

# Bengala Digital e Boné Digital à Serviço da Pessoa com Deficiência Visual

Carlos Eduardo S. de Oliveira<sup>1</sup>  
Instituto Federal de Educação, Ciência  
e Tecnologia da Bahia  
Rua Emídio dos Santos, S/N  
Barbalho, Salvador - Bahia  
edubahia.carlos@hotmail.com

Manoel C. M. Neto<sup>2</sup>  
Instituto Federal de Educação, Ciência  
e Tecnologia da Bahia  
Rua Emídio dos Santos, S/N  
Barbalho, Salvador - Bahia  
manoelnetom@ifba.edu.br

## RESUMO

Face grande desenvolvimento de um sistema para a confecção dos equipamentos digitais com sensores Bengala e Boné tem como escopo, contribuir de forma satisfatória para uma melhor qualidade de vida e bem estar da pessoa com deficiência visual, total ou parcial, de forma que torne sua locomoção mais independente, mais rápida e mais segura possível, quer seja em ambientes internos ou externos, quer seja em ambientes conhecidos ou desconhecidos. Como parte do objetivo geral deste projeto, o ideal é que os equipamentos objetos deste artigo sejam produzidos com baixo custo para que o público alvo deste trabalho possa ser alcançado em sua totalidade. A proposta é que com a utilização dos equipamentos supracitados, ao ouvir o som emitido pela buzina, as pessoas cegas se esbarrem com menor frequência nos elementos dispostos nos percursos, incluindo os objetos de pouca massa, de forma a considerar que com a bengala convencional isto não ocorre. Uma vez que o sensor da bengala antecipa a detecção dos objetos, o usuário, por sua vez, consegue desempenhar com maior rapidez o percurso desejado.

As etapas a serem realizadas para o alcance do objetivo geral são denominados objetivos específicos, que foram assim detalhados: realizar pesquisas bibliográficas e eletrônicas que embasem os argumentos presentes na análise; sugerir um modelo mais adequado ao que vem sendo eventualmente utilizado pela pessoa com deficiência visual. Em termos de tecnologia, o projeto está fundamentado na Tecnologia Assistiva, visto que está voltado à área de deficiência visual. Para validação da hipótese, testes foram realizados nas instalações internas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) para que fossem comprovados cientificamente, à fim de mensurar a eficácia e a eficiência dos equipamentos digitais bengala e boné. A partir da validação dos experimentos foi possível afirmar que os objetivos deste projeto foram alcançados. Porém, é necessário deixar claro que, para a produção dos equipamentos digitais experimentados nesse projeto, modificações e melhorias precisarão ser realizadas. Com base nos estudos deste trabalho em conjunto com os resultados dos experimentos feitos com os equipamentos objetos deste projeto; dos questionários aplicados; dos trabalhos relacionados; sugerimos, analisar a possibilidade de praticar as propostas de aperfeiçoamento a serem citadas na conclusão deste artigo. Diante do exposto, para o cumprimento do objetivo principal deste trabalho, foram utilizados a fim de montagem e confecção dos equipamentos digitais bengala e boné, elementos como bengala; boné; buzina; placa de *Arduino*; bateria; sensores; fios e caixa plástica.

## PALAVRAS-CHAVE

*Arduino*, microcontrolador, baixo custo, bengala, boné, digital, tecnologia assistiva, locomoção e deficiência visual.

## 1. INTRODUÇÃO

Os direitos humanos fundamentais são ainda ignorados à partes da população mundial, as quais se encontram na condição de pessoas com algum tipo de deficiência pouco mais de 600 milhões.

Diante deste quadro desolador, configura-se a busca incessante de um mundo melhor onde as oportunidades, a igualdade e a justiça sejam distribuídas para todos os indivíduos indistintamente. Procuram-se oportunidades tanto ou mais que direitos para as pessoas com deficiência, de modo que práticas de ações coletivas se tornem consequências naturais de leis justas, inteligentes e sábias, que incentivem o acesso e a inclusão, de tal maneira que atinja todos os seguimentos da sociedade. Desta forma exterminará qualquer ato de exclusão e ou discriminação dentre as pessoas que respiram do mesmo ar, bebem da mesma água, pisam na mesma terra, mas que acabam por traçar caminhos diferentes por condição e opção de cada indivíduo. É fato que, no século XX, houve uma alavancagem considerável nos avanços tecnológicos, científico e social, e que isto é indiscutível uma vez que está ao conhecimento de todas as pessoas participantes desse processo. Esta nova realidade ampliou o entendimento sobre o valor único, intransferível e inviolável de cada indivíduo. Mesmo diante desta nova configuração mundial, a ignorância, a insegurança, o preconceito, a discriminação, a dependência e a desconfiança ainda subordinam a maior parte das respostas da população à deficiência. É preciso, então, compreender e aceitar a pessoa com deficiência respeitando as particularidades e limitações de cada uma delas. Logo, faz-se necessário entender, e porque não, refletir, a deficiência como um fragmento comum da mutável condição humana.

Estudos estatísticos revelam que, à cada quatro famílias, uma delas tem uma pessoa com deficiência, assim como, cerca de 10% de uma determinada sociedade já nascem ou adquirem uma deficiência. Daí a necessidade de se criar direitos e oportunidades sociais, educacionais, trabalhistas e de mobilidade independente que atendam tanto as pessoas ditas "normais" como as pessoas que possuem algum tipo de limitação física, mental ou sensorial.

<sup>1</sup>Graduando em Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

<sup>2</sup> Doutor em Ciência da Computação e Professor do Curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

Segundo o censo demográfico de 2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) [25] existem, no Brasil, cerca de 35.74.392 pessoas com deficiência visual. Destas, 506.377 se declararam completamente cegos, 6.056.533 com baixa visão e o restante com algum grau de dificuldade visual leve.

