

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E ESTATÍSTICA**

Rodrigo Egidio Joenk Pereira

**ACESSICORP MAP:  
UM SISTEMA DE ORIENTAÇÃO ONIPRESENTE PARA  
PORTADORES DE DEFICIÊNCIA VISUAL EM  
AMBIENTES CORPORATIVOS.**

Florianópolis

2019



Dedico este trabalho aos meus familiares que me guiaram e me educaram, sempre acreditando em meu potencial e a Fernanda Polônia que me forneceu todo apoio durante o planejamento e concepção deste trabalho.



## **AGRADECIMENTOS**

Agradecimentos ao Prof. Mário Dantas e ao Prof. Camilo Inácio, meus orientadores, pelas dicas e pelo conhecimento compartilhado.



*No que diz respeito ao empenho, ao compromisso, ao esforço, à dedicação, não existe meio termo. Ou você faz uma coisa bem feita ou não faz.*

Ayrton Senna



## RESUMO

Um sistema que se utiliza de tecnologias assistivas é aquele que busca facilitar a rotina de um indivíduo através da informatização e/ou melhoria de um processo existente. Essa melhoria pode ser promovida na automação de um processo, coleta de informações ou facilitar alguma tarefa de seu dia a dia.

Dentre as tecnologias assistivas podemos destacar as ferramentas de acessibilidade voltadas ao deficiente visual, que vão desde de leitores de tela, que possibilitam a leitura de conteúdo até adaptações em software já existentes.

O Brasil encontra-se entre os países que buscam garantir o acesso do portador de deficiência ao mercado de trabalho através de cotas, mas na prática, nem toda empresa está pronta ou interessada em receber estes trabalhadores. Um dos principais obstáculos com relação a essa integração se encontra na acessibilidade do ambiente e isso faz com que em muito casos a contratação aconteça puramente por obrigação, imposta pela lei.

Este trabalho tem como objetivo promover, através do uso da tecnologia, o auxílio à movimentação e orientação do portador de deficiência visual dentro de seu ambiente de trabalho. Para isso, conceitos de computação móvel como rede sem fios, Bluetooth 4.0 (BLE) e GPS são utilizados na construção de um aplicativo Android. Também foram utilizados dispositivos móveis compatíveis com as tecnologias supracitadas e que sejam capazes de reproduzir texto falado, através do *TTS*.

Ao final deste trabalho se apresenta: 1) um estudo das tecnologias utilizadas, 2) aplicativo desenvolvido em Android que permite alcançar a proposta principal do trabalho , 3) resultados dos aplicativo com testes aplicados.

**Palavras-chave:** sistemas distribuídos, acessibilidade, ambientes acessíveis, posicionamento, beacons, BLE.



## ABSTRACT

This project aims to, through the use of technology, assist the movement and orientation of the visually impaired person within their work environment. For this, concepts of mobile computing such as wireless network, Bluetooth 4.0 (BLE) and GPS was used. A mobile device compatible with the above technologies was also used to be able to reproduce the spoken text through the Text-to-speech engine.

**Keywords:** distributed systems, acessibility, accessible environments, positioning, beacons, BLE



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Rede sem fios interligando diferentes equipamentos . . . .	20
Figura 2	Internet das coisas e alguns exemplos de dispositivos comuns . . . . .	21
Figura 3	Pesquisas pelos termos indicados de 2004 a 2014 na ferramenta de pesquisa do Google . . . . .	21
Figura 4	Diferenças entre os tipos de computação de acordo com mobilidade e imersão . . . . .	22
Figura 5	Diferentes modelos de beacons e seus fabricantes . . . . .	24
Figura 6	Esquema simplificado de conversão TTS . . . . .	25
Figura 7	Índice por tipo e grau de dificuldade e deficiência . . . . .	27
Figura 8	Maiores barreiras para contratação para as pessoas com deficiência no mercado de trabalho de acordo com profissionais de RH . . . . .	30
Figura 9	Usuário em busca do refeitório . . . . .	34
Figura 10	Tela principal do aplicativo e menu . . . . .	35
Figura 11	Fluxo de escaneamento de dispositivos do aplicativo . . . . .	36
Figura 12	Fluxo de busca de dispositivos de interesse . . . . .	38
Figura 13	Estrutura residencial . . . . .	41
Figura 14	Simulador de beacon LightBlue Explorer . . . . .	44
Figura 15	Trecho que implementa o buffer no código . . . . .	45
Figura 16	Gráfico 1 - Residencial Fase 1 . . . . .	46
Figura 17	Gráfico 2 - Corporativo Fase 1 . . . . .	47
Figura 18	Gráfico 3 - Residencial Fase 2 . . . . .	48
Figura 19	Gráfico 4 - Corporativo Fase 2 . . . . .	49
Figura 20	Gráfico 5 - Comparativo Residencial . . . . .	50
Figura 21	Gráfico 6 - Comparativo Corporativo . . . . .	51
Figura 22	Gráfico 7 - Desvio simplificado residencial . . . . .	51
Figura 23	Gráfico 8 - Desvio simplificado corporativo . . . . .	52



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	Aplication programming interface.....	18
GPS	Global positioning system.....	18
BLE	Bluetooth low energy.....	18
TTS	Text-to-speech.....	18
UUID	Universally unique identifier.....	18
URL	Uniform Resource Locator.....	18
IPS	Indoor positioning system.....	18



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	17
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	17
1.2 OBJETIVOS .....	18
1.2.1 Objetivo Geral .....	18
1.2.2 Objetivos Específicos .....	18
<b>2 COMPUTAÇÃO MÓVEL</b> .....	19
2.1 PRINCÍPIOS BÁSICOS .....	19
2.2 INTERNET DAS COISAS .....	20
2.3 COMPUTAÇÃO UBÍQUA E PERVASIVA .....	21
2.3.1 Beacons .....	23
2.3.1.1 UUID .....	23
2.3.2 Bluetooth e Bluetooth Low Energy .....	23
2.4 TTS, TEXT TO SPEECH .....	24
<b>3 ACESSIBILIDADE</b> .....	27
3.1 DEFICIÊNCIA VISUAL .....	27
3.2 ACESSIBILIDADE E TECNOLOGIAS ASSISTIVAS .....	28
3.2.1 Mobilidade .....	31
<b>4 PROPOSTA</b> .....	33
4.1 VISÃO GERAL .....	33
4.1.1 O aplicativo Android .....	34
4.1.2 Os emissores de sinal .....	36
4.2 FLUXO PLANEJADO .....	37
4.2.1 Rotina de busca .....	37
4.3 CÁLCULO DA DISTÂNCIA .....	38
4.4 MÉTRICAS DE ANÁLISE DA PROPOSTA .....	40
<b>5 AMBIENTES E RESULTADOS EXPERIMENTAIS</b> .	41
5.1 AMBIENTE EXPERIMENTAL FÍSICO .....	41
5.2 DO RECEPTOR, ACESSICORP MAP .....	42
5.2.1 Bibliotecas de comunicação .....	42
5.2.2 Text-to-speech .....	43
5.2.3 GPS .....	43
5.3 DO EMISSOR .....	43
5.4 RESULTADOS .....	44
5.4.1 Aplicando ajustes ao algoritmo .....	45
5.4.1.1 Resultados - Fase 1 .....	46
5.4.1.2 Resultados - Fase 2 (Buffer aplicado) .....	47
5.4.1.3 Resultados - Fase 2 desvio simplificado .....	49

<b>5.4.2 Text to speech</b> .....	50
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	53
6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	53
6.2 TRABALHOS FUTUROS .....	54
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	55

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Segundo dados do ministério do trabalho, em 2016, 418.5 mil portadores de deficiência foram contratados com carteira assinada (PDET, 2016). Enquanto esta é uma estatística que se mostra positiva por ter seu aumento significativo nos últimos anos, ainda é uma parcela muito pequena em relação aos mais de 45 milhões de brasileiros que vivem com algum tipo de deficiência (IBGE.GOV.BR, 2010).

Dentre estes portadores, o de deficiência visual é o que preenche a maior parte deste contingente (IBGE.GOV.BR, 2010) e é também o indivíduo que encontra maior dificuldade em se inserir no mercado de trabalho por conta das necessidades especiais, entre elas a de um ambiente que promova a acessibilidade.

Com o objetivo de unir a necessidade deste ambiente inclusivo e a emergência de dispositivos e tecnologias voltadas para assistir o usuário e facilitar o seu dia a dia, surge a ideia deste trabalho.

É relativamente fácil citar exemplos de serviços amplamente utilizados pela população em geral para localização usando coordenadas geográficas, pois sua popularidade teve um grande aumento nos últimos anos com a facilidade de utilização do GoogleMaps, assim como a de manipulação desta biblioteca para fins de desenvolvimento de aplicativos, utilizando sua Interface de Programação de Aplicativos (do inglês *API*). No entanto, poucos serviços focam em auxiliar o portador de deficiência visual a encontrar seu caminho.

Ainda sobre posicionamento mas já partindo para o âmbito da localização em ambiente internos, temos poucas soluções dedicadas. Parte disto está relacionado com haver limitações na utilização do sistema de GPS em locais fechados, onde exista pouca penetração do sinal de satélites do qual este faz uso (LACHAPPELLE et al., 2004).

Com a implementação da versão 4.0 do Bluetooth e o nascimento do BLE (Bluetooth de baixo consumo), novos dispositivos com menor consumo de energia surgiram, como os beacons, possibilitando assim, que pequenos dispositivos com pouco poder computacional fossem utilizados para diversos fins na computação móvel.

