

Uma Solução integrada para Auxílio na Mobilidade de Deficientes Visuais em Ambientes Internos

Elidiane Pereira dos Santos e Flávia Maristela Santos Nascimento
Grupo de Sistemas Distribuídos, Otimização, Redes e Tempo-Real (GSORT)
Especialização em Computação Distribuída e Ubíqua (ECDU)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBa)
Email: elidiane@ifba.edu.br, flaviamsn@ifba.edu.br

Resumo—A deficiência visual, em qualquer grau, compromete a capacidade do seu portador de se orientar e movimentar em um espaço, de forma independente e segura. Este trabalho propõe um mecanismo de auxílio para pessoas com deficiência visual, promovendo a liberdade de locomoção com mais segurança através do desenvolvimento de um protótipo. Este é composto de um dispositivo eletrônico portátil e de baixo custo e um aplicativo, responsável por guiar uma pessoa de forma a orientá-la até um destino almejado com alertas sobre obstáculos encontrados em seu trajeto. Testes foram executados na Associação Baiana de Cegos para avaliação do Blingui, com quase 90,0% dos resultados o Blingui se mostrou eficaz para detecção de obstáculos (aéreos e terrestres) e localização do usuário.

Keywords—Portador de Deficiente Visual, Acessibilidade, Computação Ubíqua, Detecção de Obstáculos, Localização Wi-Fi.

I. INTRODUÇÃO

Segundo dados divulgados pela Organização Mundial da Saúde (OMS)[1], cerca de 285 milhões de pessoas em todo o mundo são deficientes visuais. Destes, 39 milhões não enxergam e 246 milhões têm baixa visão. Cerca de 90,0% da deficiência visual do mundo esta concentrada nos países em desenvolvimento. No Brasil, cerca de 45,6 milhões de pessoas possuem alguma deficiência o que equivale a 23,9% da população brasileira. Destes 35,7 milhões têm deficiência visual, 18,6% da população brasileira, segundo dados do censo 2010, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)[2].

Nos últimos anos a pesquisa científica tem trabalhado intensamente no sentido de melhorar a vida das Pessoas Deficientes Visuais e muitos trabalhos tem sido propostos [3] [4] [5]. Entretanto, os produtos destes estudos muitas vezes têm um custo considerável ou características não adaptadas adequadamente aos usuários. Neste sentido existe um número restrito de ferramentas automatizadas com baixo custo, que auxiliam estas pessoas a se locomover em qualquer espaço de forma segura. Sobretudo, a bengala é uma ferramenta de baixo custo utilizada pelos deficientes visuais, entretanto pode apresentar limitações como a falta de percepção com objetos suspensos, tais como placas e telefones públicos.

A proposta de solução apresentada neste trabalho trata do Blingui, que é um mecanismo para auxílio na acessibilidade de locomoção e localização de deficientes visuais. Um protótipo

do Blingui foi criado, utilizando um dispositivo eletrônico portátil de baixo custo, criado com *Arduíno* e sensor ultrassônico para a detecção de obstáculos, além disto desenvolvemos um aplicativo *Android* implementado para localização do usuário, com a utilização de tecnologias de localização Wi-Fi e um módulo *Bluetooth* para comunicação entre o aplicativo e o dispositivo eletrônico. Para um melhor entendimento a Figura 1 ilustra o protótipo desenvolvido.

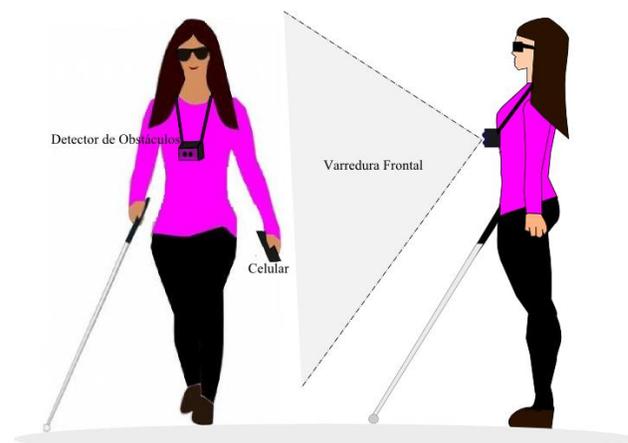


Figura 1. Ferramenta Blingui com o aplicativo no celular e detecção de obstáculos através do dispositivo eletrônico apoiado no pescoço.

A solução, definida como mecanismo de auxílio Blingui, é dividida em três módulos: detecção de obstáculos, guia e localização. O módulo detecção de obstáculos faz uma varredura frontal com o sensor ultrassônico acoplado a um micro servo, que é responsável por fazer movimentos angulares. Esta foi a solução adotada para detectar obstáculos não encontrados pela bengala principalmente obstáculos aéreos. O módulo guia e localização, ambos foram implementados no aplicativo *Android* e utilizam localização Wi-Fi para obter dados de localização e fornecer as direções para o indivíduo.

No sentido de validar este trabalho foi utilizado um questionário aplicado no Instituto e Associação dos Cegos da Bahia, através deste instrumento de avaliação foi possível obter dados fundamentais, como a existência de colisões por objetos não

localizados pela bengala.

O restante deste trabalho está organizado como segue. A Seção II apresenta a deficiência visual com seus dados estatísticos e a percepção do mundo pelos deficientes visuais. A Seção III destaca as leis e Normas a respeito da acessibilidade. A Seção IV apresenta as principais características da Computação Ubíqua que podem ser usadas no contexto das ferramentas para dar apoio aos deficientes visuais. A Seção V destaca os sistemas de localização em ambientes *indoor* com ênfase na localização Wi-Fi. Na Seção VI são apresentadas algumas ferramentas criadas para dar apoio aos deficientes visuais. O mecanismo de auxílio proposto neste trabalho é apresentado na Seção VII e o protótipo na Seção VIII. A Seção IX faz uma avaliação das funcionalidades do *Blingui* e apresentam gráficos de resultados do questionário. As conclusões e trabalhos futuros são apresentados na Seção X.

II. A DEFICIÊNCIA VISUAL

A deficiência visual compromete a capacidade de orientação e locomoção dos indivíduos de forma independente e segura. Basicamente ela pode ter duas origens:

- **Deficiência Visual Adquirida:** os indivíduos que nascem com o sentido da visão em bom funcionamento, e que o perde em algum momento da vida. Neste caso, o indivíduo guarda as memórias visuais adquiridas, até o momento que precedeu a cegueira, e estas lembranças são particularmente úteis para sua readaptação.
- **Deficiência Visual Congênita:** pessoas que nascem com a deficiência e por nunca terem contado com o sentido da visão, jamais possuirão memória visual e portanto não possuem nenhuma referência prévia que lhes sirva de orientação.

De acordo com a Classificação Internacional de Doenças (CID-10, atualização e revisão de 2006), publicada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) [1], a Função Visual é dividida em quatro níveis:

- Visão Normal;
- Deficiência Visual Moderada;
- Deficiência Visual Grave;
- Cegueira;

Deficiência visual moderada e deficiência visual grave são comumente agrupadas sob o termo “baixa visão”, que juntamente com a cegueira representam os casos de deficiência visual.

Segundo dados publicados pela OMS, as principais causas de deficiência visual são os erros de refração (miopia, hipermetropia ou astigmatismo) com 43,0% dos casos, seguindo das cataratas não operadas com 33,0% e, do glaucoma com 2,0%. E estes casos são mais prevalentes nos indivíduos acima dos 50 anos (em torno de 65,0%). Estima-se que o número de crianças com deficiência visual é de 19 milhões, dos quais 12 milhões sofrem devido a erros de refração, facilmente diagnosticados e corrigidos. Cerca de 1,4 milhões de crianças menores de 15 anos sofrem de cegueira irreversível.

Nos últimos 20 anos, foram alcançadas melhorias, com 80,0% dos casos de deficiência visual evitáveis ou reversíveis. Mundialmente, várias ações estão sendo tomadas para a prevenção da cegueira como: incorporação gradual de serviços de oftalmologia de alta qualidade e acessíveis, organização de campanhas de sensibilização e implementação de programas e normas para a prevenção e controle da deficiência visual por governantes [1].

A OMS relata que o Brasil vem fornecendo há mais de dez anos, serviços de atendimento oftalmológico através do Sistema Nacional de Segurança Social. Desde 2009, a China investiu mais de US\$ 100 milhões em operações de catarata. Na Índia desde 1995 foram alocados fundos para a prestação de serviços de atendimento oftalmológico para as pessoas mais pobres a nível distrital.

A OMS coordena as iniciativas internacionais para a redução da deficiência visual. Monitora as tendências de deficiência visual em todo o mundo e formula políticas e estratégias para prevenir a cegueira em lugares com diferentes níveis de desenvolvimento. De fato as ações da OMS tem se concentrado em:

- Reforçar os esforços a nível nacional para a eliminação da cegueira que pode ser evitada;
- Ajudar os prestadores de cuidados de saúde nacionais para o tratamento de doenças oculares;
- Ampliar o acesso aos serviços de atendimento oftalmológico;
- Expandir as intervenções de reabilitação para pessoas com deficiência visual residual (aquelas que embora com visão prejudicadas, ainda a utiliza satisfatoriamente no processo de aprendizagem) [6].

Em 2013, a Assembleia Mundial da Saúde aprovou o Plano de Ação para a Prevenção de Cegueira e Deficiência Visual, 2014-2019, a fim de alcançar uma redução mensurável de 25,0% de deficiências visuais evitáveis. Em 2004, a OMS iniciou uma parceria para criar uma rede global de 35 centros em 30 países, que se dedicam à luta contra a cegueira infantil. Como consequência deste projeto, há uma expectativa de que 20 centros de serviços para cuidados do olho sejam inaugurados com foco no público infantil. Estes centros irão ajudar na luta contra a cegueira evitável na infância e proporcionar às crianças carentes um futuro com função visual normal [1].

A. Como as Pessoas Com Deficiência Visual Percebem o Mundo

Segundo a Norma ABNT 9050 [7] deficiência é a redução, limitação ou inexistência das condições de percepção das características do ambiente, ou de mobilidade e utilização de edificações, espaço, mobiliário, equipamento urbano e elementos, em caráter temporário ou permanente. As pessoas que não possuem a função visual ou baixa visão são os Portadores de Deficiência Visual (PDV). Para fins educacionais, uma pessoa pode ser declarada com deficiência visual adquirida ou congênita a partir dos 5 anos. Pois estudos indicam que uma pessoa que perde a função da visão, antes dos 5 anos de idade, não guarda qualquer imagem visual, já os que a perdem

posteriormente pode guardar uma estrutura de referência visual útil [6].

Segundo Amiralian [6], do ponto de vista da medicina e da educação, cego não é aquele que nada enxerga, ou vive na escuridão total, pois é raro a ausência total da visão. A maior parte dessas pessoas conseguem distinguir o claro do escuro, percebe vultos e conta dedos a uma determinada distância. Amiralian ressalta que uma pessoa que nunca enxergou, não poderá jamais ver nem a escuridão nem a claridade, derrubando a hipótese de que uma pessoa totalmente cega vive em completa escuridão.

Kastrup [8] relata, através de entrevistas feitas com PDV, a evidência da existência de imagens mentais táteis em lembranças e sonhos de deficientes visuais congênitos e adquiridos. Os entrevistados trazem relatos de imagens da vida cotidiana, como a lembrança do rosto de uma pessoa e dos ruídos das ondas do mar. Segundo Kastrup, as experiências narradas revelam um caráter híbrido das imagens. Por um lado, elas são fortemente táteis, por outro, são descritas como semelhantes à imagens visualizadas, com uma impressão da existência de uma espécie de olho interno. Nestes episódios eles relatam não tocar nas imagens com a mão quando as imagina, mas afirmam que elas vão se construindo como se as estivesse enxergado, porém com características táteis, e ao mesmo tempo com caráter de totalidade. Suas mentes não formam a imagem por partes como se estivesse tateando-as, mas lembra delas por completo. Partes da imagem se formarão a partir da sua análise completa, onde poderá usá-las para reproduzir qualquer pensamento.

Com características sensoriais distintas das pessoas com visão normal, os PDV com a ausência da visão tendem a usar intensamente seus outros sentidos, de forma a através deles formar imagens mentais. Estas por sua vez, depois de criadas, se transformam, juntando-se a várias outras que foram criadas através de experiências adquiridas, predominantemente pelo tato, e se aperfeiçoando pelos outros sentidos. As imagens criadas, se tornam unidades que compõe os pensamentos e sonhos dos PDV; elas se modificam, desfazem, se estendem e podem ser moldadas pela própria mente.

Segundo cartilha de orientação e mobilidade [9], pessoas deficientes visuais utilizam outras percepções sensoriais como apoio, tais como:

1) *Sons*: são localizados pelo intervalo de tempo e intensidade. Se a fonte sonora estiver à direita, as ondas sonoras alcançarão o ouvido direito numa fração de segundo antes que o ouvido esquerdo. Os sons que vêm da frente ou de trás são mais difíceis de serem localizados e é comum a pessoa virar a cabeça para melhor determinar sua origem. A localização do som depende da fonte sonora ter uma duração suficiente que permita ao indivíduo medi-la auditivamente, encontrar a direção de maior intensidade e determinar a pista para um caminhar mais seguro.

2) *Sombra Sonora*: é uma área de relativo silêncio atrás de um objeto que filtra suas ondas. Essa capacidade pode ser usada pela pessoa cega para detectar troncos de árvores, postes, caixas de correio, carros e caminhões estacionados no meio

fio, as colunas dos pátios escolares, as quinas dos prédios e outros obstáculos, possíveis de serem detectados quando esta habilidade é desenvolvida.

