

## **MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL EM AMBIENTES INDOOR APOIADA POR DISPOSITIVOS MÓVEIS E SISTEMAS RFID**

### **MOBILITY OF PERSONS WITH VISUAL DISABILITIES IN INDOOR ENVIRONMENTS SUPPORTED BY MOBILE DEVICES AND RFID SYSTEMS**

Alexandre dos Santos Roque, M.Sc. (1)

Denilson Rodrigues da Silva, M.Sc. (2)

Cristina Paludo Santos, M.Sc. (3)

Eduardo Adams Wohlfahrt, Bel. (4)

Renan Pires Britz, Bel. (5)

(1) *Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões*  
e-mail: [roque@san.uri.br](mailto:roque@san.uri.br)

(2) *Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões*  
e-mail: [deniro@san.uri.br](mailto:deniro@san.uri.br)

(3) *Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões*  
e-mail: [paludo@san.uri.br](mailto:paludo@san.uri.br)

(4) *Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões*  
e-mail: [eduardowohlfahrt@gmail.com](mailto:eduardowohlfahrt@gmail.com)

(5) *Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões*  
e-mail: [renanpiresbritz@hotmail.com](mailto:renanpiresbritz@hotmail.com)

#### *Acessibilidade, Ambientes Indoor, Tecnologias RFID*

Este artigo apresenta uma solução que integra as tecnologias de identificação por radiofrequência (RFID) e dispositivos móveis para o desenvolvimento de aplicações voltadas a auxiliar pessoas com deficiência visual no que se refere à locomoção e reconhecimento de pontos específicos em ambientes fechados.

#### *Accessibility, Indoor Environments, RFID technologies*

*This article presents a solution that integrates radio frequency identification (RFID) technologies and mobile devices for the development of applications to assist people with visual impairment in locomotion and recognition of specific points indoors.*

## 1 Introdução

Dentre as várias dificuldades que uma pessoa com deficiência visual enfrenta no dia a dia, locomover-se por um caminho desconhecido ou muito complexo é uma delas. Essa dificuldade torna-se ainda mais acentuada em ambientes indoor, que podem apresentar um maior número de obstáculos se comparados com ambientes outdoor. Segundo Radaelli (Radaelli, 2017) aprender a se orientar na rua é mais fácil do que aprender a andar dentro de um shopping ou de uma universidade. Isso se dá porque as ruas seguem uma espécie de padrão que é facilmente memorizado. Além disso, a locomoção outdoor é apoiada por pisos táteis, sinais sonoros, maior precisão do GPS, permitindo que a pessoa com deficiência visual construa um mapa mental com maiores detalhes. Entretanto, sistemas de navegação indoor são mais complicados porque a precisão necessária é maior. Os pequenos erros do GPS em um lugar aberto podem ser gigantescos dentro de um lugar fechado. Duas portas que se encontram a poucos metros de distância poderiam ser confundidas, causando uma instrução de direção errada.

Neste contexto, a área de computação tem muito a contribuir. Os novos paradigmas de interação providos pela área de IHC, aliados às potencialidades providas por dispositivos eletrônicos modernos fornecem subsídios para alavancar o desenvolvimento de novas soluções que promovam cenários diferenciados voltados para diversas aplicações de navegação, destacando-se a orientação/interação de pessoas com deficiência visual (Calvetti, 2008).

Neste sentido se estabelece, neste trabalho, o elo entre Paradigmas de Interação, Sistemas de Navegação Indoor e a Tecnologia Assistiva. O objetivo é a concepção de uma solução para auxílio à navegação indoor para deficientes visuais que faz uso das tecnologias de *RFID* e dispositivos móveis para oferecer formas alternativas de mobilidade para as pessoas cegas que proporcione a liberdade de locomoção de forma independente em ambientes indoor.

Para atingir tal objetivo foi desenvolvido um algoritmo de navegação e uma técnica de controle

para definição de rotas ao longo do percurso baseado na detecção de etiquetas *RFID* (Wohfart, 2015). Tanto o algoritmo quanto a técnica proposta foram validados a partir do desenvolvimento de um protótipo de um sistema embarcado. O presente trabalho é estendido focando em novos testes do algoritmo em conjunto com uma aplicação de gestão de mapas de ambiente que foi desenvolvida. As seções seguintes apresentam as características principais do sistema de navegação proposto.