## 1.2 OBJETIVOS

Este trabalho explora a necessidade de portadores de deficiência visual buscando tornar o ambiente corporativo mais inclusivo através de tecnologias assistivas e que sejam de acesso comum a todos que possam se beneficiar desta iniciativa. A escolha de tecnologias e de dispositivos empregados neste trabalho foi feita também tendo em mente a importância da manter a montagem do ambiente sem maiores custos adicionais.

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é o de implantar um aplicativo móvel que assiste o portador de deficiência visual a se deslocar dentro de seu ambiente de trabalho utilizando hardware e software de baixo custo.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Entender quais são as dificuldades do usuário portador de deficiência visual dentro de um ambiente de trabalho;
- Desenvolver aplicativo móvel Android que faça a interface do projeto com o seu usuário;
- Estudar bibliotecas de transmissão de rádio-frequência que possam ser utilizadas para a localização do indivíduo dentro de um ambiente corporativo;
- Analisar a performance e funcionamento do aplicativo em ambientes internos;
- Possibilitar que este software seja acessível através da utilização de bibliotecas nativas de conversão de texto em fala (TTS).

## 2 COMPUTAÇÃO MÓVEL

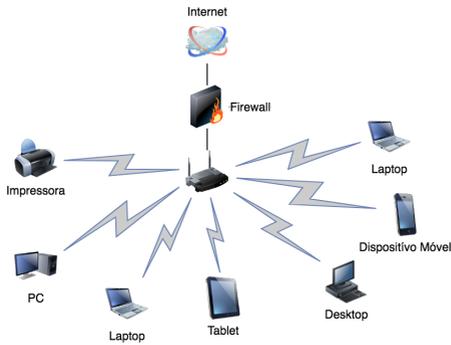
### 2.1 PRINCÍPIOS BÁSICOS

Segundo Mateus e Loureiro (1998):

Computação móvel representa um novo paradigma computacional [...] O novo paradigma permite que usuários desse ambiente tenham acesso a serviços independente de onde estão localizados e o mais importante de mudanças de localização, ou seja, mobilidade. Dessa forma a computação móvel amplia o conceito tradicional de computação distribuída (MATEUS; LOUREIRO, 1998).

Apesar de ser um paradigma não tão mais novo quanto em 1998, todo o conceito trazido pelos autores se aplica da mesma forma aos ambientes que observamos atualmente. A grande diferença estando em sua ampla utilização pelos lares e complexos corporativos, o que antes se restringia apenas a laboratórios. Hoje temos todo tipo de dispositivo se conectando a nossa rede sem fios e isso é permitido através de protocolos como o popular *wi-fi*, *WiMAX*, *Bluetooth* e redes de telefonia móvel, agora partindo para a geração 5G. (COULOURIS et al., 2011). Redes sem fios são escaláveis e podem facilmente extrapolar as centenas de dispositivos, desde que haja pontos de acesso suficientes para suportá-los e fornecer esta interligação(BISWAS et al., 2015).

Figura 1 – Rede sem fios interligando diferentes equipamentos

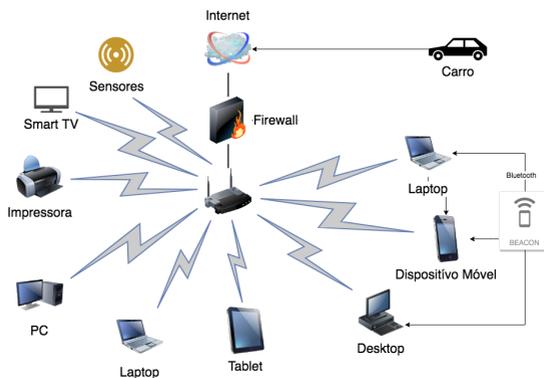


Fonte: Elaborado pelo autor

## 2.2 INTERNET DAS COISAS

Sem maiores ambições, Ashton et al. (2009) acabou cunhando o termo Internet das coisas em uma de suas palestras em uma grande multinacional e desde então o termo é amplamente utilizado para denominar qualquer rede com dispositivos pervasivos. A já conhecida e difundida computação móvel evoluiu e teve novos dispositivos agregados às suas redes. O custo reduzido e a produção em massa de interfaces de rádio-comunicação também ajudou a tornar possível que pudéssemos adicionar este novos dispositivos, trazendo inteligência a eles. Alguns modelos avançados de geladeiras já possuem sensores que inferem quando faltarão produtos, nossa lavadora já sabe nos procurar pela rede e deixar um recado de que a lavagem já chegou ao fim. Recado este que podemos ver pelo nosso dispositivo móvel ou pelo *smartwatch* que realiza atividades que antes eram feitas pelo nosso celular e que antes eram do nosso computador de mesa. Tudo isso permitido através da internet das coisas. Uma rede deste tipo pode incluir também outros dispositivos como sensores individuais, identificadores de rádio frequência (RFID), chips embarcados e beacons (GUBBI et al., 2013). Este último será de vital importância no desenvolvimento deste trabalho.

Figura 2 – Internet das coisas e alguns exemplos de dispositivos comuns

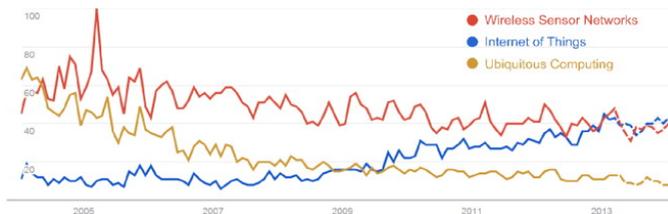


Fonte: Elaborado pelo autor

### 2.3 COMPUTAÇÃO UBÍQUA E PERSASIVA

Muito se encontra na Internet e em artigos que Internet das Coisas e computação ubíqua são sinônimos e isso fez com que a utilização do termo computação ubíqua tivesse menor utilização em artigos e conferências. Conforme pode ser visto na imagem retirada do trabalho de Gubbi et al. (2013) os índices de pesquisas feitas com os termos demonstram o quanto uma foi trocada pela outra:

Figura 3 – Pesquisas pelos termos indicados de 2004 a 2014 na ferramenta de pesquisa do Google



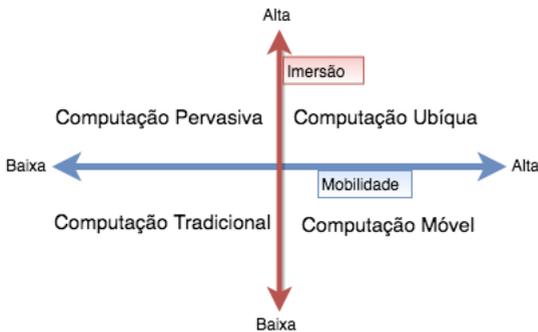
Fonte: (GUBBI et al., 2013)

No entanto, alguns autores tem ideias um pouco diferentes com respeito a estes conceitos. Coulouris et al. (2011) em sua obra diz que: "A computação ubíqua, também denominada computação pervasiva, é

a utilização de vários dispositivos computacionais pequenos e baratos, que estão presentes nos ambientes físicos dos usuários", indo muito em direção do que buscamos na proposta deste trabalho através da adoção de beacons para atingir a solução pensada.

Já para Lyytinen e Yoo (2002), os termos ubíquo e pervasivo estão próximos mas denotam diferenças no que diz respeito a mobilidade dos dispositivos empregados. Com isso em mente, podemos dizer que o projeto proposto se encontra na esfera da computação ubíqua por empregar tanto recursos móveis como promover a imersão.

Figura 4 – Diferenças entre os tipos de computação de acordo com mobilidade e imersão



Fonte: Traduzido e adaptado de (LYYTINEN; YOO, 2002)

### 2.3.1 Beacons

Beacons são pequenos dispositivos de hardware sem fio que funcionam transmitindo sinal de uma categoria especial de Bluetooth, o *bluetooth low energy*. São construídos de hardware muito simples e sua principal aplicação é a de fazer *broadcast* de pequenas porções de dados via rádio. Os modelos mais comuns funcionam com baterias, mas a utilização do protocolo de baixo consumo lhes proporciona uma vida útil de meses ou anos sem necessitar de manutenção. Ainda existem modelos que contam com célula fotovoltaica, garantindo que o dispositivo permanecerá alimentado enquanto houver incidência da luz do sol(LINDH, 2015)

#### 2.3.1.1 UUID

Duas coisas fazem de um beacon um dispositivo único, seu endereço Mac Address e seu UUID(LINDH, 2015). Este último é o nome do pacote que cada beacon emite para indicar que está ativo e a tradução da sigla significa Identificação universalmente única. Esta mensagem é a informação que ele tem para dar para quem está ouvindo e portanto pode ser alterada conforme a vontade do usuário que o configure. As aplicações variam, desde programar a aplicação a traduzir estes IDs em URLs carregando o usuário para uma página específica ou até mesmo distribuir chaveiros beacons a um grupo de pessoas e controlar quando alguém está ou não em um ambiente. A Apple, por exemplo, em sua documentação do iBeacon, recomenda que o UUID seja utilizado para denotar a região onde o mesmo se encontra (APPLE, 2014).

### 2.3.2 Bluetooth e Bluetooth Low Energy

Tecnologia nascida em 1998, o Bluetooth foi um protocolo de transmissão muito popular desde o seu lançamento e hoje quase 100% dos dispositivos móveis possuem interface compatível com esse protocolo. Foi criado para substituir os cabos seriais que passavam a se tornar um problema com o rápido aumento de periféricos deste época e aproximadamente 10 anos após surge o Bluetooth 4.0 que implementa o protocolo *low energy*, passando a permitir dispositivos trabalharem por muito mais tempo que no modo convencional, pois agora a conexão não necessita mais ser mantida para garantir a entrega da informação

Figura 5 – Diferentes modelos de beacons e seus fabricantes



Fonte: <https://blog.pandasuite.com/what-are-beacons/>

(GUPTA, 2016).