3) *Tato*: os PDV obtêm muitas informações para sua orientação pelas mãos tocando os objetos e os transformando em pontos de referência. A bengala longa, se transforma em extensão do dedo indicador para sondar tatilmente a superfície. Os pés percebem pontos de referência quando pisam diferentes tipos de texturas, como a grama, pedregulhos, lajotas, areia, asfalto e outros.

4) *Cinestesia*: é a sensibilidade para perceber os movimentos musculares ou das articulações. Por esse sentido as pessoas deficientes visuais podem detectar as inclinações ou os desníveis das superfícies sobre as quais caminham, quando o ângulo do pé ou da parte interior da perna trocam sua posição normal, face a modificação do solo. PDV percebem os aclives e os declives com muito mais sensibilidade que as pessoas que enxergam, devido a sua importância para a orientação.

5) *Memória Muscular*: uma das funções do sentido cinestésico, é a repetição de movimentos em uma sequência fixa, que se convertem em movimentos automáticos. Para PDV esse fenômeno é valioso para trajetos curtos em ambientes internos. Por meio dele a pessoa pode realizar um caminho e retornar ao ponto de partida sem a necessidade de contar os passos. Nas subidas e descidas das escadas, graças à memória muscular, PDV são capazes de descer e subir, com bastante eficiência, todos os degraus das escadas sem contá-los.

6) *Sentido Vestibular*: provê informações sobre a posição vertical do corpo e dos componentes rotatórios e lineares dos movimentos sobre o eixo de uma volta em graus (ao dobrar uma esquina 90 graus). Os movimentos para a direita ou para a esquerda exercem grande influência no equilíbrio e a pessoa deficiente visual precisa vivenciar situações desse tipo para não se desorientar ou desequilibrar-se.

7) *Olfato*: é um sentido de longo alcance e pode fornecer pistas para a orientação e localização de ambientes, como cozinha, sanitários, consultório dentário, laboratório, jardins e outros. O olfato é uma grande referência para a localização na rua, por meio de odores característicos de certos estabelecimentos comerciais, como farmácia, açougue, posto de gasolina e outros.

Existem técnicas para o uso correto da bengala que propiciam aos usuários habilidades no seu trajeto, estas técnicas estão descritas na Seção a seguir.

B. Técnicas com o Uso da Bengala Longa

O objetivo desta técnica é dar habilidades aos PDV na locomoção com segurança, eficiência e independência em qualquer ambiente, utilizando a bengala longa. Em 1950, após estudos relacionados a problemática da cegueira e a mecânica da marcha, o médico oftalmologista Dr. Richard Hoover criou uma bengala mais longa e leve em relação as tradicionais de apoio, para ser utilizada como uma extensão do dedo indicador. Para sondar através da percepção tátil-cinestésica o espaço à frente, detectando a natureza e condições do piso, existência de obstáculos, depressões, aclives, declives, localizar pontos de

referência e proteger a parte inferior do corpo de colisões. A bengala criada por Hoover, medeia aproximadamente, $l, 42m$ de comprimento e $186g$, com a extremidade inferior arredondada para facilitar o deslizamento no contato com o solo. Hoje, o comprimento da bengala para a pessoa com deficiência visual é determinado pela estatura, tipo físico, extensão do passo; costuma-se tomar com referência de medida uma linha vertical que vai da altura da cintura até o solo [9].

1) *detecção de obstáculos com a bengala*: o PDV ao entrar em contato com algum objeto através da bengala, coloca esta na posição vertical em contato com o objeto para explorá-lo, dando informações sobre a altura e tamanho do mesmo. Se a bengala permanecer totalmente em contato com o objeto, indicará que o mesmo é alto e pode ser explorado na posição de pé. Se a bengala tocar um objeto a uma altura mais baixa, o PDV deverá colocar-se ao lado do mesmo deslizando a sua mão ao longo do comprimento da bengala até encontrá-lo. Quando os objetos são extremamente baixos, a exploração poderá ser feita com a ponta da bengala ao invés de curvar-se até ele. O PDV ao entrar em contato com a porta através da ponta da bengala, mantém o contato e coloca a bengala na posição vertical. Ele a mantém verticalmente movimentando-a lateralmente para a esquerda e para a direita, até localizar os batentes e o trinco da porta. O PDV movimenta sua mão livre para baixo ao longo da bengala até encontrar o trinco, abre a porta e ultrapassa utilizando a técnica diagonal [9].

2) *Descida e Subida de escadas com bengala*: para descer as escadas o PDV geralmente se aproxima da escada em ritmo normal de marcha usando a técnica do toque. Quando a ponta da bengala tocar no primeiro degrau o PDV faz uma exploração com a mesma, para ter certeza de que se encontra na posição perpendicular à escada. O deficiente coloca a sua bengala, verticalmente no primeiro degrau, encaminhando-se para o início da escada e verificando através da bengala a altura do degrau e a largura da escada. Este descerá a escada com o peso de seu corpo centralizado sobre os calcanhares até que a ponta da bengala deslize sobre o solo, indicando o término da mesma. Para subir a escada deverá se aproximar desta em passos normais, utilizando-se da técnica do toque, quando a bengala fizer contato com a escada a pessoa abaixa sua mão ao longo do corpo da bengala e anda em direção à mesma, fazendo a “varredura”, explorando a largura da escada e altura dos degraus. O deficiente faz seu enquadramento, formando uma linha perpendicular entre seus pés e o primeiro degrau, mantendo a bengala em diagonal cruzando seu corpo para iniciar a subida. A ponta da bengala deverá fazer contato com cada degrau, a medida que sobe, devendo manter seu corpo ligeiramente inclinado para a frente. Quando a ponta da bengala não mais tocar o degrau este deverá subir mais dois até atingir o topo da escada, pois a bengala estará sempre dois degraus acima dele [9].

III. ACESSIBILIDADE: LEIS E NORMAS

Acessibilidade é a possibilidade e condição de alcance e percepção para a utilização dos espaços, meios de comunicações, transportes, edificações e equipamentos urbanos, de

forma segura por pessoa portadora de deficiência [10].

A questão da acessibilidade é tratada pela Lei Federal nº 10.098 de 19 de dezembro de 2000 [10]. A Lei estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida.

Especificamente sobre deficiência visual, a lei estabelece que os semáforos para pedestres instalados nas vias públicas deverão estar equipados com mecanismo que emita sinal sonoro suave, intermitente e sem estridência, ou com mecanismo alternativo, que sirva de guia ou orientação para a travessia de pessoas portadoras de deficiência visual, se a intensidade do fluxo de veículos e a periculosidade da via assim determinarem.

A lei [10] também define que o projeto e traçado dos elementos de urbanização públicos e privados de uso comunitário, como os itinerários e as passagens de pedestres, os percursos de entrada e saída de veículos, as escadas e rampas, deverão observar os parâmetros estabelecidos pelas normas técnicas de acessibilidade da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)[7]. Esta Norma estabelece critérios e parâmetros técnicos a serem observados quando do projeto, construção, instalação e adaptação de edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. A Figura 2 ilustra alguns exemplos da utilização do piso tátil.

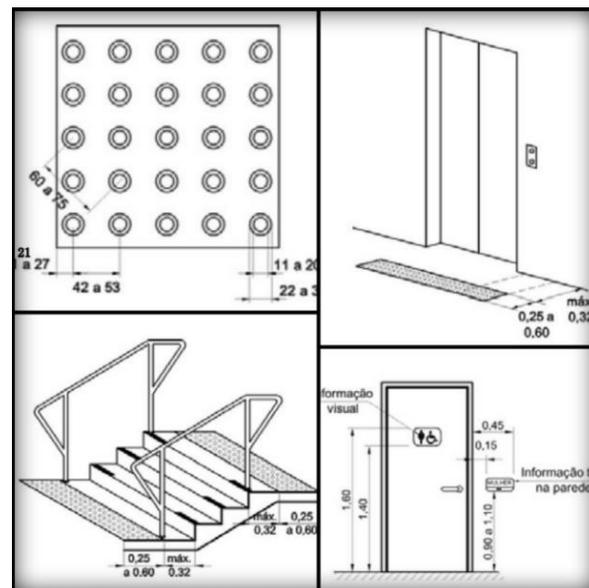


Figura 2. O piso tátil é caracterizado pela diferenciação de textura em relação ao piso adjacente, destinado a constituir alerta ou linha guia, perceptível por pessoas com deficiência visual [7]

Nos itens a seguir alguns critérios estabelecidos pela norma (ABNT)[7] são citados:

- Obstáculos suspensos entre $0,60m$ e $2,10m$ de altura do piso acabado, que tenham o volume maior na parte superior do que na base, devem ser sinalizados com piso tátil de alerta. A superfície a ser sinalizada deve exceder em $0,60m$ do obstáculo;

- Os rebaiamentos das calçada devem ter cor contrastante com a do piso, o início e término de escadas fixas, escadas rolantes e rampas, junto às portas dos elevadores e a desníveis, tais como plataformas de embarque e desembarque, palcos, vãos, todo degrau ou escada além de ter sinalização visual na borda do piso;
- Nas portas deve haver informação visual como número da sala;
- A sinalização tátil (em Braille ou texto em relevo) deve ser instalada nos batentes ou vedado adjacente (parede, divisória ou painel), no lado onde estiver a maçaneta;
- É recomendável que os corrimãos de escadas e rampas sejam sinalizados através de anel com textura contrastante a superfície do corrimão, instalado 1,00m antes das extremidades; sinalização em Braille, informando sobre os pavimentos no início e final das escadas fixas e rampas;

IV. COMPUTAÇÃO UBÍQUA E AS FERRAMENTAS PARA DEFICIENTES VISUAIS

Computação Ubíqua (em inglês *Ubiquitous Computing* ou *ubicomp*), é um termo que foi utilizado pela primeira vez no laboratório de ciência da computação na *Xerox PARC* em 1988, por *Mark Weiser* para descrever a onipresença do computador no cotidiano das pessoas. Em uma de suas falas ele afirma que o seu mais alto ideal é fazer um computador de forma embutida, tão apropriado e natural que podemos usá-lo sem sequer pensar nisso [11].

O objetivo da computação ubíqua, segundo *Mark Weiser* [11][12] é melhorar a utilização do computador de forma que ele se torne invisível para o usuário. *Weiser* reflete uma outra característica da computação ubíqua que é bastante adequada quando se pensa no desenvolvimento de ferramentas para apoiar pessoas com deficiência visual que é a invisibilidade. Para *Weiser* uma ferramenta é boa quando ela se torna invisível, ou seja, não invade a consciência do seu usuário, focalizado na tarefa a qual executa em vez da ferramenta utilizada. Como exemplo de boas ferramentas invisíveis ele cita o óculos, pois o sujeito olha o mundo através dele e não para ele; e um deficiente visual tateia a rua através da bengala sem manter o foco nela. O uso da ferramenta esta tão intimamente ligado e associado ao seu usuário que tornam-se indistinguíveis[13].

Para *Weiser* a computação ubíqua é praticamente o oposto da realidade virtual. Onde realidade virtual coloca as pessoas dentro de um mundo gerado por computador, a computação ubíqua força o computador a viver aqui no mundo com as pessoas [11].

Através da computação ubíqua diversas soluções podem ser implementadas para a área de acessibilidade, como alguns dos trabalhos apresentados na Seção VI que usam seus artefatos.

A ferramenta apresentada neste trabalho pretende contribuir para tornar o cotidiano dos deficientes visuais mais seguro e deixá-los mais independentes na sua locomoção usando uma ferramenta de baixo custo. O objetivo é prover uma locomoção mais segura, considerando o espaço de movimento,

ajudando os deficientes na memorização de rotas frequentemente percorridas e avisando-os de obstáculos encontrados em seu caminho, o que será de grande relevância social pois poderão dividir o mesmo espaço com todos de forma segura.

A. Computação Sensível ao Contexto

As aplicações que utilizam contexto, seja em um ambiente móvel, *desktop* ou em computação ubíqua, são chamados de computação sensível ao contexto ou em inglês *context-aware*. Contexto é toda situação relevante para uma aplicação e seus usuários [13].

O objetivo da computação sensível ao contexto é usar o contexto como uma sugestão implícita, para enriquecer as pobres interações entre humanos e computadores. *Weiser* criou o termo tecnologia calma para descrever a computação ubíqua. Para este fim, a computação sensível ao contexto recolhe informações contextuais implícitas, através de meios automatizados, acessíveis facilmente por meio de computadores em tempo de execução, de forma que a aplicação decida qual a informação é relevante e como lidar com ela [13].

Segundo *Krum*[13] a necessidade de contexto é ainda maior quando nos movemos para ambientes ubíquos. A computação móvel e computação ubíqua deram aos usuários expectativas de que eles possam acessar qualquer informação e serviço desejado, quando e onde quer que estejam, usando os computadores em uma grande variedade de cenários. Contexto pode ser usado para ajudar a determinar quais as informações ou serviços disponibilizar para os usuários. Com a Computação Ubíqua, usuários se movem por todo um ambiente e interagem com objetos computadorizados. Isso também permite que eles tenham acesso a informações e serviços à distância.

Aplicações sensíveis ao contexto, estão se tornando mais frequentes e podem ser encontradas nas áreas de computação vestível, computação móvel, interfaces de robótica, adaptativas e de usuário inteligente, realidade aumentada, ambientes inteligentes e as interfaces sensíveis ao contexto. Não é de estranhar que na maioria dessas áreas, o usuário é móvel e seu contexto esta mudando rapidamente [13].