Um dos principais problemas enfrentados pela pessoa com deficiência visual é o ato de se locomover. Para quem possui este tipo de deficiência, caminhar e não se esbarrar em objetos encontrados ao longo de um trajeto é um desafio diário. Atualmente, existem algumas ferramentas que facilitam a execução desta atividade. Dentre estas ferramentas destaca-se a bengala, que talvez, seja o mais relevante. Este instrumento é um objeto feito de alumínio que os cegos usam no solo fazendo um movimento horizontal, e que tem como finalidade identificar objetos que estão à sua frente. Para o deficiente visual que faz uso de uma bengala, o problema corresponde aos objetos vazados ou suspensos como: carros com carroceria muito elevada, escadas apoiadas em paredes, telefones públicos, prateleiras, plantas suspensas, placas, algumas grades, entre outros. Em ambientes que o deficiente já domina, o problema acontece quando os objetos são modificados de locais. Nesses casos, a ocorrência de acidentes é comum, pois não há como prever a nova organização e localização do objeto. Além da utilização da bengala, os cegos têm a possibilidade de optarem pela aquisição de cães-guia, que é outra ferramenta de importante destaque que ajuda o deficiente visual se locomover. Eles são cachorros treinados para conduzir o deficiente visual de forma eficiente evitando a maioria dos obstáculos encontrados. Porém, ao optar pelo cão-guia, o problema está no custo elevado de obtenção e manutenção do animal e a existência de poucos animais treinados a disposição da demanda. A situação agrava-se ainda mais se for considerado o tempo de vida destes animais, já que eles trabalham apenas de oito a nove anos. Diante do exposto, as duas opções citadas apresentam algumas limitações relevantes, que devem ser bem analisadas antes de escolher uma delas. À fim de minimizar os efeitos negativos de uma pessoa possuir deficiência visual, total ou parcial, é que este artigo tematiza e enfoca principalmente, o desenvolvimento de um sistema (software e hardware) com baixo custo para medir a distância de um obstáculo encontrado em um trajeto percorrido por um deficiente visual. Ao detectar um objeto, o sistema emite um sinal sonoro que permite alertar ao cego sobre aproximação de um objeto e evitar a ocorrência de um acidente. O sistema utiliza como plataforma de hardware uma placa de *Arduino* com baixo custo e de arquitetura livre, com a tentativa de atingir a maior parcela possível da comunidade de deficientes visuais e, somando-se à bengala e ao cão-guia, auxiliar o deficiente nas atividades cotidianas de locomoção, de modo a proporcionar mais autonomia, mais rapidez e mais segurança. Desta forma acredita-se que estará propiciando a estas pessoas uma melhor qualidade de vida e bem estar, quer seja em ambientes internos ou externos, quer seja em ambientes conhecidos ou desconhecidos. Para validação da hipótese, testes foram realizados nas instalações internas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) para que fossem comprovados cientificamente, à fim de mensurar a eficácia e a eficiência dos equipamentos digitais bengala e boné. A partir da validação dos experimentos foi possível afirmar que os objetivos deste projeto foram alcançados. Porém, é necessário deixar claro que, para à produção dos equipamentos digitais experimentados nesse projeto, modificações e melhorias precisarão ser realizadas. Com base nos estudos deste trabalho em conjunto com os resultados dos experimentos feitos com os equipamentos objetos

deste projeto; dos questionários aplicados; dos trabalhos relacionados; sugerimos, analisar a possibilidade de praticar as propostas de aperfeiçoamento a serem citadas neste artigo na conclusão. Na seção Trabalhos Relacionados, alguns projetos como Bengala Eletrônica, Bengala com Sensor e o Olho Biônico serão apresentados, com soluções distintas ou parecidas às do projeto bengala digital e boné digital. Entretanto, os equipamentos digitais bengala e boné oferecem propostas mais vantajosas, uma vez que o sistema foi desenvolvido com o propósito de detectar objetos rasteiros e suspensos encontrados em percursos realizados por deficientes visuais. Além disso, a ideia é que tais equipamentos digitais sejam produzidos com baixo custo. Conforme rege na Constituição Federal do Brasil, a informação de que todas as pessoas com deficiência devem ter acesso ao tratamento, à informação sobre técnicas de autoajuda, e se preciso, o provimento de tecnologias assistivas e adequadas é que este artigo se valia. Logo, proporcionar o desenvolvimento de sistemas, instrumentos e outros recursos que facilitem ou propicie a vida independente, bem como a autoconfiança e a plena integração social, em condições de igualdade e justiça, é imprescindível. Sendo assim, os deficientes poderão realizar suas atividades sem precisar necessariamente da ajuda de outras pessoas, podendo evitar eventuais situações desagradáveis e constrangedoras nos momentos em que ajuda lhes são negadas.