## 2.4 TTS, TEXT TO SPEECH

Por último, mas não menos importante, o motor de leitura que permite tornar a aplicação acessível. Sem esta tecnologia, ainda estaríamos totalmente dependentes ao braille para inclusão dos portadores de deficiência. Criado para facilitar a comunicação humano-máquina, esta ferramenta tem importância especial quando o assunto é acessibilidade. Algumas das iniciativas e tecnologias assistivas que serão mencionados no próximo capítulo, por exemplo, só se tornaram realidade com a utilização de módulos TTS.

Como o nome denota, se trata de um motor que transforma trechos de texto ou palavras avulsas em voz, na linguagem de preferência do usuário, quando disponível. Realiza a reprodução de fonemas baseados no texto fornecido como entrada. Quanto mais amostras uma biblioteca tiver disponível, mais audível e compreensível será o resultado vocalizado (LEMMETTY, 1999).

Neste trabalho, a biblioteca TTS utilizada foi a própria nativa ao sistema operacional Android que permite com que sejam configurados velocidade de fala, assim como ritmo e linguagem utilizada. Esta última possibilitada através da utilização do mecanismo da localização

computacional (*Locale*).

Figura 6 – Esquema simplificado de conversão TTS



Fonte: Adaptado e traduzido de (LEMMETTY, 1999)

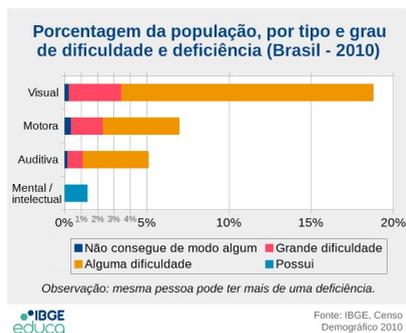


### 3 ACESSIBILIDADE

#### 3.1 DEFICIÊNCIA VISUAL

Considerando a última pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 45,6 milhões de pessoas mencionaram ter pelo menos um tipo de deficiência. Desta amostragem, 18,6% informou deficiência visual, sendo que 6 milhões tem grande dificuldade para enxergar (3,4%) e 506 mil têm perda total da visão (0,3% da população)(MEC, 2017).

Figura 7 – Índice por tipo e grau de dificuldade e deficiência



Fonte: (IBGE.GOV.BR, 2010)

Os dados refletem que o índice da população que declarou algum nível de deficiência visual se mostra expressivo em relação a outras modalidades. Porém, para definirmos com clareza o público alvo desta pesquisa, é necessário definirmos o conceito de deficiência visual.

De acordo com o Decreto n.3298/99, alterado pelo Decreto n.5296/04:

deficiência visual seria considerada acuidade visual igual ou menor que 20/200 no melhor olho, após a melhor correção, ou campo visual inferior a 20° (tabela de Snellen), ou ocorrência simultânea de ambas as situações (JUSBRASIL, 1999).

Tendo em vista o olhar das instituições que são dedicadas às pessoas com deficiência visual, a Fundação Dorina Nowill (DORINA, 2004), descreve como perda total ou parcial, congênita ou adquirida, da visão. Ela considera que o nível poderia variar, determinando dois grupos de deficiência:

- Cegueira – há perda total da visão ou pouquíssima capacidade de enxergar, o que leva a pessoa a necessitar do Sistema Braille como meio de leitura e escrita.
- Baixa visão ou visão subnormal – caracteriza-se pelo comprometimento do funcionamento visual dos olhos, mesmo após tratamento ou correção. As pessoas com baixa visão podem ler textos impressos ampliados ou com uso de recursos óticos especiais.

O IBC (Instituto Benjamin Constant) considera que deficiência visual “é a perda ou redução de capacidade visual em ambos os olhos em caráter definitivo, que não possa ser melhorada ou corrigida com o uso de lentes, tratamento clínico ou cirúrgico” (IBC, 2003).

### 3.2 ACESSIBILIDADE E TECNOLOGIAS ASSISTIVAS

Através do estatuto da Pessoa com Deficiência, proveniente da Lei nº 13.146 de 6 de Julho de 2015, Artigo 2º, é possível ter mais clareza sobre a definição de pessoa com deficiência:

“Considera-se pessoa com deficiência aquela que tem impedimento de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, o qual, em interação com uma ou mais barreiras, pode obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas” (SENADO FEDERAL, 2016).

Ainda segundo a mesma essa lei, os propósitos de sua aplicação são definidos conforme abaixo:

I – acessibilidade: possibilidade e condição de alcance para utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, inclusive seus sistemas e tecnologias, bem como de outros serviços e instalações abertos ao público, de uso público ou privados de uso coletivo, tanto na zona urbana como na rural, por pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida;

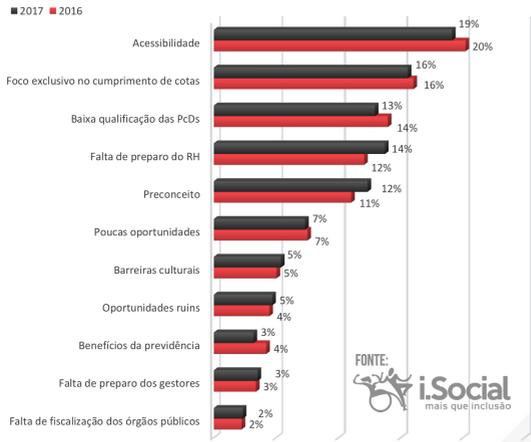
II – desenho universal: concepção de produtos, ambientes, programas e serviços a serem usados por todas as pessoas, sem necessidade de adaptação ou de projeto específico, incluindo os recursos de tecnologia assistiva;

III – tecnologia assistiva ou ajuda técnica: produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivem promover a funcionalidade, relacionada à atividade e à participação da pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida, visando à sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social;

IV – barreiras: qualquer entrave, obstáculo, atitude ou comportamento que limite ou impeça a participação social da pessoa, bem como o gozo, a fruição e o exercício de seus direitos à acessibilidade, à liberdade de movimento e de expressão, à comunicação, ao acesso à informação, à compreensão, à circulação com segurança, entre outros (SENADO FEDERAL, 2016).

Pensando no contexto de barreiras, conforme acima citado, em pesquisa realizada pelo i.Social, tendo em vista a percepção dos profissionais de Recursos Humanos, “as maiores barreiras para as pessoas com deficiência no mercado de trabalho são a falta de acessibilidade (19%), o foco da contratação ser exclusivamente no cumprimento da cota (16%) e a falta de preparo dos gestores para entrevistar, contratar e gerenciar as pessoas com deficiência” (I.SOCIAL, 2018).

Figura 8 – Maiores barreiras para contratação para as pessoas com deficiência no mercado de trabalho de acordo com profissionais de RH



Ainda sobre o conteúdo do Estatuto do deficiente (BRASIL, 2016), descrevem-se como barreiras:

- a) barreiras urbanísticas: as existentes nas vias e nos espaços públicos e privados abertos ao público ou de uso coletivo;
- b) barreiras arquitetônicas: as existentes nos edifícios públicos e privados;
- c) barreiras nos transportes: as existentes nos sistemas e meios de transportes;
- d) barreiras nas comunicações e na informação: qualquer entrave, obstáculo, atitude ou comportamento que dificulte ou impossibilite a expressão ou o recebimento de mensagens e de informações por intermédio de sistemas de comunicação e de tecnologia da informação;
- e) barreiras atitudinais: atitudes ou comportamentos que impeçam ou prejudiquem a participação social da pessoa com deficiência em igualdade de condições e oportunidades com as demais.

Como pode ser observado, os itens (b) e (d) tem íntima relação com o problema analisado. Sendo assim, fazem parte do insumo e motivação do desenvolvimento deste trabalho.

De acordo com o artigo de Reinaldi, Júnior e Calazans (2011), Os deficientes visuais são os que mais têm dificuldades no acesso ao conteúdo de páginas web. Também menciona que existem tecnologias assistivas que buscam facilitar esse acesso, como: "[...]softwares leitores de telas, monitores brailes, tradutor de texto em voz, navegador web textual, ampliadores de tela, entre outros."

Segundo Dias (2007), "acessibilidade está associada à capacidade de um software padrão ser acessado e usado por pessoas com necessidades especiais, mesmo que a forma de uso não seja idêntica para todos".

Ainda segundo a mesma autora, a falta de acessibilidade pode causar dificuldades para os deficientes visuais interagirem com dispositivos diferentes do teclado, distinguir os links de um documento ou perder o contexto ou sequência lógica do conteúdo durante a navegação da página.

Nesta vertente, a tecnologia assistiva acaba possibilitando a eliminação de barreiras físicas e sociais, favorecendo a participação da pessoa com deficiência na sociedade.

### **3.2.1 Mobilidade**

No contexto corporativo, por mais independente que a pessoa com deficiência visual seja, a questão da mobilidade acaba sendo um fator que impacta na rotina do profissional.

Para Mendonça et al. (2008), orientação e mobilidade (OM), possibilita o deficiente visual – cego ou com baixa visão – “a construir o mapa cognitivo do espaço que o rodeia e deslocar-se nesse espaço, servindo-se para isso de um conjunto de técnicas apropriadas e específicas”.