V. SISTEMAS DE LOCALIZAÇÃO EM AMBIENTES *Indoor*

Sistemas de localização dentro de edifícios (*indoor location*) têm sido uma área de muitas pesquisas [14], [15], [16], [17]. Em ambientes outdoor comumente é possível localizar dispositivos móveis através de sistemas de navegação por satélites como GPS, pois este é capaz de determinar a localização com precisões satisfatória. Porém em ambientes *indoor*, como universidades, essa precisão não é suficiente para determinar uma localização de um determinado dispositivo. A localização *indoor* pode ser feita através do padrão IEEE 802.11, também conhecidas como redes Wi-Fi (*Wireless Fidelity*)[18]. Muitos trabalhos já foram desenvolvidos com localização Wi-Fi como estes citados: [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27].

Com grandes avanços tecnológicos e com a utilização em massa de dispositivos móveis por muitos indivíduos, é comum encontrar diversos *Access Points* (AP) de redes sem fio distribuídos em prédios de universidades, *shopping center* e outros

ambientes *indoor*. Desta forma, é possível utilizar o mesmo sistema que prover internet para o usuário, como um sistema de localização destes dispositivos. Assim, é possível eliminar a necessidade de outros equipamentos com dedicação exclusiva para localização, usufruindo das tecnologias existente, alinhando assim baixos custos com benefícios consideráveis.

Uma das formas de se obter a localização de dispositivos móveis em ambientes fechados é utilizar pontos de acessos conhecidos, associados a uma técnica que seja capaz de inferir a posição física do dispositivo. As técnicas existentes baseiam-se na obtenção da distância entre os pontos de acesso e o dispositivo móvel que é calculado, através do tempo necessário para a transmissão de dados entre eles, da potência do sinal, ou do ângulo (direção) existente entre os AP [21]. Este trabalho utiliza a técnica que obtém a distância entre o AP e o dispositivo móvel através da mensurável potência do sinal emitida em Decibéis. Desta forma, com a potência do sinal ou *RSSI (Received Signal Strength Indication)* é possível estimar a localização de um dispositivo.

A. Técnicas de Localização Wi-Fi

1) *Trilateração*: Trilateração se baseia na geometria dos triângulos para determinar a localização, esta técnica estima a posição de um objeto pelo cálculo das distâncias a partir de múltiplos AP. Ao invés de medir a distância diretamente utilizando a força do sinal recebido, é normalmente calculado o *Time of Arrival (TOA)* através da sincronização entre os relógios das estações e dos pontos de acesso, com precisão para identificar diferenças de tempo e distância - ou o *Time Difference of Arrival (TDOA)* que utiliza um sistema transmissor de rádio frequência (TFR) no dispositivo móvel e receptores em várias antenas utilizadas com estação base [21]. A distância é verificada pela atenuação da força do sinal emitido ou pela multiplicação da velocidade do sinal com o tempo de viagem [22] apud [28].

2) *Triangulação*: A Triangulação utiliza o *Angle of Arrival (AOA)* para localizar um objeto através do cálculo dos ângulos relativos a múltiplos AP. As retas formadas a partir desses ângulos e o local onde se interceptam é considerado como sendo a provável localização do dispositivo [22].

3) *Reconhecimento de Padrões ou Fingerprinting*: É a técnica que utiliza as medidas do *RSSI (Received Signal Strength Indicator)* nos APs que estejam próximos do dispositivo. Uma estimativa da localização do dispositivo é então obtida com base nessas medidas e no modelo de propagação do sinal no ambiente. Por exemplo para se determinar a localização dentro de um edifício, os valores atuais da localização são comparados aos dados obtidos previamente e presentes na base de dados. Este processo é feito em duas fases. Primeiro, recebe valores da intensidade de sinal (ou *radiomap*) a partir de todos os APs em locais selecionados em um edifício, este são registrados durante uma fase de calibração offline. Em seguida, durante a fase online, algoritmos são utilizados para deduzir a localização de um indivíduo através da comparação do valor atual da intensidade do sinal observado, com os valores gravados na base de dados do *radiomap* [29].

B. Atenuação ou Perda de Sinal [30]

Neste trabalho será necessário a utilização de valores da potência do sinal para determinar a distância entre o dispositivo e os APs, dessa forma estimar a localização do indivíduo. Entretanto, existem diversos fatores que acarretam em alteração da potência do sinal propagado no ar. Atenuação é um destes fatores, que é relevante para este trabalho, pois a partir desta é possível identificar a distância percorrida pelo sinal. De fato a atenuação é a redução da intensidade de uma onda ou sinal ao atravessar um meio, para qualquer sinal enviado existe um fator de atenuação para a transmissão de *microondas*, ou seja, perda do sinal devido ao meio de transmissão.

1) *Atenuação no Espaço ou FSPL (Free Space Path Loss)[30]*: Permite relacionar matematicamente o nível de um sinal em *dB* com uma distância física real. Caracteriza a forma como a potência do sinal diminui com distância. Para uma determinada fonte de emissão de energia em um nível de potência P_t , a densidade de potência espacial S é dada pela Equação 1, que significa que a potência de um sinal em um ponto é proporcional ao quadrado da distância d entre este ponto e a antena de transmissão.

$$S = P_t \frac{1}{4\pi d^2} \quad (1)$$

A abertura efetiva da antena de recepção determina a quantidade de energia que o receptor capta. O nível de potência recebida é o produto da densidade de potência S e a abertura efetiva A_e :

$$P_r = S A_e \quad (2)$$

A variável λ é o comprimento de onda de uma onda eletromagnética, em redes IEEE 802.11b e 802.11g(2,4 GHz) o valor do comprimento de onda é de 0,125m e para ondas de 5,7GHz (802,11a) de aproximadamente 0,06m. O tamanho da abertura efetiva A_e é dada por:

$$A_e = \frac{\lambda^2}{4\pi} \quad (3)$$

Combinando a Equação 1, 2 e 3, obtemos:

$$P_r = \frac{P_t \lambda^2}{(4\pi d)^2} \quad (4)$$

A perda L devido à propagação da onda através do espaço livre é a razão entre a potência de transmissão e a potência recebida, assim:

$$L = \frac{P_t}{P_r} = \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \quad (5)$$

Expressando a Equação 5 em decibéis, têm-se que a atenuação no espaço definida por *FSPL (FreeSpacePathLost)* é:

Tabela I
PERDA DE SINAL CAUSADO POR MATERIAL

Material	Perda de Sinal(dB)
Tijolo (3,5 / 7 / 10,5 cm)	3,5 / 07/ 05
Parede de madeira	8
Porta (madeira / metal)	4/12
Vidro (0,25 / 0,5 cm)	0,8 / 2
Telhado (seco / úmido)	5/7
Concreto	12
Corpo humano	3

$$FSPL = 10 \log_{10} L$$

$$FSPL = 10 \log_{10} \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2$$

$$FSPL = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) \quad (6)$$

Substituindo λ por $\frac{c}{f}$, sabendo que c é a velocidade da luz $c = \lambda f$ e que $c = 2,99792458 \times 10^8 m/s$, temos:

$$FSPL = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi f d}{c} \right)$$

$$FSPL = 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) + K \quad (7)$$

A constante K varia de acordo com as unidades de medidas utilizadas, desta forma obtendo o valor de $FSPL$ na Equação 7:

- Para d em Km e f em GHz , a constante é 92,45.
- Para d , em m e f em MHz , a constante é -27,55.
- Para d , em Km e f em MHz , a constante é 32,45.

Isolando a variável d na Equação 7 é possível encontrar a distância percorrida pelo sinal até a antena receptora. Conseqüentemente estimar a localização de um indivíduo em um ambiente através do seu dispositivo móvel.

A Figura 3 apresenta o gráfico da perda da potência do sinal em dB para cada distância percorrida em m .

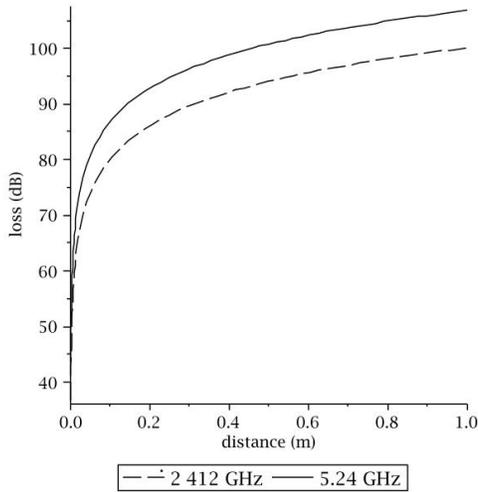


Figura 3. Atenuação no Ar [30]

2) *Atenuação de Obstáculos*: Quando as ondas de rádio esbarram num obstáculo, uma parte da energia é absorvida (e convertida em algum outro tipo de energia, tal como calor). A energia que não é absorvida vai continuar a propagar através do meio; no entanto, o sinal que finalmente alcança o receptor será atenuado. A quantidade de absorção de energia, e conseqüentemente o grau de atenuação, é dependente do material de que a obstrução é composta. A Tabela I mostra as perdas para uma seleção de materiais.

C. RFID (Radio Frequency Identification)

RFID também é uma técnica que pode ser utilizada para localização em ambientes fechados, já foi empregada em vários trabalhos como [16], [31], [15]. Utilizado durante a Segunda Guerra Mundial pelas forças britânicas para identificar inimigos, o RFID (*Radio Frequency Identification*) é uma tecnologia de transmissão de dados por ondas de radiofrequência que se baseia na transmissão e recepção dessas ondas entre *tags* e leitores [32] [33].

Segundo Want [33] [32] um sistema RFID é formado por três componentes:

- **Transponder ou tag RFID**: é um microchip que armazena o código identificador do objeto ao qual esta localizada e através de antenas transmite informações que são recebidas pelos leitores. Podem ser ativas ou passivas, *tags* ativas são as que utiliza uma fonte de energia para a transmissão e recepção de dados, as *tags* passivas utiliza a energia eletromagnética, transmitida pelos leitores, para se comunicar.
- **Transceiver ou leitor RFID**: dispositivos responsáveis pela leitura/escrita na tag, de forma a consultar as *tags* por seus dados, através de uma interface de radiofrequência. Os leitores possuem sua própria fonte de energia, capacidade de processamento e uma antena de comunicação.
- **Middleware ou banco de dados**: responsável pelo processamento da informação obtida pelo leitor;

Tags RFID passivas apesar de ter custo baixo, tem limites de distância para leitura de 10cm. O que torna inviável para este trabalho que necessita de uma distância maior, de alguns metros, para o deficiente ser direcionado para o destino desejado e não ficar desorientado no espaço percorrido. As *tags* ativas apesar de ter mais espaço para leitura de aproximadamente 10m, é limitada ao uso de bateria e tem um custo alto, o que não é o foco desse trabalho. Entretanto para possíveis trabalhos futuros, as *tags* RFID passivas podem ser utilizadas

em conjunto com a técnica de localização Wi-Fi. Dessa forma, aumentar o nível de precisão na localização do indivíduo.

VI. TRABALHOS CORRELATOS

Muitas pesquisas têm sido realizadas no sentido de ajudar na mobilidade dos PDV. Algumas delas propõem o uso de bengalas eletrônicas para detecção de obstáculos e outros dispositivos com vários sensores que detectam obstáculos [4] e localizam indivíduo. Entretanto existe uma grande carência de ferramentas mais eficientes, precisas e de baixo custo que ajudem na locomoção, com detecção de obstáculos e localização do indivíduo.

1) *Blavigator* [3]: é um sistema de navegação para deficientes visuais. Trata-se de um dispositivo portátil, desenvolvido por uma equipe de pesquisadores em Portugal, que propõe uma solução para aumentar a mobilidade, encontrar rotas e fornecer informações contextuais sobre os pontos de interesse do indivíduo em um ambiente, guiando-o a um destino desejado. Para fornecer com precisão essa informação ele usa GPS no exterior, Wi-Fi em ambientes fechados, RFID e Visão Computacional em ambos, ao ar livre e dentro de casa. O dispositivo possui grandes vantagens, como a capacidade de detectar todos os tipos de obstáculos e orientar o indivíduo ao destino.

2) *Electronic Longa Cane (ELC)* [34]: é um dispositivo desenvolvido no Brasil, como um auxílio na mobilidade para pessoas com deficiência visual. O dispositivo sinaliza obstáculos acima da cintura e averte sobre possíveis colisões. Avaliação qualitativa do protótipo foi realizada, onde resultados obtidos mostraram a eficácia ELC para detectar barreiras físicas localizado acima da cintura. O fato do sensor estar preso estaticamente na bengala, o torna limitado aos movimentos executados por ela. Por não haver uma varredura frontal há grandes chances de algum obstáculo não ser sinalizado, por estar em uma posição difícil de localizar.

3) *Ultrassom Cane* [35]: é uma bengala com ultrassom para a navegação dos deficientes visuais. Esta é capaz de detectar ambos os obstáculos aéreos e terrestres e buracos. Os sinais ultrassônicos são recebidos ou coletados por um Microcontrolador *Arduíno* e transmitidos sem fios para um dispositivo alojado no bolso e ombro do usuário. O dispositivo receptor consiste de um outro microcontrolador *Arduíno* que desencadeia três painéis de alto-falante (usado ao redor do peito) e três painéis de LED. Este dispositivo utiliza três sensores de ultrassom com angulações diferentes para cima, frente e para baixo preso a bengala. No módulo de detecção de obstáculos do Blingui, proposto neste trabalho, foi excluída a utilização de mais de um sensor ultrassônico, uma vez que utilizam um servo motor que tem a função de movimentar este sensor de cima para baixo. Além disto, o Blingui utiliza apenas um *Arduíno* enviando informações de alertas para um dispositivo móvel que também será utilizado como localizador. Desta forma foi possível diminuir os custos relacionados a utilização de componentes eletrônicos. Os testes do Ultrassom Cane foram feitos com indivíduos vendados e não com os reais usuários, o que pode comprometer a avaliação do dispositivo

devido as técnicas de uso da bengala utilizada por deficientes visuais. Os resultados de avaliação quantitativa do dispositivo não foram apresentados no artigo.

