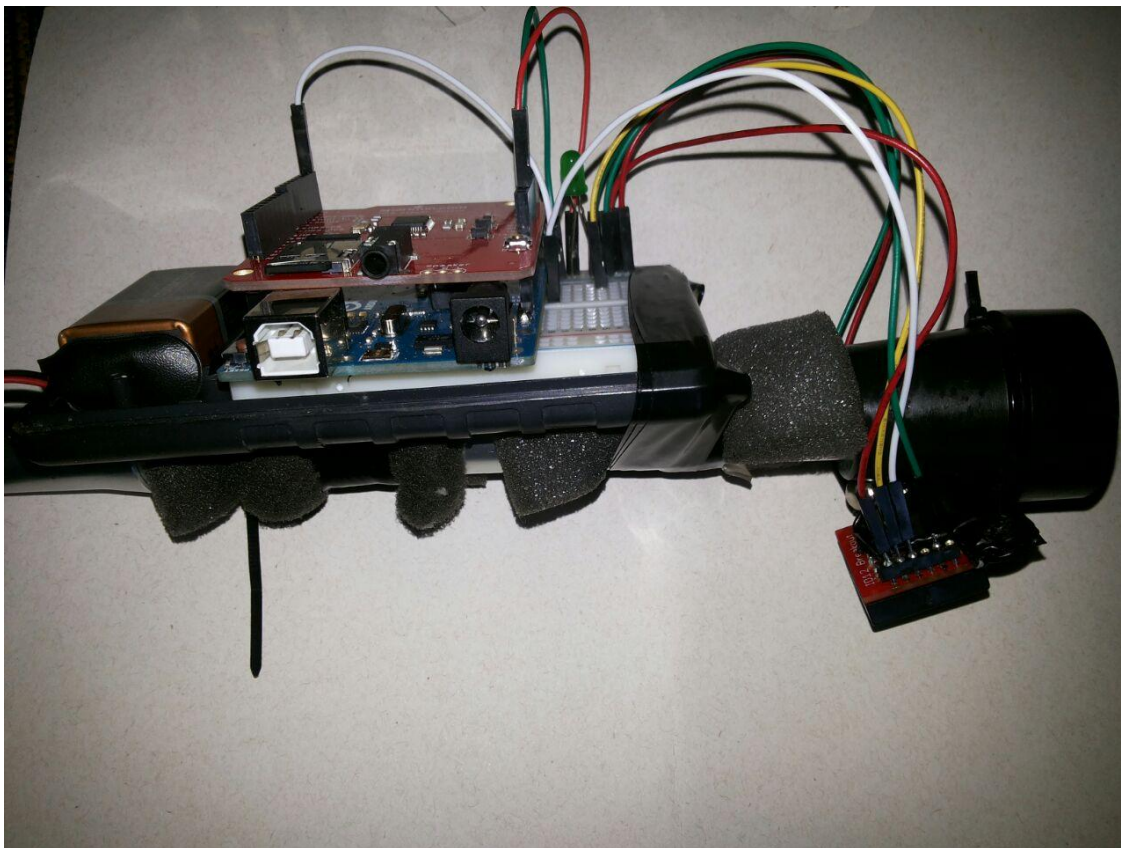
Fonte: Imagem desenvolvida pelo próprio autor

Verificamos a capacidade de o voluntário encontrar as etiquetas instaladas no piso tátil e se localizar, posicionando-se sobre o piso tátil de alerta de forma a

manter a *tag* ao lado direito e a frente. Analisamos também se a posição em que a bengala fica em relação ao solo é intuitiva.