De acordo com o artigo 'Autoestima a partir do caminhar' (SANTOS; CASTRO, 2013): a orientação e mobilidade de uma pessoa com deficiência visual, a OM, contribui diretamente – qualitativamente e quantitativamente – à acessibilidade e ao exercício profissional. Isso implica na realização de deslocamentos mais independentes e o aumento da capacidade adaptativa funcional. A não independência nem sempre indica impedimento de inserção no mercado de trabalho – formal ou informal –, mas tal condição pode restringir a qualidade ou quantidade das chances profissionais. O exercício de uma atividade profissional pode ocasionar melhoria do poder econômico, produzindo modificações culturais, emocionais e sociais.

Aplicativos que contribuam para a mobilidade das pessoas com

deficiência visual, deveriam, em tese, propiciar uma melhor qualidade de vida e inclusão social. Pensando neste contexto e inserindo o conceito da tecnologia assistiva, surge a hipótese da criação de um mecanismo, suprido pela computação móvel, que auxilie na movimentação e orientação do portador de deficiência visual dentro de seu ambiente de trabalho.

## 4 PROPOSTA

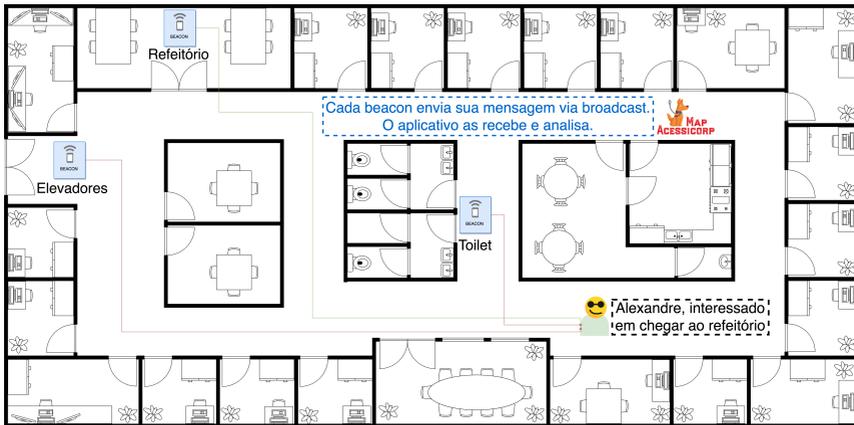
### 4.1 VISÃO GERAL

O projeto consiste em duas partes principais, que servirão no auxílio ao posicionamento do portador de deficiência visual. Estas partes se comunicam durante todo o fluxo e o sucesso da proposta só se garante com as duas pontas em funcionamento. Caso uma das partes falhe, o sistema como um todo, falha. Para facilitar a modularização e compreensão, os subsistemas serão chamados nesta monografia de receptor e emissor.

- Receptor: O primeiro módulo se encontra instalado no dispositivo móvel que o usuário deve portar consigo, um celular ou tablet de qualquer fabricante que utilize o sistema operacional Android. Esse dispositivo deve ter carga na bateria e estar com o aplicativo Acessicorp Map ativo. O usuário deve também informar a que ambiente pretende se deslocar para que o aplicativo priorize esta informação e lhe informe da proximidade da região/ambiente almejado. Poderiam-se selecionar mais de um local de interesse, mas para simplificação apenas um estará selecionado por vez, visto que não existe o ato de se deslocar fisicamente a 2 lugares diferentes ao mesmo tempo. Não obstante, ao fim do primeiro trajeto o usuário pode informar um novo.
- Emissor: São os beacons que deverão ser posicionados nas regiões de interesse. Numa aplicação real, cada mapeamento deve ser feito cuidadosamente para não colocá-lo próximo a outros emissores de rádio. Idealmente, deve-se consultar os usuários para saber que áreas são sabidamente mais difíceis de serem acessadas ou quais áreas são acessadas com menor frequência. Em tese, não há limite de número de beacons que possam ser utilizados, no entanto, quanto maior for a quantidade de sinais de rádio propagados no meio, maior a interferência e consequentemente maior a taxa de erros e atenuação de sinal que culminam na diminuição da confiabilidade do sistema.

Abaixo segue uma imagem hipotética de um ambiente corporativo mapeado para que o usuário, portador de deficiência visual total, consiga chegar aos seus pontos de interesse. Este usuário informou ter interesse especial em saber onde estão os banheiros, refeitório (por necessidades básicas) e a passagem para os elevadores e por isso, beacons foram instalados nestas posições:

Figura 9 – Usuário em busca do refeitório



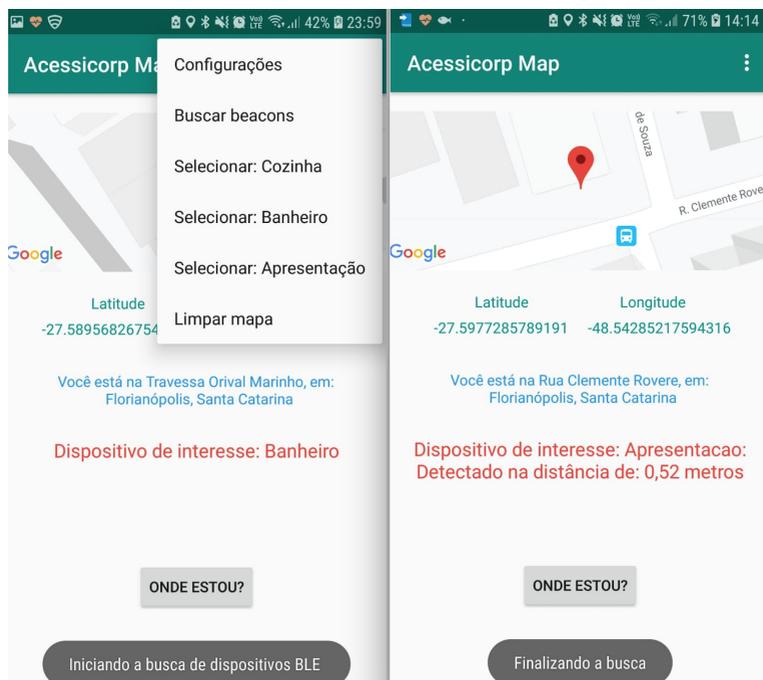
Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.1.1 O aplicativo Android

O principal ponto de apoio para a implementação deste projeto foi o desenvolvimento do aplicativo Android, o AccessiCorp Map. Para o desenvolvimento Android, duas linguagens foram consideradas: Java e Kotlin e por motivo de familiaridade com a linguagem, Java foi escolhida. Para facilitar o processo de desenvolvimento e propiciar a produtividade, a IDE Android Studio foi utilizada. Este aplicativo é o responsável pelo recebimento e tratamento dos sinais de bluetooth e GPS. Dois diferentes dispositivos Android serão utilizados nos testes. Um Motorola G5 (Android O.S. 7.0 - Nougat) e um Samsung S7 edge (Android O.S. 8.0 - Oreo), no entanto o aplicativo roda em qualquer dispositivo Android que possua versão de O.S. igual ou superior a 6.0

- Marshmallow e claro, que possua interface bluetooth que suporte o protocolo *bluetooth low energy*. A validação deste requerimento é feita quando o usuário permite o acesso ao seu bluetooth e caso não haja suporte, o aplicativo encerra.

Figura 10 – Tela principal do aplicativo e menu



Fonte: Elaborado pelo autor

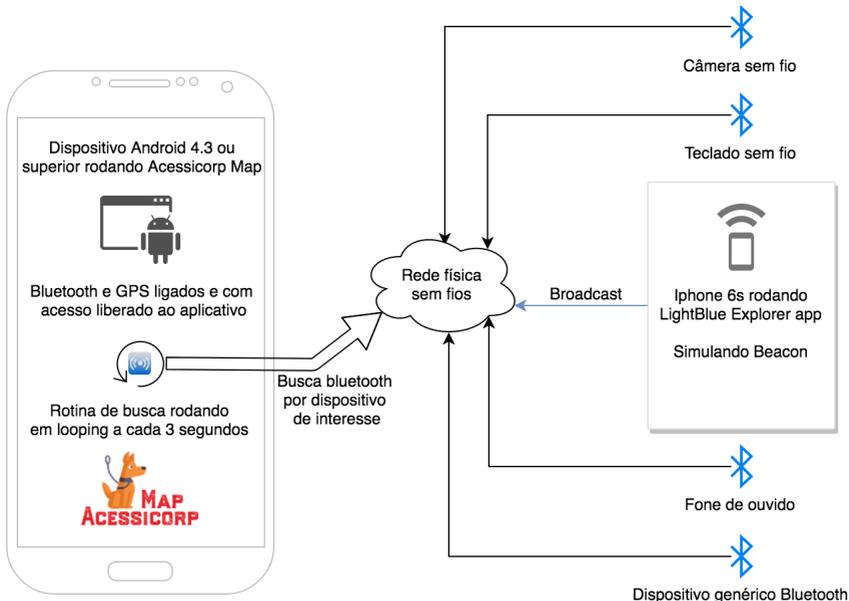
Como pode ser visto na figura 10, a interface do aplicativo foi desenvolvida de forma simples, mas trazendo informações da localização do usuário. A informação de maior interesse para o objetivo desta monografia pode ser vista destacada na cor vermelha. A tela a esquerda traz o menu com suas opções. Neste menu 3 opções de localização podem ser encontradas e selecionadas pelo usuário. Em verde temos informações de latitude e longitude captadas através do GPS do dispositivo. Em azul a informação proveniente da tradução geográfica do conjunto de latitude e longitude em endereço, utilizando a biblioteca googlemaps.