4) *Indoor Location* [36]: faz uso de redes Wi-Fi e é executado *smartphones* e *tablets*, sem a necessidade de instalar *hardware* especial. Ela compreende uma fase de calibração e uma de navegação. A fase de calibração cria uma “impressão digital Wi-Fi” para cada quarto de um edifício. Isso minimiza o tempo de calibração através do uso de pontos de interesses. A etapa de navegação corresponde as impressões digitais dos sinais Wi-Fi para determinar a localização provável do indivíduo. O sistema indica a localização do indivíduo dentro de casa medindo a potência do sinal recebidas de sinais Wi-Fi e combinando a uma lista de impressões digitais armazenadas. O sistema é implementado como um *app Android* móvel e é fácil de usar.

5) *Protótipo de Stuttgart* [37]: desenvolvido por pesquisadores da Universidade de *Stuttgart*, na Alemanha, é um sistema portátil que auxilia os PDV a orientar-se em ambientes internos. O protótipo é composto por um módulo de sensor com uma bengala e um computador portátil. O sensor esta equipado com duas câmaras, um teclado, uma bússola com conversor digital, um inclinador 3D e um alto-falante. O computador contém o software para detecção de cor distância e o tamanho de objetos. Suas vantagens são a robustez do sensor e operação quase em tempo real.

VII. O BLINGUI

O Blingui, do inglês *Guide Blind* que quer dizer guiar cegos, é uma ferramenta para auxílio na mobilidade de PDV e propõe técnicas para guiar e localizar uma pessoa em um ambiente controlado. Esse ambiente pode ser escola, universidade, shopping center ou qualquer outro ambiente.

O Blingui segue os princípios da independência e segurança, no qual é possível que o PDV se torne independente na sua locomoção, sem depender exclusivamente de outras pessoas. Sobretudo com segurança no deslocamento, através do sistema de desvio de obstáculos, que permite transitar evitando acidentes. Nos itens a seguir, temos dois cenários com situações comuns que acontecem no cotidiano dos deficientes visuais, e algumas questões que o Blingui se dispõe a resolver:

- **Cenário 1:** *Um indivíduo com deficiência visual em um ambiente conhecido precisará se deslocar do ponto A ao ponto B. A pessoa só existem alguns objetos encontrados no caminho, devido a alguns reajustes que houve no local. Este indivíduo chegará até seu destino de forma segura? Ele conseguirá se desviar de todos os objetos em seu caminho?*
- **Cenário 2:** *Um indivíduo com deficiência visual em um ambiente novo pretende chegar até um destino C em um determinado horário. Sabe-se que ele esta desacompanhado e que algumas pessoas que poderiam ajudá-lo, como guardas ou seguranças, estão ausentes. Quais as possibilidades de ele chegar até o destino com segurança, sem se esbarrar com obstáculos que existe*

neste ambiente? Ele conseguirá chegar no local exato a tempo?

O Blingui se propõe a resolver esses problemas, dando possíveis soluções que podem ser utilizadas de forma a auxiliar o PDV nas suas trajetórias diárias. Para isto, ele se organiza em três módulos: Módulo de Detecção de Obstáculos, Módulo Guia, Módulo de Localização assim como ilustra a Figura 4.

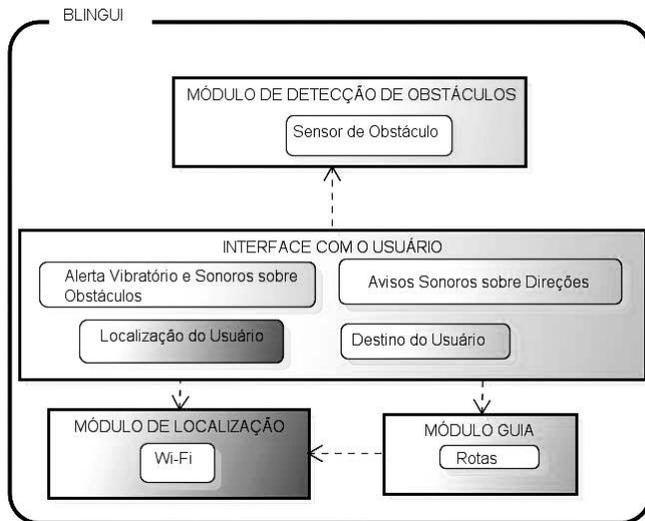


Figura 4. Arquitetura do Blingui

A. Módulo Detecção de Obstáculos

Auxilia o PDV a desviar de obstáculos suspensos e terrestres estáticos, difíceis de detectar através da bengala, como orelhões, árvores, postes, placas e escadas. Segundo a lei de acessibilidade [10] a definição de barreiras é qualquer entrave ou obstáculo que limite ou impeça o acesso, a liberdade de movimento e a circulação com segurança das pessoas. Classificam-se como:

- Barreiras Arquitetônicas Urbanísticas: as existentes nas vias públicas e nos espaços de uso público;
- Barreiras Arquitetônicas na Edificação: as existentes no interior dos edifícios públicos e privados;
- Barreiras Arquitetônicas nos Transportes: as existentes nos meios de transportes;
- Barreiras nas Comunicações: qualquer entrave ou obstáculo que dificulte ou impossibilite a expressão ou o recebimento de mensagens por intermédio dos meios ou sistemas de comunicação, sejam ou não de massa.

Neste artigo iremos tratar as barreiras arquitetônicas na edificação, pois essa ferramenta é para ambientes internos como edifícios públicos e privados.

1) *Obstáculos Terrestres*: são os encontrados no chão sem restrição de forma como, pedras, buracos, meio-fio, detritos, sacos de lixo e entulhos, vegetação agressiva, vasos, canteiros e jardineira, pavimentação irregular, calçadas com aclives e declives, barras de ferro. O Módulo de detecção de obstáculos emite alertas quando algum obstáculo terrestre é detectado, auxiliando o PDV a desviar evitando uma colisão.

2) *Obstáculos Suspensos*: são aqueles que estão entre 0,60m e 2,10m de altura do piso acabado e tem o volume maior na parte superior do que na base [7]. São objetos que se encontram no alto, como placas, postes metálicos finos e de difícil localização pela bengala, cabines telefônicas ou orelhões e lixeiras sem sinalização tátil, galhos de árvores, cartazes, placas publicitárias, objetos que surgem de surpresa como andaimes nas calçadas. O módulo de detecção de obstáculos emite alertas auxiliando o PDV a desviar destes obstáculos, evitando acidentes com essa colisão.

3) *Obstáculos Simples*: são todos os obstáculos que não são suspensos nem terrestres, é de fácil detecção por bengala e que tem geralmente formatos geométricos fáceis de ser identificados cuja sua base tem início a partir do solo. Como exemplo destes existem, paredes, portas, carros estacionados, dentre outros.

B. Módulo Guia

O deficiente visual encontra várias barreiras arquitetônicas em edificações, o que muitas vezes limita a sua capacidade de circular naquele ambiente. Muitas edificações não estão preparadas para receber essas pessoas, com espaços não equipados. Muitos não seguem as especificações de acessibilidade da norma ABNT mencionada na Seção III.

O Módulo Guia auxilia o PDV a se orientar até o destino que deseja chegar, de forma segura. Um PDV ao entrar em prédios, universidades, lojas dentre outros, irá se deparar com situações conflitantes sobre para onde deve seguir, onde está e por qual sentido deve ser iniciado o seu percurso. Essas situações tendem a gerar atrasos e a necessidade de sempre procurar ajuda para uma orientação até o destino almejado.

Este módulo procura resolver este tipo de conflito, trazendo mais independência aos PDV e segurança no seu deslocamento dentro de um ambiente interno. Rotas serão definidas com base em informações obtidas pelo mapeamento do ambiente através da identificação dos espaços, que serão necessários para guiar o deficiente sobre o destino pretendido, dando informações sonoras das direções.

C. Módulo de Localização e Interface com o Usuário

Este módulo é responsável por dar a localização do usuário, o situando no ambiente. O módulo conta com técnicas de localização Wi-Fi que irão mapear o ambiente, com informações da rede que serviram de base para a criação de rotas seguras utilizadas no módulo Guia.

O indivíduo acessará estas informações através da interface desenvolvida, disponível no dispositivo móvel. Tal interface será interativa, dando informações sonoras e vibratórias para o indivíduo, que a acessará sempre que necessário.

O dispositivo móvel através do aplicativo criado poderá informar a localização do indivíduo, emitir alertas vibratórios e sonoros sobre obstáculos detectados e indicar o destino desejado.

VIII. O PROTÓTIPO BLINGUI

O protótipo Blingui é composto por um dispositivo eletrônico com *Arduíno* e um dispositivo móvel com *Android*, capaz

de orientar o indivíduo para o destino ao qual deseja chegar, e principalmente alertar de forma segura de qualquer obstáculo em sua direção. A Figura 1 ilustra a utilização do Blingui.

O protótipo possui funções importantes que colaboram com a orientação do deficiente visual. Os métodos de aviso são sonoros e vibratórios, aumentam de intensidade gradativamente conforme a aproximação do obstáculo. Além disso, a ideia é que a duração dos avisos seja curta de forma a não atrapalhar a interação natural do usuário com o meio. Para isso, uma voz é emitida indicando as direções que devem ser seguidas para alcançar o destino desejado.

Os componentes eletrônicos utilizados para compor o protótipo tem alta disponibilidade no mercado e são de baixo custo, a fim de que o preço para o usuário final seja acessível.

Como a ideia é garantir uma maior integração entre o deficiente e seu ambiente de movimentação, a arquitetura proposta presume também uma comunicação com o ambiente, de forma que o mesmo possa passar informações que ajudem na localização e locomoção do PDV.

A. Funções

A Figura 5 exibe o diagrama de sequência do Blingui com as funções que estão descritas nos itens a seguir.

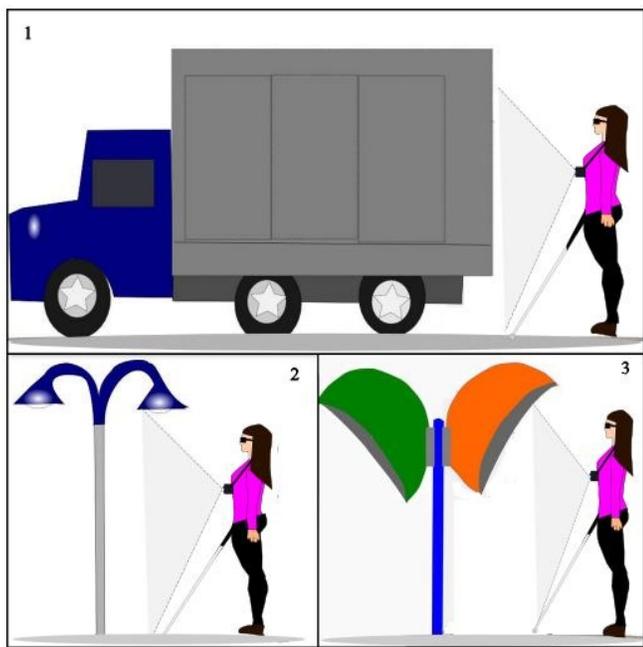


Figura 6. Utilização do Blingui para a detecção de obstáculos não detectado pela bengala. Através da varredura frontal executada pelo dispositivo, poste (2), orelhões(3) e carro estacionado na calçada(1) são detectados.

1) *Deteção de obstáculos:* O dispositivo eletrônico é capaz de enviar informações, captadas pelo sensor ultrassônico, para o dispositivo móvel através do módulo *Bluetooth*. Desta forma, através da interface com usuário ilustrado da Figura 7 o aplicativo é capaz de emitir alertas vibratórios toda vez que um obstáculo é detectado. O dispositivo além de vibrar emite uma voz informando que há um obstáculo à frente. As

Figuras 1 e 6 exibem a utilização do detector de obstáculos, apoiado no pescoço, capaz de fazer uma varredura angular frontal para identificar obstáculos suspensos. O micro servo é o responsável pela movimentação do sensor ultrassônico para cima e para baixo captando obstáculos não detectados pela bengala.