Para a construção do sistema bengala digital e boné digital coube realizar estudos específicos sobre os temas contidos neste artigo, para melhor embasá-los. Assim de posse desses dados, se valida os conceitos do tema e estabelece-se análise das informações. Desta forma o artigo está dividido em seções como:

1. Introdução;
2. Referencial Teórico;
3. Trabalhos Relacionados;
4. Desenvolvimento do Sistema;
5. Avaliação;
6. Conclusão;
7. Referências.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Pessoa com deficiência nos termos da legislação brasileira

A Federação Brasileira tem por obrigação proporcionar aos indivíduos da sociedade condições dignas de vida. Entretanto, na prática, isto não ocorre porque o Estado não insere ou trata de forma social e igualitária todos os cidadãos brasileiros [22]. Logo, lamentavelmente, compreende-se que a cidadania é privilégio de poucos, uma vez que se entende a cidadania como a possibilidade concreta do exercício dos direitos humanos firmados pela ordem jurídica [22]. Então, percebe-se que o Estado brasileiro não propicia a inclusão de todos os indivíduos neste conceito. Desta forma, institui duas classes distintas de indivíduos, sendo a primeira incluída à cidadania e a segunda, excluída à mesmacidania. Os direitos essenciais são o reflexo mais claro dos estatutos que diferem os indivíduos excluídos dos incluídos, pois demonstram que de fato o Estado não cumpre o papel que lhe cabe, restando, portanto, recorrer a elaboração de documentos que reforce sua obrigação, sua responsabilidade [22]. Diante de uma realidade demasiadamente excludente, cabe ressaltar que os direitos fundamentais são, sobretudo, consequências de reivindicações corriqueiras concretas, decorrentes de atos de injustiça e/ou de agressão de bens essenciais e elementares do

indivíduo. A Constituição Federal de 1988, com a incumbência de inserir classes de pessoas com deficiência que, por diversas razões, apresentam dificuldade de inserção social, estabeleceu um sistema de normas, regras a serem seguidas. As condições vão desde o princípio da igualdade (art. 5º, inc. I), do acesso, permanência e atendimento especializado (art. 206, inc. I e art. 208, inc. III), da habilitação e reabilitação (art. 203, inc. IV) até a garantia da eliminação de barreiras arquitetônicas (§2º, do art. 227 e art. 244). No momento em que a Constituição Federal estabelece, dentre os objetivos fundamentais do Estado Federal Brasileiro, a cidadania (art. 1º, inc. II), a dignidade da pessoa humana (art. 1º, inc. III) e os valores sociais do trabalho (art. 1º, inc. III), significa que todas as decisões judiciais, as decisões administrativas e a produção legislativa devem seguir indistintamente estas prerrogativas, não se referindo à norma apenas enunciativa, desprovida de qualquer efeito prático. Os seres humanos nascem livres e iguais em dignidade e direitos, e por estes motivos, direitos e liberdades de cada indivíduo não devem ser anulados e ou desrespeitados. Incluir socialmente as pessoas com deficiência deve ser uma ação considerada além de importante e fundamental, óbvia. Mesmo porque, na Constituição Federal Brasileira, em seu art. 5º, o direito de igualdade de todos os cidadãos se faz presente claramente. Desta forma, vale ressaltar que o princípio da igualdade de direitos, disposto na Constituição, estabelece que todos os cidadãos têm direito de tratamento igual, pela lei, em consonância com os critérios de ordem jurídica.

O termo "deficiência" significa uma restrição física, mental ou sensorial, de natureza permanente ou temporária, que limita a capacidade de realizar uma ou mais tarefas essenciais na vida cotidiana, causada ou agravada pelo ambiente econômico e social. No que diz respeito ao termo "discriminação contra as pessoas que possuem deficiência" significa toda diferenciação, exclusão ou restrição por motivo de deficiência, antecedente de deficiência, consequência de deficiência anterior ou percepção de deficiência presente ou passada, que tenha o efeito ou propósito de restringir ou anular o reconhecimento, gozo ou exercício por parte das pessoas possuidoras de deficiência de seus direitos humanos e suas liberdades fundamentais.

Para os efeitos do Decreto 3.298, de 20 de dezembro de 1999, que regulamenta a Lei nº 7.853/89, conhecida como a Lei de Acessibilidade, que dispõe sobre a Política Nacional para a Integração das Pessoas Portadoras de Deficiência, considera-se:

I- deficiência- toda perda ou anormalidade de uma estrutura ou função psicológica, fisiológica ou anatômica que gere incapacidade para o desempenho de atividade, dentro do padrão considerado normal para o ser humano;

II- deficiência permanente- aquela que ocorreu ou se estabilizou durante um período de tempo suficiente para não permitir recuperação ou ter probabilidade de que se altere, apesar de novos tratamentos; e;

III- incapacidade- uma redução efetiva e acentuada da capacidade de integração social, com necessidade de equipamentos, adaptações, meios ou recursos especiais para que a pessoa portadora de deficiência possa receber ou transmitir informações necessárias ao seu bem estar pessoal e ao desempenho de função ou atividade a ser exercida.

É considerada pessoa portadora de deficiência a que se enquadra nas seguintes categorias:

I- deficiência física- alteração completa ou parcial de um ou mais segmentos do corpo humano, acarretando o comprometimento da

função física, apresentando-se sob a forma de paraplegia, paraparesia, monoparesia, tetraplegia, tetraparesia, triplegia, triparesia, hemiplegia, hemiparesia, amputação ou ausência de membro, paralisia cerebral, membros com deformidade congênita ou adquirida, exceto as deformidades estéticas e as que não produzem dificuldades para o desempenho de funções;

II- deficiência auditiva- perda parcial ou total das possibilidades auditivas sonoras, variando de graus e níveis, indo de surdez leve até surdez severa e anacusia;

III- deficiência visual- 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 de ambas as situações;

IV- deficiência mental- funcionamento intelectual significativamente inferior à média, com manifestação antes dos dezoito anos e limitações associadas a duas ou mais áreas de habilidades adaptativas[23].