### 4.1.2 Os emissores de sinal

Complementarmente, a porção emissora de sinal do projeto é representada pelo(s) beacon(s). Ainda não é algo trivial encontrar beacons a venda no Brasil, pois de fato não existem muitas aplicações reais acontecendo, no entanto, temos a disposição uma ampla gama de aplicativos que simulam o funcionamento de beacons disponíveis para Android e iOS. Estes aplicativos utilizam a interface de bluetooth do dispositivo móvel, implementando o protocolo *bluetooth low energy* e emitindo pacotes de sinais idênticos aos gerados por um legítimo beacon. Dito isso, para fins de teste do sistema e da performance dos algoritmos, foi utilizado um dispositivo iPhone 6s, se comportando como beacon.

A figura 11 demonstra o fluxo básico de funcionamento do aplicativo e a relação de ambas partes do projeto em ação:

Figura 11 – Fluxo de escaneamento de dispositivos do aplicativo



Fonte: Elaborado pelo autor

## 4.2 FLUXO PLANEJADO

Ao buscar por dispositivos bluetooth na rede, o aplicativo faz a busca por nome de dispositivo específico ou pela UUID, conforme especificado nas configurações do aplicativo. Os testes serão feitos utilizando o parâmetro nome. Dois ambientes diferentes foram utilizados na pesquisa: 1 - Empresa de 590 metros quadrados, da qual não serão informados detalhes estruturais por motivo de não autorização do proprietário da empresa; 2 - Residência de 105 metros quadrados, com 7 cômodos.

### 4.2.1 Rotina de busca

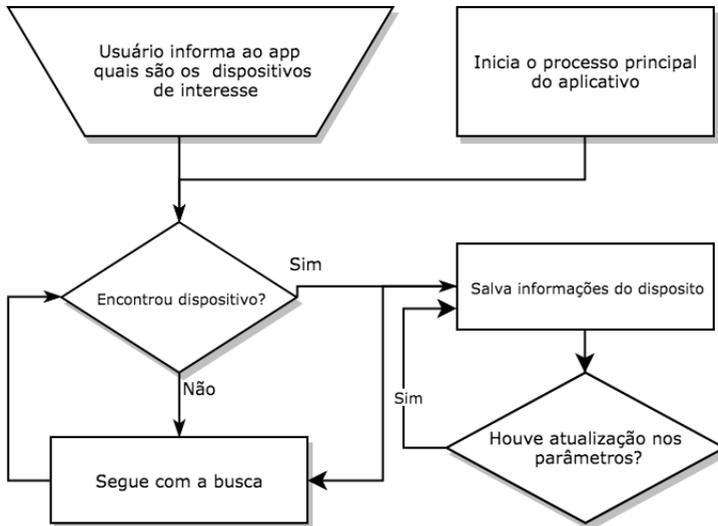
A cada 3 segundos o aplicativo faz uma nova busca na rede e montará uma lista com todos os dispositivos que se encontrem enviando algum tipo de mensagem bluetooth nas proximidades. Caso algum dos dispositivos deste conjunto esteja presente na lista de interesse, os seus parâmetros são salvos para uso nos outros fluxos do aplicativo. Este tempo é configurável via código e pode facilmente ser alterado no decorrer dos testes. Diversos valores foram testados e 3 segundos foi o valor que garantiu um fluxo onde a lista de dispositivos é constantemente atualizada e não causou superaquecimento ou utilização em excesso de recursos de hardware ou bateria do dispositivo

Também configurável via código temos o índice de potência de sinal a ser ignorado. Configurado para -125dbm, resulta em que nosso aplicativo ignore dispositivos que mostrem sinal igual ou mais fracos que o mencionado. A escala de potência RSSI, utilizada para mensurar sinais de rádio, está correlacionada com medida dBm, decibel miliwatt e varia de acordo com o fabricante. Um valor como -40dBm indica um sinal de bluetooth excelente, enquanto valores mais baixos como -90 indicam que se verifica um sinal muito fraco, sugerem que o dispositivo emissor está muito distante ou apresenta baixa potência de emissão. Normalmente trata-se do primeiro caso e é nesse princípio que embarcaremos para aferir as suposições de distância. Valores menores que -125 podem indicar que o sinal provém de local fora do sítio estudado e por este motivo são ignorados.

Todo objeto bluetooth salvo na memória, dispositivos de interesse incluso, conterà a seguinte estrutura:

- Nome: É o nome que o dispositivo mostra quando faz o broadcast na rede. A maior parte dos dispositivos bluetooth por padrão

Figura 12 – Fluxo de busca de dispositivos de interesse



Fonte: Elaborado pelo autor

não utiliza nome e tem esse campo nulo. Por este motivo vamos utilizar este campo para filtrar os dispositivos de interesse no aplicativo;

- RSSI: Trata-se da intensidade do sinal medida em um momento específico. Este valor é atualizado na lista a cada nova busca e nos servirá de base para os cálculos de distância da qual o usuário se encontra do beacon;
- Endereço: É o endereço MAC do dispositivo que está emitindo o sinal analisado.

### 4.3 CÁLCULO DA DISTÂNCIA

Parte mais que importante deste trabalho consiste no cálculo da distância, que serve de base para as informações de proximidade que são geradas e fornecidas ao nosso usuário. Não existe nenhuma biblioteca pronta para tal cálculo uma vez que diferentes fabricantes podem apresentar diferenças nos sinais de RSSI emitidos. Após extensa

pesquisa em fóruns (especialmente os de desenvolvedores voltados a beacons como a Estimote e a Kontakt), foi constatado que são utilizadas, majoritariamente, variações de uma equação formulada por Dong e Dargie (2012).

Dong e Dargie (2012) fazem centenas de coletas de dados com diferentes dispositivos em diferentes ambientes. Ao fim, formulam uma equação para ser utilizada para se prever qual seria a potência de um sinal de acordo com a distância e com as características do local. Logo, haviam muitos interessados utilizando a fórmula, isolando a distância e usando a potência medida como valor de entrada.

Com esta inversão, descrevemos a seguinte fórmula:

$$\text{Distância} = 10^{\wedge} \left( \frac{\text{Potência medida} - \text{RSSI}}{10 * N} \right)$$

Onde:

- Potência medida: Potência do dispositivo emissor em estudo. Como mencionado anteriormente, diferentes dispositivos trabalham com diferentes potências de sinais de acordo com a especificação de seu fabricante e por isso esse valor tem grande participação no nível de confiança das medições. A forma de coletar este sinal consiste em deixá-lo a exatamente 1 metro de distância do receptor e tomar N medições a fim de analisar a média;
- RSSI: O próprio RSSI que foi medido e pretende ser usado como valor de entrada para inferir a que distância este sinal se originou;
- N: Coeficiente do ambiente estudado. Segundo Dong e Dargie (2012), esse valor variou entre 2 a 4 nos seus estudo e está relacionado diretamente com a quantidade de obstáculos pela qual o sinal pode ser afetado. Quanto maior o número de interferências, maior deve ser este número, respeitando o intervalo 2-4.

Com isto, esta foi a função utilizada no Acessicorp Map:

```
public double converteRSSIparaDistancia(int rssi) {
    double potenciaMedida = -68.0; //Valor medido a partir da medição do emissor a 1 metro
    double atenuacaoDeSinalAmbiente = 2.5; //Valor de 2 a 4 que varia conforme ambiente
    return Math.pow(10, ((potenciaMedida-rssi) / (10*atenuacaoDeSinalAmbiente)));
}
```

#### 4.4 MÉTRICAS DE ANÁLISE DA PROPOSTA

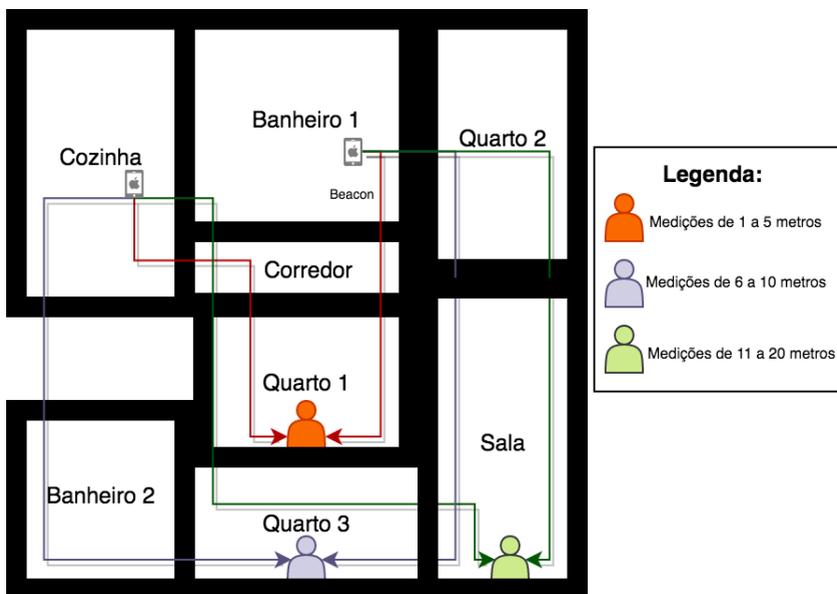
As métricas utilizadas para aferição do sucesso do projeto são tanto qualitativas quanto quantitativas. Foi verificado se é de fato possível utilizar a solução em ambientes corporativos e também verificado a margem de erro provinda dos algoritmos de medição da distância.

