

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

LUIZ RICARDO FIERA

**FERRAMENTA PARA LOCALIZAÇÃO EM AMBIENTE CONTROLADO
UTILIZANDO MAPA DE SINAIS WIRELESS**

CRICIÚMA

2013

LUIZ RICARDO FIERA

**FERRAMENTA PARA LOCALIZAÇÃO EM AMBIENTE CONTROLADO
UTILIZANDO MAPA DE SINAIS WIRELESS**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Bacharel no curso de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. MSc. Gustavo Bisognin

CRICIÚMA

2013

LUIZ RICARDO FIERA

**FERRAMENTA PARA LOCALIZAÇÃO EM AMBIENTE CONTROLADO
UTILIZANDO MAPA DE SINAIS WIRELESS**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Bacharel, no Curso de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Banco de Dados.

Criciúma, 27 de Junho de 2013.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Gustavo Bisognin – MSc. - (UNESC) - Orientador



Profa. Merisandra Côrtes de Mattos – MSc. - (UNESC)



Prof. Gilberto Vieira da Silva - Esp. - (UNESC)

**À minha esposa Angela que com seu
carinho e dedicação tornou este sonho
possível.**

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus pelo dom da vida, e por me mostrar a cada dia o caminho a seguir.

À minha esposa Angela Damin Fiera por estar ao meu lado em todos os momentos e por me dar forças para que eu pudesse levar este sonho a diante.

Às minhas filhas Beatriz Damin Fiera e Gabriela Damin Fiera, pela doçura e carinho com que compartilharam esta caminhada.

Agradeço a minha mãe Maria Sant'Ana Medeiros Fiera por todos os esforços que fez durante a minha vida para que eu pudesse estudar e também por suas orações para que eu fizesse as melhores escolhas.

Agradeço também a duas pessoas que iniciaram esta caminhada comigo e que hoje estão junto de Deus, meu pai Adírcio Fiera pela sua alegria e simplicidade, que me ensinaram que todos merecem nosso respeito e que devemos sempre estar dispostos a colaborar com o crescimento das pessoas com quem convivemos. Também agradeço ao seu Antonio Damin, meu sogro, amigo e companheiro, que foi uma das pessoas que mais vibrou quando soube que eu estava voltando a estudar e que não se cansava de me incentivar.

Minha irmã Miriam Aparecida Fiera Spillere que neste tempo todo esteve ao meu lado e sempre disposta a nos ajudar com as meninas quando necessário.

Agradeço ao meu orientador e amigo Gustavo Bisongnin, por ter acreditado na minha capacidade de desenvolver este projeto. Pelo seu companheirismo e disponibilidade para me atender nos horários mais incomuns, abrindo mão por vezes de seu tempo com a família para me orientar.

Aos professores Merisandra Côrtes de Mattos Garcia, Rogério Antônio Casagrande e Sergio Coral por disponibilizarem seu tempo no intuito de melhorar o conteúdo da pesquisa e solucionar impasses encontrados no desenvolvimento deste trabalho.

Meus colegas de trabalho Marcos Carlesso Lopes e Julio Cesar Borba Nandi que dedicaram seu tempo de folga a me auxiliar em pesquisas relacionadas ao trabalho.

Agradeço ao meu colega de curso, Claiton de Melo Marcílio por sempre estar disposto a colaborar com o desenvolvimento deste trabalho e pela paciência em me ensinar os detalhes da ferramenta utilizada para desenvolvimento do

protótipo.

Aos acadêmicos Leonardo Apolinário Inácio e Daniela Cardoso de Oliveira que contribuíram nas etapas de levantamento de requisitos e da validação do protótipo, trazendo maior precisão ao protótipo no que tange os critérios de acessibilidade à pessoas com deficiência visual.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a todos os professores do curso de Ciência da Computação, que por meio do conhecimento compartilhado, permitiram que este projeto fosse desenvolvido.

**“Toda vez que falta luz o invisível nos salta
aos olhos.”**

Humberto Gessinger

RESUMO

Com o intuito de melhorar a qualidade de vida das pessoas com algum tipo de deficiência física e aumentar o acesso destes indivíduos a bens e serviços, as tecnologias assistivas tem se destacado de forma relevante. A evolução das tecnologias móveis para celulares e *tablets* permite a criação de aplicações que até há pouco tempo não poderiam ser concebidas. Estima-se que mais de 3% da população brasileira possui algum tipo de deficiência visual, esta parcela da população está carente de aplicativos que venham lhes dar uma maior participação no convívio em sociedade. O desenvolvimento de uma ferramenta de acessibilidade que permita a uma pessoa, com este tipo de deficiência, se orientar dentro de um ambiente fechado pode aumentar a participação delas na sociedade. Por meio do estudo das áreas de acessibilidade, modelos de georreferenciamento, associados ao estudo do comportamento da potência de sinais Wi-Fi captados de *Acess Point* dispostos em locais específicos para obtenção de um mapa de sinais, é possível localizar um dispositivo móvel dentro de um ambiente. A partir da definição do ponto onde se encontra o usuário e da escolha, por meio de uma aplicação *mobile*, de onde ele deseja chegar, pode-se utilizar as informações sobre o ambiente previamente armazenadas em um banco de dados, modelado para este tipo de orientação, a fim de orientá-lo até seu destino, sem necessitar da ajuda de outras pessoas. A utilização de todas estas tecnologias proporcionou o desenvolvimento de um protótipo que pode permitir a uma pessoa com deficiência visual aumentar sua orientação em ambientes fechados dando a ela autonomia e consequentemente mais segurança e liberdade para que possa atuar na sociedade. Com isso, deseja-se aumentar a parcela de participação das pessoas com deficiência visual no mercado de trabalho e em todos os eventos disponíveis no dia a dia, independente da sua condição física.

Palavras-chave: Acessibilidade, Mapa de Sinais, k-NN, Dijkstra, Tecnologias Assistivas.

ABSTRACT

In order to improve the quality of life of people with some kind of disability and increase access of these individuals to goods and services, assistive technology has excelled in a relevant way. The evolution of mobile technologies for mobile phones and tablets allows creating applications which until recently could not be designed. It is estimated that more than 3% of the population has some type of visual impairment, this portion of the population is deprived of applications that will give them greater participation in life in society. The development of an accessibility tool that allows a person with such disability, be guided in a closed environment can increase their participation in society. Through the study of the areas of accessibility, georeferencing models, associated with the study of the behavior of the power of Wi-Fi signals captured from access point arranged in specific locations to obtain a map of signals, it is possible to locate a mobile device within a environment. From the definition of the point where the user and the selection through a mobile application, from which he wishes to reach, it is possible to use the environmental information previously stored in a database, for this type of patterned orientation in order to guide you to your destination without requiring the help of others. The use of all these technologies enabled the development of a prototype that could allow a person with visual impairment increase their orientation indoors giving her autonomy and thus more security and freedom to be able to act in society. With this, we want to increase the share of participation of people with visual disabilities in the labor market and in all events available on a daily, regardless of their physical condition.

Palavras-chave: Accessibility Map Signs, k-NN, Dijkstra, Assistive Technologies.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Sistema de localização por GPS.....	23
Figura 2 - Representação gráfica de uma onda Wi-Fi.....	30
Figura 3 - Circunferência imaginária entre Dispositivo e os APs.....	33
Figura 4 - Modelo para cálculo de angulação.....	34
Figura 5 - Modelo de mapa de sinais.	35
Figura 6 - Grafo representando o caminho a ser percorrido.	39
Figura 7 - Representação do conjunto de dados por meio da tabela atributo valor.	41
Figura 8 - Etapas para o desenvolvimento do trabalho.	48
Figura 9 - Mapa fictício de um pequeno mercado.	51
Figura 10 - Grafo a partir do ambiente.	51
Figura 11 - Ambiente utilizado para testes de potência de sinal.	54
Figura 12 - Variação da potência do sinal Wi-Fi em um determinado ponto.	55
Figura 13 - Ambiente base para mapa de sinais.	56
Figura 14 - Variação da potência baseada em cem amostras.	57
Figura 15 - Modelo UML do banco labra.	58
Figura 16 - Opções iniciais do aplicativo.	62
Figura 17 - Opções de acesso no ambiente.....	63
Figura 18 - Descrição do caminho.....	64
Figura 19 - Cadastro do mapa de sinais.	65
Figura 20 - Mapa de sinais.....	66
Figura 21 - Amostra para testes de localização.	665
Figura 22 – Amostra para testes de orientação.....	66
Figura 23 - Interface Web para configuração do AP.	86
Figura 24 - Alteração da senha do roteador.....	87
Figura 25 - Alteração do nome de identificação do AP.	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Canais 802.11b.	30
Tabela 2 – Exemplo de Amostras Colhidas.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANATEL	Agencia Nacional de Telecomunicações
AP	Access Point
dBm	Decibel Milliwatt
GPS	Global Positioning System
Hz	Hertz
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IRID	InfraRed Identification
kNN	k-Nearest Neighbor
LPS	Local Positioning System
NN	Nearest Neighbor
RF	Radio Frequência
RFID	Radio Frequência Identification
RSSI	Received Signal Strength Indication
SIG	Sistema de Informação Geografica
TA	Tecnologias Assistivas
UML	Unified Modeling Language
Wi-Fi	Wireless Fidelity

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVO GERAL	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.3 JUSTIFICATIVA	15
1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA	16
2 ACESSIBILIDADE	17
2.1 TECNOLOGIAS ASSISTIVAS.....	18
2.2 CRITÉRIOS DE ACESSIBILIDADE	18
2.3 AUTONOMIA PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL	19
2.4 USABILIDADE PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL	20
3 MODELOS DE ORIENTAÇÃO	21
3.1 LOCALIZAÇÃO EM AMBIENTE CONTROLADO	22
3.2 SISTEMAS DE LOCALIZAÇÃO	22
3.2.1 Sistemas de Localização <i>Outdoor</i>	23
3.2.2 Sistemas de Localização <i>Indoor</i>	24
3.3 MODELOS GEOGRÁFICOS DE ARMAZENAMENTO	26
4 REDES SEM FIO	28
4.1 PROPAGAÇÃO DE SINAL.....	29
4.2 TÉCNICAS PARA DETERMINAÇÃO DE POSIÇÃO UTILIZANDO SINAL WI-FI.....	31
4.2.1 Minimização de Erros	32
4.3 TRIANGULAÇÃO	33
4.3.1 Latência	33
4.3.2 Angulação	34
4.4 MAPA DE SINAIS	35
5 MODELOS LÓGICOS MATEMÁTICOS.....	36
5.1 TEORIA DE GRAFOS	37
5.1.1 Algoritmos para Determinar o Caminho Mínimo	37
5.1.2 Algoritmo de Dijkstra	38
5.2 INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL	40
5.2.1 Conceitos Básicos do Aprendizado de Máquina	40
5.2.2 Algoritmo k-Nearest Neighbor (kNN)	42
6 TRABALHOS CORRELATOS.....	44
6.1 HLS: MODELO PARA SUPORTE À SISTEMAS DE LOCALIZAÇÃO NO HOLOPARADIGMA.....	44

6.2 LOCALIZAÇÃO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS EM REDES WI-FI.....	45
6.3 FERRAMENTA ANDROID BASEADA EM REALIDADE AUMENTADA E SERVIÇOS BASEADOS EM LOCALIZAÇÃO USANDO NOTIFICAÇÕES.....	46
6.4 MECANISMO DE LOCALIZAÇÃO DE ESTACÕES MÓVEIS 802.11 – ANÁLISE E PROTOTIPAGEM.....	47
7 FERRAMENTA PARA LOCALIZAÇÃO EM AMBIENTE CONTROLADO	48
7.1 METODOLOGIA.....	48
7.1.1 Levantamento de requisitos.....	49
7.1.2 Implementação do algoritmo de Dijkstra.....	50
7.1.3 Instalação e configuração dos <i>Acess Point</i>	52
7.1.4 Modelagem do mapa de sinais	53
7.1.5 Modelagem do banco de dados.....	57
7.1.6 Implementação do algoritmo kNN	58
7.1.7 Desenvolvimento da Interface <i>Mobile</i>	60
7.1.8 Validação do Protótipo	66
7.2 RESULTADOS OBTIDOS	68
8 CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS.....	72
APÊNDICE(S)	75
ANEXO(S).....	85

1 INTRODUÇÃO

A evolução dos dispositivos móveis, celulares e *tablets*, aliada a facilidade de comunicação destes aparelhos com as redes sem fios abriram inúmeras possibilidades para o desenvolvimento de aplicações que possam se utilizar destas tecnologias para facilitar a vida das pessoas, principalmente no que diz respeito à comunicação e localização.

Atualmente identifica-se um aumento considerável de pessoas com algum tipo de deficiência física inserida no mercado de trabalho, e apesar de sua situação economicamente ativa, a estrutura disponibilizada para suas necessidades ainda não é adequada, impondo sérios limites a sua locomoção. A tecnologia da informação surge como uma ferramenta de apoio às pessoas com necessidades especiais, tornando-se uma forma ideal para proporcionar autonomia de locomoção, bem como a melhoria da qualidade de vida dos indivíduos nesta situação (FAÇANHA; VIANA; PEQUENO, 2011).

Com base na necessidade de autonomia para pessoas com dificuldades de localização, seja por desconhecimento do ambiente ou por uma deficiência visual, e se utilizando da tecnologia sem fio disponível nestes dispositivos móveis, é possível desenvolver uma ferramenta que permita a localização destes dispositivos dentro de um ambiente fechado, e por meio da localização indicar o melhor caminho para chegar a um ponto dentro deste ambiente.

No entanto, quando se trata de um ambiente fechado, é necessária uma ferramenta que tenha mapeado os pontos disponíveis para acesso dentro deste ambiente. Com base neste mapeamento e em técnicas que permitam situar o dispositivo móvel dentro desta base, tem-se a possibilidade de indicar os diversos caminhos possíveis para atingir o objetivo traçado.

A técnica para escolha deste caminho deve ser baseada em modelos matemáticos estatísticos que levam em consideração os aspectos do local onde estará disponível a aplicação, pois nem sempre o menor caminho será o melhor, haja vista que dependendo da aplicação pode ser mais interessante fazer um caminho mais longo, mas que tenha menos custo para quem o percorre (BOAVENTURA NETTO; PAULO, 2003). Este custo pode ser medido por meio das

dificuldades para a locomoção ou até mesmo pela distância para se alcançar o destino desejado.

Tomando por base este contexto, a presente pesquisa aprofundou os conhecimentos de localização por meio da mapa de sinais wireless e propôs uma aplicação que, baseada em um mapeamento prévio do ambiente, permite que se obtenha orientação para atingir um determinado destino neste ambiente (CARVALHO, 2007).

Para que seja feita uma orientação eficaz, é necessário aplicar técnicas da teoria de grafos que permitam determinar o melhor caminho, obtendo assim um aplicativo que serve de orientador para as mais diversas aplicações (BOAVENTURA NETTO; PAULO, 2003).

Desta forma, foi feito um estudo abordando as necessidades de acessibilidade e uso de tecnologias assistivas para dar suporte a estas necessidades. A seguir estão apresentados os modelos para orientação em ambiente controlado, sistemas para localização e modelos geográficos de armazenamento. O capítulo seguinte é dedicado ao estudo de redes sem fio, reconhecimento de redes sem fio em dispositivo móvel, características de sinal destas redes e técnicas para localização de dispositivos por meio da utilização destes sinais. Na sequência estão abordados modelos lógicos matemáticos utilizados para orientar a locomoção dentro de um ambiente, tendo como base o ponto onde se encontra o dispositivo e o ponto onde se deseja chegar dentro do ambiente. Por fim, estão apresentados trabalhos correlatos ao apresentado nesta pesquisa, a metodologia, recursos necessários e o cronograma para o desenvolvimento deste projeto.

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma aplicação para dispositivos móveis que se utilize da técnica de mapa de sinais wireless, permitindo a localização e orientação de pessoas dentro de um ambiente previamente mapeado.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) descrever critérios de acessibilidade que permitam disponibilizar informações em dispositivos móveis para pessoas com deficiência visual;
- b) definir um modelo para armazenamento de informações georreferenciadas de um ambiente fechado;
- c) modelar uma arquitetura de interação entre dispositivos móveis e antenas de redes sem fio, que permitam determinar a posição deste dispositivo dentro de um ambiente servido por sinal Wi-Fi;
- d) utilizar um algoritmo para localização e orientação em tal ambiente;
- e) implementar uma aplicação de localização e orientação, para deficientes visuais baseado no modelo definido.

1.3 JUSTIFICATIVA

Uma das características mais relevantes do ser humano é sua capacidade de autonomia para tomar decisões a respeito de seu destino, tanto com relação ao seu futuro, ou de forma mais imediata, decidindo qual caminho tomar para chegar a um determinado local.

Quando se tem esta capacidade reduzida, por motivos externos ou até mesmo por limitações pessoais, procura-se apoio em pessoas ou ferramentas que possibilitem minimizar esta limitação.

O Censo demográfico de 2010 (IBGE, 2011) revelou que 3,5% da população declararam possuir deficiência visual severa, o que significa ter grande dificuldade ou nenhuma capacidade de enxergar. Para estas pessoas a necessidade de uma ferramenta que possibilite recuperar sua autonomia de locomoção pode ser de grande utilidade no dia a dia.

A rápida evolução dos dispositivos móveis e sua popularização dentre a população brasileira, em que, segundo a ANATEL (2012) o Brasil, no mês março de 2012, possuía 250,8 milhões de linhas de celulares ativas. Deste total, 52 milhões

contam com conexão 3G, tecnologia utilizada por celulares mais modernos, normalmente disponíveis por acesso Wi-Fi. Esta popularização no uso de dispositivos móveis, aliada a grande quantidade de pessoas com necessidades severas de localização devido a sua dificuldade visual, demonstra a relevância de uma ferramenta inteligente que possa preencher esta lacuna existente no que tange a acessibilidade de deficientes visuais em ambientes como aeroportos, supermercados, bibliotecas e outros locais onde se tenha circulação de pessoas.

Neste contexto, o propósito do estudo é o conhecimento das tecnologias e teorias necessárias a fim de dar sustentação ao desenvolvimento desta ferramenta para localização em ambiente controlado.

1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA

A estrutura do trabalho é dividida em oito capítulos.

No primeiro capítulo é feita a contextualização do trabalho ao longo da introdução, apresentado o objetivo geral e os objetivos específicos, bem como a justificativa para a realização deste estudo.

O segundo capítulo trata dos estudos relacionados à acessibilidade, o qual aborda as tecnologias assistivas, critérios de acessibilidade, a importância da autonomia para pessoas com deficiência visual e a usabilidade para aplicativos direcionados a estas pessoas.

O terceiro capítulo trata dos modelos de orientação e localização. Sendo realizado um comparativo entre os modelos de localização para ambientes fechados e abertos. Trata-se também dos modelos geográficos para armazenamento destes sistemas de localização.

O quarto capítulo apresenta um estudo sobre redes sem fio, propagação de sinal utilizado por estas redes e técnicas para localização de dispositivos móveis cobertos por este sinal.

O quinto capítulo trata dos modelos lógicos matemáticos e algoritmos da teoria de grafos e inteligência computacional, utilizados a fim de resolver os requisitos para localização e orientação apresentados no trabalho.

No capítulo sexto são apresentados trabalhos correlatos ao estudo

desenvolvido.

O capítulo sétimo apresenta o estudo em sua forma prática, já desenvolvido, no qual é feito o detalhamento da metodologia utilizada para o desenvolvimento do protótipo e a metodologia para avaliação dos resultados obtidos.

Por fim, o capítulo oito conclui acerca da área de pesquisa do trabalho, bem como das dificuldades encontradas no decorrer da pesquisa, as soluções encontradas para superar estas dificuldades e dos resultados obtidos frente aos objetivos traçados no início da pesquisa.

2 ACESSIBILIDADE

De acordo com a ISO-9050, a possibilidade de acesso à edificações, espaços mobiliários, equipamentos e serviços permitindo assim a sua utilização de forma completa é considerado como conceito de acessibilidade (ABNT, 2004).

Também pode-se considerar como acessibilidade a possibilidade de acesso aos elementos funcionais de um ambiente, permitindo assim sua utilização (NICHOLLL, 2001).

A questão da acessibilidade é considerada um problema em alguns casos especiais, dentre eles pode-se citar a situação das pessoas que utilizam cadeira de rodas para locomoção, e também as pessoas com deficiência visual. Há centenas de anos a humanidade preocupa-se com esta questão, em que o ambiente vem sendo projetado para se adaptar a necessidade das pessoas (NICHOLLL, 2001).

O envelhecimento da população e o aumento das ofertas de produtos e serviços faz com que um número maior de pessoas necessite utilizá-las, mas, com isso, também aumenta o número de pessoas que precisam de ferramentas diferenciadas para poder ter acesso aos mesmos.