## 2 Princípios Norteadores

Navegação é a ciência, arte, prática ou tecnologia, de planejar e executar uma viagem de um ponto de partida até o seu ponto de destino com base em informações de sua posição física e do ambiente que o rodeia. No contexto de ambientes indoor a navegação é uma problemática que envolve o mapeamento do ambiente, formas de planejamento da trajetória a ser percorrida e controle durante a execução da navegação.

Existem diversos trabalhos que propõem experimentos para auxiliar a mobilidade de deficientes visuais em ambientes indoor. No projeto de Meireles (Meireles, 2015) é proposto o desenvolvimento de um sistema responsável pelo apoio à orientação/navegação do deficiente visual gerando avisos sobre o mundo que o rodeia. No entanto a disposição das etiquetas *RFID* é limitada a pontos de decisão, fazendo com que o deficiente visual fique sem informações em corredores, que podem muitas vezes serem longos. Já Teixeira (Teixeira, 2010) busca cobrir tanto ambientes *indoor*, quanto ambientes *outdoor*; no entanto, não aborda detalhes quanto a navegação e como ela deve ocorrer.

A proposta de Ganz (Ganz, 2012) propõe o desenvolvimento de um sistema de navegação utilizando pontos denominados “*Kiosk*” que contém a informação sobre locais possíveis de ser acessados. Somente locais de interesse e “*Kiosk*” possuem uma identificação, logo, o deficiente visual fica sem assistência de navegação quando deseja locomover-se entre dois pontos.

Como característica comum entre os projetos está o

uso de tecnologias *RFID* que se mostra como uma tecnologia capaz de representar um objeto ou local em um ambiente indoor.

Este trabalho difere-se das propostas acima apresentadas visto que busca prover a navegação assistida durante todo o deslocamento do deficiente visual em um ambiente *indoor*. Além disso, utiliza tecnologias de código aberto, apresenta detalhes de mapeamento e gestão do mapa do ambiente, além do algoritmo utilizado para prover a navegação.

### 3 Sistema de Navegação Proposto

O sistema proposto é composto por diferentes componentes, cada um com uma função específica: o *webservice* é responsável por armazenar dados de mapas e processar o algoritmo de navegação, o sistema embarcado é responsável por realizar a leitura de etiquetas *RFID* e o dispositivo móvel é responsável por gerar instruções para o usuário.

A Figura 1 apresenta, de forma geral, a técnica de controle para definição de rotas em ambiente indoor. Para melhor descrever o funcionamento do sistema foram elaborados diagramas de casos de uso, enumerados em passos.

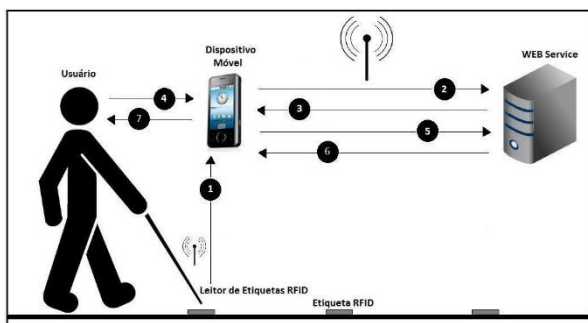


Figura 1. Visão geral do sistema aplicado a técnica de navegação e mapeamento do ambiente

No passo 1, quando o usuário entra no ambiente o leitor lê a etiqueta *RFID* e envia, via conexão *Bluetooth*, o número identificador da etiqueta para o dispositivo móvel. Neste momento a etiqueta *RFID* que foi lida passa a ser a referência da posição atual do usuário. Caso o usuário ainda não tenha o mapa do ambiente inserido no dispositivo móvel os passos 2 e 3 são realizados e uma requisição é enviada para o *webservice* que a responde na forma de uma mensagem com

informações do mapa do ambiente.

No passo 4, via comando de voz, o usuário pesquisa por um local de destino ao qual deseja chegar utilizando, para isto, o dispositivo móvel. Neste momento o algoritmo presente no dispositivo móvel verifica se existe uma descrição local equivalente ao comando de voz informado. Caso exista a coordenada associada a descrição do local é considerada como local de destino na navegação. Caso contrário, uma mensagem de sinalização é informada.