## 5 AMBIENTES E RESULTADOS EXPERIMENTAIS

### 5.1 AMBIENTE EXPERIMENTAL FÍSICO

Como mencionado no capítulo anterior, dois diferentes ambientes reais foram utilizados na etapa de testes e validação da equação de cálculo de distância: o ambiente corporativo, do qual não serão fornecidos detalhes da estrutura interna mas consta relatório dos resultados e o ambiente residencial, que se constitui da estrutura de 7 cômodos vista na figura 13:

Figura 13 – Estrutura residencial



Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme pode ser visto na legenda da figura 13, as medições foram feitas em diferentes distâncias, efetuando pequenos deslocamentos nos beacons em seus respectivos locais para as medições finais que passavam de 10 metros. Na quase totalidade do tempo os mesmos ficaram fixos, como é de se esperar de um beacon que funciona como fonte de localização. No restante do tempo os deslocamentos foram efetuados

pelos usuários. Surpreendentemente, o fato de haver mais paredes entre uma medição e outra não causou grandes diferenças além da variação já natural do sinal provocada pela atenuação. Talvez isso se deva ao fato de não haver muitos dispositivos transmitindo ondas de rádio neste local. Os números das medições serão discutidos mais a diante.

Já no ambiente corporativo, a distância causou claras perdas de sinal já que se trata de uma empresa com aproximadamente 100 funcionários, cada um com pelo menos 1 dispositivo gerando broadcast de bluetooth. Neste local, toda conexão a rede também é feita por rádio, através de wi-fi, o que pode acabar acrescentado mais interferências.

## 5.2 DO RECEPTOR, ACESSICORP MAP

O aplicativo foi construído e atingiu o seu objetivo de receber os sinais e filtrar/analisar conforme a necessidade indicada pelo usuário. Algumas melhorias de interface visual podem ser aplicadas, mas isso não é prioridade devido ao público alvo que buscamos. O maior esforço deve estar em garantir que as boas práticas de acessibilidade em desenvolvimento sejam seguidas. Durante os últimos testes o aplicativo se mostrou estável e sem *crashes* (fechamentos inesperados), que eram mais comuns nas primeiras etapas deste desenvolvimento. O código pode ser encontrado no seguinte repositório:

**<https://github.com/rodrigoejp/AcessicorpMap>**

Para rodar o projeto basta clonar o conteúdo do repositório e importá-lo no Android Studio<sup>1</sup> pois já está seguindo estrutura desta IDE, o que facilita a compilação e utilização do aplicativo.

### 5.2.1 Bibliotecas de comunicação

Durante o desenvolvimento do aplicativo foram experimentadas algumas bibliotecas de comunicação e rádio-frequência. Das que foram testadas e se encontram implementadas no aplicativo pode-se listar:

- GoogleMaps API + GPS de alta-precisão
- Bluetooth (*Adapter, manager e device*)
- Bluetooth *low energy*

---

<sup>1</sup><https://developer.android.com/studio>

### 5.2.2 Text-to-speech

A implementação do *text-to-speech* ou texto em fala no projeto foi relativamente fácil e bastante eficaz. Dentro do processo que roda repetidamente no aplicativo foram incluídas rotinas que vocalizam ao usuário quando o mesmo se aproximava de um dispositivo de interesse, assim como avisam quando está imediatamente próximo (menos de 1 metro) do local.

### 5.2.3 GPS

O projeto teve sua integração com API do GoogleMaps e GPS mas infelizmente não teve efeito algum sobre a solução final devido à alta variabilidade do GPS. Embora o GPS de alta-precisão forneça uma localização aproximada do usuário, sua confiabilidade em ambiente fechados, principalmente no ambiente corporativo foi muito baixa, fazendo com que qualquer medição deste seja desprezada, não servindo nem mesmo como apoio as medições feitas. Foi uma perda considerável pois sem isso fica muito mais difícil orientar o usuário de onde ele está e nos resta somente aferir a distância entre emissor e receptor, tirando boa parte da utilidade do projeto. Google já está trabalhando no seu projeto IPS (*Indoor positioning system*) mas pelo momento não há muito que possa ser feito para aumentar a utilidade do GPS no cenário previsto do projeto.

## 5.3 DO EMISSOR

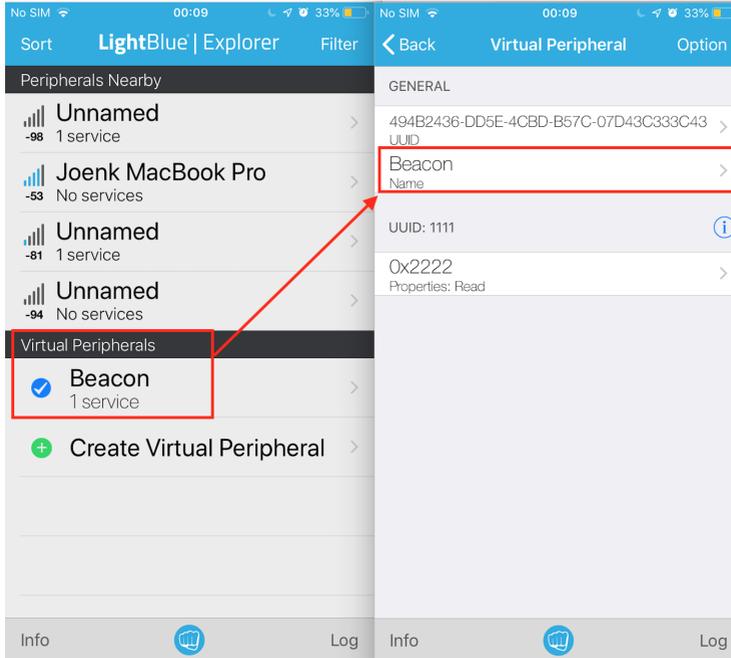
De acordo com o que foi informado no capítulo anterior, todos os testes foram conduzidos utilizando o aplicativo Light Blue Explorer, disponível na appstore <sup>2</sup>. O aplicativo conta com uma série de perfis pré-definidos que podem ajudar em qualquer tipo de simulação, basta você criar um novo periférico virtual. O dispositivo de escolher para os testes foi iPhone 6s rodando iOS 12.3.1. Para os testes do beacon criado através deste simulador, o valor calculado para "Potência medida" foi de -68.0 após 120 tomadas de medição na distância de 1 metro. Todos os valores foram somados e aplicado média simples. Sendo assim, substituímos o valor "**Potência medida**" por -68.00 para todas as utilizações da equação de cálculo de distância.

---

<sup>2</sup><https://itunes.apple.com/us/app/lightblue-explorer/id557428110?mt=8>

$$\text{Distância} = 10^{\left( \frac{\text{Potência medida} - (-68.0) - \text{RSSI}}{10 * N} \right)}$$

Figura 14 – Simulador de beacon LightBlue Explorer



Fonte: Screenshot tirada pelo autor

## 5.4 RESULTADOS

Para garantir uma eficaz medição da distância real, uma trena de 5 metros foi utilizada como prova para as medições físicas. Os valores reais eram medidos em linha reta traçando uma linha do emissor até o receptor, não importando se há parede neste caminho ou não. Com respeito à conversão de RSSI para distância, foi verificada uma baixa confiabilidade devido a variações acentuadas em medições próximas, conforme pode ser visto nas próximas seções do capítulo, especialmente quando exposto a ambiente com mais de 5 dispositivos bluetooth, caso do ambiente corporativo. Durante os primeiros testes também foi observado que a presença de pessoas na linha de visão também afeta como

o sinal de bluetooth é difundido. As medições foram tomadas em intervalos 1 metro de distância entre cada até os 5 metros. Após isso, foram medidos a cada 5 metros até alcançar os 20 metros de distância.

### 5.4.1 Aplicando ajustes ao algoritmo

Como pode ser observada uma alta variância a qual não foi possível atribuir padrão algum ou identificar a causa específica alguns ajustes foram feitos ao algoritmo buscando ter valores mais estáveis. Dentre as técnicas utilizadas foi tentado usar mediana dentro de um conjunto, média ponderada e a própria média simples com conjuntos de diferentes tamanhos. A técnica que permitiu com que os valores de saída se aproximassem das medições reais sem prejudicar a atualização enquanto o usuário se desloca foi a utilização de um conjunto, denominado aqui de buffer, com 12 valores. São feitas 12 medições e a cada novo valor coletado, o mais antigo presente no conjunto é removido para dar espaço ao recém adicionado. O valor informado ao usuário é o da média desse conjunto buffer. Pode parecer um mecanismo simples, mas promoveu uma estabilidade que não era vista antes. Esta quantidade não permite variações quando valores muito fora da curva são adicionados, diluindo este valor anormal (*outlier*) com as demais medições. Ao mesmo tempo, é pequena o suficiente pra manter o valor atualizado a medida que o usuário se desloca.

No entanto, existe um ponto negativo. Com esta nova técnica, se o usuário se movimentar muito rápido, pode haver um atraso para que a distância se atualize de acordo com a distância real, mas o valor do conjunto de 12 amostras já foi feito pensando em um usuário que se movimenta cerca de 1 metro a cada 3 segundos.

Tendo estes dois diferentes cenários, os resultados serão divididos em fase 1, que cobre os testes feitos previamente aos ajustes e fase 2, que já conta com a solução de buffer implementada.