Primeiro medimos a distância máxima entre o leitor e a etiqueta sem prejuízo da correta leitura e identificação. Observamos que cada *tag* responde a uma distância que é de aproximadamente 6 centímetros. Considerando essa a distância máxima, optamos por instalar o leitor próximo a extremidade da bengala ficando mais próximo do solo. Para ter mais exatidão na leitura e propiciar uma leitura direta e sem intervenções, instalamos o leitor de maneira que ao levar a bengala à frente o leitor fica paralelo ao solo permitindo uma interação direta com a *tag*. Além de garantir uma leitura adequada, também verificamos o melhor posicionamento do leitor para que o deficiente visual possa utilizar a bengala sem danificá-lo devido à necessidade de tatear o ambiente. Considerando todas as premissas chegamos a conclusão de que o leitor deve ser instalado conforme Figura 24.

Figura 24 – Instalação do Leitor na bengala



Fonte: Imagem desenvolvida pelo próprio autor

4.2.2 TESTES DE AUDIO.

Para testar o dispositivo incluímos seis *tags* no piso tátil instalado na universidade PUC – SP Campus Marques de Paranaguá mostrado na Figura 23. Atribuímos a cada uma destas *tags* um arquivo de áudio com informações pertinentes ao local. Para que o arquivo seja reproduzido pelo módulo MP3 nomeamos os arquivos como *track* seguido do número atribuído. Desta forma nomeamos os arquivos de um a seis conforme Tabela 1.