No que diz respeito à tecnologia, se vislumbra uma série de aplicações que podem ser desenvolvidas para permitir uma maior acessibilidade aos produtos e serviços disponíveis no mercado, dentre elas destacam-se as tecnologias assistivas, que podem auxiliar de forma especial os idosos e pessoas com algum tipo de necessidade especial.

2.1 TECNOLOGIAS ASSISTIVAS

Tecnologias Assistivas (TA) pertencem a uma área do conhecimento que busca oferecer uma melhor qualidade de vida, autonomia e inclusão social às pessoas com algum tipo de deficiência. Para a TA o desenvolvimento deve ser baseado na ampliação das habilidades funcionais das pessoas com necessidades especiais, aproveitando seus talentos e utilizando os movimentos possíveis para cada tipo de deficiência. Outro ponto importante em TA é que os produtos desenvolvidos possam ser concebidos a partir de um desenho universal, de modo a serem utilizados por todas as pessoas com alguma necessidade especial, o maior tempo possível, sem que seja necessária qualquer adaptação por parte das pessoas que se utilizam da tecnologia (FAÇANHA; VIANA; PEQUENO, 2011).

2.2 CRITÉRIOS DE ACESSIBILIDADE

Os ambientes de uso público devem ter a característica de permitir que todos possam usá-lo de forma independente e igual (NICHOLLL, 2001).

De acordo com o autor acima, como não existem duas pessoas iguais e também todos possuem suas características individuais, se torna quase impossível que seja garantido a todas as pessoas acessibilidade nos ambientes públicos. Para isso, utilizam-se critérios que formam uma base de exigências a fim de permitir que um número maior de pessoas tenha acesso a estes ambientes.

Uma ferramenta de localização em ambiente controlado vem ao encontro do objetivo de que todas as pessoas possam se utilizar dos ambientes e serviços, de forma independente, sem necessitar da ajuda de outros.

O modelo de orientação apresentado por uma ferramenta deste tipo deve possuir um mínimo de recursos para que os resultados possam ser apresentados de forma agradável e sejam compreendidos inclusive por pessoas que não tenham tido nenhum tipo de treinamento para entendimento dos dados apresentados (FITZ, 2008).

Para que a ferramenta possa oferecer autonomia às pessoas com

dificuldades de localização dentro de um ambiente, alguns critérios devem ser observados na sua construção (DIAS, PASSERINO, 2009):

- a) primeiramente as informações e componentes devem ser apresentadas ao usuário de forma que ele possa perceber todo o contexto disponível para utilização da ferramenta;
- b) os componentes oferecidos devem ser de fácil operação, navegação e localização dentro da ferramenta;
- c) a informação apresentada ao usuário deve ser compreensível de maneira a permitir que ele possa tomar as decisões de locomoção de forma rápida;
- d) o conteúdo apresentado deve ser completo e conciso o suficiente para que possa ser interpretado de forma clara pelo usuário.

Neste contexto, propõe-se que a ferramenta, objeto deste estudo, seja norteada por estas diretivas, a fim de que possa garantir maior usabilidade e autonomia às pessoas com deficiência visual.

2.3 AUTONOMIA PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

O desejo de participar da vida em sociedade é inerente ao ser humano e para o indivíduo com deficiência visual esta experiência se torna um pouco mais difícil já que os seres humanos são modulados pelos sentidos para se relacionarem com outras pessoas e com o ambiente.

A visão é a principal via pela qual se pode compreender o mundo em volta e, o deficiente visual não possui esta via. Para que seja possível entender um pouco o que é não possuir o estímulo visual para poder se locomover no ambiente, basta que sejam fechados os olhos e se tente caminhar sem a ajuda de artefatos que auxiliem na capacidade de orientação, mesmo assim ainda é necessário contar com a lembrança do ambiente, que se pode buscar na memória e facilita a orientação (CAZÉ; OLIVEIRA, 2008).

Quando pensado em uma ferramenta que auxilie na locomoção de pessoas com deficiência visual, precisa-se ter em mente que a principal característica desta ferramenta é a capacidade de prover autonomia às pessoas,

desta forma, significa dizer que esta ferramenta deve servir como base para que o usuário decida qual direção seguir, perceba as mudanças que terá de exercer no movimento para que possa atingir seu objetivo.

Em ambientes fechados, normalmente o portador de deficiência visual poderá contar com um guia, um cão guia ou uma bengala, que contribuirá para percepção de possíveis obstáculos. A ferramenta deverá atuar como uma bússola, informando a direção a ser seguida, identificando a distância e a necessidade de mudança de direção.

Existem diversas soluções tecnológicas que apoiam pessoas com deficiência visual, estas soluções se encontram disponíveis atualmente no mercado, porém um fator importante a ser considerado é a usabilidade destas soluções.

2.4 USABILIDADE PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

Os dispositivos móveis utilizados atualmente possuem uma série de funcionalidades que facilitam a interação com seus usuários. A maioria destas funcionalidades têm um enfoque visual, como a tecnologia *touch screen*, em que a interação com o usuário é feita por meio da captura de movimentos em uma tela lisa. Entretanto, estas funcionalidades se mostram um desafio às pessoas com deficiência visual, haja vista que a percepção tátil é fundamental para as nuances que permitem a comunicação física e tecnológica.

Para isso, a aplicação de TA no desenvolvimento de ferramentas para dispositivos móveis que serão utilizados por pessoas com deficiência visual é de suma importância. De acordo com as informações obtidas, faz-se necessário pesquisar as dificuldades encontradas na utilização destes dispositivos e também as ferramentas disponíveis no mercado para que seja possível aplicá-las na criação de soluções baseadas em TA (FAÇANHA; VIANA; PEQUENO, 2011).

Além do uso de TA para permitir a autonomia às pessoas com deficiência, se faz necessário também que os modelos utilizados para orientação permitam que o usuário obtenha a informação necessária de forma clara e precisa.

3 MODELOS DE ORIENTAÇÃO

Os modelos de orientação abstraem da vida real situações ou ambientes, e são utilizados para orientar com eficiência, quando houver necessidade de posicionar e também de agir para que determinada situação dentro do modelo seja modificada. Para isso, foram desenvolvidos diversos modelos de orientação, que têm por objetivo apresentar de forma clara a abstração do ambiente. Estes modelos se utilizam de pontos e vértices dispostos em uma representação espacial de duas dimensões para abstrair uma realidade apresentada (RIGAUX; SCHOLL; VOISARD, 2002, tradução nossa).

Quando se deseja definir um modelo de orientação deve-se ter bem claro qual o perfil da pessoa que será orientada e para que fim será utilizada a informação disponibilizada na ferramenta (FITZ, 2008).

Como se está projetando uma ferramenta para localização em um ambiente fechado, um modelo que se mostra bastante funcional é o de apresentação por meio de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Um SIG é uma particularidade do sistema de informação que permite, por meio do processamento de dados de diversas fontes, a realização de análises para tomada de decisão. Com isso, ele deve ter funções para a entrada, armazenamento, processamento e apresentação de dados geográficos ou espaciais (ROSA; BRITO, 1996).

Segundo este autor, o objetivo geral de um SIG é servir de ferramenta para todas as áreas do conhecimento que fazem uso de mapas, permitindo a entrada de dados de diversas fontes e combinando estes dados de modo a gerar novas informações que possam servir de base para a tomada de decisão.

Por se apresentar como uma ferramenta para apoio à decisão, um SIG dever ser estruturado e planejado de modo a permitir que a interação entre o usuário e a máquina seja eficiente e atenda às necessidades de quem o utiliza (FITZ, 2008).

O SIG normalmente é utilizado para orientação em ambientes abertos como cidades e rodovias, mas também pode ser muito útil quando empregados para localização em um ambiente controlado.

3.1 LOCALIZAÇÃO EM AMBIENTE CONTROLADO

O crescente avanço tecnológico dos dispositivos portáteis e a facilidade de vinculação das redes sem fio a estes dispositivos, de modo a facilitar a conexão e troca de informação entre os mesmos, abriu espaço para pesquisa e desenvolvimento de aplicações que permitam a integração destes com o meio físico, permitindo obter sua localização dentro de um ambiente previamente mapeado. Para isso, obtêm-se detalhes de edificações, locais de circulação com obstáculos nesta circulação, e neles é possível integrar dispositivos móveis e por fim criar ferramentas que possam auxiliar o usuário no apoio a decisões de mobilidade dentro deste ambiente (ROLIM, 2007).

Sendo objetivo principal do SIG apresentar de forma visual os dados geográficos e espaciais, de maneira a permitir uma representação do mundo real, em que normalmente esta representação é feita por meio de pontos, linhas e polígonos (ROSA, BRITO, 1996). Pode-se então utilizar estes elementos para representação espacial de um ambiente controlado, identificando locais que tenham possibilidades de acesso, caminhos para deslocamento dentro deste ambiente e mudança de direção quando necessário.

3.2 SISTEMAS DE LOCALIZAÇÃO

Pode-se encontrar na literatura vários modelos para sistemas de localização de dispositivos móveis, sendo que cada um destes modelos tem características específicas em função do cenário em que serão montados estes sistemas.

O primeiro cenário é caracterizado pelo fato de que o dispositivo móvel se encontra fora de ambientes fechados, o que de acordo com a tecnologia utilizada pode facilitar ou inviabilizar a localização do dispositivo. O modelo é compreendido por técnicas que permitem a localização em ambientes externos ao de construções e pode ser chamado de sistema de localização *outdoor*.

No segundo cenário, a localização é feita dentro de ambientes fechados, como *shoppings*, hospitais, bibliotecas e edifícios. Este modelo é conhecido como

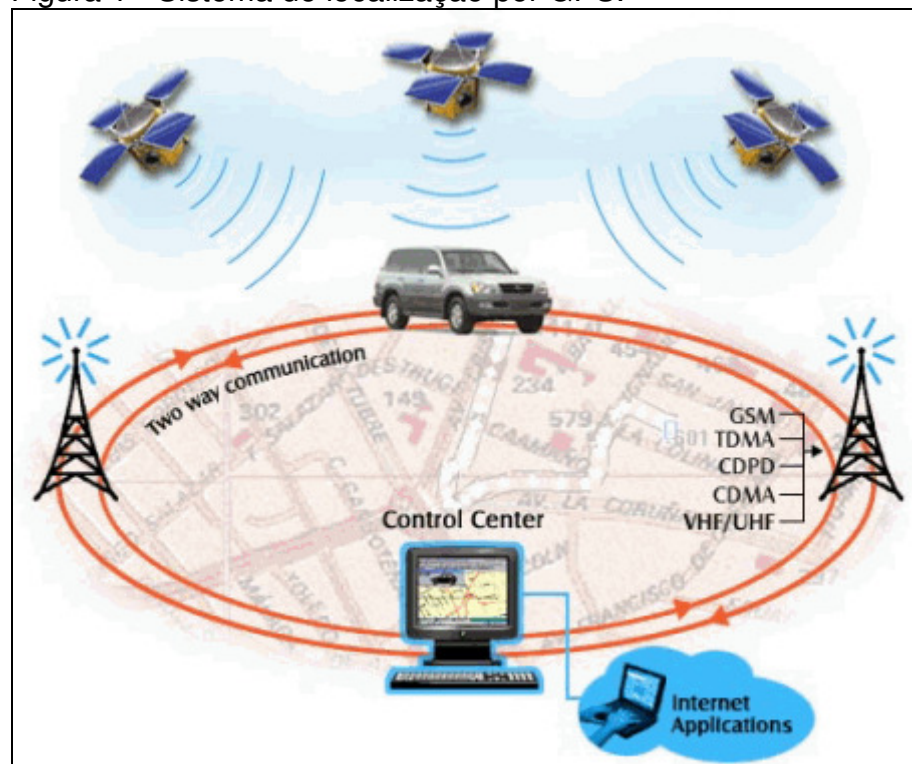
sistema de localização *indoor* (RENNER, 2007).

3.2.1 Sistemas de Localização *Outdoor*

Este sistema caracteriza-se pela localização em ambientes abertos e necessita de uma infraestrutura auxiliar para funcionamento do dispositivo. Um dos exemplos que possui esta característica é o Global Positioning System (GPS), que apesar de possuir um grau de precisão bastante apurado, apresenta problemas em ambientes fechados (RENNER, 2007).

O sistema GPS é composto por 28 satélites que estão em órbita em torno da terra a uma altitude aproximada de 20.000 km. Estes satélites circundam a terra duas vezes ao dia e transmitem sinais a receptores GPS na terra (figura 1), que usam técnicas de triangulação¹ para determinar a posição do usuário em relação à terra (RENNER, 2007).

Figura 1 - Sistema de localização por GPS.



Fonte: Renner (2007).

¹ A triangulação consiste em um método de localização que calcula as coordenadas geográficas de um ponto por meio da aplicação de equações lineares.

Apesar do sistema GPS ter um grau de precisão elevado, o fato do comprimento de onda de seu sinal ser pequeno e o alto ruído produzido, aliado à reflexão dos sinais de Rádio Frequência (RF), devido à presença de objetos metálicos, tornam o GPS ineficaz para o uso em ambiente *indoor* (CARVALHO, 2007).

3.2.2 Sistemas de Localização *Indoor*

Com a ineficiência da utilização do sistema de GPS para localização em ambientes fechados, e com o grande número de locais, que por possuírem esta característica, se encontram desassistidos, observa-se o surgimento de muitos projetos de sistemas para localização em ambiente *indoor*.

Os sistemas de localização também conhecidos por Local Positioning System (LPS) podem utilizar-se de diversas tecnologias para obtenção da posição de um dispositivo móvel em um ambiente. Estão abordadas a seguir as características de três sistemas para localização *indoor*, Radio Frequency Identification (RFID), InfraRed Identification (IRID) e wireless, nos quais as características do tipo de usuário e tecnologia a ser utilizada no sistema de localização são fundamentais para determinação do melhor sistema (CARVALHO, 2007).

3.2.2.1 Tecnologia Baseada em RFID

As etiquetas de rádio frequência, também chamadas de etiquetas inteligentes, possuem uma larga utilização no que diz respeito à identificação de produtos por meio do sinal emitido quando estas etiquetas são submetidas a uma indutância por uma antena de rádio frequência. Sua aplicação também é estudada em sistemas de localização, pois permite que sejam fixadas estas etiquetas em locais previamente mapeados e a partir de um dispositivo que detecte a presença da mesma e com um sistema que tenham mapeadas estas etiquetas pode-se localizar a posição delas no ambiente (CARVALHO, 2007).

O desafio para utilização destes dispositivos tem sido reduzir o tamanho e custo das etiquetas. Outro entrave na utilização de etiquetas de rádio frequência na

localização em ambiente fechado é que seria necessário dispor de uma antena RFID no dispositivo móvel, para que o mesmo pudesse identificá-la e com isso conseguir localizar-se dentro do ambiente (CORONADO, 2007).

Inicialmente acreditava-se que esta tecnologia fosse a mais indicada para a utilização no projeto que é objeto deste estudo, mas devido as dificuldades descritas acima, e também pela distância máxima para captação do sinal de uma etiqueta RFID, que na maioria dos modelos é de no máximo 3 metros, optou-se pela não utilização desta tecnologia. Porém, vislumbra-se que com a rápida evolução da tecnologia de RFID, talvez num futuro breve seja possível utilizá-la em conjunto com outras tecnologias a fim de conseguir dar uma maior autonomia às pessoas que fazem uso dos sistemas de localização *indoor*.

3.2.2.2 Tecnologia Baseada em IRID

Quando se pretende trabalhar em ambientes maiores, pode-se lançar mão da utilização de etiquetas IRID, que transmitem seu código de identificação por meio de luz infravermelha para leitores que podem ser instalados de forma estratégica no ambiente (CARVALHO, 2007).

Na continuidade, o autor destaca que o princípio desta tecnologia funciona a partir de um emissor e um receptor de feixe de luz infravermelha, que ao ser interceptado por um usuário poderia identificar o local onde o feixe foi cortado e a partir da referência deste feixe no mapeamento feito previamente no ambiente, pode-se localizar a posição do usuário.

Salienta ainda que a principal dificuldade nesta tecnologia é que qualquer objeto que fosse introduzido neste ambiente que estivesse na linha dos feixes de luz poderia inviabilizar a utilização do sistema de localização, pois iria induzir o sistema a um erro de localização.

3.2.2.3 Tecnologia Baseada em Wireless

Sistemas baseados em localização por meio de sinal *wireless* se mostram vantajosos em relação aos descritos anteriormente, pelo baixo custo de aquisição do

sinal, já que a emissão é feita pelo *Acess Point* (AP) e a maioria dos dispositivos móveis já possuem a funcionalidade de receber estes sinais (DORNAN, 2001).

Um dos primeiros projetos a utilizar o sinal de rede sem fio para localizar um dispositivo, foi o projeto RADAR, que foi um dos trabalhos mais referenciados em pesquisas sobre localização de dispositivos móveis (RENNER, 2007). Este trabalho utilizava *WaveLan*, que era uma das tecnologias de redes sem fio proprietárias anteriores a Wi-Fi (CARVALHO, 2007).

O autor acrescenta que este projeto era dividido em duas fases, na primeira fase, também chamada de *off-line*, um operador coletava as coordenadas de cada ponto do mapa do ambiente, também sua orientação e o tempo de chegada do sinal de cada estação de emissão do sinal, que era no mínimo de três estações.

A posição era calculada com base na comparação da potência do sinal recebida por cada uma das estações com as amostras colhidas e armazenadas previamente na fase *off-line*. Os valores registrados na fase *off-line*, que mais se aproximassem aos captados pelo dispositivo móvel nesta fase, chamados de *on-line*, indicariam a posição do dispositivo dentro do ambiente.

A tecnologia baseada em wireless foi a tecnologia empregada nesta pesquisa para desenvolver o protótipo de localização do dispositivo móvel dentro do ambiente.

3.3 MODELOS GEOGRÁFICOS DE ARMAZENAMENTO

A utilização de mapas há séculos vem sendo a principal forma de representar geograficamente uma informação. Até poucas décadas a representação em papel destes mapas era a principal forma de apresentação dos mesmos, mas o desenvolvimento de novas tecnologias para coleta e digitalização de informações geográficas, aliados a crescente demanda de manipulação e análise destas informações abriu espaço para o desenvolvimento de sistemas específicos para a manipulação de informações geográficas (RIGAUX; SCHOLL; VOISARD, 2002, tradução nossa).

Para um sistema de localização em um ambiente fechado, por meio de sinais *wireless*, utilizou-se como molde para localização um modelo baseado em um

mapa com a informação da potência de sinal recebida, também chamado de *Received Signal Strength Indication* (RSSI), juntamente com a frequência, informações captadas de no mínimo três APs em diferentes pontos do ambiente mapeados (CARVALHO, 2007).

O procedimento para montagem deste mapa de RSSI consiste em de marcar em um mapa métrico do ambiente as medidas de potência e frequência de cada AP para cada ponto do mapa, que corresponde a um ponto específico do ambiente. Para isso são distribuídos os pontos uniformemente no mapa com uma diferença em metros para cada um deles. Além disso, são atribuídos um ponto para cada área que tenha relevância em termos de localização no ambiente.

Em seguida faz-se uma série de observações com um dispositivo móvel em cada ponto marcado no mapa. Nestas observações são assinalados o valor de potência e amplitude de sinal obtidos de cada AP distribuído no ambiente.

Para que este procedimento seja feito com sucesso, torna-se necessário o domínio sobre a tecnologia de redes sem fio, já que o mapa RSSI é a base para o modelo de localização, e, o requisito principal para este mapa é o conhecimento da potência e amplitude do sinal *wireless* de cada AP. O capítulo seguinte tratará do estudo sem fio, propagação de sinal e técnicas para determinação de posição no ambiente através do sinal Wi-Fi.

4 REDES SEM FIO

No ano de 1895, em Bolonha, o italiano Guglielmo Marconi realizou os primeiros testes de transmissão de sinais sem fio pela distância de 400 metros e em seguida pela distância de 2 quilômetros. Descobriu também neste mesmo período o princípio de funcionamento da antena, adquirindo no ano seguinte a patente de comunicação do rádio (DORNAN, 2001).

O autor supracitado acrescenta que esta invenção trouxe a tona o sonho de muitos empresários de investir em uma tecnologia que iria mudar o mundo, e nos anos 20 a tecnologia sem fio estava difundida nos principais países do mundo. Análises de mercado costumam comparar os anos 20 com os anos 2000, haja vista que nestas duas épocas uma tecnologia se mostra como revolucionária para os padrões existentes de comunicação: a comunicação sem fio.

O que a comunicação verbal tinha de importância para a humanidade nos anos 20, a ponto de difundir o rádio para todos os cantos do mundo, tem hoje a comunicação de dados sem fio, permitindo traçar um paralelo entre estes dois momentos devido a possibilidade de mobilidade da informação que esta tecnologia apresenta (DORNAN, 2001).

O crescimento das redes sem fio Wi-Fi, vinculadas à evolução tecnológica dos dispositivos portáteis como notebooks, smartphones e tablets, permitiu que novas aplicações fossem pesquisadas possibilitando uma maior integração entre estes dispositivos e o meio onde são utilizados (ROLIM, 2007).