Figura 15 – Trecho que implementa o buffer no código

```
if (listaBufferRSSI.size() > 11) {
    listaBufferRSSI.remove(index: 0);
    listaBufferRSSI.add(device.getRSSI());
}

//Código continua
```

Fonte: Screenshot tirada pelo autor

Os valores utilizados para o coeficiente de ambiente (N) foram **N=2.5 para a residência** e **N=3 para o ambiente corporativo**. Lembrando que quanto mais ruído de sinais e obstáculos houver no local, maior deve ser este número que compensa a atenuação de sinal.

### Residencial

$$\text{Distância} = 10^{\left( \frac{(-68.0) - \text{RSSI}}{10 * 2.5} \right)}$$

### Corporativo:

$$\text{Distância} = 10^{\left( \frac{(-68.0) - \text{RSSI}}{10 * 3.0} \right)}$$

#### 5.4.1.1 Resultados - Fase 1

### Residencial:

Figura 16 – Gráfico 1 - Residencial Fase 1

#### Medições residência - Fase 1



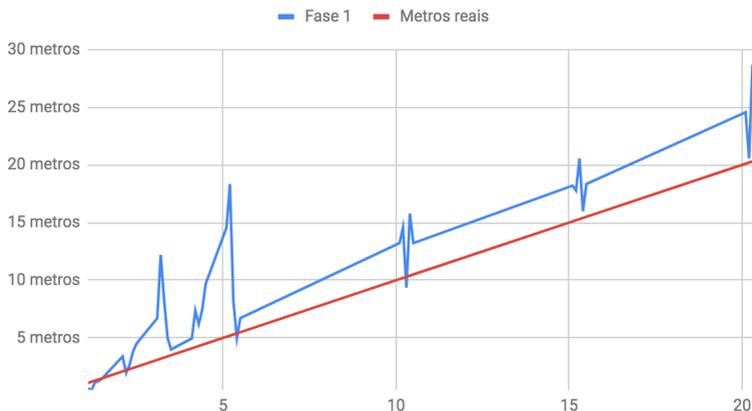
Fonte: Gráfico gerado pelo autor

Como pode se verificar na figura 16, algumas amostras ficaram um pouco acima do valor real, indicando a variância que foi observada. É fácil perceber também seu pico de diferença em uma das medições de 20 metros, onde o sinal sofre mais com perdas (maiores distâncias).

## Corporativo:

Figura 17 – Gráfico 2 - Corporativo Fase 1

### Medições corporativo - Fase 1



Fonte: Gráfico gerado pelo autor

Conforme se vê na figura 17, a variação é maior no ambiente da empresa, principalmente em distâncias maiores. Isso se deve possivelmente a dois fatores registrados no local: 1 - Grande número de dispositivos bluetooth no alcance (mais de 20 contabilizados pelo receptor); 2 - Movimentação intensa de pessoas em relação ao ambiente residencial. No valores medidos até 5 metros pode ser vista uma maior influência do fator pessoas como barreira nas medições pois nesta distância se encontrava o maior aglomerado de pessoas.

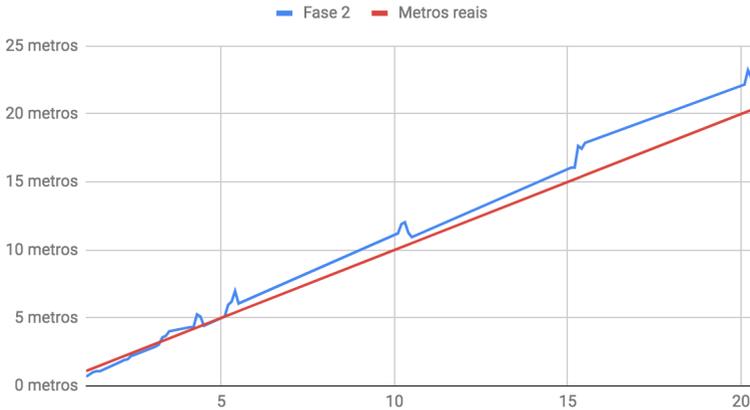
#### 5.4.1.2 Resultados - Fase 2 (Buffer aplicado)

Ao comparar os gráficos (figuras 18 e 19) da Fase 2 entre os dois diferentes ambientes, se percebe novamente a presença de muito mais ruído no ambiente corporativo (figura 19). Já por outro lado, é possível observar uma estabilização quase ideal no gráfico do ambiente residencial (figura 18), mostrando que a não interferência por outros sinais faz com que a fórmula funcione quase que perfeitamente desde que seja devidamente calibrada e alimentada com as variáveis corretas.

**Residencial:**

Figura 18 – Gráfico 3 - Residencial Fase 2

## Medições residência - Fase 2



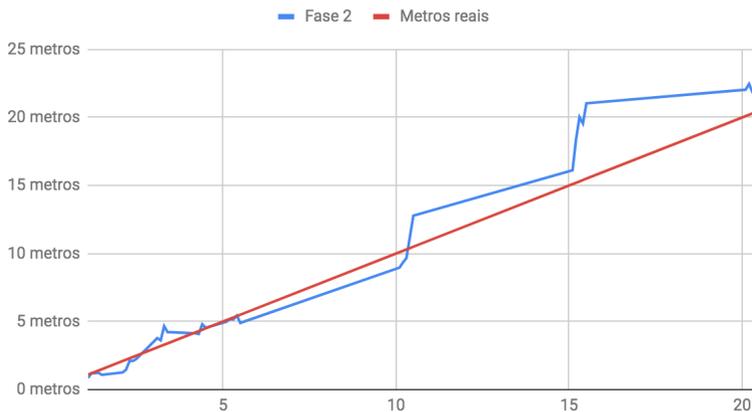
Fonte: Gráfico gerado pelo autor

Como pode ser visto nesta comparação final, nas figuras 20 e 21, a solução do buffer sem dúvidas melhorou os os dados de saída para o usuários, porém teve sua eficiência máxima comprovada em ambientes com menor ruído de sinais como residencial. Comentários sobre o êxito da solução serão incluídos no capítulo final mas já é possível visualizar que a performance da utilização do aplicativo foi muito maior no ambiente residencial (figura 20).

**Corporativo:**

Figura 19 – Gráfico 4 - Corporativo Fase 2

## Medições corporativo - Fase 2

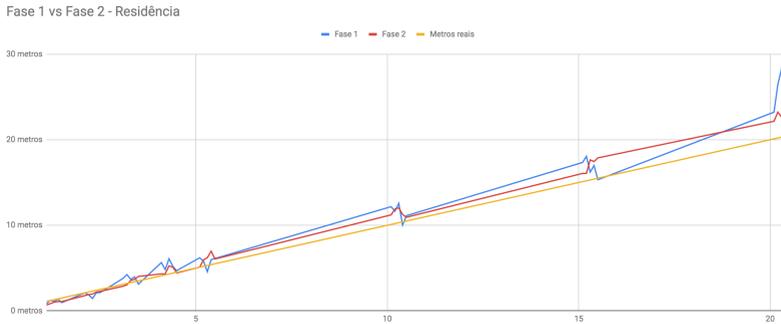


Fonte: Gráfico gerado pelo autor

## 5.4.1.3 Resultados - Fase 2 desvio simplificado

## Residencial:

Figura 20 – Gráfico 5 - Comparativo Residencial



Fonte: Gráfico gerado pelo autor

Como gráfico alternativo para simplificar os resultados, as figuras 22 e 23 mostram o quanto as medições se distanciaram do valor esperado. Na figura 22 se percebe que no ambiente residencial a variância é progressiva a medida que a distância aumenta de forma uniforme, cada vez mostrando medições com valores acima de esperada. No ambiente corporativo uma certa progressão se percebe, com exceção das medições próximas aos 10 metros que demonstraram valores menores aos esperados.

A planilha com os dados coletados para cada situação pode ser encontrada em: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1MzSOx3BdPQtqd1-PTrBd3NvAOuUvvhJ5tLILRC0vdnA/edit?usp=sharing>

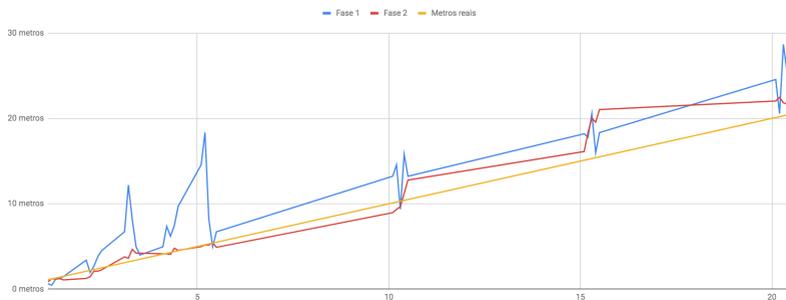
### 5.4.2 Text to speech

Como já mencionando anteriormente neste capítulo a utilização do texto em fala obteve sucesso com o emprego das bibliotecas nativas de *text-to-speech* do sistema operacional Android. A utilização de biblioteca própria do sistema operacional possibilitou rapidez no desenvolvimento da solução e compatibilidade com grande número de dispositivos móveis.