Tabela 1: Teste de Áudio.

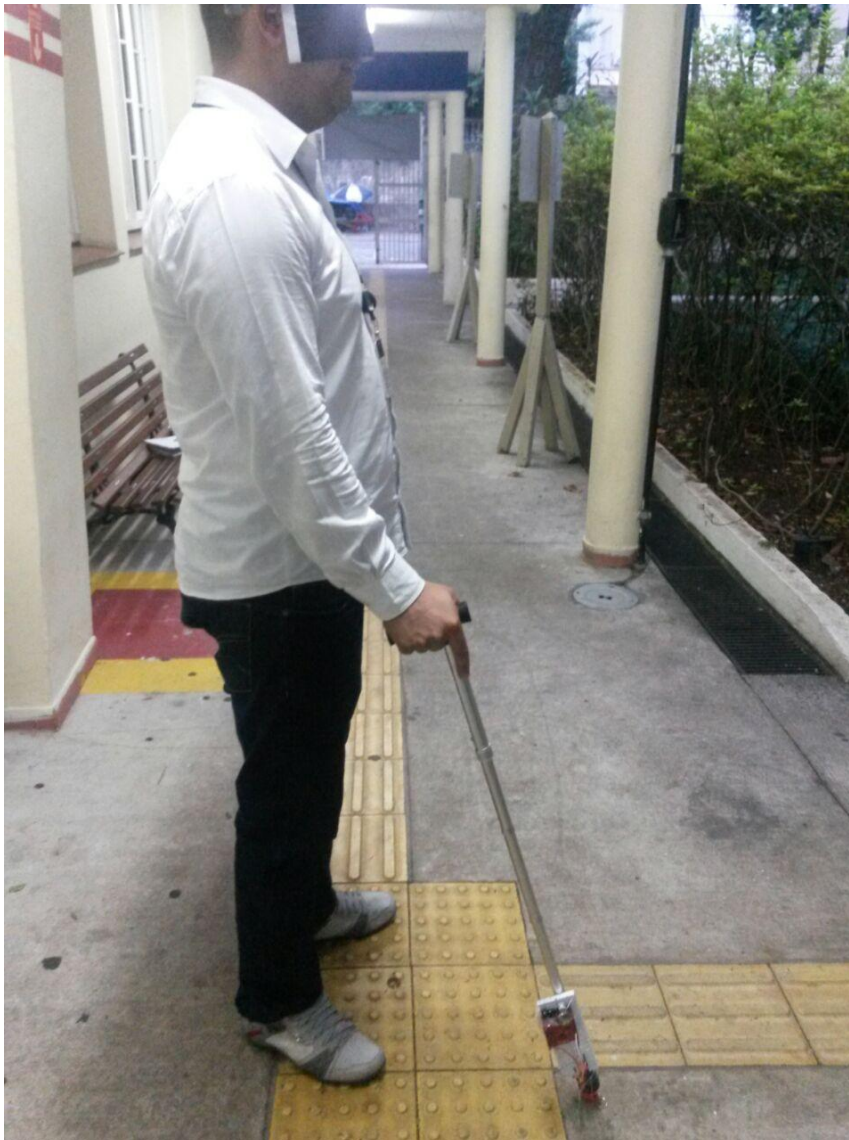
Teste de Áudios					
Áudio	Tag - Áudio	Distância Máxima de leitura da Tag	Atraso médio entre a leitura do Tag e a reprodução	Reprodução do áudio ocorreu corretamente?	
				Sim	Não
“Em frente corredor de acesso ao Prédio I e II”	A – Áudio track01	6 cm	1 segundo	x	
“Atrás saída da PUC acesso a Rua Marques De Paranaguá”					
“Em frente acesso ao Prédio I e sala dos professores”	B – Áudio track02	6 cm	1 segundo	x	
“À direita acesso ao prédio II”					
“À esquerda acesso à saída da PUC - Rua Marques De Paranaguá”					
“Em frente corredor de acesso ao prédio I e saída da PUC – Rua Marques de Paranaguá”	C – Áudio track03	6 cm	1 segundo	x	
“Atrás acesso ao prédio II – Salas de aula e Secretaria”					
“Em frente acesso ao prédio I”	D – Áudio track04	6 cm	1 segundo	x	
“À direita acesso a sala de professores”					
“À Esquerda corredor de acesso ao Prédio II e saída da PUC – Rua Marques de Paranaguá”					
“Em frente porta de acesso ao Prédio I”	E – Áudio track05	6 cm	1 segundo	x	
“À direita corredor de acesso à sala dos professores, corredor de acesso ao prédio II e Saída da PUC – Rua Marques de Paranaguá”					
“Em frente porta de acesso à sala dos professores”	F – Áudio track06	6 cm	1 segundo	x	
“À esquerda corredor de acesso ao prédio I e II e acesso a saída da PUC – Rua Marques de Paranaguá”					