Contudo, faz-se necessário promover debates e discussões à fim de reflexão e promoção de melhorias para esta classe socialmente excluída e discriminada, uma vez que, em muitas esferas sociais tais esforços foram esgotados. Todavia, deve-se então, disseminar informações importantes para que a sociedade conheça os anseios da pessoa com deficiência e saiba que o que mais os deficientes querem não são direitos, mas oportunidades. Mesmo porque, como cidadãos, os direitos já lhes são garantidos na própria Constituição Federal Brasileira como qualquer outro cidadão. A pessoa com deficiência visual tem condições de cumprir deveres, exigir direitos e requerer oportunidades igualitárias, visto que são cidadãos participantes ativos da sociedade brasileira e desejam um país mais justo à todos.

## 2.2 Bengala para pessoas com deficiência visual

Historiadores confirmam registros reveladores de pessoas que utilizavam instrumentos de auxílio à locomoção como bastões e cajados, dentre outros tipos, com os quais ajudavam em longos percursos em que muitas vezes, eram irregulares, íngremes e de complicado acesso [20]. Os instrumentos de auxílio à locomoção utilizados na época facilitavam e muito, travessias de desertos, vales e montanhas. Além disso, usavam para conduzir diversos rebanhos como os de camelos, búfalos, cabras, dentre outros. Como se não bastasse, utilizavam também em ações de combate a animais selvagens, a ações de ataque e/ou de defesa e a outras circunstâncias quando necessário. O bastão, sob a forma de cetro, representava dignidade, honestidade, honra, teoz, e autoridade. Quanto ao cajado, observam-se referências em citações bíblicas como a encontrada na parte do Velho Testamento, no livro de ÊXODO, Capítulo 12, Versículo 11 que diz "Assim, pois o comereis: Os vossos lombos cingidos, os vossos sapatos nos pés, e o vosso cajado na mão; e o comereis apressadamente; esta é a páscoa do Senhor."

Em informes literários antigos, há registros em gravuras de pessoas cegas que utilizavam bastões ou que eram acompanhados de cães. Devido à disposição de obstáculos quase intransponíveis em lugares percorridos pelas pessoas cegas, exercer uma locomoção com autoconfiança, segurança e independência era praticamente impossível e consideravelmente arriscado, inclusive pela própria condição dos terrenos.

Deficientes visuais precisavam contar com a ajuda de pessoas que não tinham nenhum tipo de comprometimento no campo visual. A estes deficientes, restava apenas viver em ambientes limitados, restritos, fechados, conformando-se a viver lamentavelmente uma vida sedentária, livres de qualquer atividade física. A elas eram demandadas tarefas sem tanta relevância, quando não eram totalmente desprezadas pela sociedade. Durante séculos, a pessoa cega foi tida como um ser incapaz de conduzir sua própria vida, adquirir conhecimentos, se desenvolver profissionalmente, e pior, conviver em sociedade. Entretanto, em 1784, *Valentin Haüy* criou a primeira escola com ensino voltado a pessoas cegas. Com o surgimento destas escolas especializadas e com o desenvolvimento do Sistema *Braille* por *Louis Braille* em 1825, alinhados com as práticas de desenvolvimento e capacitação profissional para deficientes visuais, começou a mudar a realidade locomotiva destes indivíduos. A partir da primeira metade do século XX, foram percebidos, registros de ações pioneiras concretas nesta área, assim como a aplicação e confecção de recursos materiais efetivos que contribuíram significativamente para proporcionar a locomoção independente do deficiente visual.

Os primeiros deficientes visuais que fizeram parte do processo inicial de locomoção independente na Europa e nos Estados Unidos foram militares atingidos em campos de combate na primeira e segunda guerra mundial ocorridas nos anos de 1914-1918 e 1939-1945. À fim de reabilitar e reinserir estes indivíduos na sociedade, serviços públicos e privados se uniram para propiciar à estas pessoas uma melhor qualidade de vida.

*George Benham*, presidente do *Lion's Club* do estado de *Illinois*, Estados Unidos, em 1930, foi o idealizador das bengalas brancas com extremidade inferior vermelha à fim de identificar as pessoas cegas em ambientes internos e/ou ambientes externos onde se encontrem, despertar eventuais ajuda de pedestres que enxergam e alertar os condutores de veículos. Para tanto, a utilização da bengala não apenas contribui com estas funcionalidades, mas principalmente, para a pessoa cega identificar objetos rasteiros nos locais onde elas estão. O norte-americano, *Dr. Richard Hoover* (1915-1986), professor especializado na área de educação de pessoas com deficiência visual, empenhado na reabilitação de militares cegos em meados da década de 1940, desenvolveu técnicas específicas de locomoção e inventou a bengala longa, modelo padrão utilizados atualmente em todo o mundo.

A bengala é uma ferramenta que tem formato de um bastão, o qual varia de acordo com o tamanho do usuário, podendo ser confeccionada ou em alumínio ou em fibra, tendo em sua ponta inferior uma borracha chamada de ponteira, com função de proteger a ponta da bengala uma vez que danifica devido aos impactos no solo, e diminuir o barulho causado pelo metal/fibra. Este instrumento é utilizado no solo, fazendo o movimento horizontal, tendo como finalidade identificar objetos que estão à sua frente, quer sejam objetos rasteiros quer sejam objetos suspensos. O grande problema é que no momento que utiliza a bengala, ela não consegue localizar objetos vazados ou suspensos como caminhões, telefones públicos, plantas suspensas, placas de sinalização, toldos, dentre outros. No mercado a bengala está disponível em dois tipos que pode ser inteira, (formato o qual não permite o usuário fechar em lugares desejados), ou do tipo dobrável, (pequenos bastões interligados por elásticos resistentes, o que permite sua dobra, quando necessário).



Figura 1. Bengala inteira.