Os passos 5, 6 e 7 compreendem a troca de mensagens entre o *webservice* e o dispositivo móvel. Depois da aquisição da posição atual e o local de destino, os mesmos são enviados na forma de parâmetros para o *webservice* que contém informações do ambiente e o algoritmo de navegação. O algoritmo calcula a rota entre os dois pontos informados e retorna esta informação em forma de mensagem para o dispositivo móvel. Com o caminho inserido no dispositivo móvel o usuário iniciará a navegação e na medida em que as etiquetas *RFID* são lidas, o usuário recebe mensagens sonoras como “vire à direita”, “vire à esquerda” ou “siga em frente”, mantendo-o informado sobre a navegação, ao mesmo tempo que compara se a etiqueta *RFID* lida está inserida na rota solicitada.

A relação entre a etiqueta *RFID* e informações do ambiente como descrição do local e coordenada tem um papel fundamental na orientação a navegação. Para possibilitar esta associação, o ambiente deve ser decomposto e mapeado em pequenas partes identificáveis. Estas partes são resultados do processamento das plantas dos ambientes.

#### 3.1 Gestão e Mapeamento de Ambientes

Para que seja possível traçar trajetórias em um ambiente é necessário transformá-lo em um objeto passível de ser computado. Também, deve-se considerar que o cálculo de trajetória será feito em prédios diferentes, podendo estes serem de múltiplos pavimentos. Portanto, é necessário unificar as informações relacionadas aos ambientes

dos quais se deseja realizar trajeteto.

Para isso é implementado um sistema de gestão em plataforma web que permite o cadastramento de prédios e seus pavimentos, juntamente com as informações que são necessárias para um cálculo de trajetória e para o fornecimento de orientações ao usuário. Neste sistema o usuário responsável é capaz de: (a) Cadastrar prédios no sistema; (b) Cadastrar pavimentos relacionados ao prédio (envia-se uma planta baixa); (c) Demarcar, em plantas baixas de pavimentos, obstáculos, zonas (pontos de interesse, salas), pontos de intersecção (demarcam entradas e saídas, como escadarias e elevadores) e as *tags rfid*.

Para o cadastramento do prédio é solicitado um Nome e Endereço. Em seguida, solicita-se o cadastro de um pavimento para prédio correspondente, onde deve ser informado o nível, as dimensões e opcionalmente um nome. Também deve ser realizado o upload de uma planta baixa. Após cadastrar o pavimento, é necessário a demarcação, sobre a planta baixa, de informações relevantes para a navegação. Para isso o sistema cria sobre a imagem enviada uma grade, com células que representam, cada uma, uma posição no pavimento. Estas células são igualmente distribuídas com base nas proporções da imagem. Uma visão geral do cadastramento de pavimentos é apresentada na figura 2.

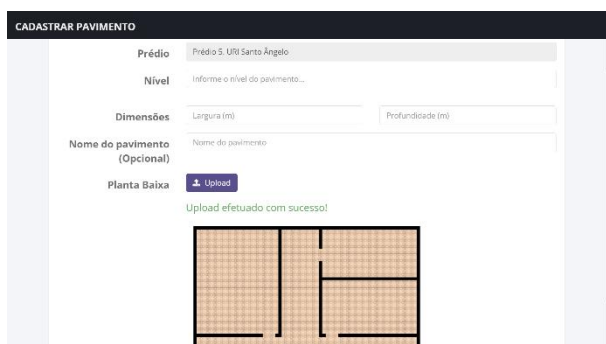


Figura 2. Cadastramento de Pavimentos.

Na etapa de demarcação o usuário responsável tem disponível três ferramentas: (a) Demarcar obstáculos; (b) Demarcar zonas; (c) Adicionar tags. Com a ferramenta selecionada, é possível clicar ou arrastar o cursor sobre as células que se deseja

aplicar determinada definição ou adicionar uma tag. Essa interface gera, em tempo real, uma matriz contendo as posições do pavimento. As posições que contém obstáculos recebem o valor 1, caso contrário, recebem o valor 0. São geradas outras duas matrizes: Uma matriz multidimensional que representa as zonas, e é composta por outra matriz com as posições que essa ocupa; e a matriz para armazenar as tags rfid juntamente com a posição em que foram dispostas. O diagrama de banco de dados a seguir demonstra a estruturação dos dados da aplicação.