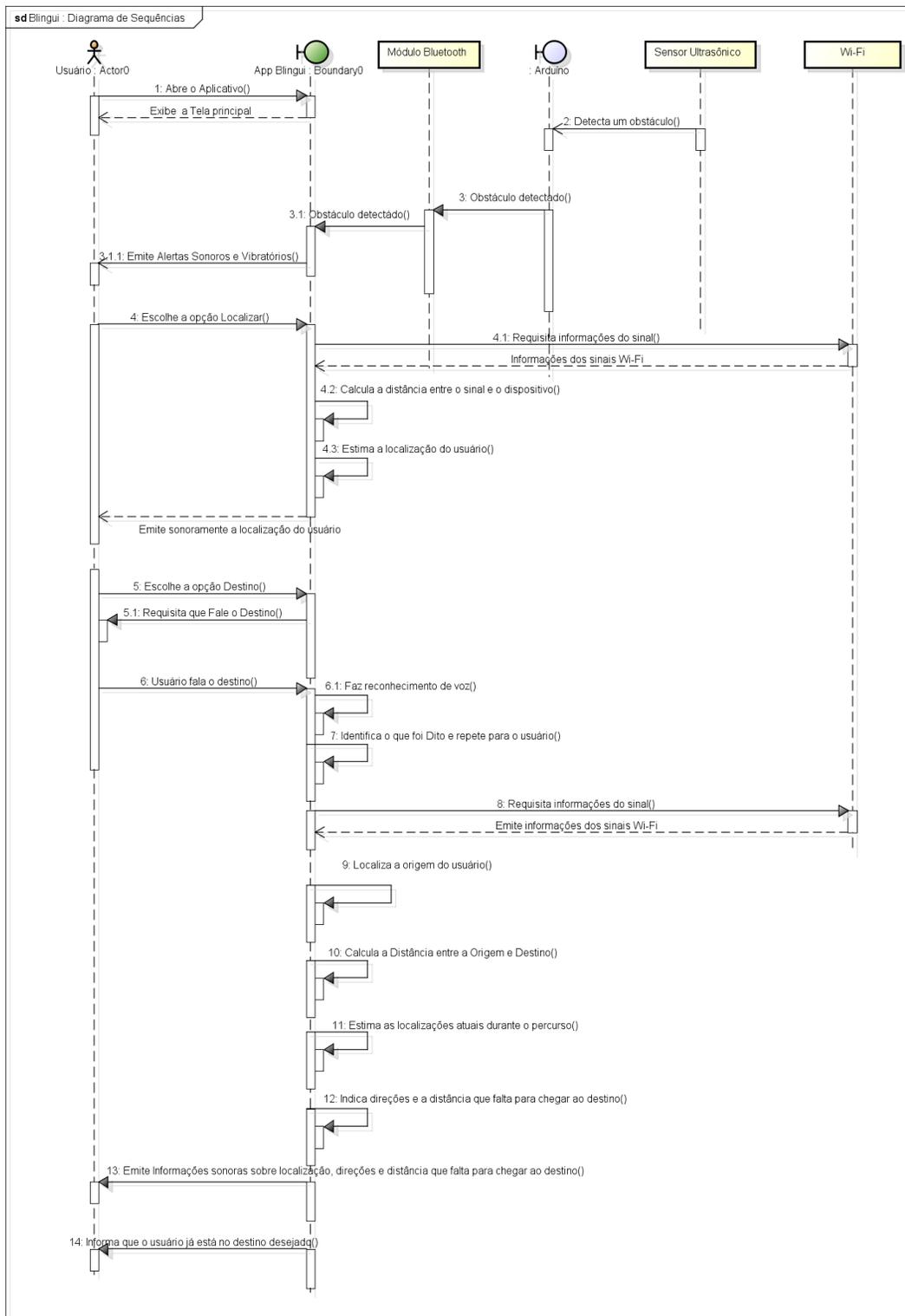
2) *Localização:* A localização do indivíduo é feita a partir do momento que ele toca no *botão Localização*, na tela inicial do aplicativo Blingui, exibido na Figura 7. Desta forma, o dispositivo móvel é capaz de extrair informações dos *Access Points* encontrados no ambiente, sobre os sinais Wi-Fi como, o nível da potência do sinal, a frequência, o endereço MAC da placa do AP e outras informações. Com esses dados é possível estimar e informar a localização atual do indivíduo. As informações são dadas através de uma voz, que é emitida toda vez que o indivíduo passa por um local que foi mapeado anteriormente.

3) *Destino:* A orientação do indivíduo para um destino desejado é feita através da função Destino exibido na Figura 7, que é acionada a partir de um leve toque no *botão Destino*, localizado na tela inicial do aplicativo Blingui. Nos itens a seguir são descritas as etapas da implementação e execução desta função:

- O indivíduo deve tocar no *botão Destino*, com a ajuda do *TalkBack* e falar qual o seu destino desejado. O *TalkBack* é um aplicativo que fornece comentários falados para ajudar indivíduos com deficiência visual, descrevendo o que o indivíduo toca na tela do dispositivo.
- Depois que o aplicativo fizer o reconhecimento de voz e entender ao que foi dito, será emitidas informações faladas com a repetição do destino para simples confirmação.
- Confirmado o destino, o aplicativo escaneará os sinais Wi-Fi dos APs mapeados e então capturará informações necessárias.
- Através das informações extraídas, o aplicativo calculará a distância entre os APs e o dispositivo móvel, através da implementação da Equação *FSPL* descrita na Seção V.
- Com o espaço mapeado e as localizações dos APs conhecidas é possível estimar os locais definidos.
- Com base na localização da origem e destino é traçada uma rota entre esses pontos e estimada a localização aproximada para o indivíduo.
- Antes do indivíduo iniciar trajetória, o aplicativo Blingui informa a direção correta ao qual o indivíduo deve se posicionar para o início do percurso. Dessa forma, serão emitidas informações faladas, como “vire a esquerda”, “vire a direita” e “siga em frente”, com a intenção de posicionar o indivíduo na direção correta do percurso. Além de dizer a distância que falta pra chegar ao destino.
- Informações serão dadas sobre quantos metros faltam para chegar ao local, outras localizações que vão surgindo ao longo do percurso até chegar ao destino pretendido.

B. Ferramentas Utilizadas

A escolha de componentes de baixo custo é um dos principais atrativos deste projeto, já que o preço acessível é um dos



powered by Astah

Figura 5. Diagrama de sequência

principais objetivos desta proposta.

O módulo de detecção de obstáculos implementado no

protótipo é composto por: um *Arduíno Uno*, um sensor ultrassônico, um micro servo motor e um módulo *Bluetooth*.

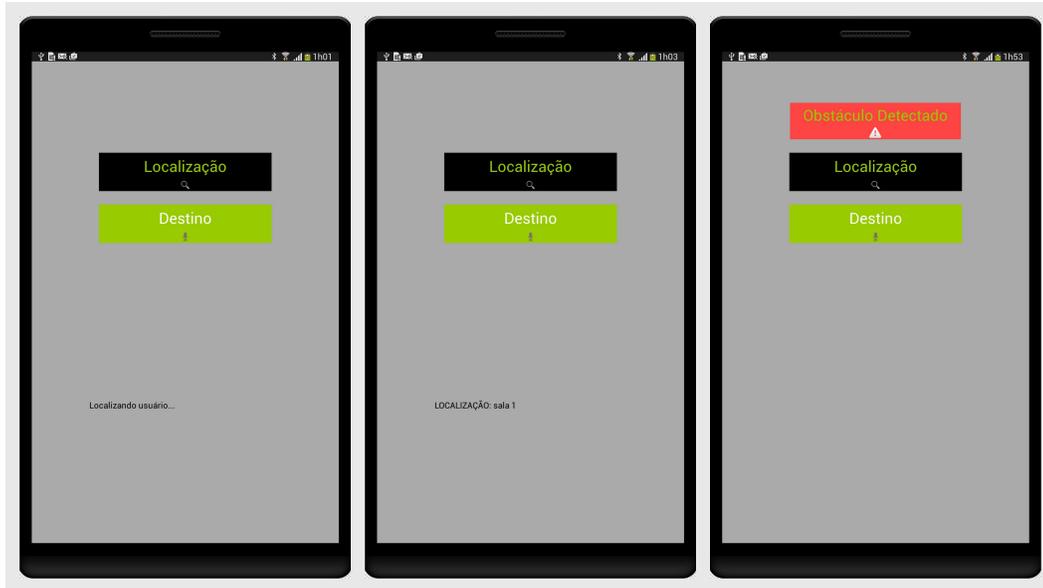


Figura 7. Telas do Blingui: contém botões de localização do usuário, Destino e o botão de aviso de detecção de obstáculo.

O dispositivo é capaz de detectar obstáculos, propiciando ao deficiente liberdade na locomoção e dando segurança em sua caminhada.

Os módulos de Localização e Guia estão implementados sob a plataforma *Android* em um dispositivo móvel, este módulo utiliza técnicas de localização Wi-Fi descrita na Seção V, para estimar a localização do indivíduo e indicar o destino pretendido por ele.

A localização Wi-Fi se torna mais barata, porque atualmente a maioria das infraestruturas de comunicação são baseados em APs. Não sendo necessário a criação de uma nova infraestrutura, capaz de acomodar um sistema de localização de indivíduo, já que existe um sistema de redes Wi-Fi a fim de disponibilizar internet para as pessoas. Usufruindo desta infraestrutura já pronta é possível conciliar custos baixos com bons benefícios.

As ferramentas descritas aqui são apresentadas na Figura 8 a seguir, para facilitar o entendimento são descritos os papéis de cada ferramenta utilizadas.

- **Kit Arduíno:** Para lidar com o controle dos componentes e processamento requerido, optamos por utilizar um kit *Arduíno Uno*, é uma plataforma eletrônica de código aberto que proporciona fácil integração entre demais componentes de *hardware* e o *software* de controle. Além disso, a programação para este tipo de dispositivo é simples e bem documentada [38].
- **Sensor Ultrassônico:** são sensores de proximidade capazes de medir distâncias de 2cm a 4m com boa precisão. O sensor emite um sinal sonoro que reflete sobre um objeto e mede o tempo que leva para que o sinal volte. Achando o valor da distância é possível detectar o obstáculo a uma distância definida. Neste trabalho o sensor detecta um

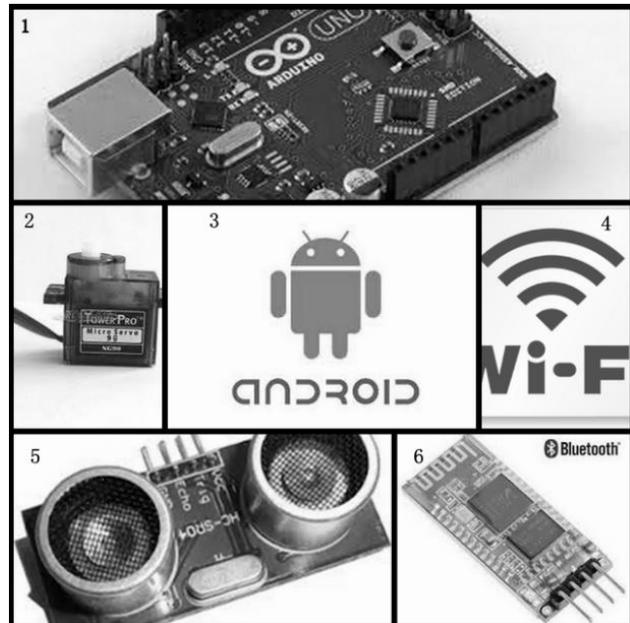


Figura 8. Ferramentas utilizadas no desenvolvimento do protótipo: 1- *Arduíno*, 2- Micro Servo, 3- *Android*, 4- Redes sem Fio, 5- Sensor Ultrassônico, 6- Módulo *Bluetooth*

- obstáculo com raio de 2m, encontrados a frente do PDV.
- **O micro servo:** é um motor de pequenas dimensões responsável por movimentar o sensor ultrassônico para cima e para baixo. Isto possibilita uma varredura angular frontal capaz de identificar obstáculos suspensos e terrestres.
- **Bluetooth:** é responsável por estabelecer uma comuni-

ção sem fio entre o *Arduíno* e o dispositivo móvel. O dispositivo eletrônico, desenvolvido sob a plataforma *Arduíno*, captura informações sobre a distância dos obstáculos através do sensor ultrassônico e as envia através do módulo *Bluetooth* para o dispositivo móvel.

- *Android*: é um *framework open source* do Google para dispositivos móveis, que possui várias APIs para desenvolvimento. Através do *Android* foi possível a criação do Aplicativo Blingui, que estabelece uma interface amigável com o indivíduo. Além de implementar as funcionalidades principais do projeto com a extração de dados dos sinais sem fio, através de um dispositivo móvel. Sempre que o sensor de obstáculos detectar algum obstáculo em seu caminho serão emitidos alertas vibratórios, além de informar as rotas a ser seguida e o destino desejado, localizando o indivíduo no ambiente ao qual se encontra.
- *Acelerômetro*: é um sensor que permite a identificação da posição física do dispositivo *Android*, quando esta inclinado para a esquerda ou direita, para frente ou para trás, pra baixo ou para cima. Através destas informações é possível estimar as direções corretas que devem ser seguidas pelo indivíduo, localizando ele num espaço. Essas informações são emitidas sonoramente, como “vire a esquerda”, “vire a direita” e “siga em frente”.

C. Implementação do Blingui

Serão apresentados alguns trechos dos códigos implementados, para a melhor compreensão deste protótipo.

Os códigos java apresentados foram implementados com *Android*, para o desenvolvimento do aplicativo Blingui. O método *onCreate* é chamado quando uma atividade (*Activity*) é executada, ele faz a chamada no sistema. A classe que contém este método estendem *Activity* e interagem tanto com usuários como com serviços ou intenções.