A bengala do tipo dobrável é utilizada em lugares em geral, mas recomendada, principalmente, em lugares sociais, uma vez que permite fechá-la, proporcionando a pessoa com deficiência visual certo conforto e discrição.



Figura 2. Bengala dobrável.

Visto que em tudo na vida tem vantagens e desvantagens, com a bengala não é diferente. A bengala do tipo inteira é bem mais resistente que a do tipo dobrável. Portanto, sua durabilidade é maior. Como foi citado anteriormente, o tamanho da bengala deve ser estabelecido conforme o tamanho do usuário. Ela deve ser medida verticalmente, a partir do osso que fica localizado na parte anterior do tórax, entre o peito direito e peito esquerdo, em direção ao solo. Apenas após essa medição, será possível mensurar o tamanho da bengala que se adequará melhor a estatura do usuário. Caso o tamanho da bengala não esteja em conformidade ao tamanho da pessoa, esta poderá sofrer algum dano físico que poderá ou não ser em grau leve.

Manusear a bengala não é tão simples como se imagina. Para tal, requer técnica e treinamento específico com profissional capacitado para isto. A pessoa que opta em utilizar este instrumento, necessita passar por aulas de Orientação em Mobilidade, aplicadas por um profissional da área de Educação Especial, os quais devem ensinar ao deficiente visual e/ou com baixa visão, técnicas de aprimoramento, para que estas pessoas possam se deslocar com mais segurança e autonomia. Afinal, este é o grande e principal objetivo de a pessoa cega ou com baixa visão utilizarem este instrumento tão importante à locomoção e que deve ser implementado na vida do cego o quanto antes, de acordo com a necessidade e desenvolvimento deste indivíduo. Além destas funcionalidades, a bengala fornece outras tão fundamentais quanto proporcionar a autoconfiança, a

independência e a segurança no caminhar. Ao utilizar a bengala é possível manter a preservação do bem-estar, da privacidade, da integridade física, uma vez que funciona como um mecanismo de proteção corporal; oferece à pessoa com deficiência visual a possibilidade do cumprimento de compromissos como eventos, festas, cerimônias profissionais e sociais; permite condição de realizar atividades com autonomia e dignidade. À fim de dar maior importância ao instrumento de auxílio à locomoção da pessoa cega, bem como às conquistas da comunidade foi instituído em 1970, sob iniciativa da Federação Internacional dos Cegos (*International Federation of the Blind*), em Paris, o Dia Internacional da Bengala Branca de Segurança (*International White Cane Safety Day*). Atualmente esta data é comemorada em partes de todo o mundo e, alguns países estabeleceram legislação específica à este fim. A comemoração desta data, objetiva divulgar as conquistas obtidas pela pessoa com deficiência visual, principalmente, no que diz respeito à área de locomoção independente ao usufruir o direito de ir e vir em lugares de circulação pública e de deslocamento para o ambiente laboral. Em 1964, a Federação Nacional dos Cegos dos Estados Unidos (*National Federation of the Blind -- NFB*), com o comando do Dr. *Jacobus tenBroek* (1911-1968), conquistou do Congresso dos Estados Unidos, por meio de campanha nacional, a Resolução HR 753, que delibera ao Presidente norte-americano a proclamar o dia 15 de outubro como o "Dia Internacional da Bengala Branca de Segurança".

O Dr. *tenBroek*, cego, excelente professor universitário, fez um projeto de lei sobre a Bengala Branca, estabelecendo em seu primeiro artigo, "É política deste Estado estimular e capacitar os cegos, os deficientes da visão e os deficientes físicos a participar plenamente da vida social e econômica do Estado e serem aproveitados em atividades remuneradas".

No Brasil, a bengala usada é nas cores metálica, branca, creme, vermelha e branca. Por diversas razões é festejado o Dia Internacional da Bengala Branca de Segurança, sendo uma delas, a garantia do direito adquirido de transitar em território nacional. Além do Dia Internacional da Bengala Branca de Segurança, no Brasil também é comemorado o Dia do Cego, em 13 de dezembro.

### 2.3 Cão guia

Como está descrito na seção referencial teórico no item bengala deste artigo, historiadores revelam registros de pessoas cegas que utilizavam instrumentos como cajados, bastões, bengalas, dentre outros, que serviam de auxílio para sua locomoção em longos e difíceis percursos. Entretanto, há também registros que revelam a utilização de animais para este fim. Cão-guia é um termo geralmente utilizado para denominar o cachorro que recebe treinamento especializado, com finalidade de conduzir com eficiência e segurança, pessoas com grau de visão muito baixa ou nula. O objetivo do uso deste animal é evitar o contato físico destas pessoas com objetos que possam ocasionar algum tipo de acidente. Não se sabe ao certo quando houve o primeiro registro dessa atividade, porém o mais preciso segundo historiadores foi descrito em um anúncio de mural no primeiro-século, nas ruínas enterradas de *Roman Herculaneum*. Há também, relatos de que foi encontrada na Idade Média, uma chapa de madeira com o desenho de um cão com uma coleira que conduzia um homem aparentemente cego [21]. Porém, foi nos

anos próximos a 1780 no hospital para cegos *Les Quinze-Vingts*, em Paris, que ocorreu a primeira tentativa sistemática de treinar cães para ajudar pessoas com deficiência visual. A ideia de treinar cães para acompanhar o deficiente visual foi tão importante que novas técnicas foram surgindo e outras foram aprimoradas para atender a demanda da época. Em 1788, *Josef Riesinger*, um fabricante cego de *Viena*, treinou um *spitz* tão bem que as pessoas frequentemente duvidavam de que ele não enxergava. Historicamente há ainda, relatos de que em 1819, *Johann Wilhelm Klein*, fundador de um instituto de educação para pessoas cegas (*Blinden-Erziehungs-Institut*) em *Viena*, mencionou o conceito do cão guia em seu livro para educar pessoas cegas (*der Blinden de Unterrichts do zum de Lehrbuch*). No entanto, não existe de fato, nenhum registro de suas ideias e nem que elas foram executadas. Dando continuidade a sequência cronológica dos fatos, em 1847, um homem suíço, *Jakob Birrer*, escreveu sobre suas experiências de ser guiado sobre um período de cinco anos por um cão que ele mesmo tinha treinado. Entretanto, foi com a I Guerra Mundial que iniciou a história moderna do cão-guia, ou seja, nos anos de 1914 ó 1918.