O termo Wireless Fidelity (Wi-Fi) foi criado a pedido da empresa Wi-Fi Alliance e é utilizado para designar o conjunto de normas 802.11 lançadas pelo Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE). Para existir uma rede Wi-Fi é necessário que tenha pelo menos dois dispositivos que se comuniquem por meio de antenas para transmissão e recepção de ondas de rádio (CARVALHO, 2007).

Segundo o autor, dentre os dispositivos que permitem integrar uma rede Wi-Fi, o telefone celular se destaca, pois é um equipamento portátil e de fácil utilização. Completando esta relação, o AP também se destaca já que permite que vários dispositivos possam comunicar-se com ele dentro da mesma rede.

A localização destes dispositivos, dentro de um ambiente previamente

georreferenciado, relacionando esta posição a um ponto específico deste ambiente, e sabendo a posição de outro ponto onde se deseja chegar dentro dos pontos mapeados, permite-se a criação de um sistema que indique a distância e o melhor caminho para se atingir a meta selecionada.

Um dos pontos vitais para o funcionamento deste sistema é a possibilidade da aplicação ter acesso ao ponto simbólico onde o dispositivo se encontra dentro do contexto abstrato mapeado (ROLIM, 2007). Para isso a aplicação deverá se utilizar da intensidade de sinal de cada AP propagado no ambiente.

4.1 PROPAGAÇÃO DE SINAL

Mesmo com os avanços das tecnologias de localização, os sinais dos satélites que compõe o sistema GPS não estão aptos a serem captados dentro da maioria dos ambientes fechados, em função de seus sinais não penetrarem na maioria dos materiais de construção (CARVALHO, 2007).

Ainda afirma que em função disso os sistemas de posicionamento *indoor* vêm ganhando espaço no mercado pela sua capacidade de orientação em ambientes onde o sinal de GPS não tem a propagação necessária para que possa ser utilizado com eficiência.

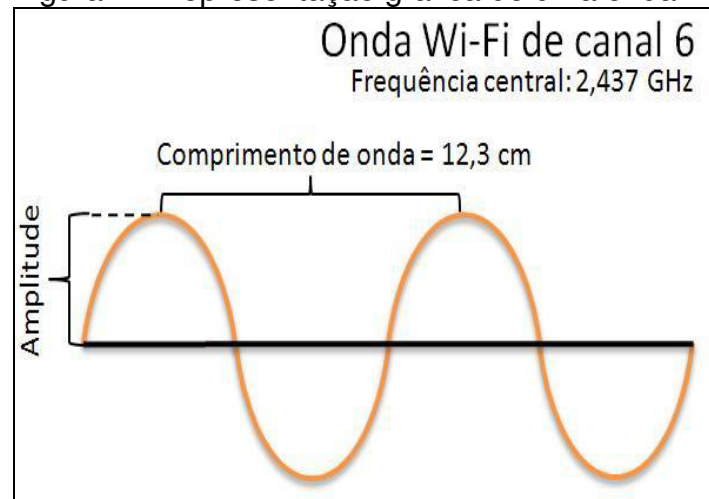
Os sistemas de localização *indoor*, também conhecidos por LPS, podem-se utilizar de sinais internos ao ambiente para definir a localização de um equipamento. Na lista de sinais utilizados, o sinal Wi-Fi é um dos que tem se mostrado mais eficiente em um sistema de localização, pois a partir dele pode-se calcular a cobertura de cada AP, bem como a distância entre um dispositivo móvel e o AP (CARVALHO, 2007).

O sinal Wi-Fi é um sinal de rádio que se propaga no formato de ondas eletromagnéticas que por sua vez possuem características específicas de frequência, amplitude e comprimento de onda, menciona este autor.

A frequência, que é medida em Hertz (Hz), representa o número de ciclos de uma onda em cada segundo de tempo, já a amplitude indica a altura de cada ciclo da onda e o comprimento da onda em centímetro, o qual pode ser medido pela distância entre duas cristas de uma mesma onda (figura 2). As radiofrequências

ocupam as frequências entre 3 KHz e 300 GHz e são muito utilizadas na área das telecomunicações. As redes Wi-Fi comunicam uma frequência em torno de 2,45 GHz e mesmo sendo uma onda de rádio, não é necessária autorização para transmissão da mesma (CARVALHO, 2007).

Figura 2 - Representação gráfica de uma onda Wi-Fi.



Fonte: Carvalho (2007).

O IEEE definiu na norma 802.11 quais os canais em que os sinais Wi-Fi poderiam operar (tabela 1), de modo a permitir que mais de uma rede possa estar disponível em um mesmo ambiente, atenuando assim interferência entre redes. Para isso foi atribuído a cada canal uma frequência diferente e uma margem para cada uma poder operar (CARVALHO, 2007).

Tabela 1 – Canais 802.11b.

Canal	Frequência em GHz
1	2.412
2	2.417
3	2.422
4	2.427
5	2.432
6	2.437
7	2.442
8	2.447
9	2.452
10	2.457
11	2.462
12	2.467
13	2.472
14	2.484

Fonte: Carvalho (2007).

Com a possibilidade de operar com mais de uma rede em um mesmo ambiente, é possível instalar no mínimo três APs para que sejam reconhecidos de forma independente pelo dispositivo móvel utilizado pela pessoa que irá se orientar dentro do ambiente.

4.2 TÉCNICAS PARA DETERMINAÇÃO DE POSIÇÃO UTILIZANDO SINAL WI-FI

Para que a aplicação consiga definir o ponto simbólico onde o dispositivo se encontra dentro do ambiente, a medida da potência ou intensidade do sinal de pontos de acesso conhecidos, captados pelo dispositivo móvel é ponto chave para que se possa determinar sua posição aproximada (ROLIM, 2007).

A potência de sinal é medida em Decibel Milliwatt (dBm) e assim como em outras tecnologias de transmissão via rádio ela está diretamente relacionada com a qualidade da antena de emissão do sinal e do receptor utilizado (CARVALHO, 2007).

O cálculo do posicionamento é feito a partir da informação do nível de sinais dos pontos de acesso disponíveis no ambiente, relacionado a um banco de dados que contém o mapeamento de amostras de potência de sinal para cada ponto dentro do contexto mapeado (ROLIM, 2007).

Para cada ponto, que pode ser definido como metro quadrado, são colhidas as informações dos pontos de acesso disponíveis e a sua intensidade de sinal. As informações são armazenadas em um banco de dados que servirá de base para que a aplicação localize o equipamento móvel dentro do ambiente (ROLIM, 2007).

Quando a aplicação fizer a busca no banco de dados, irá procurar por pontos onde a intensidade de sinal mais se enquadra para cada ponto de acesso enviado na solicitação, o ponto que mais se aproximar da intensidade informada será a localização atual do dispositivo (ROLIM, 2007).

A intensidade de sinal diminuirá à medida que o equipamento se distancia da fonte, mas em ambiente com construções, paredes ou outras barreiras físicas podem diminuir a intensidade do sinal, para este fenômeno dá-se o nome de

atenuação. Este fenômeno deverá ser previsto para que o sistema tenha um grau maior de precisão (CARVALHO, 2007).

Outro requisito importante para o sucesso da definição da localização do dispositivo móvel é que o mesmo deva ter o sinal de no mínimo três pontos de acessos. Pois a presença de sinal Wi-Fi de três dispositivos móveis permitirá minimizar os erros de localização do dispositivo móvel (CARVALHO, 2007).

4.2.1 Minimização de Erros

As técnicas abordadas para localização de dispositivos móveis por meio de sinais Wi-Fi, na teoria se mostram eficientes, mas quando aplicadas à realidade podem gerar erros de localização devido à natureza do comportamento dos sinais Wi-Fi (CARVALHO, 2007).

Salienta que por se tratarem de ondas de rádio frequência, os sinais Wi-Fi podem sofrer perda de potência por vários motivos, desde a origem dos materiais utilizados na fabricação dos dispositivos de transmissão e recepção, até obstáculos como paredes e prateleiras que podem se encontrar dentro do ambiente onde as ondas são transmitidas.

Destaca ainda que, como a distância entre o dispositivo móvel e o AP é calculada por meio da latência, que utiliza a potência de sinal para definir uma circunferência imaginária em volta do dispositivo, de raio igual a distância até o AP. E a intersecção entre a circunferência de cada AP será utilizada para determinar a localização do dispositivo móvel. A atenuação pode interferir no cálculo destas circunferências, por isso deverão ser utilizadas técnicas que consistem em traçar duas retas, também imaginárias, que passam pelos pontos de intersecção das circunferências. A interceptação entre estas duas retas deverá indicar o ponto onde o dispositivo móvel se encontra, mesmo com a presença de atenuação.

Uma das técnicas mais utilizadas para calcular a posição destes dispositivos é a triangulação, que utiliza as propriedades geométricas dos triângulos para obtenção dos resultados desejados (CARVALHO, 2007).

4.3 TRIANGULAÇÃO

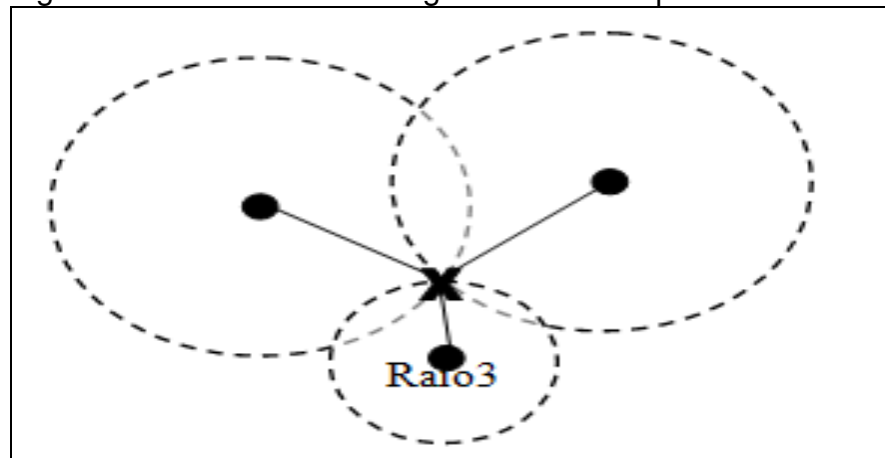
A triangulação consiste em um método de localização que calcula as coordenadas geográficas de um ponto por meio da aplicação de equações lineares² envolvendo as coordenadas conhecidas de vários pontos. Devendo-se indicar, no mínimo, três pontos, e medidas de distância e ângulo entre o ponto a ser localizado e os pontos de referência (CARVALHO, 2007).

O cálculo da posição por meio da triangulação é dividido em duas fases, a latência que se utiliza da medida de distância como parâmetro para o cálculo, e a angulação que tem como parâmetros os ângulos (CARVALHO, 2007).

4.3.1 Latência

A latência calcula a posição de um objeto com base em múltiplas medidas de distância em relação a um ponto de referência. Para o cálculo de medida de distância de um objeto em um plano de duas dimensões, é necessária, no mínimo, a medida de três pontos não colineares³ conforme observado na figura 3 (CARVALHO, 2007).

Figura 3 - Circunferência imaginária entre Dispositivo e os APs.



Fonte: Carvalho (2007).

² Equações Lineares são equações envolvendo apenas somas ou produtos de constantes e variáveis do primeiro grau.

³ Pontos não colineares são pontos que não pertencem a mesma reta.

Para obtenção da medida de distância é utilizada a técnica de *time-of-flight*, em que a distância é obtida por meio do tempo gasto para o sinal ir do AP até o dispositivo móvel, conhecendo sua velocidade e, com base no tempo, pode-se calcular a distância.

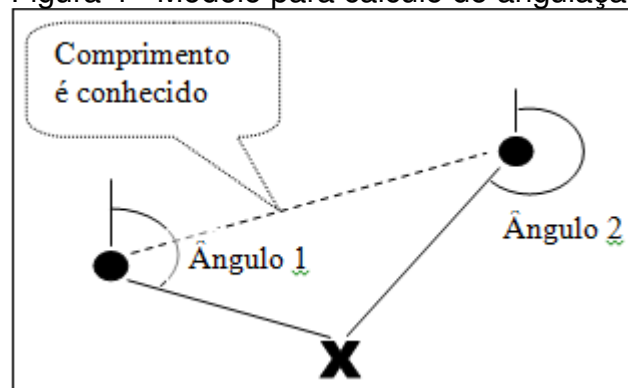
Ao cálculo da distância entre o dispositivo móvel e os APs deverá então ser aliado outra técnica, a angulação, para obtenção da posição do objeto.

4.3.2 Angulação

Para obtenção da posição de um objeto, a angulação se utiliza de duas medidas de ângulo e uma medida de comprimento. Como a posição dos pontos de acesso é conhecida, a distância entre os mesmos também é conhecida, necessitando assim somente do cálculo do ângulo entre o equipamento móvel e os dois pontos de acesso para que se tenha os parâmetros necessários para obtenção da posição por meio desta técnica (CARVALHO, 2007).

Na figura 4 pode-se observar um exemplo de angulação a fim de obter a localização de um objeto onde a distância entre dois pontos é conhecida.

Figura 4 - Modelo para cálculo de angulação.



Fonte: Carvalho (2007).

Após determinada a posição do dispositivo móvel no ambiente, estará inserindo-se de forma imaginária este ponto no cenário previamente mapeado, sendo então necessária uma análise de cena para poder contextualizá-lo no ambiente em que se deseja orientar a localização.

4.4 MAPA DE SINAIS

Durante a fase denominada de treinamento, também chamada de *off-line*, é criado o mapa de sinais, que consiste em amostras relativas ao sinal Wi-Fi para cada ponto do ambiente (figura 5). Posteriormente, na fase de testes ou *on-line* é feita a tomada do valor das potências em um ponto qualquer do ambiente, e por meio de um algoritmo faz-se a comparação dos sinais tomados na fase de testes com os que foram colhidos na fase de treinamento (RODRIGUES, 2011).

Figura 5 - Modelo de mapa de sinais.

Coord.	B_1	B_2	...	B_n
(x_1, y_1)	-45	-60		-88
(x_2, y_2)	-47	-56		-86
(x_3, y_3)	-48	-60		-87
...	...	...	...	...
(x_m, y_m)	-79	-70		-53

Fonte: Rodrigues (2011).

A base de dados deve ser montada de forma que contenha as informações das coordenadas deste ponto no ambiente, as potências de sinal referentes a cada AP presente no ambiente e a identificação do ponto (CARVALHO, 2007).

A aplicação deverá percorrer o banco de dados para localizar o ponto onde se encontra o dispositivo móvel, e com base neste ponto, são extraídas do banco as informações de coordenadas relativas a ele no mapa referenciado do ambiente (RIGAUX; SCHOLL; VOISARD, 2002, tradução nossa).

A busca deve possuir um algoritmo que trata aproximação na comparação da potência de sinal do dispositivo móvel com as referenciadas no banco de dados, haja vista que, como foi tratado anteriormente, a potência do sinal Wi-Fi pode sofrer alteração devido a sua natureza (DORNAN, 2002).

A partir da obtenção do ponto onde está localizado o dispositivo móvel, a aplicação deverá fornecer estes dados a um algoritmo, que de posse de todos os pontos de acesso possíveis no ambiente irá indicar, por meio de modelos lógicos matemáticos, o percurso a ser percorrido para se chegar ao ponto de destino.

5 MODELOS LÓGICOS MATEMÁTICOS

A matemática há séculos é utilizada para resolver problemas da humanidade. Levando em consideração sua exatidão e alto grau de abstração, ela tem se mostrado um instrumento na comprovação de teorias e na indicação de soluções para os mais diversos dilemas do ser humano. Apesar disso, a matemática tradicional, para determinados problemas, tem se mostrado um tanto quanto ineficaz, no que diz respeito a alguns problemas considerados de resolução difícil ou insolúvel (BOAVENTURA NETTO; PAULO, 2003).

No início da década de 1940 começou-se a desenvolver um movimento chamado ciberneticista, no qual se acreditava que era possível estudar a atividade humana por meio de modelos matemáticos, como em outros fenômenos da natureza (FONSECA FILHO, 2007).

A partir de então muitos matemáticos se dedicaram em formalizar procedimentos e delimitar o que poderia ser computado por meio de conceitos que pudessem ser repetidos para obtenção de soluções para problemas específicos.

Com isso surgiram muitos trabalhos como o desenvolvido por Alan Turing, que criou a Máquina de Turing. Esta máquina foi desenvolvida de forma conceitual, permitindo executar operações formais que tenham implicitamente um sistema de regras definido. Desta forma, a máquina de Turing se tornou um conceito chave dentro da teoria da computação, pois por meio de sua descoberta originaram-se várias perspectivas para que a matemática pudesse ser formalizada em uma conceituação conhecida hoje como algoritmo (FONSECA FILHO, 2007).

A partir do conceito de algoritmo e se utilizando de modelos matemáticos já existentes, é possível desenvolver inúmeras soluções para problemas que requerem a construção de sistemas complexos (CARNEIRO, 2001).

De acordo com este autor, um dos modelos matemáticos muito utilizados para resolução de problemas com base na representação de um mundo real é a teoria de grafos, pois se preocupa com a relação entre diversos objetos em análise e pode ser utilizado em qualquer área que necessite a organização de dados.

5.1 TEORIA DE GRAFOS

A teoria de grafos surge como uma teoria matemática das relações entre elementos de conjuntos discretos, que a partir do seu desenvolvimento, contribuiu de forma eficaz na descrição de fenômenos conhecidos e estudados até então de maneira empírica (BOAVENTURA NETTO; PAULO, 2003).

Acrescenta que seu surgimento é recente, comparado com a matemática tradicional, sendo que o primeiro livro dedicado à teoria de grafos foi publicado em 1936, e a maioria das publicações surgiu a partir de 1970.

Baseado em pontos ligados por linhas, a teoria de grafos possui métodos concretos para elaboração de modelos que formam a base para solução de problemas das mais diversas áreas do conhecimento humano (CARNEIRO, 2001).

Pode-se dizer que por meio da teoria de grafos, tanto as ciências físicas como as humanas mostram um rápido desenvolvimento, pois foi possível estudá-los de forma sistemática e comprovar sua resolução baseada na teoria fundamentada em grafos (BOAVENTURA NETTO; PAULO, 2003).

A invenção do computador veio contribuir para o desenvolvimento da teoria de grafos, na medida em que por meio dela foi possível a implementação e teste de algoritmos até então somente demonstrados com base no desenvolvimento manual dos criadores destes algoritmos.

Dentre os principais algoritmos desenvolvidos na teoria de grafos pode-se destacar os utilizados para cálculo de distância, localização e caminho mínimo (BOAVENTURA; PAULO, 2003).

Para a aplicação objeto desta pesquisa, destacam-se os algoritmos para determinação do caminho mínimo, que permitem definir o melhor caminho a partir de um ponto dado, para então chegar-se um ponto desejado.

5.1.1 Algoritmos para Determinar o Caminho Mínimo

A determinação do caminho mínimo é uma forma de otimização que procura encontrar uma solução que tenha um mínimo de esforço para determinação

de um percurso dentro de uma infinidade de soluções possíveis para se atingir um ponto específico a partir de um ponto inicial (CARNEIRO, 2001).

Esta busca, de acordo com este autor, é feita por meio de algoritmos, os quais baseiam-se em métodos computacionais para que se possa encontrar o melhor caminho dentre as opções possíveis. Para isso, existem alguns problemas de otimização em que os grafos são resolvidos por meio de algoritmos já comprovados, dentre eles destacam-se os algoritmos de Bellman-Ford, algoritmo de Floyd-Warshall e Dijkstra.

Dentre os algoritmos estudados, o mais utilizado é o algoritmo de dijkstra devido a sua simplicidade e eficiência. O algoritmo de Floyd-Warshall aplica-se na escolha do melhor caminho para grafos orientados, mas o peso de cada aresta é igual ao de todas as outras arestas, e seu tempo de execução é maior que o do Dijkstra. O algoritmo de Bellman-Ford também trabalha com problema de caminho mais curto, mas permite a utilização de arestas com pesos negativos e também possui um tempo maior de execução que o de Dijkstra (SOARES, 2009).

5.1.2 Algoritmo de Dijkstra

O algoritmo de Dijkstra foi desenvolvido por Edsger Wybe Dijkstra no ano de 1959, sendo aplicado na teoria de grafos para determinar o caminho mínimo entre dois vértices (BARROS; PAMBOUKIAN; ZAMBONI, 2007).