Realizamos a leitura de cada *tag* verificando a altura e clareza do som.

4.2.3 TESTES DE USABILIDADE.

Inicialmente definimos um trajeto, com a sala dos professores da faculdade como ponto final. Determinamos dois pontos de partida distintos, ponto A e ponto B de acordo com o exposto na Figura 26. Primeiramente iniciamos o deslocamento a partir do ponto de partida A, com os olhos vendados, usamos apenas o dispositivo fixado na extremidade de uma bengala improvisada para os testes como mostra a Figura 25.

Figura 25 – Teste do Dispositivo.

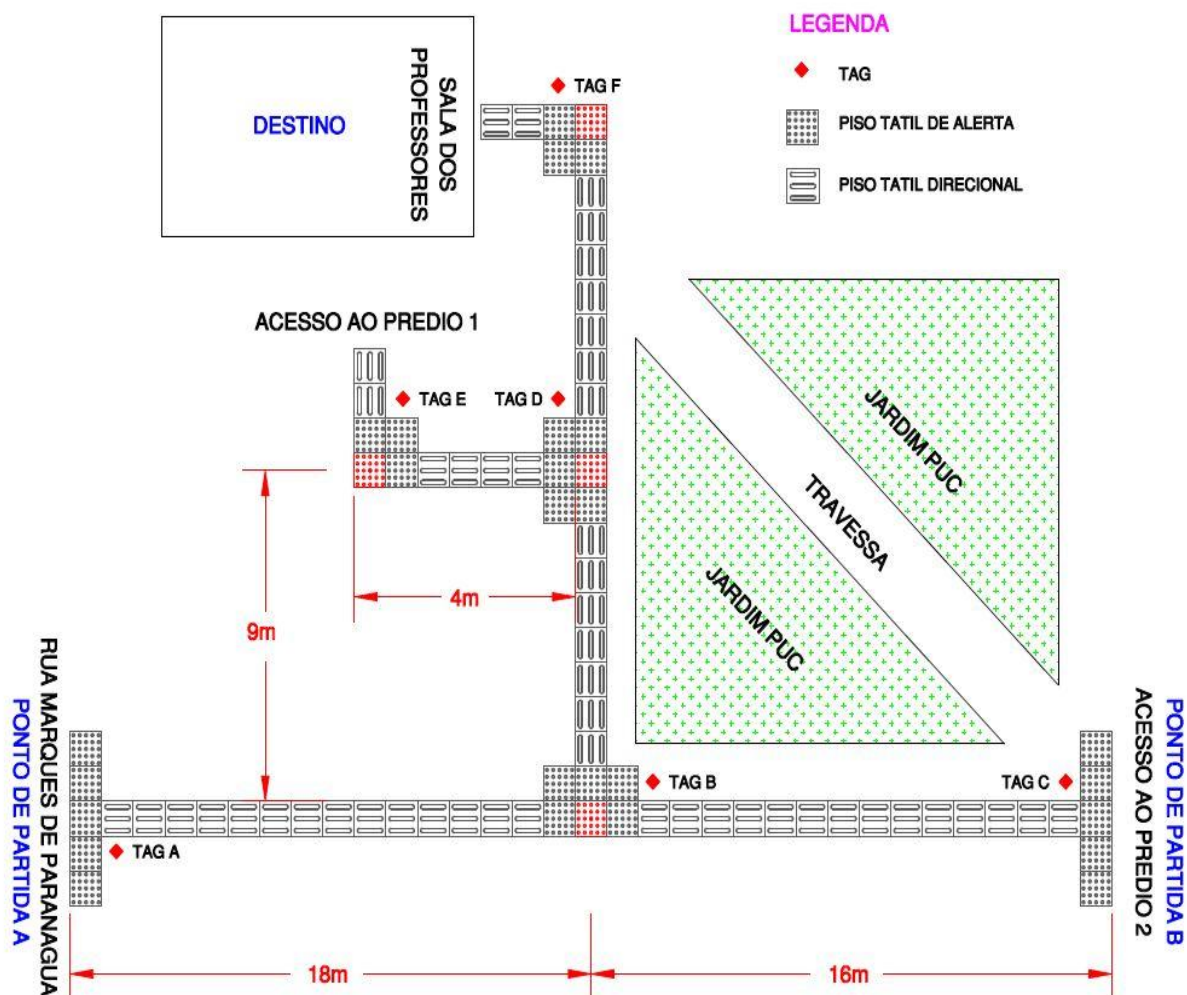


Fonte: Imagem desenvolvida pelo próprio autor

O primeiro *tag* deve ser identificado pelo leitor e deve reproduzir a frase, seguimos adiante até o próximo *tag* que também deve ser identificado. Usamos as informações fornecidas em cada ponto de interação para chegar à biblioteca.

A seguir realizamos o trajeto agora partindo do ponto B e novamente temos como destino a sala dos professores. Verificamos as dificuldades realizando o percurso seguindo apenas as indicações dadas pelo sistema de localização desenvolvido. Independente da direção adotada o dispositivo deverá detectar a presença do *tag*. Verificamos se há necessidade de tatear o *tag* para que haja a interação e a qual o tempo de resposta para que o leitor faça a aquisição dos dados.

Figura 26 – Posicionamento dos Tags.



Fonte: Imagem desenvolvida pelo próprio autor

4.2.4 MÉTODO.

Antes de realizar testes com voluntários, escolhemos testar o sistema com o próprio pesquisador. Solicitamos que a equipe de manutenção instalasse os *tags* seguindo apenas orientações verbais e planta baixa.

O pesquisador foi vendado e levado aos pontos escolhidos por um observador que tinha instrução de interferir somente se a situação apresentasse algum tipo de perigo. O observador relatou o experimento em uma planilha anotando o tempo gasto em cada entroncamento e o tempo total entre a saída do ponto inicial e a chegada à sala dos professores.