Tudo começou quando milhares de militares atingidos em campos de combate estavam retornando cegos, devido a gases venenosos. Um doutor alemão, Dr. *Gerhard Stalling*, teve a ideia de treinar cães em massa na tentativa de minimizar os efeitos que a guerra deixou na vida dos soldados afetados. Certa vez, no hospital no qual trabalhava, ao sair apressadamente para atender uma urgência, o Dr. *Gerhard Stalling* deixou o seu cão na companhia do paciente cego que caminhava com ele nas áreas do hospital. Ao retornar, o médico pressentiu que o cão se comportava de maneira diferente para com o paciente cego, percebendo o cão olhando para o paciente com muita fixação, atento aos movimentos e olhares do paciente. A partir do fato ocorrido, o Dr. *Stalling* iniciou explorar formas de treinar cães com o intuito de tornar estes animais em guias de confiança, para que pudessem acompanhar a pessoa com deficiência visual onde quer que seja. Em agosto de 1916, em *Oldenburg* foi aberta a primeira escola de cães-guia para cegos. A escola se expandiu e novas filiais foram abertas em *Bona, Breslau, Dresden, Essen, Freiburg, Hamburgo, Magdeburg, Münster e Hannover*, fato que resultou em 600 cães treinados por ano. Com base em depoimentos de clientes, estas escolas forneceram cães não somente aos ex-militares, mas também às pessoas cegas da Grã-Bretanha, França, Espanha, Itália, Estados Unidos, Canadá e União Soviética. Contudo, o fechamento do empreendimento foi anunciado e consolidado em 1926, sem que seus motivos tenham sido esclarecidos. Para tanto, outro centro de treinamento de cães-guia bem sucedida já havia sido aberto em *Potsdam*, perto de Berlim. O novo centro de treinamento era capaz de acomodar mais ou menos 100 cães de cada vez, e proporcionava até 12 treinamentos completos a cães-guia por mês. Em seus primeiros 18 anos, a escola treinou mais de 2.500 cães, com uma taxa de rejeição de apenas 6%.

Por outro lado, no continente americano por volta deste mesmo período, uma milionária americana *Dorothy Harrison Eustis*, já fazia uso dessa prática. Ela treinava cães para o exército e para as polícias, assim como para prestar serviço aos consumidores na Suíça. Com o entusiasmo, a energia e a perícia de *Dorothy Eustis* foi que estava lançando o Movimento Internacional do Cão Guia. Quando soube da existência do centro de *Potsdam*, localizado nas proximidades de Berlim, *Eustis* ficou curiosa e inquieta para estudar seus métodos, ficando longos

períodos por lá. Ela voltou tão impressionada que resolveu registrar seus estudos escrevendo um artigo sobre o assunto para o *The Saturday Evening Post* na América, em Outubro 1927.

*Frank Morris*, um americano cego ao ouvir falar sobre o artigo comprou um exemplar da revista, afirmando mais tarde que os cinco centavos pagos para adquirir o artigo da revista, valeu mais do que um milhão de dólares para sua vida. Ele afirmou ainda que o artigo teria mudado a sua vida. Resolveu então escrever para *Eustis*, dizendo-lhe que gostaria muito de ajudá-la a introduzir cães-guia nos Estados Unidos. *Dorothy Eustis* decidiu aceitar o desafio e treinou um cão, *Buddy*. Ela levou *Frank* para Suíça para aprender como trabalhar com ele. *Frank* retornou aos Estados Unidos acreditando que *Buddy* era o primeiro cão-guia da América. O sucesso desta experiência fez com que *Eustis* abrisse suas próprias escolas de treinamento de cão guia em *Vevey* na Suíça, em 1928 e tempo depois nos Estados Unidos da América. Denominou de "*L'Œil qui Voit*", ou "*The Seeing Eye*" (Velho Testamento da Bíblia- "O ouvido que ouve, e o olho que vê", Provérbios, XX, 12), e esta foi a primeira escola de cães guia da modernidade.

Em 1930, duas mulheres Britânicas, *Muriel Crooke* e *Rosmund Bond*, ouviram falar sobre "*The Seeing Eye*" e contactou com *Dorothy Eustis*, que as enviou um de seus instrutores. Em 1931, os primeiros quatro cães-guia britânicos concluíram os treinamentos. Sendo fundados anos depois a associação de cães-guia para cegos, denominada de *The Guide Dogs for the Blind Association*. Com base no histórico apresentado, escolas vêm surgindo a cada década, colaborando na mobilidade das pessoas com deficiência visual. Muitos cegos tiveram a oportunidade de ter suas locomoções melhoradas pelos cães guia e pelas organizações que os fornecem. O compromisso e a responsabilidade das pessoas que trabalham para estas organizações estão tão presentes quanto no passado. Uma das provas disso é que os herdeiros da herança de *Dorothy Eustis* continuam a trabalhar para melhorar a locomoção, manter a dignidade e a independência de pessoas cegas em todo o mundo.