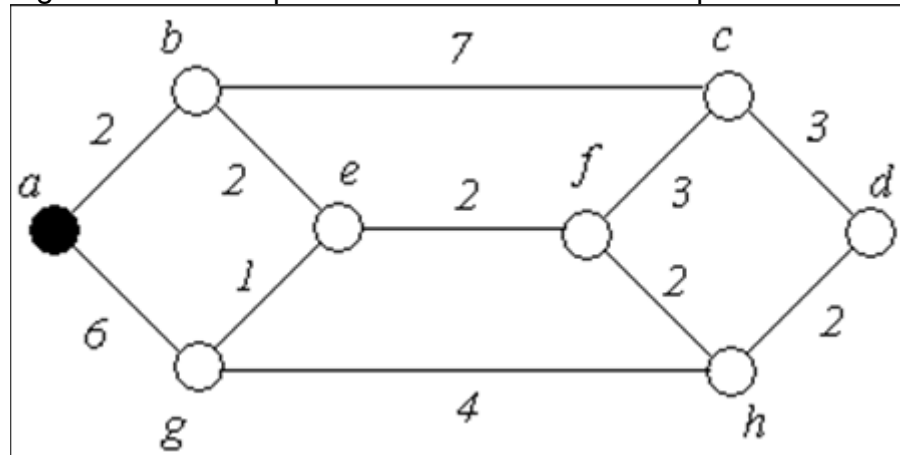
A aplicação deste algoritmo, conforme o autor acima, se enquadra em vários problemas de determinação de rotas, indo desde o estudo de um fluxo de produção até a determinação para entrega de correspondências em que um carteiro não poderia passar duas vezes pela mesma rua.

O algoritmo se baseia em um ponto de partida em um grafo onde o caminho a ser percorrido é representado pelas arestas e os pontos de tomadas de decisão são os vértices deste grafo (SOARES, 2009).

Na figura 6 pode-se observar um grafo em que os vértices são representados por letras e as arestas, representadas por números, as quais indicam o caminho a ser percorrido e o custo deste caminho. O ponto de partida é representado pela letra A, e as demais arestas representam os pontos de acesso

dentro de um ambiente. Sendo assim, por meio do algoritmo de Dijkstra pode-se indicar o melhor caminho para se chegar a qualquer ponto do grafo mapeado.

Figura 6 - Grafo representando o caminho a ser percorrido.



Fonte: Soares (2009).

Para utilização deste algoritmo na aplicação proposta por este trabalho, é necessário localizar, por meio das tecnologias abordadas anteriormente, o ponto onde o dispositivo móvel se encontra, abstrair do ambiente mapeado este ponto e posicioná-lo no grafo. Em seguida solicitar ao usuário o ponto onde deseja chegar, novamente abstrair do ambiente e relacioná-lo a outro ponto do grafo. Os pontos possíveis para o percurso são os outros vértices do grafo que já foram abstraídos anteriormente na montagem do ambiente georreferenciado, com a distância que os une sendo relacionada às arestas do grafo. Por fim, deve-se tabular estas informações e aplicá-las no algoritmo para obter o melhor caminho, abstraindo de forma inversa estes dados, de maneira a transformar os vértices e arestas do percurso em pontos de deslocamento e distância entre eles, informando ao usuário a sequência de pontos que deverão ser percorridos para se chegar ao local desejado.

No presente estudo, o algoritmo de Dijkstra é empregado na determinação do melhor caminho entre o ponto onde o dispositivo móvel está localizado e o ponto onde se deseja chegar dentro do ambiente, traçando uma rota que passa por todos os pontos por onde o indivíduo deverá se deslocar para atingir sua meta.

Para eficiência real do protótipo proposto neste trabalho, é necessário que o ponto de partida informado ao algoritmo de Dijkstra esteja correto. Levando-se em consideração a natureza inconstante do sinal Wi-Fi, foi necessário lançar mão da utilização de teorias da inteligência computacional para que a determinação do ponto de partida estivesse dentro de índices de acerto aceitáveis.

5.2 INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL

A adaptação de métodos e teorias provenientes da inteligência computacional, como o aprendizado de máquina no contexto da análise de dados para determinação de rotas e otimização de caminhos, tem apresentado um comportamento bastante eficiente nos últimos tempos. Estas técnicas computacionais de classificação e previsão têm sido aplicadas constantemente para a resolução de problemas complexos.

Neste contexto, identificam-se alguns métodos computacionais há tempo estudados, como redes neurais artificiais⁴ (FRANK; DAVEY; HUNT, 2001), *support vector machines*⁵ (BRAY; HAN, 2004), e outros, que provem uma base de conhecimento sólida de técnicas e conceitos que são aplicados em diversos domínios de conhecimento.

Este tópico aborda alguns conceitos básicos na área do aprendizado de máquinas, apresentando o modelo convencional do algoritmo kNN e sua aplicação na determinação do caminho euleriano⁶, em um grafo com distâncias predeterminadas.

5.2.1 Conceitos Básicos do Aprendizado de Máquina

As tecnologias de aprendizado de máquina têm como objetivo desenvolver técnicas computacionais que permitam simular o processo de aprendizado bem como a construção de sistemas capazes de adquirir conhecimento

⁴ Redes Neurais Artificiais são sistemas computacionais estruturados numa aproximação à computação baseada em ligações.

⁵ Support Vector Machine é um conceito na ciência da computação para um conjunto de métodos para o aprendizado supervisionado que analisam dados e reconhecem padrão.

⁶ Caminho euleriano é um caminho em um grafo que visita cada aresta apenas uma vez.

automaticamente por meio de treinamento (FERRERO, 2009). Basicamente, os algoritmos que implementam esta técnica utilizam-se de conhecimentos e experiências anteriores baseando-se em dados históricos denominados de casos, para aumentar sua precisão no processo de tomada de decisão.

Com base nas características destes casos, apresentam-se três diferentes tipos de aprendizado: Supervisionado, Não-Supervisionado e Semi-supervisionado. A diferença entre estes tipos de aprendizado se dá basicamente pela presença ou não do atributo classe, que rotula os casos do conjunto de dados submetido ao algoritmo, possuindo a denominação de conjunto de treinamento (FERRERO, 2009).

No tipo de aprendizado supervisionado, o rótulo de dados é previamente conhecido, enquanto que no aprendizado não-supervisionado os casos não estão previamente rotulados, não possuindo rótulos conhecidos. Para o aprendizado semi-supervisionado, o conjunto de treinamento possui alguns poucos casos rotulados e muitos não-rotulados (FERRERO, 2009).

De forma geral, o conjunto de dados de treinamento é representado por uma estrutura multidimensional que possui o nome de tabela atributo-valor. A figura 7 apresenta um exemplo desta estrutura para o aprendizado supervisionado, que é o modelo mais encontrado nos trabalhos estudados.

Figura 7 - Representação do conjunto de dados por meio da tabela atributo valor.

	A_1	A_2	$\dots$	A_M	Classe (Y)
E_1	x_{11}	x_{12}	$\vdots$	x_{1M}	y_1
E_2	x_{21}	x_{22}	$\vdots$	x_{2M}	y_2
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\vdots$
E_N	x_{N1}	x_{N2}	$\vdots$	x_{NM}	y_N

Fonte: Ferrero (2009).

O conjunto de treinamento para um conjunto de dados para casos supervisionados consiste de um conjunto E de N casos de treinamento $E = \{(x_1, y_1), \dots, (x_N, y_N)\}$ rotulados com os valores de y de uma função f desconhecida, $y = f(x)$,

em que os valores de x_i são vetores da forma $(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})$ cujos componentes são valores discretos ou contínuos relacionados ao conjunto de atributos $X = \{A_1, A_2, \dots, A_M\}$. Ou seja, (x) denota o valor do atributo A_i do exemplo i . Dado este conjunto de casos de treinamento, o algoritmo constrói uma hipótese (*hip*) que deve aproximar a verdadeira função f , tal que, dado um novo caso x , $hip(x)$ prediz o valor de y correspondente. Para valores nominais de rótulos $y_1, y_2, \dots, y_n$ o processo é denominado classificação, enquanto que para valores numéricos o processo é denominado regressão (FERRERO, 2009).

A qualidade de previsão dos algoritmos supervisionados é avaliada por meio de uma matriz de confusão, a qual considera um conjunto de casos rotulados disjunto de um conjunto de treinamento, o qual é denominado conjunto de teste. Outra forma de avaliar a precisão deste tipo de algoritmo é feita com a utilização do método *Leave One Out*, que consiste basicamente em retirar um caso da base de dados rotulada, submeter à base ao algoritmo para o treinamento e depois comparar com o caso retirado como teste. Este processo é repetido até o último caso ser submetido ao teste. Ao final tem-se a precisão comparando-se a rotulação real com a predita pelo algoritmo (FERRERO, 2009).

De forma geral, sabe-se que algoritmos supervisionados podem ser do tipo *eager* ou *lazy*. Algoritmos *eager* utilizam a base de treinamento para construção da hipótese (*hip*). Após a construção da hipótese, os exemplos de treinamento são descartados já que somente *hip* é necessária para predizer o valor de y de um novo exemplo de x . Em contrapartida, os algoritmos do tipo *lazy* não constroem especificamente uma hipótese e necessitam lembrar os casos de treinamento, pois eles são necessários para predizer o valor de y para um novo caso. A seguir, descreve-se o *k-Nearest Neighbor kNN (kNN)*, que é um algoritmo do tipo *lazy* (FERRERO, 2009).

5.2.2 Algoritmo k-Nearest Neighbor (kNN)

De acordo com a tecnologia estudada, identificou-se que uma maneira de predizer o valor de y de um novo caso consiste na comparação desse caso com outros cuja classe é conhecida, e atribuir a este, a classe do caso mais próximo. Por exemplo, em um sistema que pretende identificar o tipo de classificação da flor de

íris em setosa, versicolor ou virgínica, a partir do conjunto de dados que descrevem suas características fisiológicas como medidas de pétala e sépala, por exemplo, é possível pesquisar em uma base histórica valores que se assemelham aos que se deseja classificar, auxiliando assim na identificação da planta.

6 TRABALHOS CORRELATOS

A pesquisa de trabalhos correlatos se fez necessária para que se tenha contato com metodologias utilizadas em outras experiências dentro da mesma área de pesquisa, bem como tornar possível que se constate os resultados obtidos nestas experiências e com isso direcionar melhor o objeto de estudo.

Neste capítulo são apresentados alguns trabalhos que fazem uso das tecnologias abordadas na fundamentação teórica, sua metodologia de pesquisa e os resultados obtidos em cada trabalho.

6.1 HLS: MODELO PARA SUPORTE À SISTEMAS DE LOCALIZAÇÃO NO HOLOPARADIGMA

A dissertação de mestrado desenvolvida trata de especificar, desenvolver e avaliar uma aplicação que sirva de suporte a ferramentas de localização de dispositivos móveis (ROLIM, 2007).

Durante o desenvolvimento do trabalho, Rolim (2007) definiu uma arquitetura para integração de aplicações sensíveis à localização, independente da plataforma onde cada uma fosse desenvolvida. Ele desenvolveu um servidor de localização, com suporte a múltiplos sistemas tendo disponível um serviço de busca que se comunica através de *Web Services*. Também implementou uma ferramenta que permite monitorar os dispositivos identificados pelo servidor de localização.

Iniciou pelo estudo dos sistemas de localização e soluções que permitem a localização física de dispositivos móveis em ambientes, verificando como são montadas as consultas de posicionamento e como são disponibilizadas estas informações de posicionamento ao sistema.

Pesquisou sobre quais aplicações sensíveis ao contexto podem ser desenvolvidas com base na abstração do ambiente relacionando à posição física do dispositivo.

Para disponibilizar a informação de localização de equipamentos, montou um servidor que recebe informações de posicionamento que aliado a uma

ferramenta de visualização permite monitorar o local onde se encontram os dispositivos no ambiente.

Por fim foram desenvolvidas aplicações sensíveis ao contexto, que utilizam o ambiente compreendido pelo servidor de localização, ferramenta de recepção de informações de posicionamento e geração da visualização da posição recebida (ROLIM, 2007).

De acordo com o que foi exposto, o trabalho teve um resultado positivo, haja vista que foram criadas três aplicações por meio da arquitetura desenvolvida. Cada uma das aplicações foi desenvolvida em plataforma diferente, mas usando unicamente a solução desenvolvida no trabalho, com isso provou-se a portabilidade do sistema desenvolvido.

6.2 LOCALIZAÇÃO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS EM REDES WI-FI

Este trabalho tem por objetivo a criação de um algoritmo de localização para dispositivos móveis em rede Wi-Fi. Contudo, este algoritmo deve permitir sua utilização e implementação em outras estruturas de redes. Por fim, foi feito um estudo inicial de investigação da tecnologia de redes Wi-Fi e de sistemas de localização existentes no mercado, como sugere Carvalho (2007).

Um dos objetivos principais do trabalho foi o de criar *know-how* na área de sistemas de localização que utilizam redes Wi-Fi, permitindo deixar orientações quanto a futuras melhorias das técnicas de localização abordadas.

Realizou um estudo a respeito das técnicas relacionadas à localização de dispositivos móveis em redes Wi-Fi. Em seguida iniciou o desenvolvimento de um algoritmo de localização e a descrição do comportamento dos testes em relação a fatores que podem influenciar no resultado desejado.

Foram apresentados alguns sistemas de localização em rede Wi-Fi, analisando a arquitetura e os métodos de localização utilizados por estes sistemas.

As características dos sinais Wi-Fi, a complexidade do seu comportamento em ambientes fechados e alguns modelos matemáticos que descrevem a propagação de ondas de rádio também foram apresentadas neste trabalho.

Finalmente é apresentada uma plataforma de localização, na qual foi detalhado o método desenvolvido, os requisitos para seu funcionamento e a implementação desta plataforma, incluindo todo o trabalho prático que envolveu a criação do algoritmo e seus modos de funcionamento.

Esta pesquisa conclui que é possível o desenvolvimento de sistemas de localização utilizando redes Wi-Fi, e que, segundo os testes realizados, o material utilizado nos adaptadores de rede Wi-Fi tem pouca influência na precisão em termos de localização do dispositivo móvel.

Por outro lado, identificou-se que paredes, pilares, a movimentação de pessoas no ambiente e até mesmo a umidade do ar são fatores que afetam o desempenho do algoritmo de localização, e que foi necessário lançar mão de técnicas que aumentassem a precisão do sistema de localização.

6.3 FERRAMENTA ANDROID BASEADA EM REALIDADE AUMENTADA E SERVIÇOS BASEADOS EM LOCALIZAÇÃO USANDO NOTIFICAÇÕES

Este trabalho de conclusão de curso, que tem como cenário o ambiente universitário da FURB, consistiu no desenvolvimento de uma aplicação para dispositivos móveis da plataforma Android que auxilia o aluno no dia-a-dia da vida acadêmica. Por meio desta ferramenta é possível acompanhar as disciplinas que o usuário está cursando, outros participantes da mesma disciplina, e informar a localização destes membros dentro do ambiente da universidade, bem como eventos próximos à localização do usuário.

Estas funcionalidades foram possíveis por meio do conceito de serviço baseado em localização que interage com membros das disciplinas, cursos, seminários e palestras (RAMPELOTTI, 2011).

Foi definida uma arquitetura para disponibilizar funcionalidades ao servidor que permita que ele gerencie as notificações e envie aos dispositivos, utilizando-se dos serviços baseados em localização.

Uma das dificuldades encontradas foi quanto à velocidade de comunicação com o servidor, pelo fato de que a ferramenta de comunicação

utilizada para compor a aplicação apresentava bom desempenho somente para dispositivos que possuísem a versão 2.2 do Android.

6.4 MECANISMO DE LOCALIZAÇÃO DE ESTACÕES MÓVEIS 802.11 – ANÁLISE E PROTOTIPAGEM

Este trabalho desenvolveu um estudo a respeito da tecnologia 802.11, sua arquitetura, protocolos de controle e alocações de canais. Trazendo um embasamento teórico importante que permitiu a análise e montagem de um protótipo de localização de estações móveis (RENNER, 2007).

Na montagem do protótipo foram analisados os modelos de localização LPS e GPS, sendo direcionados os esforços fundamentando a técnica de triangulação de sinal, que é utilizada pelos dois sistemas.

Foi montado um protótipo que se utiliza de sinais Wi-Fi para coleta de dados dos sinais, e montagem do mapa da área a ser coberta pelo sistema de localização.

Este protótipo fez uso das técnicas de angulação e triangulação para localização de dispositivos, mas se limitou a descrever os resultados obtidos e dificuldades encontradas em cada uma delas e concluiu que se faz necessário o desenvolvimento de novas técnicas ou melhoramento das que foram apresentadas, para então resolver os problemas de desempenho e precisão verificados nos testes.

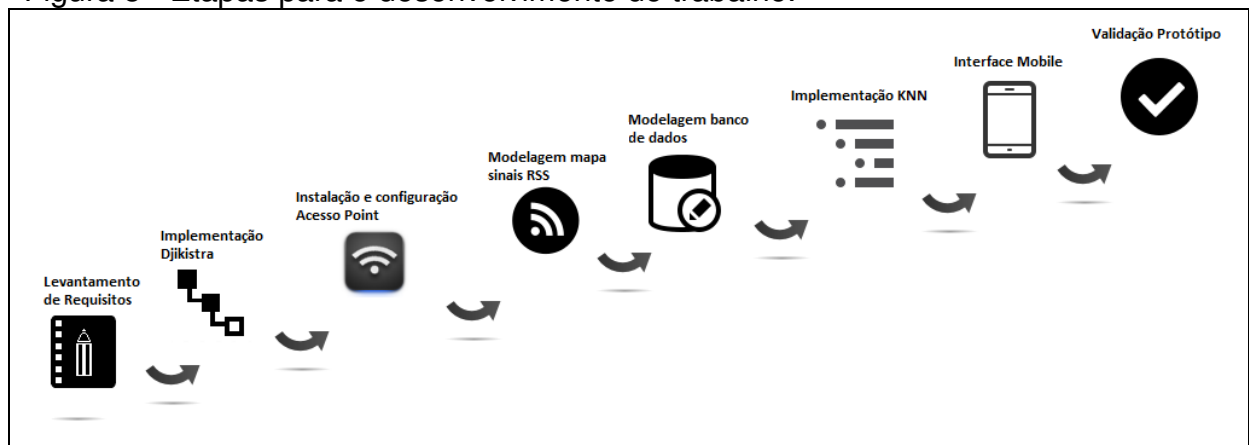
7 FERRAMENTA PARA LOCALIZAÇÃO EM AMBIENTE CONTROLADO

Por meio dos conhecimentos adquiridos no estudo dos critérios de acessibilidade para deficientes visuais, bem como dos modelos de orientação, foi possível o desenvolvimento do protótipo de um programa para localização por meio da mapa de sinais Wi-Fi. A partir do modelo de localização finalizado, foram estudados modelos matemáticos da teoria de grafos e inteligência computacional, que permitiram a implementação de um algoritmo de orientação para deficientes visuais baseados nos requisitos levantados.

7.1 METODOLOGIA

A metodologia para desenvolvimento do trabalho consistiu das etapas ilustradas no fluxo (figura 8), onde se observar a fase de levantamento de requisitos, baseada em entrevista com um usuário deficiente visual. Em seguida foi feita a implementação do algoritmo de Dijkstra para determinação do caminho dentro do ambiente mapeado, configuração e instalação dos APs, estudo do comportamento do sinal Wi-Fi dentro de ambientes fechados, modelagem do mapa de sinais RSS, modelagem do banco de dados, implementação do algoritmo KNN para determinação do ponto onde o usuário se encontra no ambiente, implementação da interface mobile e validação do protótipo.

Figura 8 - Etapas para o desenvolvimento do trabalho.



Fonte: Do autor.

A aplicação desta metodologia permitiu que a implementação fosse feita de forma gradativa, no qual o sucesso de cada etapa dependeu diretamente dos resultados da etapa anterior.

7.1.1 Levantamento de requisitos

A fase de levantamento de requisitos compreendeu uma pesquisa bibliográfica sobre TA em livros, revistas e artigos publicados na internet, o que possibilitou ampliar os conhecimentos na área, bem como conhecer as mais diversas aplicações voltadas para acessibilidade, e as formas como estas tecnologias têm garantido a inclusão social e autonomia de pessoas com necessidades especiais. Mediante esta pesquisa bibliográfica, foi possível elencar os requisitos iniciais do descritivo do protótipo de localização e orientação.

A partir deste descritivo, a pesquisa foi direcionada então aos critérios de acessibilidade, a fim de permitir que a ferramenta fosse utilizada de forma simples e por um número maior de pessoas. Este ponto do estudo foi considerado um dos mais desafiadores, pois como não se vive no dia a dia a realidade de uma pessoa com deficiência visual, o planejamento da interface de entrada e saída podia ficar comprometida em termos de usabilidade.

Foi a partir desta preocupação com a garantia de usabilidade da ferramenta que se decidiu buscar a colaboração de uma pessoa que tivesse deficiência visual. Durante uma palestra sobre acessibilidade ministrada na UNESCO, se teve a oportunidade de conhecer Leonardo Apolinário Inácio, acadêmico do curso de Direito da UNESCO, onde foi feito o convite para que ele colaborasse com o levantamento dos requisitos.

Realizou-se então uma entrevista desestruturada a qual apresentou a ideia geral desta pesquisa e iniciou-se o entendimento acerca das necessidades de um deficiente visual em termos de acessibilidade e usabilidade em aplicativos computacionais.