SensorManager permite o acesso aos sensores do dispositivo móvel, aqui foi utilizado o acelerômetro para identificar as posições do dispositivo, conseqüentemente estimar direções corretas para o deslocamento do indivíduo. O *BluetoothAdapter* representa o adaptador *Bluetooth* do dispositivo local, este permite executar tarefas fundamentais neste trabalho, tais como iniciar a descoberta de dispositivos, consultar uma lista de dispositivos conectados (emparelhados). Dessa forma foi possível se conectar ao módulo *Bluetooth* no *Arduíno*, para receber informações captadas pelo sensor ultrassônico e assim informar sobre obstáculos.

```
1
2 public void onCreate(Bundle
3   savedInstanceState) {
4   ...
5   sensorManager = (SensorManager)
6     getSystemService(SENSOR_SERVICE);
7   sensor = sensorManager.
8     getDefaultSensor(Sensor.
9     TYPE_ORIENTATION);
```

```
6   btAdapter = BluetoothAdapter.
7     getDefaultAdapter();
8   detectaObstaculo();
9   Button localizar = (Button)
10    findViewById(R.id.localizar);
11
12   ...
13 }
```

O método *onSensorChanged* é chamado quando os valores dos sensores mudam, retornando valores atuais. Com estes valores é possível de estimar as direções do indivíduo.

```
1
2 public void onSensorChanged(SensorEvent
3   event) {
4   int orientation = (int) event.values
5     [0];
6   setDirecao(orientation);
7   getDirecao();
8   ...
9 }
```

O método *onReceive* é chamado quando o *BroadcastReceiver* esta recebendo uma transmissão de Intenção. Quando toca no botão localizar, por exemplo, este método é chamado para executar um escaner dos sinais Wi-Fi detectados, ele é executado em uma *thread* principal a cada 10 segundos, o que permite a atualização dos níveis de sinal Wi-Fi. A função localizar e destino invocam este método, e ele retorna os valores capturados. A classe *WifiManager* fornece a API principal para gerir todos os aspectos de conectividade Wi-Fi.

```
1
2 class WifiReceiver extends
3   BroadcastReceiver {
4   public void onReceive(Context c, Intent
5     intent) {
6     wifiList = mainWifi.getScanResults();
7     //Para o número de pontos de acessos
8     for (ScanResult result : wifiList) {
9       result.level; //nível do sinal
10    ...
11    //Distancia do ponto de Acesso 1
12    double d1 = distancia(result, "AP1");
13    ...
14    identificarLocal(result);
15    ...
16    //de B para A
17    if(destinoA==true){
18      guiarAteDestino(A,B,d2,d1, "
19      PercursoAB");
20    }
21    ... }
22  }
23 }
```

O método *identificarLocal()* é responsável por indicar a localização do dispositivo, através dos valores das distâncias dos APs.

```
1 private String identificarLocal(
2   ScanResult result){
3   double d1= distancia(result, "AP1");
4   ...
```

```

4 //Local1
5 if ((d1>0 && d1 <=3) || (d2 >5 && d2
  <10) && (d3>3 & d3<6)) {
6     local1=true;
7     ...
8     return local(A);}

```

O método *guiarAteDestino()* é responsável por guiar o indivíduo até ao destino desejado, pegando a localização atual e o destino é possível informar as direções do percurso.

```

1 public void guiarAteDestino(String origem,
  String destino, double distancia,
  String Percurso){
2     /**percurso A até C**
3     //AC
4     if( destino.equals(C) && origem.equals
      (A) ) {
5         destino3 = true;
6         percursoA(origem, destino,d);
7     }
8     //BC
9     if( destino.equals(C) && origem.equals
      (B) ) {
10        destino3 = true;
11        percursoB(origem, destino,d);
12    }
13    ...
14
15    //Indica as direções no percurso de A para
16    B
17    public void percursoA(String origem,
18    String destino, double distancia){
19        if (getDirecao() >140 && getDirecao()
20        <250){
21            repeatTTS.speak ("Siga_em_Frente..."
22            ...);
23        }
24    ...
25
26    //Indica as direções no percurso de B para
27    C
28    private void percursoB(String origem,
29    String destino, double distancia) {
30        if (getDirecao() >140 && getDirecao()
31        <260){
32            repeatTTS.speak ("Vire_à_Esquerda,_e_Siga
33            ...")
34        }
35    }
36    }

```

Este método *calcularDistancia()* implementa a fórmula de *FSPL* descrita na Seção V. Ela retorna a distância entre o dispositivo utilizado pelo usuário e os Pontos de Acessos, que transmitem sinais Wi-Fi.

```

1 public double calcularDistancia(double
2 potenciaSinalInDb, double freqInMHz)
3 {
4     double x = (27.55 - (20 * Math.log10(
5     freqInMHz)) + Math.abs(
6     potenciaSinalInDb)) / 20.0;
7     return Math.pow(10.0, x);
8 }

```

Este método é responsável por receber os dados do sensor ultrassônico, através da comunicação entre o *Arduíno* e o *Android*, pelo módulo *Bluetooth*. Recebendo os valores da distância do obstáculo, é possível comparar e informar sobre obstáculos.

```

1 public void detectaObstaculo() {
2     ...
3     if (sbprint.equals("1")) {
4         repeatTTS.speak ("Obstáculo_Superior..."
5         ...)}
6     else if (sbprint.equals("2")){
7         repeatTTS.speak ("Obstáculo_Inferior..."
8         ...)}
9     else if (sbprint.equals("3")){
10        Vibrar();}
11    ...

```

Código *Arduíno* que envia informação via *Bluetooth* para o *Android*

```

1 ...
2 void loop() {
3     int i;//posições do servo motor
4     for(i=20; i<100; i++) {
5         digitalWrite(trigPin, LOW);
6     ...
7     if (i>=20 && i <=55){
8         if (distancia <=50){
9             Serial.println('1');//obstáculo
10            superior
11            digitalWrite(LED, LOW);}
12    ...
13    else if (distancia >50){
14        Serial.println('4');
15        digitalWrite(LED, HIGH);
16    ...}
17    if (i >70 && i<=100){
18        if (distancia <=150){
19            Serial.println('2');//Obstáculo
20            inferior
21    ...
22    if(distancia < 10 || distancia >25
23    && distancia<35 || distancia >50
24    && distancia<60 || distancia
25    >80 && distancia<90 ||
26    distancia<=150){
27        Serial.println('3');// vibra o
28        celular
29    ...

```

IX. AVALIAÇÃO DO BLINGUI

O uso do *Blingui* tem um objetivo importante: o de tranquilizar o usuário deixando-o mais seguro dos trajetos percorridos, conscientes de obstáculos e conseqüentemente mais integrado com o meio. O intuito é que seja um recurso adicional para o usuário e não que atue como ferramenta de substituição. Assim, não consideramos a hipótese de que a bengala seja dispensada.

O *Blingui* deve tornar o cotidiano dos PDV menos desafiador, na medida em que traz maior segurança, liberdade de locomoção e autonomia.

A. Resultados da Pesquisa de Campo

Uma pesquisa de campo foi feita no Instituto e na Associação dos Cegos da Bahia com a aplicação de um questionário, cujo objetivo foi conhecer as especificidades do público alvo e obter opiniões sobre a ferramenta. Doze PDV participaram desta pesquisa respondendo ao questionário (disponível no APÊNDICE A), os participantes envolvidos tinham entre 18 e 60 anos de idade, destes 30,0% com deficiência adquirida e 70,0% congênita, todos com baixa visão. As Figuras 14, 15 e 16 (disponível no APÊNDICE B) ilustram os gráficos de resultados da pesquisa.

A partir dos gráficos é possível observar que 100,0% dos entrevistados concordam com a importância de uma ferramenta auxiliar na locomoção para ambientes internos. Todas as pessoas concordam em utilizar o dispositivo para detecção de obstáculos apoiado no pescoço, 90,0% destes acreditando que este traria mais segurança no deslocamento. Já que todos os entrevistados responderam que tiveram alguma espécie de colisão com obstáculos não detectados pela bengala, como fundos de caminhões, carros estacionados em locais indevidos, orelhões e postes.

Todos os entrevistados gostariam que houvesse um meio de auxílio para localização e guia, afirmaram que para isto usariam um dispositivo móvel, pois seria “bom” para se situarem nos lugares. Todos os entrevistados acreditam que esta ferramenta de auxílio ajudaria a chegar mais rápido nos lugares, 90,0% afirmam que ficariam mais independentes, pois não precisaria sempre pedir ajuda para alguém.

B. Descrição dos Testes de Validação

Para estimar o impacto do Blingui na utilização por PDV, vários testes foram feitos com o objetivo de avaliar as seguintes hipóteses:

- **Hipótese 1:** A utilização do Blingui implica em detectar obstáculos e evitar colisões com objetos em um percurso qualquer;
- **Hipótese 2:** Através do Blingui é possível localizar o usuário em um ambiente interno deixando ciente do lugar;
- **Hipótese 3:** Por intermédio do Blingui o usuário é conduzido em um ambiente interno em direção ao destino tornando menos desafiadora a sua locomoção;

Os testes foram divididos em três etapas cada uma com o objetivo de avaliar cada módulo e confirmar as hipóteses. A primeira etapa é em relação a detecção de obstáculos a segunda, localização do usuário e a terceira sobre as direções. Os testes foram realizados na Associação Baiana de Cegos, este ambiente foi mapeado, obtendo a localização fixa dos APs e a Identificação das localizações. Na Figura 9 segue o cenário de teste.

Oito pessoas com deficiência visual participaram dos testes utilizando o Blingui, estas foram orientadas a percorrer uma trajetória definida, como ilustra a Figura 9. Para cada trajetória foram coletadas variáveis como tempo de cada percurso, obstáculos não detectados, localizações e direções erradas.

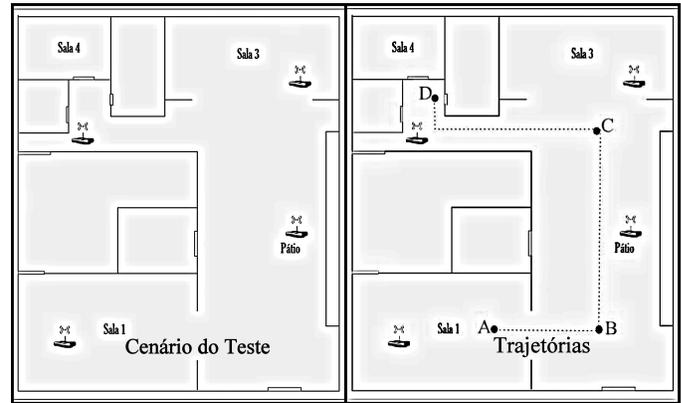


Figura 9. Cenário de teste e trajetórias definidas

1) *Primeira Etapa da Avaliação - Detecção de Obstáculos Terrestres:* Nesta primeira etapa de avaliação do Blingui foram inseridos obstáculos terrestres como, cadeiras no meio do percurso executado, além de paredes, lixeiras e outros que já existiam. Este foi orientado propositadamente para seguir sempre em direção aos obstáculos para desta forma, avaliar se realmente o Blingui alerta sobre o obstáculo encontrado. Para cada obstáculo foi traçada uma trajetória de raio de 2m, cujo objetivo era verificar se o Blingui de fato emitia o alerta a 1,5m do objeto. Estes testes foram feitos com e sem o Blingui.



Figura 10. Execução dos testes para detecção de obstáculos terrestres

2) *Segunda Etapa da Avaliação - Detecção de Obstáculos Aéreos:* Bandeirolas suspensas na altura da cabeça do usuário foram inseridas no ambiente, para simular alguns outros obstáculos suspensos e não provocar acidentes, já que a bengala não poderia ajudar neste caso. O usuário foi orientado a seguir em direção ao obstáculo, cada usuário executou este teste com e sem o uso do Blingui.

3) *Terceira Etapa da Avaliação - Localização do Usuário:* Nesta etapa foi executada a trajetória traçada na Figura 9 observando a localização do usuário. Quando cada usuário chegava em um local o Blingui informava a localização atual. Isso foi feito em quatro locais diferentes, para cada usuário.



Figura 11. Execução dos testes para detecção de obstáculos Aéreos

Obtendo várias amostras dos locais e desta forma tirar uma média das localizações corretas.



Figura 12. Execução dos testes para localizações

4) *Quarta Etapa da Avaliação - Direções para o Destino:* Esta etapa verificou as direções indicadas pelo Blingui, para o usuário chegar ao destino pretendido. Estes testes foram feitos no percurso traçado na Figura 9, cada pessoa em um local de origem dizia o destino ao qual pretendia seguir, então o Blingui confirmava este destino e indicava as direções. Cada usuário percorreu as trajetórias de dois destinos diferentes. As direções como “Siga em frente”, e “Vire a esquerda”, eram dadas durante o percurso, além de informações como “Faltam cerca de 9m para o destino”, e “Você chegou ao destino”. Apesar do ambiente ser conhecido pelos usuários, estes foram orientados a executar o percurso segundo as direções indicadas pelo aplicativo.

C. Resultados dos testes

Os testes executados para avaliação do módulo de detecção de obstáculos terrestres, resultaram na média de 88,0% detectados corretamente. Não houve colisões pois os usuários além

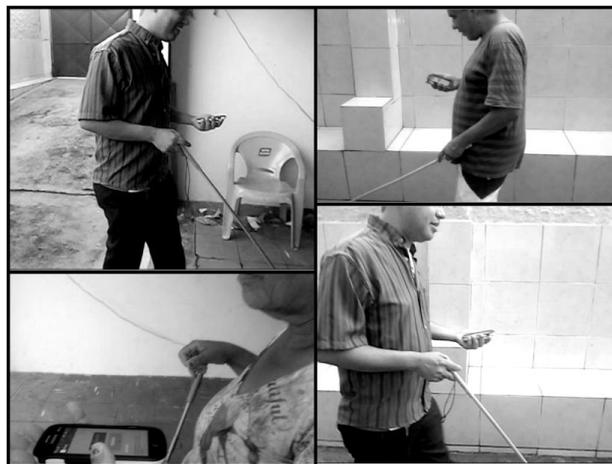


Figura 13. Execução dos testes para direções

Tabela II
RESULTADOS DOS TESTES COM A UTILIZAÇÃO DO BLINGUI

Obstáculos Terrestres Detectados	Obstáculos Suspensos Detectados	Localizações Corretas	Direções Corretas
88,0%	90,0%	87,5%	83,3%

do Blingui, utilizaram a bengala como de costume. Percebeu-se que com a movimentação angular do sensor juntamente com o deslocamento do usuário, o Blingui em casos específicos não identificou obstáculos corretamente o que aconteceu nos 12,0%. Nos testes executados sem o uso do Blingui, sob as mesmas condições, foi observado que a bengala conseguiu detectar os mesmos obstáculos, porém quando o usuário já estava bem próximo do mesmo, o que provavelmente em algum momento poderá provocar a colisão. O Blingui alertava com mais de 1m do obstáculo, deixando o usuário atento sobre possíveis colisões. Desta forma, o Blingui se torna um grande aliado à bengala para detecção de obstáculos terrestres.