5. RESULTADOS.

5.1 RESULTADOS DOS TESTES DE ENGENHARIA.

Os testes iniciais com o dispositivo mostraram que o microprocessador interage de forma rápida e viável com as *tags* processando a informação e compilando os dados em alta velocidade fazendo com que esta fase passe despercebido ao usuário. O tempo médio gasto entre a leitura da *tag* e a informação foi de aproximadamente 1 segundo, sendo esse desprezível em relação ao tempo de deslocamento mostrados na Tabela 2.

Tabela 2: Teste do dispositivo.

Ponto de partida A	Teste de Deslocamento utilizando o dispositivo - Ponto de Partida A						
	Tempo Gasto para encontrar o Tag posicionado no piso tátil	Tempo gasto entre ouvir as instruções e iniciar o deslocamento	Tempo de deslocamento ate o próximo ponto de interação	Reprodução audível?		Houve erro na escolha de rota?	
				Sim	Não	Sim	Não
Ponto de interação A	12 Segundos	45 Segundos	27 Segundos	x			x
Ponto de interação B	21 Segundos	33 Segundos	18 Segundos	x			x
Ponto de interação D	36 Segundos	21 Segundos	12 Segundos	x			x
Ponto de interação F	12 Segundos	15 Segundos	9 Segundos	x			x
Tempo Parcial	82 Segundos	114 Segundos	66 Segundos				
Tempo Total	262 Segundos						
Ponto de partida B	Teste de Deslocamento utilizando o dispositivo - Ponto de Partida B						
	Tempo Gasto para encontrar o Tag posicionado no piso tátil	Tempo gasto entre ouvir as instruções e iniciar o deslocamento	Tempo de deslocamento ate o próximo ponto de interação	Reprodução áudio audível?		Erro na escolha de rota?	
				Sim	Não	Sim	Não
Ponto de interação C	18 Segundos	42 Segundos	30 Segundos	x			x
Ponto de interação B	27 Segundos	30 Segundos	33 Segundos	x			x
Ponto de interação D	24 Segundos	27 Segundos	18 Segundos	x			x
Ponto de interação F	30 Segundos	18 Segundos	12 Segundos	x			x
Tempo Parcial	99 Segundos	117 Segundos	93 Segundos				
Tempo Total	309 Segundos						

O Leitor identifica o *tag* a uma distância aproximada de 6 centímetros, distância essa mais do que suficiente para o propósito pois o leitor foi instalado na extremidade da bengala em uma distancia, em relação ao solo, de aproximadamente 4 centímetros.

A placa de reprodução de áudio reproduz a voz em tom perfeitamente audível utilizando o fone de ouvido comum ou caixa de som, com qualidade de áudio excelente tendo em vista se utilizar arquivos em formato MP3. Foram executados 10 destes de leitura para cada *tag*, e o áudio inerente a cada *tag* foi reproduzido sem nenhum erro em todos os testes.

6. DISCUSSÃO.

O trabalho desenvolvido nessa pesquisa visa proporcionar ao deficiente visual um acesso rápido e eficiente às informações disponíveis, possibilitando que o deficiente visual se oriente e desloque sem a necessidade de auxílio. A falta de sinalização específica para pessoas com deficiência visual gera, como consequência, dependência e impossibilidade de utilização autônoma dos serviços disponíveis nos estabelecimentos comerciais.

A perda da visão, ainda que parcial, impõe ao deficiente uma série de dificuldades e problemas inerentes à deficiência. Um destes principais problemas é a locomoção (CASTRO et al, 2013). A limitação do deficiente visual se dá basicamente para orientação e navegação. Cada indivíduo tem que se adaptar e desenvolver uma sensibilidade extrema no uso dos recursos atualmente disponíveis. Entretanto cada recurso possui uma característica diferente e finalidades distintas, porém geralmente são agregados com o intuito de aumentar a eficácia.

Dentre os recursos disponíveis o piso tátil se destaca pela praticidade e pela facilidade de instalação e utilização por parte do deficiente visual. A aplicação do piso tátil em ambientes fechados é conveniente ao trabalho proposto, sendo utilizado como complemento.