Posteriormente, realizou-se uma entrevista estruturada na qual foram apresentados os requisitos elencados para a ferramenta e verificada a sua real importância para atender as demandas de um deficiente visual. Verificou-se então que questões abordadas na fase de levantamento de requisitos, como detecção de

obstáculos no caminho e comando por voz, se mostraram irrelevantes no que diz respeito à orientação para deficientes visuais em ambientes fechados.

Os principais pontos observados pelo acadêmico foram primeiramente com relação à forma de entrada de dados para o protótipo, onde havia se avaliado a possibilidade que usuário falasse ao celular e o programa identificasse a solicitação para então iniciar a localização e orientação. Neste aspecto foi sugerido pelo entrevistado que a entrada fosse feita via teclado no dispositivo, pois segundo ele, seria um tanto quanto inconveniente conversar com o dispositivo dentro de um ambiente com outras pessoas. Outra sugestão foi que não se preocupasse em orientar sobre detalhes do ambiente, como mesas, cadeiras ou outros objetos que pudessem interferir no deslocamento, pois dificilmente uma pessoa com deficiência visual se encontraria sozinha dentro de um ambiente sem uma bengala ou cão guia. O acadêmico destacou que o importante na ferramenta seria a autonomia em tomar uma direção a seguir, sem que fosse preciso a ajuda de outras pessoas.

Com base nesta entrevista foi definida uma nova lista de requisitos onde se levou em consideração estas observações feitas pelo entrevistado e os critérios de acessibilidade estudados no levantamento bibliográfico.

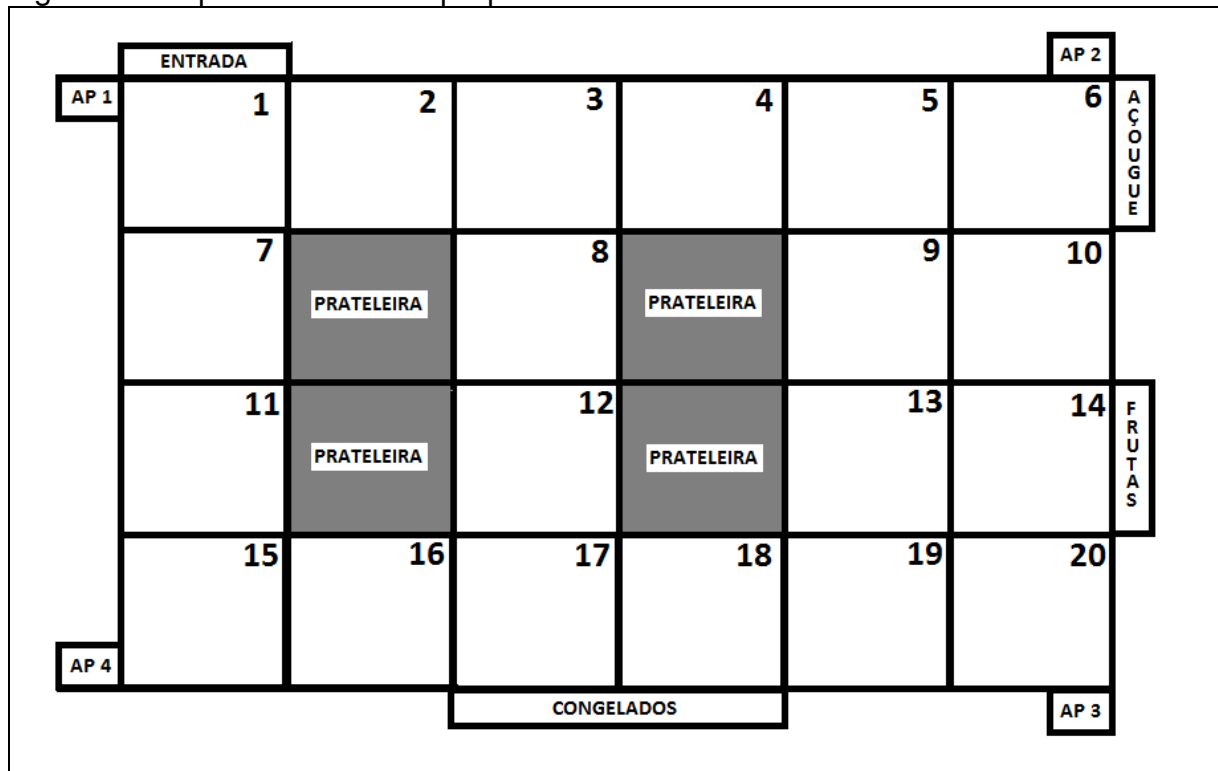
Tendo estes requisitos elencados e sabendo-se que a orientação seria feita baseada na direção a ser seguida pelo usuário, observou-se que um dos modelos que poderia abstrair este cenário seria baseado na teoria de grafos. Onde o caminho a ser seguido seria representado pelas arestas, e os vértices representariam cada ponto mapeado deste ambiente. A determinação do ponto de partida seria feita pelo algoritmo de localização, o ponto de chegada seria solicitado pelo usuário, de modo que o caminho a ser percorrido seria determinado pelo algoritmo de Dijkstra que permite identificar o menor caminho entre dois vértices de um grafo.

7.1.2 Implementação do algoritmo de Dijkstra

A abstração de um ambiente real para uma estrutura de grafo foi uma maneira encontrada para que a resolução do problema de orientação pudesse ser resolvida por meio de modelos lógicos matemáticos. Foi criado um mapa fictício de

um pequeno mercado (Figura 9), onde cada ponto deste mapa foi posteriormente representado por um vértice em um grafo.

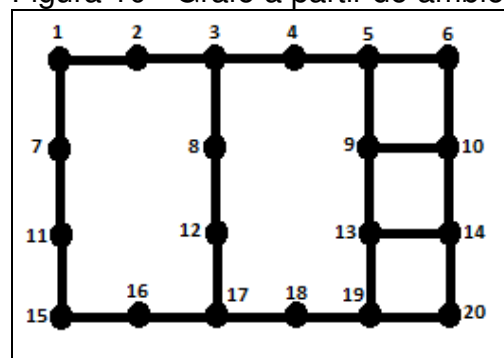
Figura 9 - Mapa fictício de um pequeno mercado.



Fonte: Do autor.

Sabendo que a aplicação tem a capacidade de identificar o ponto de origem, onde o usuário se encontra, e com a solicitação pelo usuário, por meio da interface do protótipo do ponto de destino, tem-se os elementos necessários para aplicação do algoritmo de Dijkstra. Pode-se observar o grafo que permitiu a aplicação do algoritmo para orientação a partir do mapa do ambiente (figura 10).

Figura 10 - Grafo a partir do ambiente.



Fonte: Do autor.

Neste caminho, a distância entre um ponto e outro é identificada como aresta, e cada uma delas tem um custo que é representado em metros, podendo-se assim calcular a distância a ser percorrida até que fosse necessário a mudança de direção. Para identificação da mudança de direção criou-se uma informação adicional que foi chamada de detalhe do caminho. Cada vértice que possui um detalhe diferente de zero identifica que neste ponto existe uma mudança de direção, e neste ponto o protótipo deveria informar ao usuário a nova direção a ser tomada, com isso ele saberia que deveria virar a direita ou a esquerda. Este detalhe foi identificado com uma frase gravada no banco de dados do protótipo, então a descrição do caminho seria feita por meio da soma dos custos das arestas com detalhe igual zero, identificando a distância até o primeiro ponto de mudança de direção, ponto este que seria identificado por um detalhe contendo a frase de orientação. Esta frase será acrescentada ao texto montado até o momento, que possui a indicação de quantos metros deveria ser seguido em frente. Por fim, no momento em que o algoritmo identificar que alcançou o ponto de destino, ele acrescenta um texto informando que chegou ao destino e informa ao protótipo para que este faça a leitura do texto completo ao usuário.

Para que o algoritmo tenha eficiência, ele precisa ter a informação exata do ponto de partida e de chegada. O destino, ou ponto de chegada, será selecionado pelo usuário por meio da interface *mobile*, já o ponto de partida será fornecido ao aplicativo, por meio da aplicação do algoritmo de busca, baseado em um mapa de sinais Wi-Fi que serão fornecidos por quatro *access point* instalados no ambiente.

7.1.3 Instalação e configuração dos *Acess Point*

Para a emissão dos sinais Wi-Fi no ambiente, decidiu-se por utilizar antenas de rádio frequência conhecidas como *Acess Point*. Este equipamento permite fazer o roteamento de internet bem como a distribuição deste sinal via cabo ou rádio frequência, mas para a modelagem do mapa de sinais, que é abordada nesta experiência, foi utilizado o AP apenas como emissor de sinais Wi-Fi,

descartando-se suas outras funcionalidades, exceto no momento da configuração das antenas.

Com o intuito de servir o ambiente com sinal suficiente para que a localização do dispositivo móvel se desse de forma mais precisa, decidiu-se por instalar quatro APs, os equipamentos utilizados eram da marca D-Link, três deles no modelo DI 524 e outro no modelo DIR 300.

Para a configuração dos equipamentos, estes foram conectados a rede elétrica por meio de uma fonte de tensão que permite a variação entre 110 V e 220 V automaticamente. Em seguida foram conectados ao computador por meio de um cabo de par trançado, conectando com isso a saída da placa de rede do computador com a porta WAN do roteador.

Na configuração dos equipamentos foi feita a troca do nome de identificação de cada AP para que os mesmos possam ser reconhecidos pelo protótipo no momento de utilizar seus sinais e também foi feita a alteração da senha de acesso ao programa de configuração do equipamento, evitando-se assim que estas configurações pudessem ser alteradas por usuários não autorizados.

Os equipamentos foram configurados conforme tutorial constante no anexo A deste trabalho e para isso utilizou-se uma interface Web disponível no sistema presente em cada equipamento.

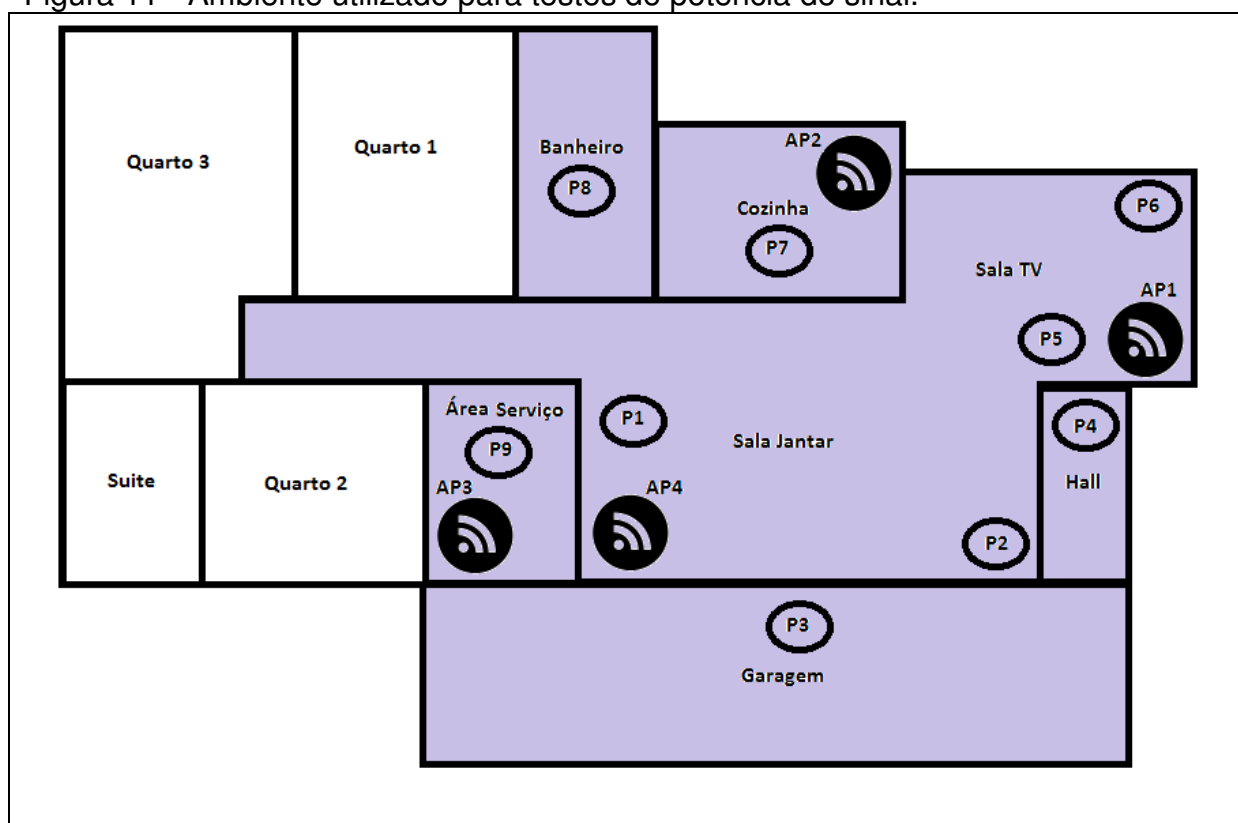
As alterações feitas na configuração dos equipamentos foram necessárias para fornecer as informações que compõe a base do mapa de sinais utilizados pelo algoritmo de localização do protótipo.

7.1.4 Modelagem do mapa de sinais

A modelagem do mapa de sinais consistiu na criação de um modelo baseado em um ambiente onde se estudou a posição para instalação dos APs e também os detalhes deste ambiente, como corredores, portas e locais de acesso. Foram criados dois mapas de sinais, o primeiro foi montado em uma residência e serviu para os testes iniciais acerca da utilização de mapas de sinais. Foram instalados quatro APs dentro deste ambiente, de modo que cada um deles ficou posicionado em um ponto diferente dos demais (figura 11). Em seguida foi feita a leitura da potência de sinal em oito pontos distintos dentro do ambiente, anotada a

potência do sinal para cada ponto e em seguida foi refeita a leitura da potência nos mesmos pontos e comparou-se a segunda leitura com a primeira para verificação da possibilidade de identificação dos pontos por meio das potências lidas.

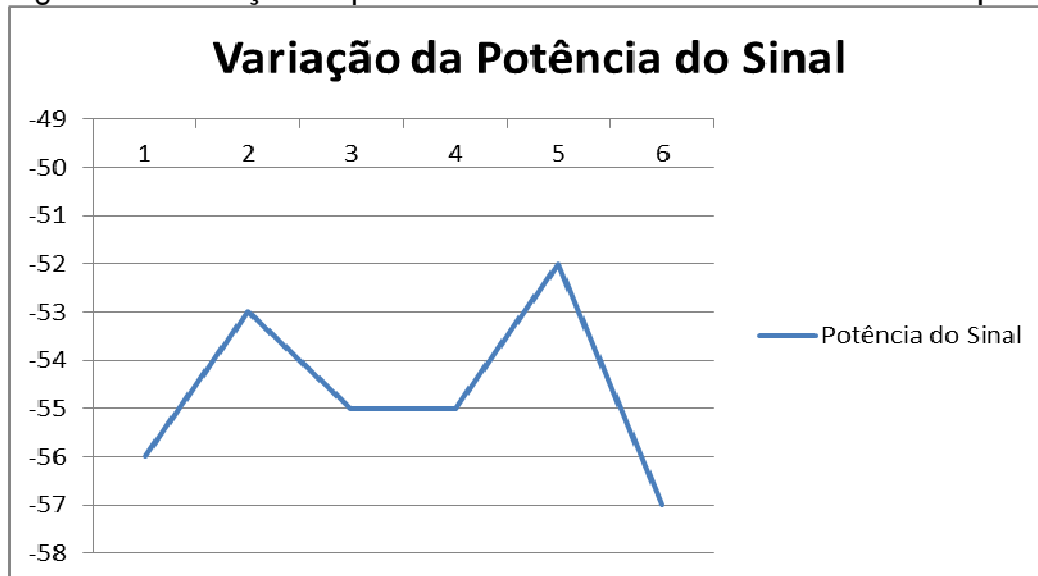
Figura 11 - Ambiente utilizado para testes de potência de sinal.



Fonte: Do autor

Esta experiência permitiu que se verificasse a inconstância do sinal Wi-Fi em ambientes fechados, onde foram aferidas diversas potências para o mesmo ponto em um curto espaço de tempo. Esta variação pode ser verificada no gráfico (figura 12), onde estão representadas as seis amostras de potência de sinal recebidas de um mesmo AP, no dispositivo móvel localizado no mesmo ponto durante o tempo de 60 segundos.

Figura 12 - Variação da potência do sinal Wi-Fi em um determinado ponto.

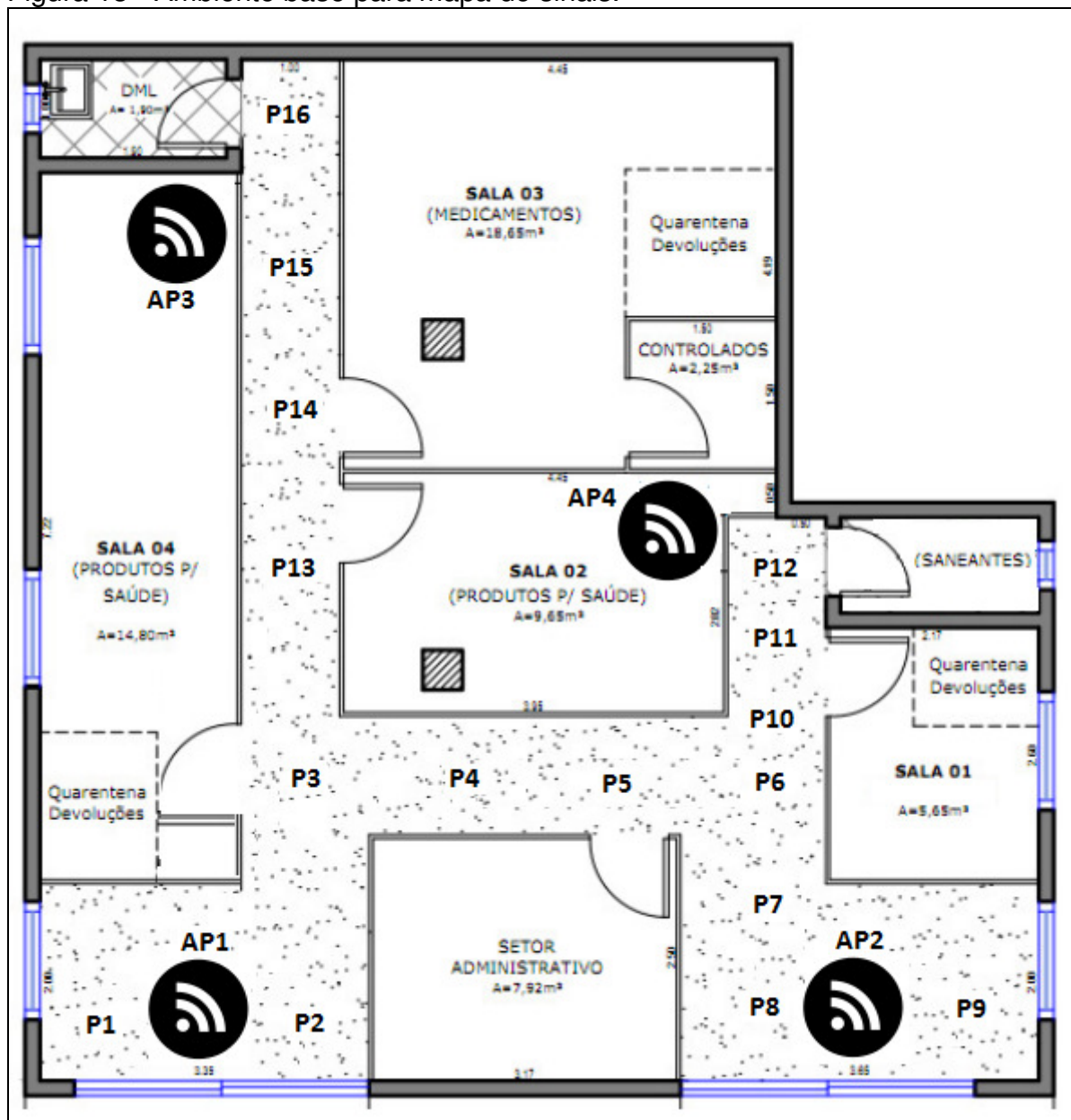


Fonte: Do autor.

A partir destes dados verificou-se que o mapa de sinais modelado com apenas uma amostra de potência para cada ponto seria insuficiente para a determinação do ponto onde se encontra o dispositivo móvel na fase de testes do protótipo. Com base nesta constatação, decidiu-se que seria feita a tomada de cem amostras para cada ponto em relação a cada AP e com isso seria possível a utilização de algoritmos de inteligência computacional para identificar de forma mais precisa a localização do dispositivo móvel no ambiente.