Os testes executados para a detecção de obstáculos suspensos resultaram na média de 90,0% detectados corretamente. Os 10,0% também foram detectados porém com alguns atrasos, ou não avisou corretamente pelo celular. Em todos as execuções dos testes a bengala não detectou os obstáculos aéreos, pelo fato do obstáculo esta a uma altura superior a bengala o que torna impossível a detecção. Portanto, considerando estes testes, o Blingui apresentou resultados satisfatórios com relação a detecção de obstáculos aéreos.

Os testes para avaliar o módulo de Localização resultaram em um percentual de 87,5 para as identificações corretas. Em algumas situações o Blingui identificou a localização errada devido a variação do sinal Wi-Fi, porém sempre tentava corrigir o erro e depois de algumas tentativas de captação correta do sinal, ele retornava o local correto.

Os testes executados para avaliar o módulo Destino, resultaram em de 83,3% de indicações corretas das direções da origem ao destino. O percentual de erro foi devido a variação do sinal Wi-Fi, que ocasionava demora em indicar

uma direção, como “vire a direita”. Este tipo de atraso não pode ocorrer pois o usuário não sabe a hora exata de parar ou continuar, podendo seguir para uma direção errada. Quando o usuário seguia a rota errada o Blingui avisava a direção correta que este deveria seguir. Nos demais casos de acertos houve sucesso na execução dos testes, onde todas as direções foram dadas no momento exato. Avisos durante o percurso como, “Faltam cerca de 10m para o destino X”, e “você chegou ao destino X”, foram dados de forma correta possibilitando ao usuário uma orientação detalhada sobre seu percurso.

A média e o intervalo de confiança foram calculados para cada um dos testes, considerando uma confiança de 95,0%. Os valores são representados na Tabela III.

Tabela III
INTERVALO DE CONFIANÇA DOS TESTES

Testes	Média	Desvio Padrão	Intervalo de Confiança
Obstáculos Terrestres	4,4	0,55	[4,38; 4,41]
Obstáculos Aéreos	1,8	0,45	[1,78; 1,81]
Localização	3,5	0,55	[3,48; 3,51]
Direções	5,0	0,71	[4,98; 5,02]

Baseado nos testes pode-se concluir com mais de 80,0% dos resultados que o Blingui auxilia de forma eficaz e segura na mobilidade de deficientes visuais, trazendo mais segurança no percurso, localizando-os no ambiente e indicando direções do trajeto, desta forma confirmando as três hipóteses previstas.

Em relação ao tempo não houve diferenças devido ao fato do lugar ser um ambiente já conhecido pelos usuários. Pelo fato do Blingui ser algo novo para eles, alguns acabaram se distraíndo com os alertas e avisos sonoros ocasionando uma diminuição dos passos comprometendo uma amostragem real do tempo, já os demais permaneceram com passos normais.

A adaptação do usuário com o dispositivo resolveria isto, deixando de ser algo novo e sendo facilmente utilizado assim como a bengala. Além da avaliação quantitativa, foi questionada a opinião dos usuários após a execução dos testes, para a avaliação qualitativa do Blingui, resultados na Tabela IV.

Das opiniões dadas pelos usuários 100,0% ficaram satisfeitos com a utilização do Blingui e concordaram com a sua utilização no dia-a-dia, por ser confortável, leve, pequeno e possuir precisão na localização, direções e detecção de obstáculos na maioria das vezes.

Tabela IV
OPINIÕES DE USUÁRIOS SOBRE O BLINGUI

Questos	Opnião (Nº usuários)
Precisão do Detector de obstáculos	Sim(5), Na maioria das vezes(1)
Precisão com localização	Sim(4), Na maioria das vezes(2)
Precisão com Direções	Sim(4), Na maioria das vezes(1)
Satisfação com o uso do Blingui	Sim(8)
Pode ser utilizado no dia-a-dia	Sim(8)
Confortável de usar	Sim(8)

X. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho apresentou uma ferramenta criada com o objetivo de facilitar a locomoção de pessoas com deficiên-

cia visual, em ambientes com obstáculos estáticos suspensos ou terrestres, com localizações do usuário em um ambiente interno, possibilitando ainda uma orientação até um destino desejado.

O dispositivo foi projetado para ser de baixo custo e por isso usa componentes acessíveis. Além de reaproveitar infraestrutura das redes Wi-Fi, utilizando pontos de acessos para informar a localização e guiar o usuário. Testes foram executados com pessoas deficientes visuais e com quase 90,0% dos resultados o Blingui teve um desempenho satisfatório em termos de detecção de obstáculos e localização do usuário e 83,3% para indicações de direções. Todos os usuários ficaram satisfeitos com a utilização do Blingui e afirmam que pode ser utilizado por eles no dia-a-dia, por ser confortável de utilizar e possuir precisão na localização e detecção de obstáculos na maioria das vezes.

Enfim, desenvolvemos um mecanismo de auxílio na mobilidade de deficientes visuais em ambiente fechados, através do desenvolvimento de um dispositivo eletrônico para a detecção de obstáculos e a implementação de um aplicativo no sistema *Android* para ser utilizado em um celular ou *tablet*, para localização e guia do usuário. Para trabalhos futuros fica a sugestão da extensão ou nova versão do Blingui para ambientes outdoor com obstáculos em movimentos.

REFERÊNCIAS

- [1] OMS, “Cegueira e deficiência visual,” Junho 2014. [Online]. Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/es/>
- [2] IBGE, “Censo 2010,” Junho 2014. [Online]. Available: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>
- [3] T. Adao, L. Magalhaes, H. Fernandes, H. Paredes, and J. Barroso, “Navigation module of blavigator prototype,” *World Automation Congress (WAC)-IEEE*, pp. 1–6, June 2012.
- [4] D. Dakopoulos and N. Bourbakis, “Wearable obstacle avoidance electronic travel aids for blind: A survey,” *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on*, vol. 40, no. 1, pp. 25–35, Jan 2010.
- [5] R. A. Falk, J. E. da Rosa Tavares, and J. L. V. Barbosa, “Tirésias: um modelo para acessibilidade ubíqua orientado à deficiência visual,” *Revista Brasileira de Computação Aplicada*.
- [6] M. L. T. M. Amiralian, *Compreendendo o Cego uma visão psicanalítica da cegueira por meio de desenhos-estórias*, 1997.
- [7] C. B. de Acessibilidade, “Norma abnt nbr 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.”
- [8] V. Kastrup, “Será que cegos sonham?: o caso das imagens táteis distais,” *Psicologia em Estudo, Elsevier*, vol. 18(3), pp. 431–440.
- [9] P. da república, *Orientação e Mobilidade: Conhecimentos básicos para a inclusão da pessoa com deficiência visual*, 2003.
- [10] P. da República, “Lei nº 10.98.”
- [11] M. Weiser, “The computer for the 21st century,” *SIGMOBILE Mobile Computing and Communication Review, ACM*, vol. 3, no. 3, pp. 3–11, July 1999.
- [12] —, “The world is not a desktop,” *Interactions, ACM*, vol. 1, no. 1, pp. 7–8, January 1994.
- [13] J. Krumm, *Ubiquitous Computing Fundamentals*, 1st ed. Chapman & Hall/CRC, 2009.
- [14] P. B. Hui Liu, Houshang Darabi and J. Liu, “Survey of wireless indoor positioning techniques and systems,” *IEEE Transactions on Systems, Man, And Cybernetics - Part C: Applications and Reviews, VOL. 37*.
- [15] M. B. Akshay Athalye, Vladimir Savic and P. M. Djuric, “Novel semi-passive rfid system for indoor localization,” *IEEE SENSORS JOURNAL*.
- [16] J. P. B. Neiva, “Localização e orientação indoor com recurso à tecnologia rfid, universidade do porto/dissertação, 2012.”
- [17] M. L. Rodrigues, “Localização em ambientes internos utilizando múltiplas tecnologias sem fio, universidade federal de minas gerais / dissertação.”

- [18] J. G. K. P. T. S. Brian P. Crow, Indra Widjaja, "Ieee 802.11 wireless local area networks," *IEEE Communications Magazine-1997*.
- [19] G. S. Kristoph Keunecke, "Accurate indoor localization by combining ieee 802.11 g/n/ac wifi-systems with strapdown inertial measurement units," *Microwave Conference (GeMIC), 2014 German*.
- [20] Y. F. Xiuyan Zhu, "Rssi-based algorithm for indoor localization," *Communications and Network*.
- [21] A. P. Ana Paula Bisatto, "Localização de estação sem fio utilizando trilateração, universidade de são paulo/ dissertação de mestrado, 2007."
- [22] J. P. da Fonseca Fernandes, "Localização em redes wi-fi, universidade do minho/ dissertação de mestrado, 2012."
- [23] Z. B. Timea Bagosi, "Indoor localization by wifi,ieee," *IEEE*.
- [24] A. A. Sujittra Boonsriwai, "Indoor wifi localization on mobile devices, ieee," *IEEE*.
- [25] K. P. Brian Roberts, "Site-specific rss signature modeling for wifi localization," *IEEE*.
- [26] A. I. Moura, "Wbls: um sistema de localização de dispositivos móveis em redes wi-fi, universidade de são paulo/ dissertação de mestrado, 2007."
- [27] R. S. C. A. S. Bitter A. G. Cruz, Lisandro Lovisolo, *Um Sistema para Localização em Tempo Real de Terminais Wi-Fi em Ambientes Indoor*.
- [28] D. . C. P. . C. P. . S. R. Lassabe, F. ; Charlet, "Friis and iterative trilateration based wifi devices tracking," *Parallel, Distributed, and Network-Based Processing, 2006*.
- [29] E. A. Ali Taheri, Arvinder Singh, "Location fingerprinting on infrastructure 802.11 wireless local area networks (wlans) using locus," *IEEE International Conference on Local Computer Networks (LCN'04)*.
- [30] C.-Y. H. Alan Holt, *802.11 Wireless Networks: Security and Analysis, Springer*.
- [31] E. da Veiga Pereira, "Desenvolvimento de um sistema de localização de fontes rádio frequência para aplicações indoor, faculdade de engenharia da universidade do porto/ dissertação, 2011."
- [32] R. P. B. Mota, "Rfid - radio frequency identification."
- [33] R. Want, "An introduction to rfid technology," *Pervasive Computing, IEEE*.
- [34] A. D. A Garcia, R Fonseca, "Electronic long cane for locomotion improving on visual impaired people. a case study," *IEEE Pan American Health Care Exchanges, 2011*.
- [35] U. K. R. C. K. P. A. A. Krishna Kumar, Biswajeet Champaty, "Development of an ultrasonic cane as a navigation aid for the blind people," *IEEE 2014 International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT)*.
- [36] N. Pritt, "Indoor location with wi-fi fingerprinting," *IEEE Applied Imagery Pattern Recognition Workshop: Sensing for Control and Augmentation (2013)*.
- [37] N. Fallah, I. ApostoloPoulos, K. Bekris, and E. Folmer, "Indoor human navigation systems: A survey," *Oxford University Press on behalf of The British Computer Society*.
- [38] Arduíno, "Arduíno," Junho 2014. [Online]. Available: <http://www.arduino.cc/>

APÊNDICE

Apêndice A — Questionário Aplicado a Deficientes Visuais

1. Você utiliza algum meio para auxílio em seu deslocamento diário?
 - a) Sim. Utilizo uma bengala comum
 - b) Não
 - c) Sim. Utilizo uma bengala eletrônica
 - d) Outros.....
2. Você costuma pedir ajuda para conseguir chegar até um local que você ainda não conhece, dentro da Instituição?
 - a) Sim
 - b) Não
 - c) Às vezes
3. Você costuma pedir sempre ajuda para conseguir chegar até um local que você já conhece, dentro da Instituição?
 - a) Sim

- b) Não
4. Quantas vezes você necessita percorrer o mesmo caminho pra gravá-lo?
 - a) 1 vez
 - b) 2 vezes
 - c) 3 vezes
 - d) Várias vezes
5. Quanto tempo foi necessário para você se sentir seguro em se locomover dentro do Instituto?
 - a) 1 ou 2 semanas
 - b) 1 mês
 - c) 2 mês
 - d) Outros.....
6. Quais as dificuldades de infraestrutura encontradas por você dentro da Instituição?
 - a) Falta de elevador
 - b) Falta de rampas
 - c) Ausência de piso tátil
 - d) Nenhuma
 - e) Outras.....
7. Você já teve alguma espécie de colisão com algum obstáculo não detectado pela bengala?
 - a) Sim
 - b) Não
8. Qual foi este objeto colidido?
 - a) Orelhão
 - b) Placas
 - c) Mesas ou cadeiras
 - d) Postes
 - e) Outros.....
9. Qual a velocidade dos seus passos em um percurso conhecido?
 - a) Passos Lentos
 - b) Passos Normais
 - c) Passos Rápidos
10. Qual a velocidade dos seus passos em um percurso novo?
 - a) Passos Lentos
 - b) Passos Normais
 - c) Passos Rápidos
11. O que você acha de um mecanismo que ajude em sua locomoção dentro de ambientes internos?
 - a) Bom
 - b) Desnecessário
 - c) Ótimo
 - d) Outros.....
12. Um mecanismo que detecta obstáculos, diz sua localização atual e te orienta até um destino desejado, traria algum benefício pra você? Quais?
 - a) Não traria benefício algum.
 - b) Traria mais independência na locomoção
 - c) Traria mais segurança no deslocamento
 - d) Por trazer mais segurança, deixaria minha locomoção mais rápida.