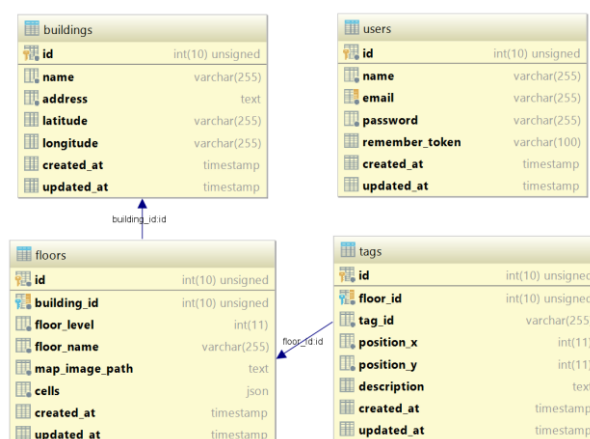


Figura 3. Diagrama do Banco de Dados.

Este modelo permite identificar os pavimentos diretamente através das tags associadas, e então determinar o prédio no qual o usuário está baseado nessa informação. Também, para que apenas os usuários responsáveis sejam capazes de gerenciar os prédios, é implementado um sistema de autenticação, onde os dados de acesso são um nome de usuário e senha, conforme representado pela entidade users (usuários) no diagrama da figura 3.

### 3.2 Algoritmo desenvolvido para implementação da técnica de navegação indoor

Estratégias de busca são utilizadas para encontrar a solução de um problema sobre o seu espaço de estados. Dentro do espaço de estados é possível encontrar um estado final que representa a solução do problema. Uma coleção de estados pode ser equiparável a um mapa que indica estados de



determinadas posições do ambiente. Assim, a técnica de decomposição de células permite que um mapa de estados possa ser representado, mas esta técnica por si só não resolve totalmente o problema.

Para solucionar isto é necessário empregar algoritmos de definição de trajetória e o algoritmo  $A^*$  é comumente utilizado nessas situações. Souza [6] define  $A^*$  como um algoritmo completo, pois possui como principais características a eficiência e garantias de entregar sempre o melhor caminho sempre que possível. Neste trabalho o algoritmo  $A^*$  é a base para prover rotas de navegação. O algoritmo, implementado na linguagem Java, recebe a matriz de bits obtida através da técnica de decomposição de células, bem como a posição atual e posição de destino.

O algoritmo faz uso de heurísticas para guiar o trajeto da busca no espaço de procura. Dentre as heurísticas existentes foi escolhida a heurística *diagonal*, visto a vantagem de fornecer sempre o custo mínimo possível para chegar a um nó destino, com um custo de processamento computacional baixo. Na medida que o algoritmo avança, verifica células adjacentes que já participaram da busca para ver se o caminho entre elas é menor do que o encontrado anteriormente. Se isso ocorre, ela é reposicionada de acordo com a nova estimativa de distância. Como na busca em nível, isso continua até que o alvo seja encontrado e o caminho entre dois pontos distintos do mapa possam ser obtidos.

## 4 Sistema de Navegação

O sistema de navegação utilizado possui os seguintes componentes: (a) sistema embarcado para realizar a leitura de etiquetas *RFID*; (b) dispositivo móvel responsável para interação com o usuário e, (c) *webservice* para armazenamento de informações.

O sistema embarcado tem o papel de realizar a leitura de etiquetas *RFID* ao longo do caminho e transmitir a informação lida para o dispositivo móvel. A Figura 3 apresenta o protótipo do sistema embarcado usado nos testes de navegação.

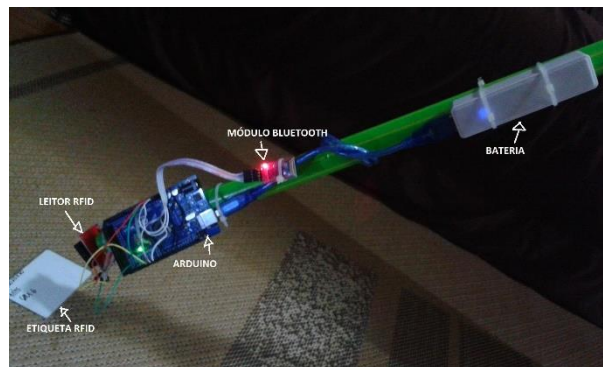


Figura 3. Protótipo do sistema embarcado desenvolvido

O algoritmo desenvolvido para leitura de etiquetas *RFID* consiste em um *loop* que constantemente verifica se a entrada *RX* do arduino sofre alguma alteração. Se alguma alteração ocorrer nesta entrada indica que uma etiqueta foi lida pelo leitor *RFID*.