O segundo mapa de sinais foi montado em outro local, onde existem corredores que facilitaram o teste de circulação nos mesmos. Neste ambiente foram instalados quatro APs e foram marcados no piso 16 pontos com uma distância variando de 1 a 3 metros entre cada ponto. Estes pontos foram identificados com uma numeração de zero a dezesseis, identificando os pontos por onde se poderia caminhar dentro do ambiente. Foram selecionados seis pontos representando acessos possíveis neste ambiente, e representaram as seções recepção, administrativo, saneante, expedição, produtos, medicamentos e banheiro. A cada um destes locais de acesso foram associados pontos no qual o usuário deveria se dirigir para chegar nestas seções (figura 13).

Figura 13 - Ambiente base para mapa de sinais.

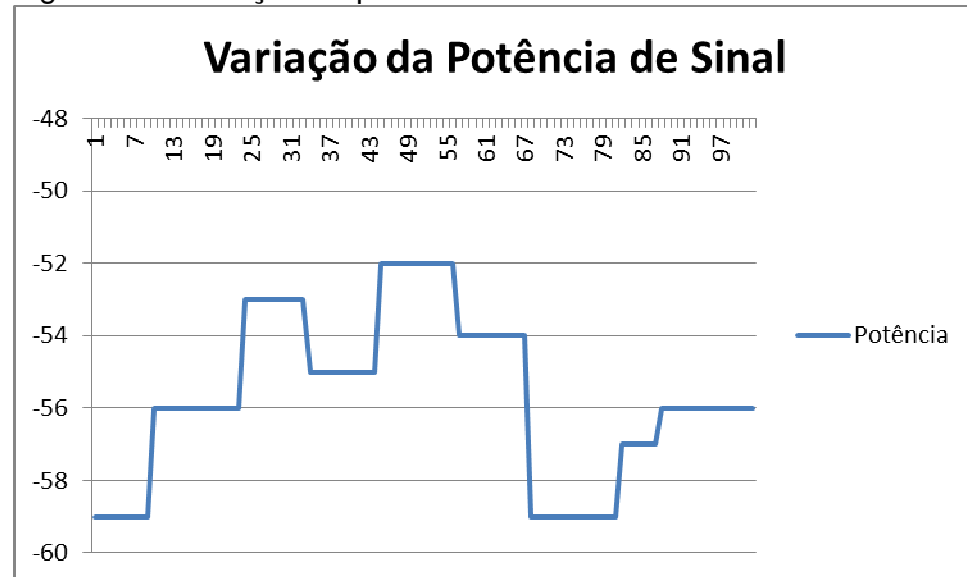


Fonte: Do autor.

Este ambiente permitiu que a tomada de potências de sinal fosse feita baseada em um mapa de sinais e alterando-se a quantidade de amostras para cem potências, que foram anotadas por antena e por ponto, foi possível verificar o comportamento destas amostras e identificar um padrão, que foi utilizado para modelagem do mapa de sinais. O gráfico a seguir ilustra o comportamento das

amostras colhidas em um ponto referente a um AP (figura 14) onde se pode verificar que o padrão se encontra dentro da faixa que vai de -50 dBm a -60 dBm.

Figura 14 - Variação da potência baseada em cem amostras.



Fonte: Do autor.

A abstração do mapa de sinais baseada no ambiente modelado, bem como a coleta de um número maior de amostras permitiu que se definisse as variáveis necessárias para a modelagem do banco de dados de forma a permitir que o usuário pudesse ser localizado e orientado.

7.1.5 Modelagem do banco de dados

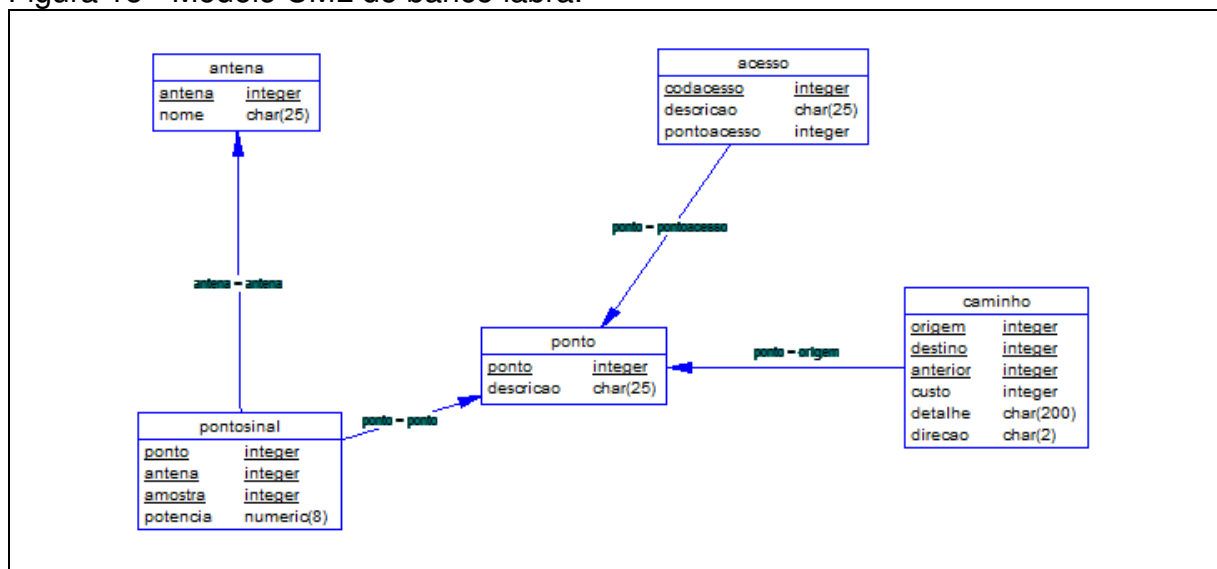
A modelagem do banco de dados aborda a criação de cinco tabelas:

- a) a tabela 'ponto' registra todos os pontos possíveis de acesso dentro do ambiente, relacionando cada ponto a um nó do grafo utilizado para desenvolver o modelo de localização e orientação;
- b) na tabela 'antena' encontra-se o nome dos APs instalados no ambiente e seu código para relacioná-los ao mapa de sinais;
- c) a tabela 'acesso' possui os registros que permitem relacionar os destinos possíveis dentro do ambiente, com o respectivo ponto para acesso a este ambiente;

- d) a tabela 'pontosinal' é utilizada no algoritmo de localização e está populada com o mapa de sinais, onde estão registradas as amostras de sinais para cada ponto e antena do ambiente;
- e) por fim a tabela 'caminho', utilizada pelo algoritmo de determinação do caminho onde os campos origem e destino são a base para aplicação do algoritmo de Dijkstra e os demais campos permitem ao protótipo de orientação identificar a necessidade de orientar mudanças de direção e sentido.

O modelo UML (figura 15) contém a representação deste banco de dados.

Figura 15 - Modelo UML do banco labra.



Fonte: Do autor.

Com base nas tabelas descritas na representação do banco de dados, realizaram-se as consultas necessárias para que a aplicação *mobile* tivesse condições de identificar a localização do dispositivo móvel e orientar o usuário a chegar ao seu destino.

7.1.6 Implementação do algoritmo kNN

O algoritmo kNN foi implementado no protótipo a fim de permitir que o mesmo identificasse a posição do dispositivo móvel no ambiente e com isso pudesse fazer a orientação de locomoção a partir do ponto de origem.

Como salientado anteriormente, este algoritmo faz a busca de informações divididas por classe em uma base de treinamento. Cada uma das antenas do ambiente foi tratada como uma classe, e suas medidas de potência de sinal foram colhidas em cada ponto num total de cem amostras por ponto. Sendo assim, a base do mapa de sinais foi preenchida conforme pode se observar na tabela 2, que representa o mapa de sinais para um ponto do ambiente, demonstrado por três amostras colhidas como exemplo.

Tabela 2 - Exemplo de amostras colhidas.

Ponto	Antena (classe)	Amostra	Potência (rótulo)
10	1	1	-42
10	2	1	-60
10	3	1	-41
10	4	1	-56
10	1	2	-38
10	2	2	-62
10	3	2	-43
10	4	2	-55
10	1	3	-42
10	2	3	-62
10	3	3	-43
10	4	3	54

Fonte: Do autor.

Para iniciar o algoritmo, o usuário utilizou a opção ‘descrever caminho’, desenvolvida na interface *mobile* do protótipo, neste momento o programa fez novamente a leitura da potência de sinal das quatro antenas, obtendo assim as informações que serão submetidas ao algoritmo. Para isso, foi desenvolvida uma estrutura que percorre a base de mapa de sinais e faz o cálculo da distância entre os valores de potência de cada linha da base e as potências lidas pelo protótipo quando iniciado o algoritmo. Para o cálculo da distância foi utilizada a distância euclidiana

entre o ponto no qual os dados de potência de sinal foram comparados na fase de treino com as potências lidas pelo protótipo nesta fase de teste.

A informação de cada ponto e a sua distância euclidiana foram armazenados em uma tabela que, posteriormente foi ordenada pela distância euclidiana armazenada e submetida a um filtro que irá selecionar as linhas com a maior probabilidade de fazer parte da mesma classe do ponto onde se encontra este dispositivo. De acordo com o valor de k , foi filtrada a linha entre as k mais próximas de acordo com a ordenação, e dentre elas foi retornado pelo algoritmo a posição mais provável onde o dispositivo móvel se encontra.

O estudo da teoria a respeito do *Nearest Neighbor* (NN) permitiu que a abstração do mapa de sinais fosse implementado em um algoritmo utilizando o modelo de classes abordado pelo kNN, que serviu como base para o desenvolvimento da funcionalidade de localização da interface *mobile*.

7.1.7 Desenvolvimento da Interface *Mobile*

Para aplicação prática dos estudos deste trabalho desenvolveu-se uma aplicação *mobile* com interface baseada nos critérios de acessibilidade descritos anteriormente. O desenvolvimento da aplicação foi feito na linguagem Java, utilizando-se a ferramenta de desenvolvimento Eclipse SDK 4.2.1, o que permitiu que a aplicação móvel rodasse na plataforma *Android*. O equipamento utilizado para o desenvolvimento foi um *notebook* da marca Acer, modelo Aspire com sistema operacional Windows 7.

Nos testes relacionados as funcionalidades de acessibilidade da ferramenta foi utilizado como dispositivo móvel um celular da marca Samsung, modelo GT-I9100 Galaxy S2, usando como plataforma o sistema operacional *Android* versão 4.1.

O banco de dados utilizado para o armazenamento das informações foi o *SQLite*, que é um banco de dados nativo do *Android*, e possui as funcionalidades de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) necessárias para funcionamento da aplicação.

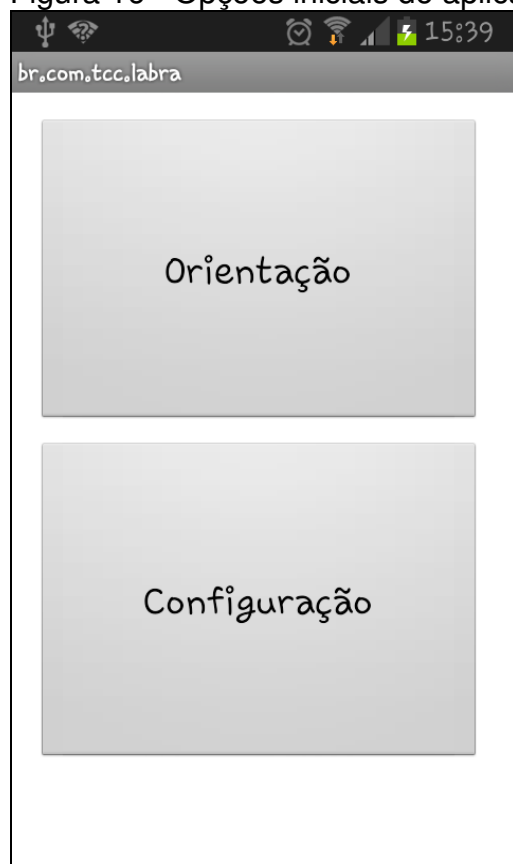
As ferramentas descritas acima que foram utilizadas para desenvolvimento do protótipo, com exceção do sistema operacional *Windows*, são gratuitas e estão disponíveis na internet para instalação.

De acordo com os requisitos levantados, a aplicação foi desenvolvida de forma com que as escolhas fossem feitas utilizando a tela *touch screen* e os resultados apresentados, além da forma visual, também de forma audível. Para isso, utilizou-se o sintetizador de voz nativo do *Android*, que converte texto em linguagem natural. Neste sintetizador a leitura do texto é feita com a pronúncia em inglês, então para facilitar a compreensão por parte do usuário, foi adquirido e instalado o pacote de voz Svox Luciana, permitindo que a leitura do texto fosse feita em português.

Além da leitura do texto gerado pela aplicação, para indicação do caminho a ser seguido, pode ser utilizada a opção de clicar sobre qualquer ponto da tela que tenha algum texto, como um botão, por exemplo, para que o conteúdo deste seja lido ao usuário. A seleção de opções é feita por meio de um duplo *click* sobre a opção desejada e a rolagem da barra é feita com o toque de dois pontos simultâneos da tela.

As opções iniciais do aplicativo estão dispostas em dois botões para escolha de orientação ou configuração (figura 16).

Figura 16 - Opções iniciais do aplicativo.



Fonte: Do autor.

A opção de orientação habilita um menu formado por botões para escolha dos pontos possíveis de acesso dentro do ambiente (figura 17).

Figura 17 - Opções de acesso no ambiente.



Fonte: Do autor.

Este menu é montado de maneira dinâmica de acordo com os ambientes inseridos no banco de dados e permite, por meio da opção de rolagem, que sejam inseridas opções que ultrapassem a quantidade que seria limitada pelo tamanho da tela.

Cada ponto de acesso apresentado no menu está relacionado a um ponto dentro do ambiente referenciado, de forma que ao escolher uma das opções, o sistema ficará de posse do número do ponto de destino, necessário para aplicação do algoritmo de Dijkstra, restando agora selecionar a opção 'Descrever Caminho' (Figura 18).

Figura 18 - Descrição do caminho.



Fonte: Do autor.

Ao clicar na opção 'Descrever Caminho' inicia-se o processo de localização do dispositivo dentro do ambiente. Este processo de localização feito por meio do algoritmo kNN retorna ao programa a informação do ponto de origem para orientação, desta forma tem-se disponível no aplicativo os pontos de partida e de origem.

Em seguida aplica-se o algoritmo de Dijkstra, e todos os pontos que deverão ser percorridos são adicionados a um vetor, para que após isso a aplicação possa percorrer este vetor e comparar com as informações contidas no banco de dados. Esta comparação é feita utilizando a tabela 'caminho' na qual os campos 'origem', 'destino' e 'anterior' são analisados comparando-se a sequência dos pontos contidos no vetor. As tuplas desta tabela possuem um campo chamado 'detalhe', se a cada comparação feita, o campo 'detalhe' estiver vazio, o sistema simplesmente acumula a distância entre um ponto e outro, que está contida no campo 'custo' desta tabela. Ao encontrar uma linha com o campo detalhe preenchido, o sistema monta um texto contendo a quantidade em metros a ser percorrida e adiciona a este texto o

detalhe contido na tupla. Este detalhe irá conter um texto que indica a mudança de direção, informando para virar a esquerda ou a direita, por exemplo.

Este processo se repete até que o algoritmo faça a análise do último elemento do vetor de pontos a percorrer. Então neste momento, o sistema finaliza o texto com a informação de que o usuário chegou ao destino, e em seguida executa uma função que lê o texto.

Selecionando-se a opção configuração, o sistema abre a opção de escolha para cadastro do mapa de sinais (figura 19), este menu pode ser utilizado para incluir novas funcionalidades de configuração do sistema.

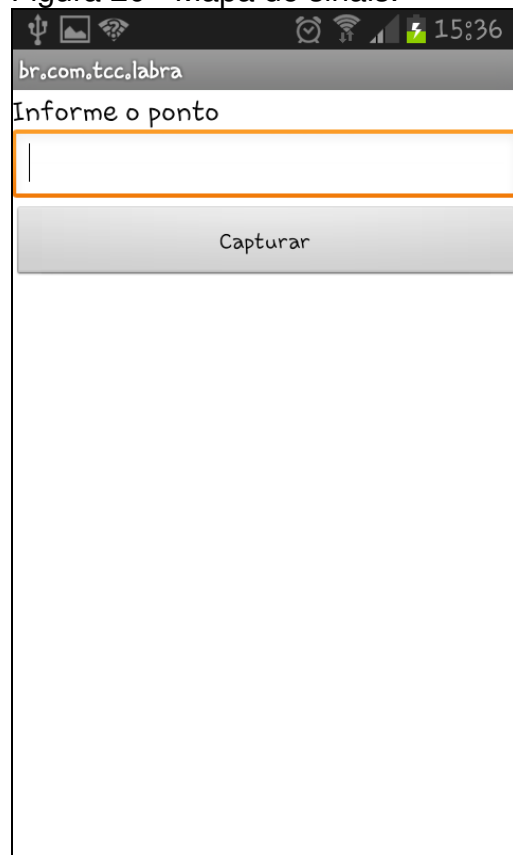
Figura 19 - Cadastro do mapa de sinais.



Fonte: Do autor.

Desenvolveu-se uma ferramenta no aplicativo pela qual foi possível o mapeamento dos pontos e suas potências de sinal para cada antena. Para isso, o usuário deve informar o ponto que está sendo mapeado e clicar no botão 'Capturar', pelo qual é feita uma leitura automática de cem amostras das potências de sinais (figura 20), fazendo um intervalo de 3 segundos entre cada amostra colhida.

Figura 20 - Mapa de sinais.

The image shows a mobile application interface. At the top, there is a status bar with icons for USB, Wi-Fi, alarm, and battery, along with the time 15:36. Below this is a browser-like address bar showing 'br.com.tcc.labra'. The main content area has a text input field with the placeholder text 'Informe o ponto'. The input field is highlighted with an orange border. Below the input field is a grey button labeled 'Capturar'. The bottom half of the screen is a large, empty white rectangular area, presumably for a map.

Fonte: Do autor.

Esta opção foi utilizada somente na fase de treino, para facilitar a entrada de dados no mapa de sinais, não sendo necessária na fase de testes, fase esta em que foram feitas as tomadas de potência por meio da opção de orientação para validação do protótipo.

7.1.8 Validação do Protótipo

A validação do protótipo consistiu de quatro etapas: teste da usabilidade da interface desenvolvida, visando aplicar os critérios de acessibilidade para deficientes visuais; avaliação da interação entre a aplicação móvel e as antenas de redes sem fios no sentido de determinar a posição do dispositivo dentro do ambiente; análise da resposta da ferramenta de localização e orientação versus o modelo de armazenamento desenvolvido; e, validar os algoritmos de localização e orientação da ferramenta de maneira que fosse possível a localização e orientação de um deficiente visual no ambiente controlado.

No intuito de testar a usabilidade da interface teve-se a colaboração da aluna Daniela Cardoso de Oliveira, acadêmica do curso de Ciência da Computação, que participou de uma entrevista na qual foi feito uma explanação a respeito do objetivo do projeto, funcionalidades do protótipo e resultados esperados.

Nesta entrevista foi possível verificar que os requisitos de acessibilidade foram atendidos, haja vista que mesmo sem o prévio conhecimento da ferramenta, foi possível por parte da acadêmica selecionar as opções de acesso disponíveis no sistema, bem como entender perfeitamente as orientações feitas pela leitura do texto por parte do aplicativo.

A entrevista foi realizada em sala de aula e teve como objetivo principal testar as opções de entrada de dados e saída, por meio de voz, do caminho a ser seguido até chegar ao ponto desejado, seguindo os critérios de acessibilidade para uma pessoa com deficiência visual.

Os pontos principais observados pela acadêmica foram: a facilidade de uso do protótipo, pois, segundo ela, a interface é clara e objetiva para escolha da opção, e o resultado por meio de uma voz sintética, possui clareza na leitura do texto facilitando a interação entre a ferramenta e o usuário.

Para avaliar a interação entre a aplicação *mobile* e as antenas de rede sem fio, foram feitos testes em um ambiente onde se instalou, além das quatro antenas que compõe os equipamentos da base do mapa de sinais, mais duas antenas não registradas no banco de dados. Os resultados dos testes se apresentaram dentro do esperado, pois tanto na montagem do mapa de sinais pela aplicação, quanto na leitura das potências na fase *online*, o aplicativo reconheceu somente as antenas registradas e também registrou individualmente as potências de cada uma delas.

Na validação final da ferramenta, que foi feita no ambiente real ilustrado na figura 13, foi possível orientar-se utilizando a interface desenvolvida em 60% dos testes (figura 21).

Figura 21 – Amostra para testes de localização.

Localização Real (Ponto)	1	3	5	6	9	16	11	16	8	2	
Localização Aferida (Ponto)	1	3	5	7	9	16	12	16	9	1	% Final
Acerto (%)	100	100	100	0	100	100	0	100	0	0	60

Fonte: Do autor.