Existem na literatura diversos trabalhos para auxílio ao deslocamento de deficientes físicos em ambientes fechados utilizando ou não piso tátil. Entretanto esses projetos estão vinculados a uma definição prévia de rota ou comunicação com um servidor remoto (BIN et al, 2007), acarretando atrasos na resposta do dispositivo, o que compromete a operação e até mesmo a integridade física do deficiente. Os projetos apresentados na literatura não informam as opções de rotas disponíveis e o que há em seu entorno, o que foi realizado com sucesso em nosso trabalho.

A ação de se deslocar de um ponto a outro, com destino não conhecido e por uma rota desconhecida, torna-se uma tarefa intensa, que impacta consideravelmente a independência do deficiente visual, sendo muitas vezes necessário o auxílio de outros. Estando sozinho, cada passo do deficiente deve ser meticulosamente analisado, pois não é possível saber o que se encontra a frente e quais as opções disponíveis.

Em países em desenvolvimento esta situação se agrava ainda mais, pois há pouca infraestrutura que dê o suporte necessário ao deficiente visual. No Brasil é comum ver deficientes visuais solicitando auxílio para execução de tarefas corriqueiras.

Em ambientes internos à orientação espacial é ainda mais difícil. Encontrar determinado produto é quase impossível sem o auxílio de algum funcionário local ou pessoa disposta a ajudar.

O diferencial do projeto proposto neste trabalho é a interação em tempo real com o ambiente e a ampliação da capacidade de informação através das frases reproduzidas pelo dispositivo informando as opções de rota e o que há no entorno sem a necessidade de comunicação com um servidor. Também não há a necessidade de definir previamente uma rota, pois cada ponto de interação informa sobre o local e opções, sendo que a opção de deslocamento fica à conveniência do deficiente visual.

7. CONCLUSÃO.

O estudo da tecnologia mostrou-se importante para conhecer os principais pontos relativos aos problemas a ela associado e as possibilidades de aplicação da tecnologia RFID.

A ideia de utilizar o piso tátil como referência para a instalação do *tag* foi o ponto de início do projeto. Como foi previsto um protótipo que complementasse os recursos atualmente disponíveis, foi necessário optar por aperfeiçoar um único recurso.

O piso tátil é um dos recursos mais necessários ao deficiente visual, pois possibilita o deslocamento e ambientação parcial, então o aprimoramento deste recurso tornou-se uma prioridade.

Acreditamos que a utilização do RFID como meio facilitador e integrador dos deficientes visuais e usuários comuns, será amplamente utilizada em um futuro próximo nos mais diversos ambientes, tornando possível a integração destes com o meio em que circulam e convivem.

Foi observado que é possível implementar dispositivos que complementem os recursos atualmente disponíveis. A limitação dos recursos existentes é exatamente a falta de associação com as tecnologias disponíveis, o que elevaria a qualidade e funcionalidade destes recursos.

Constatamos que é possível complementar os meios de comunicação que visam informar os usuários sobre posição, localização e destino, porém precisa ser avaliado todo o meio em que o deficiente circula, não podemos nos limitar a uso em ambientes internos.

Em um trabalho futuro poderia ser proposto uma integração entre vários recursos disponíveis, todos cumulativamente, de forma a proporcionar ao deficiente a liberdade de escolha ao meio de navegação que for mais propício.

Neste trabalho foi aplicada a tecnologia RFID utilizando um leitor de proximidade para detecção dos *tags*. Em um trabalho futuro pode haver a comunicação via *Bluetooth*, com interação em tempo real e os áudios e EPC poderiam ser associados por meio de lógica e armazenados em um banco de dados comum.

REFERÊNCIAS

AFONSO, R.; MOREIRA, R.; TORRES, JM. "3 Slim: Sistema Simples sensível a localização de imagens". 4ª Conferência Ibérica de Sistema e Tecnologia da Informação - 2009.