### 4.1 Resultados Obtidos

Para realizar os testes foram inseridas plantas baixas distintas na nova aplicação desenvolvida, onde o usuário personalizou a disposição das tags no ambiente web. Em seguida, para cada planta inserida e personalizada, foi aplicado o método de decomposição de células para a obtenção da matriz de bits do ambiente. As posições do mapa foram cadastradas no *webservice* com suas respectivas associações.

As Figuras 4, 5 e 6 representam a ferramenta de demarcação sobre a planta baixa, a matriz de bits e uma das matrizes de dados gerada no processo, respectivamente.



Figura 4. Demarcações com base na planta baixa.

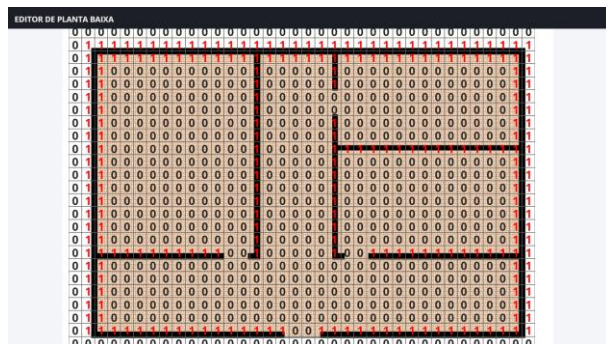


Figura 5. Matriz de bits.

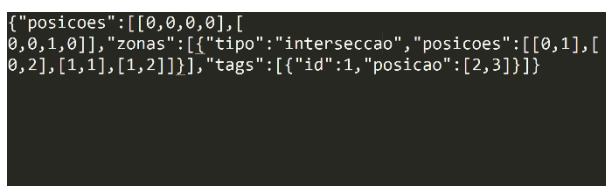


Figura 6. Matriz de dados gerados na demarcação.

Na Figura 4 estão em cinza as posições obstruídas, em verde as zonas de intersecção, para o caso apresentado, e dispostas as tags rfid, representadas por um ícone de tag. Os dados gerados pela demarcação são então convertidos para JSON para fácil armazenamento e consulta, conforme demonstrado na Figura 6.

Após inserção das plantas foi possível gerar os mapas de navegação para ambientes distintos, com vários pavimentos, podendo assim explorar o desempenho do algoritmo em diferentes cenários.

Nos novos testes realizados as instruções para o usuário sempre foram corretas e o caminho foi encontrado em todas as chamadas do método. Uma mensagem no formato *JSON* é gerada no *webservice* e manipulada no aplicativo do dispositivo móvel para gerar instruções de navegação para o usuário. Outro teste agregado nesta nova fase foi a verificação de distância máxima de leitura da etiqueta. Neste teste foi possível constatar que bengala deve estar a uma distância de até 7 cm. Caso contrário, a etiqueta não é lida gerando erros de inconsistência na navegação.

## 5 Considerações Finais e Direcionamentos Futuros

Este artigo descreveu uma técnica para navegação em ambientes indoor utilizando etiquetas *RFID*. A implementação e escolhas de tecnologias foram baseadas na pesquisa realizada, que buscou empregar o que existe de mais atual e que em conjunto atenda às necessidades do sistema de navegação proposto.

A solução proposta foi estendida com base no trabalho de (Wohlfahrt, 2015) com vistas a contemplar o mapeamento de ambientes indoor com vários pavimentos. Assim, foi desenvolvido um software servidor juntamente com um banco de dados relacional para armazenar informações sobre prédios e seus pavimentos. O software servidor disponibiliza uma interface web para o cadastramento de novos prédios; gerenciar informações de prédios já cadastrados e cadastrar novos pavimentos em prédios. Estes dados são armazenados com suas respectivas coordenadas e associados ao prédio correspondente no banco de dados para posterior aplicação do algoritmo de cálculo de trajetória.

A tecnologia empregada para a construção do *webservice* foi o servidor de aplicação *Glassfish*, com arquitetura *REST* e padrões de mensagens no formato *JSON*. Desta forma, é possível que o algoritmo de navegação seja utilizado por diferentes plataformas computacionais, ao mesmo tempo que garante uma menor taxa de transferência de arquivos entre a parte cliente e servidor. O servidor de aplicação *Glassfish* também permite a integração com o banco de dados, permitindo que outros desenvolvedores possam fazer o uso do sistema de navegação independente do ambiente a ser mapeado. A adoção do algoritmo *A\** como algoritmo base para prover a navegação, trouxe resultados positivos, pois sempre retornou um caminho com um tempo de resposta satisfatório. Ainda que aplicado em um ambiente com poucos obstáculos, *A\** pode ser utilizado em ambientes maiores e através da linguagem de programação *Java* pode ser facilmente integrado ao *webservice* do sistema de navegação.