Observou-se que na maioria dos casos onde se verificou falhas, estas ocorreram no algoritmo de localização devido à inconstância do sinal Wi-Fi. Já o algoritmo de orientação se mostrou eficiente em 80% dos casos (figura 22).

Figura 22 – Amostra para testes de orientação.

Ponto origem	2	16	3	9	7	16	13	3	8	3	
Ponto destino	3	3	5	16	9	14	12	16	16	1	% Final
Acerto (%)	100	100	100	0	100	100	0	100	100	100	80

Fonte: Do autor.

sendo verificada sua ineficiência no que tange a identificação do sentido no qual o usuário deva seguir, em alguns momentos o usuário dirigia-se no sentido norte do ambiente, e era orientado pelo algoritmo a se deslocar no sentido contrário.

A ferramenta de localização e orientação respondeu de forma satisfatória com relação ao modelo de armazenamento desenvolvido, visto que, na maioria dos testes, o algoritmo identificou o ponto onde se encontrava o dispositivo móvel no ambiente e por meio da abstração do modelo mapeado no banco de dados, foi possível a formação do texto de orientação do usuário.

7.2 RESULTADOS OBTIDOS

A fase de levantamento de requisitos feita com o apoio de um usuário com deficiência visual permitiu o entendimento das dificuldades encontradas na locomoção em ambientes fechados para estas pessoas, sendo que percebeu-se a importância da existência das ferramentas assistivas.

O estudo realizado nesta pesquisa permitiu a criação de uma solução que envolveu áreas importantes da ciência, como: Inteligência Artificial, Matemática Estatística, Teoria de Grafos, Sistema operacional *mobile*, Sinais Wi-Fi, *Design* de Interface, Banco de Dados e Usabilidade. Além disso, abordou uma questão social importante, visando aumentar a qualidade de vida da população com deficiência visual.

Na área de acessibilidade, teve-se a oportunidade de conhecer os critérios utilizados para desenvolvimento de aplicativos voltados a deficientes visuais e como resultado a obtenção de uma ferramenta voltada a tecnologias assistivas.

Os trabalhos existentes na área de dispositivos móveis e redes sem fio que foram estudados apresentavam, na sua maioria, soluções que se limitavam somente a localização em um ambiente. Diante disso, a partir da integração entre os modelos matemáticos e de computação aplicada, foi possível a criação de uma ferramenta que, além de localizar o usuário, permitiu orientá-lo dentro deste ambiente.

É importante salientar ainda, que os resultados atingiram os objetivos propostos, e foram alcançados por meio de um protótipo desenvolvido a título de pesquisa acadêmica, sendo que para utilização em um ambiente real, são necessários refinamentos no que diz respeito à segurança, armazenamento de dados, precisão do algoritmo de localização e orientação, bem como a implementação de melhorias na interface do aplicativo.

8 CONCLUSÃO

O desenvolvimento de aplicações *mobile* voltadas as pessoas com algum tipo de deficiência física surge como um aliado na luta para garantir mais acessibilidade a estas pessoas nos ambientes de uso comum. Junto a isso, a rápida evolução dos dispositivos móveis, que a cada dia oferecem conectividades nas mais diversas tecnologias, permite que se possa aliar ciência e criatividade, e assim vislumbrar um horizonte no qual um único dispositivo poderá servir para a inclusão destas pessoas na sociedade e em atividades nas quais hoje elas não possuem autonomia para executá-las.

Ao longo do estudo realizado foi possível o desenvolvimento de uma aplicação para dispositivos móveis que fez uso de um mapa de sinais para a localização e orientação em ambiente controlado, no qual a modelagem do banco de dados em relação ao mapa RSSI, e as rotas possíveis dentro deste ambiente, permitiram uma maior facilidade na locomoção dos usuários que participaram dos testes do protótipo.

A ferramenta desenvolvida oferece recursos de acessibilidade voltados a pessoas com deficiência visual, levando em consideração os critérios estudados na fundamentação teórica desta pesquisa, e, desta forma, utilizando os padrões de acessibilidade já existentes no mercado.

Devido à inconstância do sinal Wi-Fi, o modelo para armazenamento das informações do ambiente foi aperfeiçoado a partir da ideia inicial, no qual seria armazenada uma amostra de cada potência de sinal para cada antena em cada ponto, para um modelo no qual tem-se um mapa com várias amostras de sinal para o mesmo ponto, permitindo assim que fosse utilizado um algoritmo de inteligência computacional, no caso o kNN, para determinar a posição do dispositivo móvel dentro de um ambiente servido por sinal Wi-Fi.

O algoritmo para localização foi aperfeiçoado durante o desenvolvimento do protótipo, pois inicialmente estimava-se que as potências de sinal Wi-Fi emitidas em um ambiente fechado tivessem um comportamento estável, o que não se verificou na prática. Com isso, os estudos voltaram-se a busca de um algoritmo de inteligência computacional que pudesse realizar esta tarefa de determinação da

localização do dispositivo móvel. Neste caso, utilizou-se o algoritmo kNN que se mostrou eficiente em 60% dos testes efetuados na fase *on-line*.

Com relação à arquitetura de interação entre o dispositivo móvel e as antenas de redes sem fio, o aplicativo desenvolvido comunicou-se perfeitamente com as antenas através das APIs disponíveis na linguagem de programação utilizada, de forma que foi possível desenvolver uma aplicação que comunicasse com a estrutura de antenas instaladas na fase de testes.

A orientação do usuário após a localização do dispositivo móvel por meio do algoritmo kNN, e da escolha do ponto de destino utilizando a interface *mobile*, foi implementada por meio do algoritmo de Dijkstra em conjunto com a API da linguagem que transforma texto em sintetização de voz. Assim foi possível o desenvolvimento de uma aplicação de localização e orientação, para deficientes visuais baseado no modelo definido.

Dando continuidade a esta pesquisa, tem-se como possibilidade de trabalhos futuros a integração desta ferramenta com a tecnologia que utiliza RFID, permitindo que o deficiente visual possa, além de se orientar para chegar a um ponto dentro ambiente, também perceber maiores detalhes dentro do mesmo. Também a avaliação de usabilidade da ferramenta, através de testes comparativos com pessoas que possuam diferentes graus de deficiência visual pode ser tema de um outro trabalho futuro. Outra sugestão seria para que fosse feita a implementação gráfica do algoritmo de orientação e desta forma possibilitando sua utilização para outras aplicações além das tecnologias assistivas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICÇÕES. Brasília: **Em março, telefonia móvel ultrapassa 250 milhões de linhas ativas**, 17 abril, 2012. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/Portal/exibirPortalNoticias.do?acao=carregaNoticia&codigo=25164>> Acesso em: 21 nov. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2004. Rio de Janeiro. ABNT 2004: **Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Disponível em: <[http://www.aracaju.se.gov.br/userfiles/emurb/2011/07/Normas NBR9050 AcessibilidadeEdificacoes.pdf](http://www.aracaju.se.gov.br/userfiles/emurb/2011/07/Normas%20NBR9050%20AcessibilidadeEdificacoes.pdf)> Acesso em 20 nov. 2012.

BARROS, E. A. R.; PAMBOUKIAN, S. V. D.; ZAMBONI, L. C. **Algoritmo de Dijkstra: Apoio Didático e Multidisciplinar na Implementação, Simulação e Utilização Computacional**. Disponível em: <http://meusite.mackenzie.com.br/edsonbarros/publicacoes/ICECE2007_212.pdf> Acesso em 24 nov. 2012.

BOAVENTURA NETTO, Paulo Oswaldo. **Grafos: teoria, modelos, algoritmos**. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blücher, 2003. 314 p.

BRAY, M; HAN D. **Identification of Support Vector Machines for Runoff Modelling**. Disponível em: <<http://www.iwaponline.com/jh/006/0265/0060265.pdf>> Acesso em 02, Junho. 2013.

CARNEIRO, Abel. **Grafos, Problemas de Optimização Combinatória e Algoritmos**. 2001. 69 f. Monografia - Departamento de Matemática, Universidade do Açores, Ponta Delgada, 2001.

CARVALHO, F. M. C. **Localização de Dispositivos Móveis em Rede Wi-Fi**. 2007. 88 f. Mestrado em Informática - Departamento de Engenharias, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2007.

CAZÉ, C. M. J. O; OLIVEIRA, A. S. **Dança Além da Visão: Possibilidades do Corpo Cego**. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/fef/article/view/3592/4263>> Acesso em: 16 nov. 2012.

CORONADO, Osmar. **Logística integrada: modelo de gestão**. São Paulo: Atlas, 2007. 217 p.

DIAS, C. O; PASSERINO, L. M. **Uma Proposta de Metodologia para Adoção de OA Usando Critérios de Acessibilidade**. 2009. 11 f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

DORNAN, Andy. **The essential guide to wireless communications applications: from cellular systems to Wi-Fi**. 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2002. 414 p.

DORNAN, Andy. **Wireless communication: o guia essencial de comunicação sem fio**. Rio de Janeiro: Campus, 2001. 304 p.

FAÇANHA, A. R. et. al. **Estudo de Interfaces Acessíveis para Usuários com Deficiência Visual em Dispositivos Móveis Touch Screen**. 2011. Universidade do Chile, Chile, 2011.

FERRERO, C. A. **ALGORITMO kNN para Previsão de Dados Temporais: Funções de Previsão e Critérios de Seleção de Vizinhos Próximos Aplicados a Variáveis Ambientais em Limnologia**. 2009. 129 f. Mestrado em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, USP, São Carlos, 2009.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160p.

FONSECA FILHO, Clézio. **História da Computação: o caminho do pensamento e da tecnologia**. Porto Alegre: Edipucrs, 2007. 205 p.

FRANK, R. J., DAVEY, N. HUNT, S.P. **Time Series Prediction and Neural Networks**. 2001. Department of Computer Science, University of Hertfordshire, Hatfield, UK, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E PESQUISA. 2011. Rio de Janeiro. **Censo 2010: País tem declínio de fecundidade e migração e aumentos na escolarização, ocupação e posse de bens duráveis**. Disponível em: <<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=2018>> Acesso em 21 nov. 2012.

NICHOLL, A.R.J. **O Ambiente que Promove a Inclusão: Conceitos de Acessibilidade e Usabilidade**. *Revista Assentamentos Humanos*. Marília, v. 3, n. 2, p. 49-60, 2001.

RAMPELOTTI, Ronaldo. **Ferramenta Android Baseada em realidade Aumentada e Serviços Baseado em Localizações Usando Notificações**. 2011. 69p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciência da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, 2011.

RENNER, R. J. **Mecanismo de Localização de Estações Móveis 802.11 – Análise e Prototipagem**. 2007. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Sistemas de Informação, Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, Feevale, Novo Hamburgo, 2007.

RIGAUX, Philippe; SCHOLL, Michel; VOISARD, Agnes. **Spatial databases: with applications to GIS**. San Francisco: Morgan Kaufmann, c2002. 410 p.

RODRIGUES, M. L. **Localização em Ambientes Internos Utilizando Múltiplas Tecnologias sem Fio**. 2011. 145 f. Mestrado em Ciência da Computação - Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

ROLIM, C. R. **HLS: Um modelo para Suporte à Sistemas de Localização no Holoparadigma**. 2007. 87 f. Mestrado em Computação Aplicada - Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2007.

ROSA, Roberto; BRITO, Jorge Luís Silva. **Introdução ao geoprocessamento: sistema de informação geográfica**. Uberlândia, MG: Universidade Federal de Uberlândia, 1996. 104 p.

SOARES, S. A. **Simulação de Algoritmos de Roteamento Unicast Utilizando o Simulador NS-2**. 2009. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Departamento de Ciência da Computação, Faculdade Farias Brito, Fortaleza, 2009.

APÊNDICE(S)

ANEXO A – ARTIGO CIENTÍFICO

Ferramenta para Localização em Ambiente Controlado Utilizando Mapa de Sinais Wireless

Luiz Ricardo Fiera¹, Gustavo Bisognin²

¹Acadêmico do Curso de Ciência da Computação – Unidade Acadêmica de Ciências, Engenharias e Tecnologias (UnaCET) – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)
Av. Universitária, 1105 - Bairro Universitário – Criciúma – SC – Brasil

²Professor do Curso de Ciência da Computação – Unidade Acadêmica de Ciências, Engenharias e Tecnologias (UnaCET) – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)
Av. Universitária, 1105 - Bairro Universitário – Criciúma – SC – Brasil

Ricardo.fiera@gmail.com, Gustavo@unesc.net

Abstract. *Currently identifies a considerable increase of people with some kind of disability inserted in the labor market, and despite their situation economically active, the structure available for your needs is not yet appropriate, imposing severe limits their mobility. Whereas one of the most important characteristics of human beings is their capacity for autonomy and visually impaired people has this feature limited public access environments. This article describes the study of technologies and theories necessary for the development of a prototype application on the Android platform that applying techniques map of wireless signals, is able to make the location and orientation of people in a controlled environment.*

Resumo. *Atualmente identifica-se um aumento considerável de pessoas com algum tipo de deficiência física inserida no mercado de trabalho, e apesar de sua situação economicamente ativa, a estrutura disponibilizada para suas necessidades ainda não é adequada, impondo sérios limites a sua locomoção. Considerando que uma das características mais relevante do ser humano é sua capacidade de autonomia e que pessoas com deficiência visual tem esta característica limitada em ambientes de acesso público. Este artigo descreve o estudo das tecnologias e teorias necessárias para a elaboração de um protótipo de aplicativo na plataforma Android que, aplicando técnicas de mapa de sinais wireless, seja capaz de fazer a localização e orientação de pessoas em um ambiente controlado.*

1. Introdução

A constante evolução dos dispositivos móveis, celulares e *tablets*, aliada a facilidade de comunicação com as redes sem fios abriram inúmeras possibilidades para o desenvolvimento de aplicações destinadas a facilitar a vida das pessoas, principalmente no que tange aos aplicativos relacionados à comunicação e localização.

- a) No que diz respeito à tecnologia, vislumbra-se uma série de aplicações que podem ser desenvolvidas para permitir maior acessibilidade aos produtos e serviços disponíveis no mercado. Dentre elas destacam-se as tecnologias assistivas (TA), que podem auxiliar de forma especial os idosos e pessoas com

algum tipo de necessidade especial.

b) O Censo demográfico de 2010 (IBGE, 2011) revelou que 3,5% da população declararam possuir deficiência visual severa, o que significa ter grande dificuldade ou nenhuma capacidade de enxergar. Para estas pessoas a necessidade de uma ferramenta que possibilite recuperar sua autonomia de locomoção pode ser de grande utilidade no dia a dia, facilitando a execução de tarefas aparentemente simples e que na realidade somente podem ser executadas com apoio de outras pessoas.

c) A grande quantidade de pessoas com necessidades de localização devido a sua dificuldade visual, aliada a popularização no uso de dispositivos móveis, demonstra a relevância de uma ferramenta inteligente que possa preencher esta lacuna proporcionando melhor acessibilidade aos deficientes visuais em ambientes públicos com circulação de pessoas.

d) Neste contexto, o presente artigo aborda a elaboração de um protótipo de aplicativo *Android* voltado para localização e orientação em um ambiente controlado, baseado em estudos de critérios de acessibilidade, bem como nas tecnologias e teorias necessárias a fim de dar sustentação ao desenvolvimento do projeto.

2. Acessibilidade a Deficientes Visuais

Os ambientes de uso público devem ter a característica de permitir que todos possam usá-lo de forma independente e igual. De acordo com (NICHOLLL, 2001), como não existem duas pessoas iguais e também todos possuem suas características individuais, se torna quase impossível que seja garantido a todas as pessoas acessibilidade nos ambientes públicos. Para isso, utilizam-se critérios que formam uma base de exigências a fim de permitir que um número maior de pessoas tenha acesso a estes ambientes.

e) O desenvolvimento de uma ferramenta de localização em ambiente controlado vem ao encontro do objetivo de que todas as pessoas possam utilizar ambientes e serviços, de forma independente, sem necessitar da ajuda de outros. Desta forma, a construção de uma ferramenta que pretende oferecer este tipo de autonomia, deve observar alguns critérios (DIAS, PASSERINO, 2009):

- f) primeiramente as informações e componentes devem ser apresentadas ao usuário de forma que ele possa perceber todo o contexto disponível para utilização da ferramenta;
- g) os componentes oferecidos devem ser de fácil operação, navegação e localização dentro da ferramenta;
- h) a informação apresentada ao usuário deve ser compreensível de maneira a permitir que ele possa tomar as decisões de locomoção de forma rápida;
- i) o conteúdo apresentado deve ser completo e conciso o suficiente para que possa ser interpretado de forma clara pelo usuário.

j) Neste contexto, propõe-se que a ferramenta, objeto deste estudo, seja norteadada por estas diretivas, a fim de que possa garantir maior usabilidade e autonomia às pessoas com deficiência visual.

3. Ferramenta para Localização e Orientação

A metodologia utilizada para o desenvolvimento da aplicação evoluiu o estudo de critérios de acessibilidade, modelos de orientação geográfica, redes sem fio, modelos matemáticos da teoria de grafos e inteligência computacional; Levantamento de requisitos baseada em entrevista com um usuário deficiente visual; Implementação do algoritmo de Dijkstra para determinação do caminho dentro do ambiente mapeado; configuração e instalação das antenas de sinais wireless; modelagem do mapa de sinais; implementação do algoritmo kNN para localização do usuário; implementação da interface mobile e validação do protótipo.

3.1. Levantamento de Requisitos

A fase de levantamento de requisitos compreendeu uma pesquisa bibliográfica sobre TA em livros, revistas e artigos publicados na internet, o que possibilitou ampliar os conhecimentos na área, bem como conhecer as mais diversas aplicações voltadas para acessibilidade, e as formas como estas tecnologias têm garantido a inclusão social e autonomia de pessoas com necessidades especiais. Mediante esta pesquisa bibliográfica, foi possível elencar os requisitos iniciais do descritivo do protótipo de localização e orientação.

A partir deste descritivo, a pesquisa foi direcionada então aos critérios de acessibilidade, a fim de permitir que a ferramenta fosse utilizada de forma simples e por um número maior de pessoas. Este ponto do estudo foi considerado um dos mais desafiadores, pois como não se vive no dia a dia a realidade de uma pessoa com deficiência visual, o planejamento da interface de entrada e saída podia ficar comprometida em termos de usabilidade.

A preocupação com a garantia de usabilidade da ferramenta indicou a necessidade de se buscar a colaboração de uma pessoa que tivesse deficiência visual para colaborar neste sentido. Realizou-se uma entrevista desestruturada com um deficiente visual, ao qual se apresentou a ideia geral da pesquisa e iniciou-se o entendimento acerca das necessidades destas pessoas em termos de acessibilidade e usabilidade em aplicativos computacionais.

Os principais pontos observados foram com relação à forma de entrada de dados para o protótipo, onde havia se avaliado a possibilidade que usuário falasse ao celular e o programa identificasse a solicitação para então iniciar a localização e orientação. Neste aspecto foi verificado que a melhor forma para a entrada de dados seria via teclado no dispositivo. Outro requisito importante foi com relação a orientação, que seria feita sem a preocupação com detalhes do ambiente, como mesas, cadeiras ou outros objetos que pudessem interferir no deslocamento, pois dificilmente uma pessoa com deficiência visual se encontraria sozinha dentro de um ambiente sem uma bengala ou cão guia. Desta forma o foco da ferramenta se voltou para sua capacidade de dar autonomia ao usuário, que poderia decidir a direção a seguir, sem que fosse preciso a ajuda de outras pessoas. A partir de então, iniciou-se a implementação do algoritmo de orientação.

3.2. Implementação do Algoritmo de Dijkstra

A abstração de um ambiente real para uma estrutura de grafo foi uma maneira encontrada para que a resolução do problema de orientação pudesse ser resolvida por meio de modelos lógicos matemáticos. Foi criado um mapa fictício de um ambiente, onde cada ponto deste mapa foi posteriormente representado por um vértice em um grafo.

Sabendo que a aplicação teria a capacidade de identificar o ponto de origem, local onde o usuário se encontra, e com a solicitação pelo usuário, por meio da interface do

protótipo do ponto de destino, tem-se os elementos necessários para aplicação do algoritmo de Dijkstra.

Neste caminho, a distância entre um ponto e outro é identificada como aresta, e cada uma delas tem um custo que é representado em metros, podendo-se assim calcular a distância a ser percorrida até que fosse necessário a mudança de direção. Para identificação da mudança de direção criou-se uma informação adicional que foi chamada de detalhe do caminho. Cada vértice que possui um detalhe diferente de zero identifica que neste ponto existe uma mudança de direção, e neste ponto o protótipo deveria informar ao usuário a nova direção a ser tomada, com isso ele saberia que deveria virar a direita ou a esquerda. Este detalhe foi identificado com uma frase gravada no banco de dados do protótipo, então a descrição do caminho seria feita por meio da soma dos custos das arestas com detalhe igual zero, identificando a distância até o primeiro ponto de mudança de direção, ponto este que seria identificado por um detalhe contendo a frase de orientação. Esta frase será acrescentada ao texto montado até o momento, que possui a indicação de quantos metros deveria ser seguido em frente. Por fim, no momento em que o algoritmo identificar que alcançou o ponto de destino, ele acrescenta um texto informando que chegou ao destino e informa ao protótipo para que este faça a leitura do texto completo ao usuário.