### Corporativo:

Figura 21 – Gráfico 6 - Comparativo Corporativo

Fase 1 vs Fase 2 - Empresa

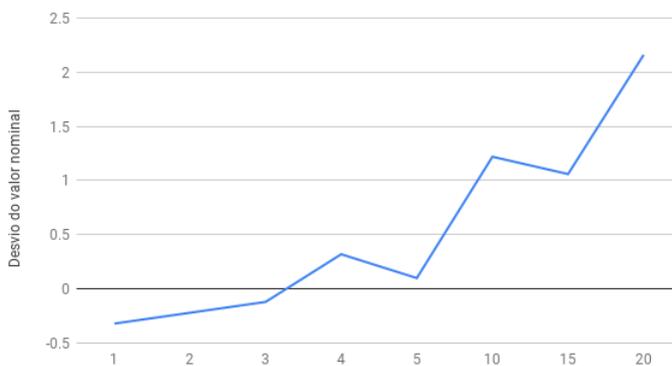


Fonte: Gráfico gerado pelo autor

### Corporativo:

Figura 22 – Gráfico 7 - Desvio simplificado residencial

Desvio do valor nominal fase 2 - residencial

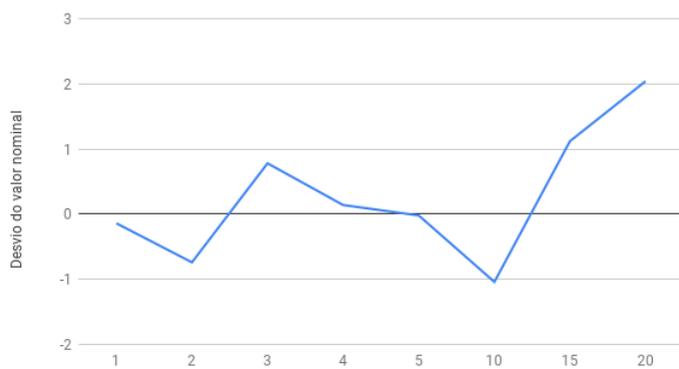


Fonte: Gráfico gerado pelo autor

**Corporativo:**

Figura 23 – Gráfico 8 - Desvio simplificado corporativo

Desvio do valor nominal fase 2 - corporativo



Fonte: Gráfico gerado pelo autor

## 6 CONCLUSÃO

### 6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Refletindo sobre os objetivos específicos deste trabalho foi possível confirmar que, no que toca sobre a compreensão da questão das dificuldades dos portadores de deficiência visual esse objetivo foi atingido. Com esta experiência, foi possível estar mais consciente sobre as dificuldades que é de depender de um software fornecer números os quais não posso afirmar que são precisos, da mesma forma que analogamente quando saem andando com as suas muletas, não sabem o que vão encontrar no caminho.

O desenvolvimento do aplicativo Android foi o item que mais trouxe ensinamentos e foi muito gratificante ver a solução rodando, apesar da confiabilidade do sinal recebido não estar a contento do que se esperava. No decorrer do desenvolvimento tive também a oportunidade de trabalhar com diversas bibliotecas Android que trabalham com as interfaces de comunicação e entender como funcionam as *intents* do Android.

No aspecto do algoritmo que faz aferição da distância é com pesar que afirmo que o nível de confiança das medições não é suficientemente alto para garantir a segurança e autonomia do deficiente visual no seu ambiente corporativo. Certamente pode ser aplicado com sucesso em um ambiente residencial desde que haja pouca interferência no sinal, no entanto, perde-se a principal intenção do trabalho que foi a de dar liberdade e autonomia ao portador de deficiência no exercício de sua atividade de trabalho. Algo a se levar em consideração com respeito a isso é que a própria Apple (2014) em sua documentação sobre iBeacons, no contexto de localização informa que trabalha com 3 classificações:

- Imediatamente próximo;
- Próximo;
- Distante

Em outras palavras, eles também não garantem precisão ou mesmo informam os valores em alguma unidade métrica.

No que tange a vocalização e acessibilidade, a integração do aplicativo com a biblioteca nativa *text-to-speech* ocorreu sem grandes problemas e o aplicativo faz os avisos conforme configurado para fazer.

Toda interface de usuário foi feita também tendo em mente as boas práticas de acessibilidade e não é um problema navegar no fluxo do aplicativo mesmo sem visão.

Por fim, constata-se que apesar de os beacons servirem para **auxiliar** no posicionamento, alguns cuidados devem ser levados em consideração como prever a margem de erro proveniente do alto índice de variação de sinal e criar algoritmos customizados para ambientes específicos que tratem os dados de forma a suavizar estas variações e trazer dados mais próximos da realidade do usuário.

## 6.2 TRABALHOS FUTUROS

Por motivos de limitação de hardware disponível (apenas 1 dispositivo) a solução ficou reduzida a utilização de apenas um beacon por deslocamento. No entanto, caso haja disponibilidade de múltiplos beacons (virtuais ou físicos), pode ser empregado o conceito de rotas. Estas rotas até o local de interesse seriam construídas por um conjunto de beacons. Por exemplo, um grafo poderia ser utilizado para construir um caminho, fazendo assim com que o usuário precise passar por uma sequência de *checkpoints* até encontrar seu destino. Isto reduziria o problema de perda de sinal a longas distâncias visto neste trabalho.

Em outra vertente, ainda utilizando mais dispositivos, um mapa da localidade em questão pode ser construído permitindo ao aplicativo que, utilizando a partir de 3 beacons, possa fazer triangulação a partir dos sinais recebidos de forma a informar com maior precisão o local exato onde o usuário se encontra.

No contexto de empresas que contem com múltiplos prédios com deslocamento em ambiente externo, o desenvolvimento de uma extensão para utilizar os dados de latitude e longitude para auxiliar a navegação externa também é desejável.

Ainda outra extensão pode empregar da câmera do dispositivo móvel como detector de barreiras físicas, evitando que o orientado tente avançar por sob algum obstáculo físico, assim proporcionando maior segurança ao usuário. 4

## REFERÊNCIAS

APPLE. *Getting Started with iBeacon*. 2014.

<<https://developer.apple.com/ibeacon/Getting-Started-with-iBeacon.pdf>>.

ASHTON, K. et al. That ‘internet of things’ thing. *RFID journal*, Jun, v. 22, n. 7, p. 97–114, 2009.

BISWAS, S. et al. Large-scale measurements of wireless network behavior. In: ACM. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*. [S.l.], 2015. v. 45, n. 4, p. 153–165.

BRASIL, S. F. *Estatuto da pessoa com deficiência*. 2. ed. Brasília: Senado Federal, 2016. 65 p. ISBN 9788579187673. <<http://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/525766>>.

COULOURIS, G. et al. *Distributed Systems: Concepts and Design*. 5th. ed. USA: Addison-Wesley Publishing Company, 2011. ISBN 0132143011, 9780132143011.

DIAS, C. *Usabilidade na web: criando portais mais acessíveis*. [S.l.]: Alta Books, 2007.

DONG, Q.; DARGIE, W. Evaluation of the reliability of rssi for indoor localization. In: IEEE. *2012 International Conference on Wireless Communications in Underground and Confined Areas*. [S.l.], 2012. p. 1–6.

DORINA, F. *O que é deficiência*. 2004.

<<https://www.fundacaodorina.org.br/a-fundacao/deficiencia-visual/o-que-e-deficiencia/>>.

GUBBI, J. et al. Internet of things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, Elsevier BV, v. 29, n. 7, p. 1645–1660, sep 2013.

GUPTA, N. K. *Inside Bluetooth low energy*. [S.l.]: Artech House, 2016.

IBC. *Os conceitos de deficiência - as diversas definições*. 2003.

<[http://www.ibc.gov.br/images/conteudo/AREAS\\_ESPECIAIS/CEGUEIRA\\_BASICAS/tipos-de-deficiencia.pdf](http://www.ibc.gov.br/images/conteudo/AREAS_ESPECIAIS/CEGUEIRA_BASICAS/tipos-de-deficiencia.pdf)>.

IBGE.GOV.BR. *Pessoas com deficiência*. 2010.

<<https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/20551-pessoas-com-deficiencia.html>>.

I.SOCIAL. resreport, *Expectativa e percepções sobre o mercado de trabalho para pessoas com deficiência 2017/2018*. 2018.

JUSBRASIL. *Decreto 3298/99*. 1999.

<<https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/109697/decreto-3298-99art-4>>.

LACHAPELLE, G. et al. HSGPS signal analysis and performance under various indoor conditions. *Navigation*, Wiley, v. 51, n. 1, p. 29–43, mar 2004.

LEMMETTY, S. *Review of Speech Synthesis Technology*. mathesis, 1999.

LINDH, J. Bluetooth® low energy beacons. *Texas Instruments*, p. 2, 2015.

LYYTINEN, K.; YOO, Y. Ubiquitous computing. *Communications of the ACM*, Citeseer, v. 45, n. 12, p. 63–96, 2002.

MATEUS, G. R.; LOUREIRO, A. A. F. Introdução à computação móvel. DCC/IM, COPPE/UFRJ, 1998.

MEC. *Data reafirma os direitos das pessoas com deficiência visual*. 2017. <<http://portal.mec.gov.br/component/content/article/202-noticias/264937351/58391-data-reafirma-os-direitos-das-pessoas-com-deficiencia-visual>>.

MENDONÇA, A. et al. Alunos cegos e com baixa visão—orientações curriculares. *Lisboa: Dgidc*, 2008.

PDET. *Mapa do emprego formal: Programa de disseminação das estatísticas do trabalho*. 2016. <<http://pdet.mte.gov.br/mapa-do-emprego-formal>>.

REINALDI, L. R.; JÚNIOR, C. R. D. C.; CALAZANS, A. Acessibilidade para pessoas com deficiência visual como fator de inclusão digital. *Universitas: Gestão e TI*, v. 1, 11 2011.

SANTOS, A. d. O.; CASTRO, S. d. Autoestima a partir do caminhar: orientação e mobilidade da pessoa com deficiência visual. *Revista Benjamin Constant*, n. 54, p. 29–38, 2013.