No Brasil, a Lei 11.126, de 27 de junho de 2005 [26] garante aos deficientes visuais o direito de transitar e permanecer em todo território nacional com o auxílio de cão-guia, em locais e veículos, sejam eles públicos ou privados. Atualmente, existem em alguns estados como Rio de Janeiro, Santa Catarina e São Paulo, centros especializados, dotados de profissionais capazes de treinar cães-guia. O objetivo deste treinamento é fazer o animal entender que nos horários em que ele estiver com a coleira é hora de trabalhar, portanto, ele deve prestar atenção exclusiva ao seu dono.

O adestramento dos cães dura cerca de dois anos e meio, e divide-se em duas fases. Na primeira, os profissionais do centro visam encontrar uma família qualquer que queira acolher o animal, de forma voluntária e por um determinado período. Ela ficará responsável por ensinar ao animal viver em sociedade, sempre sob a orientação e supervisão do adestrador. Nesse momento inicial, o cão se apresenta com dois meses de idade, e isso requer mais atenção de todos. Após um período de doze a dezoito meses, a família adotiva precisa devolver o cachorro para o centro de treinamento. A partir de então, inicia-se a próxima fase. Na segunda etapa do treinamento, o cão passa de três a cinco meses para ser capacitado. Depois disso, o cão poderá ser

considerado apto a exercer o papel de um cão-guia, visto que já adquiriu técnicas específicas suficientes que proporcionarão à pessoa usuária do cão, locomover-se com eficiência, independência e segurança. Nesse período de treinamento do animal, o deficiente visual que ficará com o cão, terá de três a cinco semanas para aprender todos os comandos, cuidados necessários, e principalmente criar um laço de afetividade com o bicho.

Em todo mundo, raças como *Gold Retriever*, Labrador, Pastor Alemão, entre outras, são utilizadas para este tipo de treinamento. No Brasil, Labradores são geralmente os mais utilizados. No entanto, o fator determinante para se escolher o cão é a agressividade. Esses animais não podem ser agressivos, visto que poderia causar danos tanto à pessoa com deficiência, como a qualquer outra pessoa. Cabe ressaltar uma observação importante e fundamental, que é o fato de a personalidade do animal ser voltada ao trabalho. Esta é uma qualidade-chave e preponderante que facilita o seu entendimento em relação aos comandos recebidos. No país, o treinamento de um cão-guia pode custar em média R\$ 25.000,00. Um deficiente deve se cadastrar em uma fila de espera e deve aguardar para ser contemplado. A pessoa com deficiência visual que tem o desejo e a condição de adquirir um animal no exterior, esta deve arcar com as despesas de viagem e hospedagem, pois podem durar até 30 (trinta) dias; a pessoa precisa comprar o cão-guia que tem preço médio US\$ 5.000,00; os animais só trabalham de oito a nove anos, fazendo com que os donos tenham que passar por todo processo novamente, uma vez que não lhes é assegurado o direito de adquiri-los, pulando etapas, já que foram donos de um cão-guia; os custos de obtenção e de manutenção são significativamente elevados considerando os cães comuns; dentre outras restrições que deverão ser analisadas, antes de uma pessoa com deficiência visual resolver comprar um cão-guia.

Os custos elevados para se obter o animal acabam excluindo as pessoas que tem baixo poder aquisitivo. Daí a necessidade de desenvolver os equipamentos digitais Bengala e Boné objetos do projeto, para proporcionar acessibilidade a todas as pessoas com deficiência visual sem distinção de cor, escolaridade e ou condição financeira. Com o desenvolvimento de um sistema para a confecção dos equipamentos supracitados, tem o intuito de corroborar para uma melhor qualidade de vida e bem estar da pessoa com deficiência visual total ou parcial, de forma que torne sua locomoção mais independente, mais rápida e mais segura possível desprezando os altos custos. Este projeto proporcionará à pessoa cega maior autonomia ao executar tarefas do dia a dia. O objetivo é que com a utilização dos equipamentos, ao ouvir o som emitido pela buzina, as pessoas cegas se esbarrem com menor frequência nos elementos dispostos nos percursos, de forma a considerar que com a utilização do cão-guia isto já ocorre, porém, os custos de obtenção e manutenção para se ter um animal que faça este papel excedem o poder de compra da maioria das pessoas que necessita. Sendo assim, a aquisição do cão-guia se torna praticamente inviável, pois uma vez adquirido proporcionará elevação nas despesas de cada uma delas. Nesse sentido, apresenta-se a proposta de desenvolver e sugerir outras ferramentas de auxílio de locomoção com custo reduzido para pessoa com deficiência visual, um modelo mais adequado aos que vêm sendo eventualmente utilizados. A proposta é que os equipamentos Bengala Digital e Boné Digital sejam produzidos com baixo custo para que o público alvo deste projeto seja alcançado em sua totalidade.