JUELS, A.; GARFINKEL, S.; PAPPU, R. "RFID privacy: An overview of problems and proposed solutions", IEEE Security and Privacy, vol. 3, no. 3, pp.34 -43 2005

ANDERLINE, G. P. Cão-guia, muito mais do que uma companhia: Uma profissão. Revista do Conselho Federal de Medicina Veterinária. v.15, n. 47. 2009

AMEER, H. M. Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence. – Vol.2, No.3, August 2010.

ANUAR, M. K.; AHMAD Z. S.; CHAN X. Z.; TAKASHI, Y. "Exploratory Study on Navigation System for Visually Impaired Person", Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 7(14), Pages: 211-217. December 2013.

BIN, D.; HAITAO, Y.; LI, J.; XIAONING, Z. "The Research on Blind Navigation System Based on RFID", IEEE Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2007. WiCom 2007. International Conference on, 2007.

BARANSKI, P.; POLANCZYK, M.; STRUMILLO, P. "A remote guidance system for the blind". Em: e-Health Networking Applications and Services: 12th IEEE International Conference; p. 386-390. 2010.

CARDIN, S.; THALMANN, D.; VEXO, F. "A wearable system for mobility improvement of visually impaired people". Em: The Visual Computer; p. 109-118. 2007.

CASTRO, E. M.; PAULA A.I.; TAVARES C. P. "Orientação Espacial em Adultos com Deficiência Visual: Efeitos de um Treinamento de Navegação". DOI: 10.1590 - Psicol. Reflex. Crit. vol.17 no.2, 2004.

D'ATRI, E.; CARLO, M. M.; EMANUELE P.; D'ATRI, A. "A system to aid blind people in the mobility: A usability test and its results"; Proceedings of the Second International Conference on Systems, 2007.

FARIA, J.; LOPES, S.; FERNANDES, H.; MARTINS, P. "Electronic white cane for blind people navigation assistance"Em: World Automation Congress; pag. 1-7; 2010.

KLAUS, F.; RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near Field Communication; terceira edição, 2010.

LEGGE, G. E.; BECKMANN, P. J.; TJAN, B. S.; HAVEY, G. "Indoor Navigation by People with Visual Impairment Using a Digital Sign System" DOI:10.1371/journal.pone.0076 783, October 2013.

MENEZES, T. Acessibilidade cultural para pessoas com deficiência visual [dissertação]. CELACC/ECA USP: Universidade de São Paulo; 2013.

MITSUGI, J.; SUZUKI, S.; HADA, H.; INABA, T. "Recent Advancements of Networked RFID Technology and Application", IEICE Communications Society Magazine, Volume.2008, Issue.7, pp.7_30, 2008, ISSN: 18844863

PAIS, J. S.; COUTO, M. V. "RFID Identificação por Rádio Frequência". 2009. Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/grad/09_1/versaofinal/rfid/historico.html>. Acesso em: 16 de dez. 2014.

RFID CENTRE. INDOOR RFID TRACKING. Disponível em: <http://rfidc.com/docs/indoor_rfid_tracking.htm> Acesso em: 20 de novembro de 2014.

TANAKA, K.; FROHLICH, P.; SOOK, K. K. "A Mobile Navigation and Orientation System for Blind Users in a Metrobus Environment". Em: Web and a Wireless Geographical Information System: Lecture notes in computer Science; 2011. p. 94-108.

SAKMONGKON, C.; PERANITTI, T.; PHONGSAK, K. "A Blind Navigation System Using RFID for Indoor Environments", IEEE Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, 2008. ECTI-CON 2008. 5th International Conference on (Volume: 2) DOI: 10.1109/ECTICON.2008.4600543, 2008.

SCOOTER, W.; SUMI, H. "RFID Information Grid for Blind Navigational and Wayfinding", Proceedings of the 9th IEEE International Symposium on Wearable Computers, 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. "Visual impairment and blindness". Fact Sheet nº 282. Disponível em: www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/en/>. Acesso em: 11 de Setembro de 2014.