A contribuição deste trabalho é centrada na aplicação servidora que efetua a gestão e preparação dos mapas de navegação que servem de base para a aplicação do algoritmo implementado em pesquisa anterior. Tal evolução é muito importante pois, permite que profissionais e acadêmicos da área tenham uma fonte de estudo voltada a descoberta de trajetórias em um ambiente indoor utilizando tecnologias atuais e de baixo custo, bem como técnicas que foram aplicadas para desenvolver o sistema. Foi possível demonstrar que há meios tecnológicos como as tags RFID e dispositivos móveis, que combinados, podem proporcionar uma maior autonomia para deficientes visuais e consequentemente melhorar a qualidade de vida dos mesmos.

Visto as características da extensão da solução desenvolvida, destaca-se a importância do algoritmo de navegação indoor que considere a necessidade de estabelecer rotas de movimentação em locais (prédios) com mais de um pavimento. Para tal, esta sendo estudada a utilização da abordagem “Door-To-Door Path-Finding” ou “Caminho Porta-a-Porta”, proposta por Liu et al (Liu, 2008), que visa prover rotas que se adaptam melhor a movimentação dos pedestres. Essa abordagem baseia-se na análise de redes em que as portas são aproximadas com nodos e as salas com arestas, sendo representados através de um Grafo-Duplo, na qual os nodos representam as salas e as arestas a conectividade entre elas.

Como trabalhos futuros podem ser considerados o uso de outros tipos de sensores que podem ser associados com a etiqueta *RFID* e que da mesma forma sejam capazes de identificar um local do mapa. Durante os testes realizados até o presente momento tornou-se evidente que a leitura de etiquetas é o ponto crítico do sistema de navegação e um fator que pode contribuir para que o usuário encontre a etiqueta *RFID* é o desenvolvimento de um tapete tátil integrado a etiqueta *RFID*.

## 6 Referências Bibliográficas

BARBOSA, Jorge Peixoto. Localização e orientação “Indoor” com recurso à Tecnologia *RFID*. Dissertação de Mestrado Integrado em

Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Universidade do Porto. Porto, Portugal. 2012

CALVETTI, Patrick Ücker; SILVEIRA, Milene Selbach. Considerações sobre apresentação de informações de contexto em interfaces com o usuário. *Proceedings of the VIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems – IHC 2008*, pag.80-87. Sociedade Brasileira da Computação: Porto Alegre, Brasil, 2008.

WOHFAHRT, Eduardo A; ROQUE, A. S; SANTOS, Cristina P. Navegação Indoor baseada em Etiquetas RFID: Possibilidades de Orientação para Deficientes Visuais. XIV Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais, IHC 2015.

FERNANDES, H.; FILIPE, Vitor; COSTA, Paulo; BARROSO, João. Location based services for the blind supported by RFID technology. *Proceeding of the 5th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion*, DSAI 2013.

GANZ, A.; SCHAFER, J.; GANDHI, S.; PULEO, E.; WILSON, C.; ROBERTON, M. Percept: Indoor Navigation for the Blind and Visually Impaired. *International Journal of Telemedicine and Applications*. 2012

LIU, L; ZLATANOVA, S. A "DOOR-TO-DOOR" PATH-FINDING APPROACH FOR INDOOR NAVIGATION. Países Baixos: Universidade Técnica de Delft, 2008.

MEIRELES, Artur Manuel Guedes. Auxílio na Orientação de Invisuais Usando a Tecnologia *RFID*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, Portugal, 2015.

RADAELLI, Lucas. Sistemas de Navegação indoor para cegos (2017). Disponível em: <http://www.saudevisual.com.br/pessoas/visao-de-lucas/1749-indoor>. Acesso em: Fevereiro de 2017

SOUZA, S. Planejamento de trajetória para um robô móvel com duas rodas utilizando um algoritmo A-Estrela modificado. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, UFRJ. Rio de Janeiro, 2008.

TEIXEIRA, Vitor Manuel Martinho (2010). “Sistema de localização híbrido para apoio à navegação de cegos no Campus Utad”. Dissertação de Mestrado. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, Portugal.