- e) Outros.....
13. Você usaria um equipamento com dimensões pequenas apoiado no pescoço, para detectar obstáculos em sua frente?
- Sim
 - Não
 - Talvez
14. Você estaria disposto a utilizar um dispositivo móvel (celular ou Tablet), como auxílio para se locomover?
- Sim
 - Não
 - Talvez
15. Você se sentiria bem em participar de um teste utilizando este mecanismo?
- Sim
 - Não
 - Eu me sentiria exposto
 - Não confio no mecanismo criado, só depois que for comprovado sua eficiência.
 - Faria o teste com muito prazer
16. O que você acha de Alertas vibratórios e sonoros avisando sobre obstáculos?
- Ruim. Pois atrapalharia outros sons característicos do ambiente
 - Bom. Pois seriam informações a mais para me ajudar
 - Prefiro só os alertas vibratórios
 - Prefiro só os alertas sonoros
 - Outros.....
17. O que você acha de Avisos sonoros sobre a sua Localização atual?
- Bom. Pois me situaria no ambiente
 - Desnecessário
 - Outros.....
18. Você gostaria que houvesse um meio ao qual você pudesse dizer o destino desejado e fosse orientado até ele com avisos sonoros?
- Sim. Seria ótimo para eu conseguir chegar nos lugares.
 - Sim. Pois me situaria no ambiente onde estou e para onde vou.
 - Não. Acho desnecessário
 - Outros.....
19. Na sua opinião esta forma de auxílio te ajudaria a chegar mais rápido nos lugares?
- Sim. Pois sabendo as direções a seguir e os obstáculos, andaria mais rápido
 - Não. Pois tenho pouca confiança
 - Talvez
 - Outro.....
20. Utilizando este método de auxílio você se sentiria mais independente?
- Sim. Pois não precisaria sempre de alguém pra me guiar
 - Não. Pois já sou independente na minha locomoção
 - Talvez
 - Outro.....
21. Este meio de auxílio na locomoção te daria mais segurança?
- Sim. Pois saberia onde estou andando e iria evitar muitas colisões
 - Não.
 - Talvez
 - Outro.....

Apêndice B — Resultados do Questionário Aplicado
 Nas figuras 14, 15 e 16 estão apresentados os resultados do questionário aplicado na Associação Baiana de Cegos.

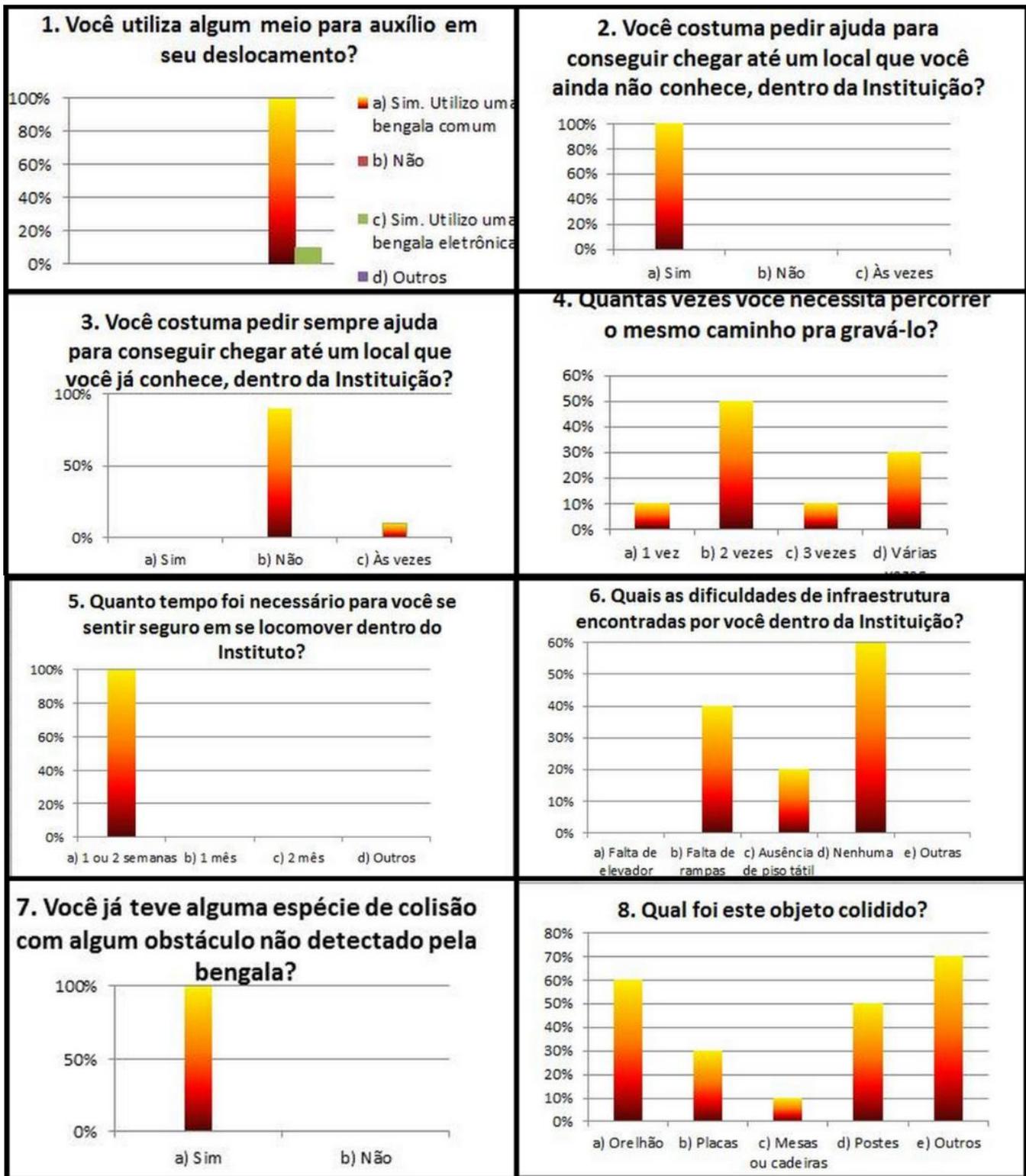


Figura 14. Gráficos de resultados da primeira à oitava questão

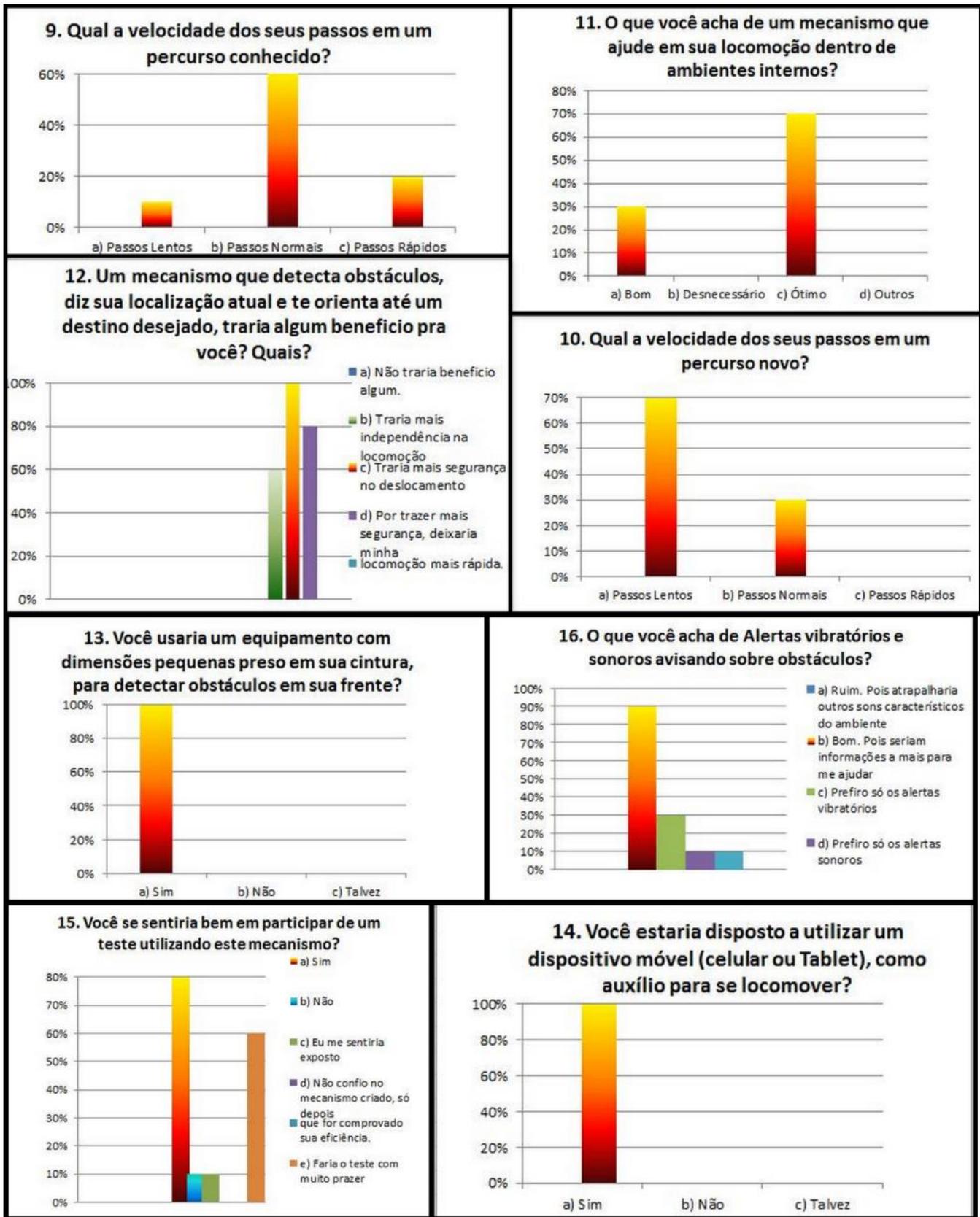


Figura 15. Gráficos de resultados das questões 9 à 14

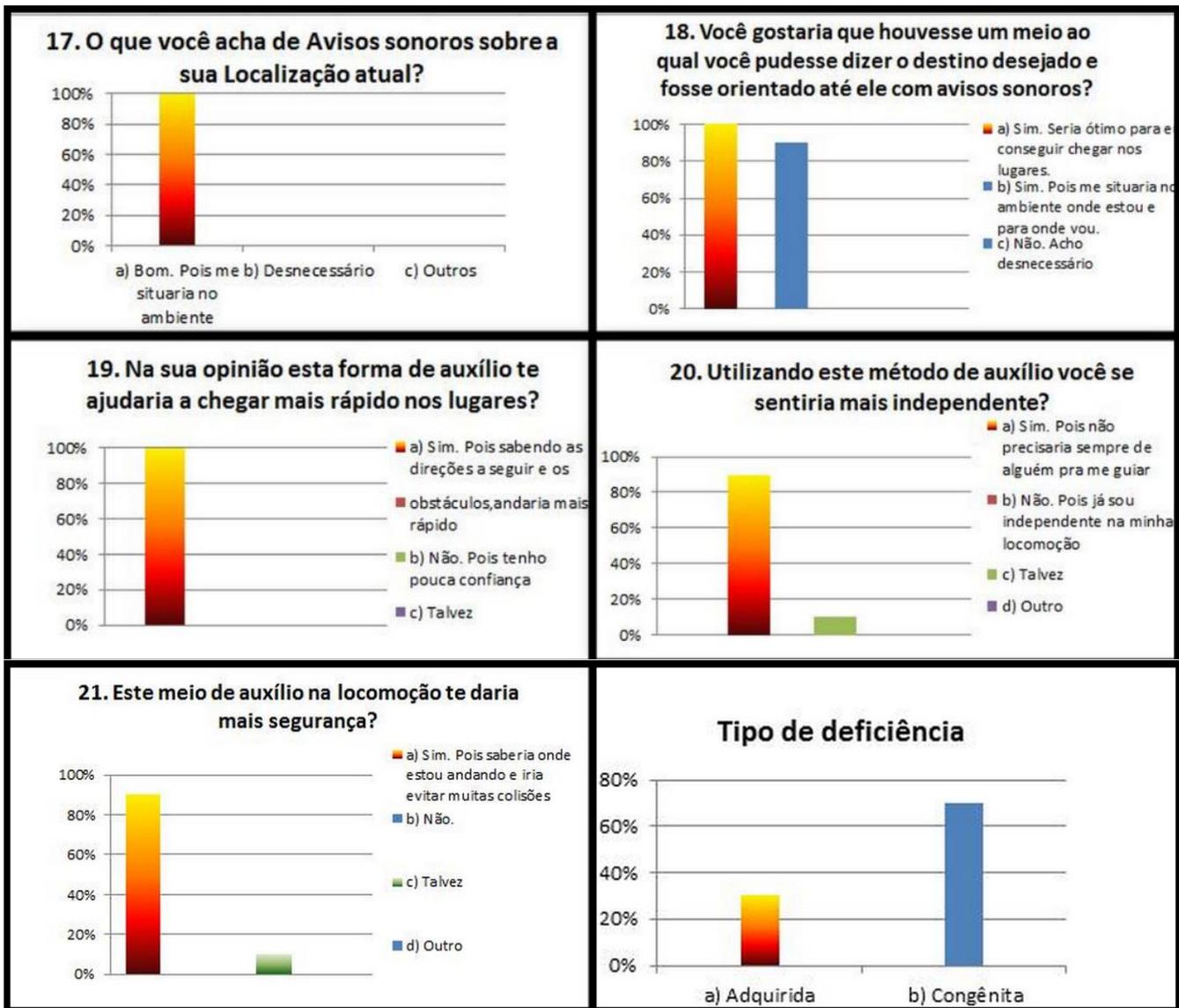


Figura 16. Gráficos de resultados das questões 17 à 21