Para que o algoritmo tenha eficiência, ele precisa ter a informação exata do ponto de partida e de chegada. O destino, ou ponto de chegada, será selecionado pelo usuário por meio da interface mobile, já o ponto de partida será fornecido ao aplicativo, por meio da aplicação do algoritmo de busca, baseado em um mapa de sinais Wi-Fi que serão fornecidos por quatro *access point* instalados no ambiente.

3.3. Instalação e Configuração do Access Point

Para a emissão dos sinais Wi-Fi no ambiente, decidiu-se por utilizar antenas de rádio frequência conhecidas como *access point*. Este equipamento permite fazer o roteamento de internet bem como a distribuição deste sinal via cabo ou rádio frequência, mas para a modelagem do mapa de sinais, que é abordada nesta experiência, foi utilizado o AP apenas como emissor de sinais Wi-Fi, descartando-se suas outras funcionalidades, exceto no momento da configuração das antenas.

Na configuração dos equipamentos foi feita a troca do nome de identificação de cada AP para que os mesmos possam ser reconhecidos pelo protótipo no momento de utilizar seus sinais e também foi feita a alteração da senha de acesso ao programa de configuração do equipamento, evitando-se assim que estas configurações pudessem ser alteradas por usuários não autorizados.

As alterações feitas na configuração dos equipamentos foram necessárias para fornecer as informações que compõem a base do mapa de sinais utilizados pelo algoritmo de localização do protótipo.

3.4. Modelagem do Mapa de Sinais

Durante a fase denominada de treinamento, também chamada de *off-line*, é criado o mapa de sinais, que consiste em amostras relativas ao sinal Wi-Fi para cada ponto de um ambiente. Posteriormente, na fase de testes ou *on-line* é feita a tomada do valor das potências em um ponto qualquer do ambiente, e por meio de um algoritmo faz-se a comparação dos sinais tomados na fase de testes com os que foram colhidos na fase de treinamento (RODRIGUES, 2011).

A modelagem do mapa de sinais consistiu na criação de um modelo baseado em um ambiente onde se estudou a posição para instalação dos APs e também os detalhes deste ambiente, como corredores, portas e locais de acesso. Foi feito um mapeamento do ambiente e dos sinais das antenas, que serviu para os testes iniciais acerca da utilização de mapas de sinais.

Foram instalados quatro APs dentro deste ambiente, de modo que cada um deles ficou posicionado em um ponto diferente dos demais. Em seguida foi feita a leitura da potência de sinal em oito pontos distintos dentro do ambiente, anotada a potência do sinal para cada ponto e refeita a leitura da potência nos mesmos pontos onde comparou-se a segunda leitura com a primeira para verificação da possibilidade de identificação dos pontos por meio das potências lidas.

Esta experiência permitiu que se verificasse a inconstância do sinal Wi-Fi em ambientes fechados, sendo aferidas seis potências para o mesmo ponto em um curto espaço de tempo, e se verificou uma variação dentro da faixa de 10 Decibel Milliwatt (dBm).

A partir destes dados verificou-se que o mapa de sinais modelado com apenas uma amostra de potência para cada ponto seria insuficiente para a determinação do ponto onde se encontra o dispositivo móvel na fase de testes do protótipo. Com base nesta constatação, decidiu-se que seria feita a tomada de cem amostras para cada ponto em relação a cada AP e com isso seria possível a utilização de algoritmos de inteligência computacional para identificar de forma mais precisa a localização do dispositivo móvel no ambiente.

3.5. Implementação do Algoritmo de kNN

O algoritmo kNN foi implementado no protótipo a fim de permitir que o mesmo identificasse a posição do dispositivo móvel no ambiente e com isso pudesse fazer a orientação de locomoção a partir do ponto de origem.

Este algoritmo faz a busca de informações divididas por classe em uma base de treinamento. Cada uma das antenas do ambiente foi tratada como uma classe, e suas medidas de potência de sinal foram colhidas em cada ponto num total de cem amostras por ponto. Sendo assim, a base do mapa de sinais foi preenchida conforme pode se observar na tabela 1, que representa o mapa de sinais para um ponto do ambiente, demonstrado por três amostras colhidas como exemplo (Ferrero, 2009).

Tabela 1 - Exemplo de amostras de sinal.

Ponto	Antena (classe)	Amostra	Potência (rótulo)
10	1	1	-42
10	2	1	-60
10	3	1	-41
10	4	1	-56
10	1	2	-38
10	2	2	-62
10	3	2	-43
10	4	2	-55
10	1	3	-42
10	2	3	-62

10	3	3	-43
10	4	3	54

Para iniciar o algoritmo, o usuário utilizou a opção ‘descrever caminho’, desenvolvida na interface mobile do protótipo, neste momento o programa fez novamente a leitura da potência de sinal das quatro antenas, obtendo assim as informações que serão submetidas ao algoritmo. Para isso, foi desenvolvida uma estrutura que percorre a base de mapa de sinais e faz o cálculo da distância entre os valores de potência de cada linha da base e as potências lidas pelo protótipo quando iniciado o algoritmo.

Para o cálculo da distância foi utilizada a distância euclidiana entre o ponto no qual os dados de potência de sinal foram comparados na fase de treino com as potências lidas pelo protótipo nesta fase de teste.

A informação de cada ponto e a sua distância euclidiana foram armazenados em uma tabela que, posteriormente foi ordenada pela distância armazenada e submetida a um filtro que irá selecionar as linhas com a maior probabilidade de fazer parte da mesma classe do ponto onde se encontra este dispositivo. De acordo com o valor de k , foi filtrada a linha entre as k mais próximas de acordo com a ordenação, e dentre elas foi retornado pelo algoritmo a posição mais provável onde o dispositivo móvel se encontra.

O estudo da teoria a respeito do *Nearest Neighbor* (NN) permitiu que a abstração do mapa de sinais fosse implementado em um algoritmo utilizando o modelo de classes abordado pelo kNN, que serviu como base para o desenvolvimento da funcionalidade de localização da interface *mobile*.

3.6. Desenvolvimento da Interface *Mobile*

Para aplicação prática dos estudos deste trabalho desenvolveu-se uma aplicação mobile com interface baseada nos critérios de acessibilidade descritos anteriormente. O desenvolvimento da aplicação foi feito na linguagem Java, utilizando-se a ferramenta de desenvolvimento *Eclipse SDK 4.2.1*, o que permitiu que a aplicação móvel rodasse na plataforma *Android*. O equipamento utilizado para o desenvolvimento foi um notebook da marca Acer, modelo Aspire com sistema operacional *Windows 7*.

Nos testes relacionados as funcionalidades de acessibilidade da ferramenta foi utilizado como dispositivo móvel um celular da marca *Samsung*, modelo GT-I9100 *Galaxy S2*, usando como plataforma o sistema operacional *Android* versão 4.1.

O banco de dados utilizado para o armazenamento das informações foi o *SQLite*, que é um banco de dados nativo do *Android*, e possui as funcionalidades de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) necessárias para funcionamento da aplicação.

As ferramentas descritas acima que foram utilizadas para desenvolvimento do protótipo, com exceção do sistema operacional *Windows*, são gratuitas e estão disponíveis na internet para instalação.

De acordo com os requisitos levantados, a aplicação foi desenvolvida de forma com que as escolhas fossem feitas utilizando a tela *touch screen* e os resultados apresentados, além da forma visual, também de forma audível. Para isso, utilizou-se o sintetizador de voz nativo do *Android*, que converte texto em linguagem natural. Neste sintetizador a leitura do texto é feita com a pronúncia em inglês, então para facilitar a compreensão por parte do usuário, foi

adquirido e instalado o pacote de voz *Svox* Luciana, permitindo que a leitura do texto fosse feita em português.

Além da leitura do texto gerado pela aplicação, para indicação do caminho a ser seguido, pode ser utilizada a opção de clicar sobre qualquer ponto da tela que tenha algum texto, como um botão, por exemplo, para que o conteúdo deste seja lido ao usuário. A seleção de opções é feita por meio de um duplo click sobre a opção desejada e a rolagem da barra é feita com o toque de dois pontos simultâneos da tela.

Ao clicar na opção ‘Descrever Caminho’ inicia-se o processo de localização do dispositivo dentro do ambiente. Este processo de localização feito por meio do algoritmo kNN retorna ao programa a informação do ponto de origem para orientação, desta forma tem-se disponível no aplicativo os pontos de partida e de origem.

Em seguida aplica-se o algoritmo de Dijkstra que irá montar o texto com o caminho a ser seguido, que será convertido em voz através da biblioteca *TextToSpeech* disponibilizada pela plataforma *Android*.

4. Testes de Validação

A validação do protótipo consistiu de quatro etapas: teste da usabilidade da interface desenvolvida, visando aplicar os critérios de acessibilidade para deficientes visuais; avaliação da interação entre a aplicação móvel e as antenas de redes sem fios no sentido de determinar a posição do dispositivo dentro do ambiente; análise da resposta da ferramenta de localização e orientação versus o modelo de armazenamento desenvolvido; e, validar os algoritmos de localização e orientação da ferramenta de maneira que fosse possível a localização e orientação de um deficiente visual no ambiente controlado.

No intuito de testar a usabilidade da interface teve-se a colaboração de uma segunda pessoa com deficiência visual severa, que participou de uma entrevista na qual foi feita uma explanação a respeito do objetivo do projeto, funcionalidades do protótipo e resultados esperados.

Nesta entrevista foi possível verificar que os requisitos de acessibilidade foram atendidos, haja vista que mesmo sem o prévio conhecimento da ferramenta, foi possível por parte do usuário selecionar as opções de acesso disponíveis no sistema, bem como entender perfeitamente as orientações feitas pela leitura do texto por parte do aplicativo.

Os pontos principais observados foram: a facilidade de uso do protótipo, pois, segundo o usuário, a interface se mostrou objetiva para escolha da opção, e o resultado por meio de uma voz sintética, possui clareza na leitura do texto facilitando a interação entre a ferramenta e o usuário.

Para avaliar a interação entre a aplicação *mobile* e as antenas de rede sem fio, foram feitos testes em um ambiente onde se instalou, além das quatro antenas que compõe os equipamentos da base do mapa de sinais, mais duas antenas não registradas no banco de dados. Os resultados dos testes se apresentaram dentro do esperado, pois tanto na montagem do mapa de sinais pela aplicação, quanto na leitura das potências na fase online, o aplicativo reconheceu somente as antenas registradas e também registrou individualmente as potências de cada uma delas.

Na validação final da ferramenta, que foi feita no ambiente real, foi possível orientar-se utilizando a interface desenvolvida em 60% dos testes. Com os resultados coletados na

execução dos testes elaborou-se a tabela 2, de forma a tabular as informações e validar os resultados.

Tabela 2 - Amostras para testes de localização.

Localização Real (Ponto)	1	3	5	6	9	16	11	16	8	2	
Localização Aferida (Ponto)	1	3	5	7	9	16	12	16	9	1	% Final
Acerto (%)	100	100	100	0	100	100	0	100	0	0	60

Observou-se que na maioria dos casos onde se verificou falhas, estas ocorreram no algoritmo de localização devido à inconstância do sinal Wi-Fi.

Já o algoritmo de orientação se mostrou eficiente em 80% dos casos, sendo verificada sua ineficiência no que tange a identificação do sentido no qual o usuário deva seguir, em alguns momentos o usuário dirigia-se no sentido norte do ambiente, e era orientado pelo algoritmo a se deslocar no sentido contrário. A tabela 3 registra as informações tabuladas para validar o resultado.

Tabela 3 - Amostras para testes de orientação.

Ponto origem	2	16	3	9	7	16	13	3	8	3	
Ponto destino	3	3	5	16	9	14	12	16	16	1	% Final
Acerto (%)	100	100	100	0	100	100	0	100	100	100	80

A ferramenta de localização e orientação respondeu de forma satisfatória com relação ao modelo de armazenamento desenvolvido, visto que, na maioria dos testes, o algoritmo identificou o ponto onde se encontrava o dispositivo móvel no ambiente e por meio da abstração do modelo mapeado no banco de dados, foi possível a formação do texto de orientação do usuário.

5. Conclusão

Ao longo do estudo realizado foi possível o desenvolvimento de uma aplicação para dispositivos móveis que fez uso de um mapa de sinais para a localização e orientação em ambiente controlado, no qual a modelagem do banco de dados em relação ao mapa RSSI, e as rotas possíveis dentro deste ambiente, permitiram uma maior facilidade na locomoção dos usuários que participaram dos testes do protótipo.

A ferramenta desenvolvida oferece recursos de acessibilidade voltados a pessoas com deficiência visual, levando em consideração os critérios estudados na fundamentação teórica desta pesquisa, e, desta forma, utilizando os padrões de acessibilidade já existentes no mercado.

Devido à inconstância do sinal Wi-Fi, o modelo para armazenamento das informações do ambiente foi aperfeiçoado a partir da ideia inicial, no qual seria armazenada uma amostra de cada potência de sinal para cada antena em cada ponto, para um modelo no qual tem-se um mapa com várias amostras de sinal para o mesmo ponto, permitindo assim que fosse utilizado um algoritmo de inteligência computacional, no caso o kNN, para determinar a posição do dispositivo móvel dentro de um ambiente servido por sinal Wi-Fi.

O algoritmo para localização foi aperfeiçoado durante o desenvolvimento do protótipo, pois inicialmente estimava-se que as potências de sinal Wi-Fi emitidas em um ambiente fechado tivessem um comportamento estável, o que não se verificou na prática. Com isso, os estudos voltaram-se a busca de um algoritmo de inteligência computacional que

pudesse realizar esta tarefa de determinação da localização do dispositivo móvel. Neste caso, utilizou-se o algoritmo kNN que se mostrou eficiente em 60% dos testes efetuados na fase on-line.

Com relação à arquitetura de interação entre o dispositivo móvel e as antenas de redes sem fio, o aplicativo desenvolvido comunicou-se perfeitamente com as antenas através das APIs disponíveis na linguagem de programação utilizada, de forma que foi possível desenvolver uma aplicação que comunicasse com a estrutura de antenas instaladas na fase de testes.

A orientação do usuário após a localização do dispositivo móvel por meio do algoritmo kNN, e da escolha do ponto de destino utilizando a interface mobile, foi implementada por meio do algoritmo de Dijkstra em conjunto com a API da linguagem que transforma texto em sintetização de voz. Sendo assim, foi possível desenvolver uma aplicação de localização e orientação, para deficientes visuais baseado no modelo definido.

Referências

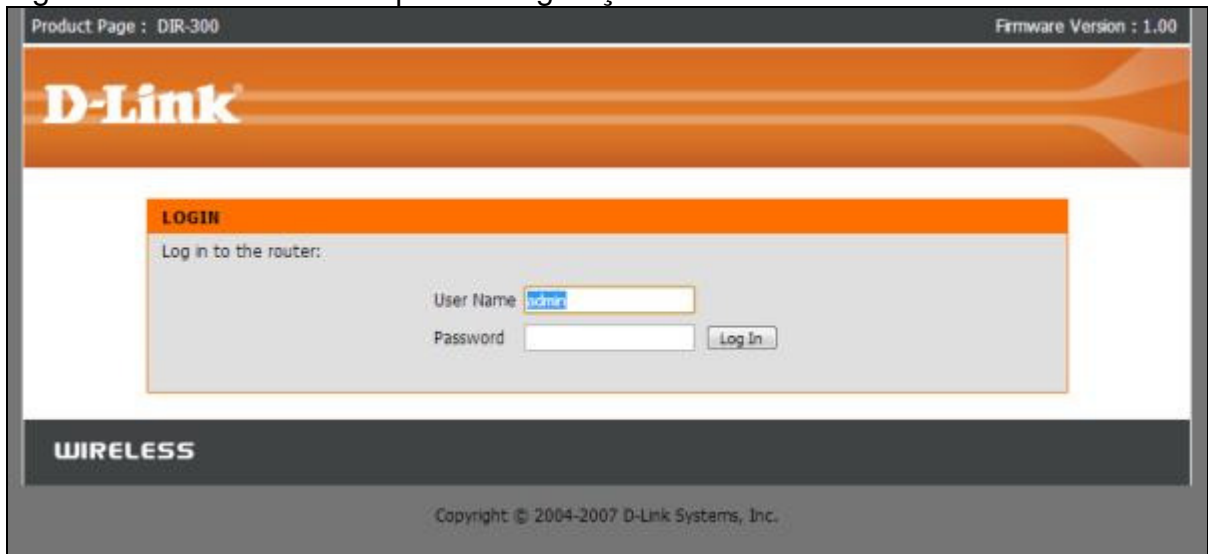
- DIAS, C. O; PASSERINO, L. M. Uma Proposta de Metodologia para Adoção de OA Usando Critérios de Acessibilidade. 2009. 11 f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- FERRERO, C. A. ALGORITMO kNN para Previsão de Dados Temporais: Funções de Previsão e Critérios de Seleção de Vizinhos Próximos Aplicados a Variáveis Ambientais em Limnologia. 2009. 129 f. Mestrado em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, USP, São Carlos, 2009.
- FITZ, Paulo Roberto. Geoprocessamento sem complicação. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E PESQUISA. 2011. Rio de Janeiro. Censo 2010: País tem declínio de fecundidade e migração e aumentos na escolarização, ocupação e posse de bens duráveis. Disponível em: <<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=2018>> Acesso em 21 nov. 2012.
- NICHOLL, A.R.J. O Ambiente que Promove a Inclusão: Conceitos de Acessibilidade e Usabilidade. Revista Assentamentos Humanos. Marília, v. 3, n. 2, p. 49-60, 2001.
- RODRIGUES, M. L, Localização em Ambientes Internos Utilizando Múltiplas Tecnologias sem Fio. 2011. 145 f. Mestrado em Ciência da Computação - Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

ANEXO(S)

ANEXO A – TUTORIAL PARA A CONFIGURAÇÃO DO AP D-Link

Para ter acesso à interface de configuração digitou-se no navegador o endereço IP do AP, que no caso dos equipamentos D-Link é <http://192.168.0.1>.

Figura 213 - Interface Web para configuração do AP.



Fonte: D/Link.

Após acessar a página de configuração do AP (Figura 23) foi informado o usuário padrão '*admin*', não foi informada uma senha e em seguida clicou-se no botão '*Log In*' para ter acesso às demais telas de configuração.

Uma configuração importante feita na instalação dos APs foi a alteração da senha geral do roteador (Figura 24). Para isso foi clicado na aba '*maintenance*', em seguida no botão '*admin setup*', no quadro '*administrator*' foi informado o valor da senha no campo '*new password*' e repetido no campo '*confirm password*', e para finalizar clicou-se no botão '*save settings*', gravando assim esta nova senha no roteador.

Figura 224 - Alteração da senha do roteador.

Product Page: DIR-330 Firmware Version: 1.12

D-Link

DIR-330 //	SETUP	ADVANCED	MAINTENANCE	STATUS	HELP
Admin Setup Time And Date System Firmware Dynamic DNS System Check Schedules Log Settings	ADMINISTRATOR SETTINGS : There is one account that can access the router's management interface. This account is admin. Admin has read/write access. Save Settings Don't Save Settings ADMINISTRATOR : Login name : admin New Password : ***** Confirm Password : ***** REMOTE MANAGEMENT : Enable Remote Management : ☐ IP Address : * Port : 80 << 80 >> Always				Helpful Hints.. For security reasons, it is recommended that you change the Login Name and Password for the Administrator and User accounts. Be sure to write down the new Login Names and Passwords to avoid having to reset the router in the event that they are forgotten. When enabling Remote Management, you can specify the IP address of the computer on the Internet that you want to have access to your router, or you can enter an asterisk (*) to allow access to any computer on the Internet.

Fonte: D/Link.

A mudança do nome da rede, que irá identificar os APs dentro do ambiente onde os equipamentos serão instalados se fez necessário para que se possa relacionar cada AP com as informações referente aos mesmos, gravadas no banco de dados do protótipo. Esta mudança foi feita por meio da aba '*setup*', em seguida no botão '*wireless settings*', no quadro '*wireless network settings*' foi informado o nome de identificação do AP no campo '*wireless network name*', e para finalizar clicou-se no botão '*save settings*' para gravar a nova identificação do AP (Figura 25).

Figura 235 - Alteração do nome de identificação do AP.

WIRELESS NETWORK SETTINGS :

Enable Wireless : ☒

Wireless Network Name : (Also called the SSID)

Wireless Channel : ▼

Enable Auto Channel Selection : ☐

802.11 Mode : ▼

Enable Hidden Wireless : ☐ (Also called the SSID Broadcast)

Fonte: D/Link.