## 2.4 Tecnologia Assistiva

A forma de se apossar de tecnologia nos últimos anos não se restringe apenas a obter bens de consumo ou as soluções rápidas que venham facilitar as atividades cotidianas dos indivíduos, e até mesmo, paliativas, para fins mercadológicos. A tecnologia ganhou destaque nas mais variadas áreas como na educação, na saúde, na arte, na segurança, dentre outras, além de fazer parte de projetos governamentais. Os projetos elaborados na área de Tecnologia Assistiva ó TA um termo ainda pouco conhecido segundo o COMITÊ DE AJUDASTÉCNICAS, CAT/SDH/ PR, 2007, corresponde à Área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social [24], têm contribuído consideravelmente no atendimento e desenvolvimento desses indivíduos. Sabendo que atualmente a tecnologia atua como agente de integração e transformação sociocultural, é que este trabalho fundamenta-se no sentido de proporcionar mais autonomia às pessoas com deficiência visual total ou parcial, em termos de locomoção independente, rápida e segura, com o desenvolvimento de um sistema para a confecção dos equipamentos digitais Bengala e Boné, com o intuito de corroborar satisfatoriamente para uma melhor qualidade de vida e bem estar. A proposta é que com a utilização dos equipamentos supracitados, ao ouvir o som emitido pela buzina, as pessoas cegas se esbarrem com menor frequência nos elementos dispostos nos percursos. O artigo propõe um modelo mais adequado ao que vem sendo eventualmente utilizado pela pessoa com deficiência visual e, para isto, utiliza-se da tecnologia Assistiva. Num sentido mais ampliado percebemos que o avanço tecnológico tem tornado mais fácil a vida das pessoas. Diariamente utilizam instrumentos que foram desenvolvidos à fim de simplificar e facilitar as tarefas do cotidiano, como os computadores, os celulares, os automóveis, as máquinas lavadoras de roupas e de louças, enfim, uma extensa lista de recursos que proporciona melhor desempenho das pessoas que as realiza. No entanto, para as pessoas com deficiência além das novas ferramentas tecnológicas, utilizar-se da Tecnologia Assistiva para promover melhor comunicação, integração e mais independência vai mais além do que se imagina. Então, para melhor compreender esta afirmação, segue uma citação de *Radabaugh* 1993 que explica com simplicidade e precisão o que isto realmente significa: "Para as pessoas sem deficiência a tecnologia torna as coisas mais fáceis. Para as pessoas com deficiência, a tecnologia torna as coisas possíveis." [24].

Segundo *Cook e Hussey* 1995, a TA é definida com o conceito do *ADA - American with Disabilities Act*, como "uma ampla gama de equipamentos, serviços, estratégias e práticas concebidas e aplicadas para minorar os problemas funcionais encontrados pelos indivíduos com deficiências" [24]. Logo, compreende-se que o objetivo principal da TA é propiciar à pessoa com deficiência maior independência, qualidade de vida e inclusão social, a partir da amplitude de sua comunicação, mobilidade, controle de seu ambiente, habilidades de seu aprendizado e trabalho.

Em consonância com o Secretariado Nacional para a Reabilitação e Integração das Pessoas com Deficiência [SNRIPD] de Portugal, afirma que "Entende-se por ajudas técnicas qualquer produto, instrumento, estratégia, serviço e prática utilizada por pessoas com deficiência e pessoas idosas, especialmente,

produzido ou geralmente disponível para prevenir, compensar, aliviar ou neutralizar uma deficiência, incapacidade ou desvantagem e melhorar a autonomia e a qualidade de vida dos indivíduos". [24]. Sob esta ótica, percebe maior abrangência do tema, uma vez que expande a concepção de produto e adiciona outras responsabilidades ao conceito de ajudas técnicas.

A legislação brasileira direciona o direito do cidadão com deficiência sobre a concessão dos recursos de tecnologia assistiva dos quais precisa. Entretanto, o trabalho para o reconhecimento e estruturação desta área de conhecimento no Brasil caminha em passos lentos, assim como os incentivos à pesquisa e à produção nacional de recursos de TA, que futuramente atendam a demanda existente no país. No entanto, com a promulgação do Decreto 3.298 de 1999, no artigo 19, fala do direito do cidadão brasileiro com deficiência às Ajudas Técnicas. "Consideram-se ajudas técnicas, para os efeitos deste Decreto, os elementos que permitem compensar uma ou mais limitações funcionais motoras, sensoriais ou mentais da pessoa portadora de deficiência, com o objetivo de permitir-lhe superar as barreiras da comunicação e da mobilidade e de possibilitar sua plena inclusão socialô.

Parágrafo único. São ajudas técnicas:

- I - próteses auditivas, visuais e físicas;
- II - órteses que favoreçam a adequação funcional;
- III - equipamentos e elementos necessários à terapia e reabilitação da pessoa portadora de deficiência;
- IV - equipamentos, maquinarias e utensílios de trabalho especialmente desenhados ou adaptados para uso por pessoa portadora de deficiência;
- V - elementos de mobilidade, cuidado e higiene pessoal necessários para facilitar a autonomia e a segurança da pessoa portadora de deficiência;
- VI - elementos especiais para facilitar a comunicação, a informação e a sinalização para pessoa portadora de deficiência;
- VII - equipamentos e material pedagógico especial para educação, capacitação e recreação da pessoa portadora de deficiência;
- VIII - adaptações ambientais e outras que garantam o acesso, a melhoria funcional e a autonomia pessoal;
- IX - bolsas coletoras para os portadores de ostomia." (LIMA. 2007).

Também o decreto 5.296 de 2002 que dá prioridade de atendimento e estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas com deficiência ou com mobilidade reduzida, possui um capítulo específico sobre as ajudas técnicas VII onde descreve várias intenções governamentais na área da tecnologia assistiva, além de referir a constituição do CAT/SEDH [24]. Neste decreto encontramos que:

õConsideram-se ajudas técnicas os produtos, instrumentos, equipamentos ou tecnologia adaptados ou especialmente projetados para melhorar a funcionalidade de pessoas portadoras de deficiência, com habilidade reduzida

favorecendo autonomia pessoal, total ou assistida", afirma LIMA, 2007 [24]. Com a ratificação do Brasil na Convenção sobre os Direitos das Pessoas com deficiência da ONU, incorporou ao seu ordenamento jurídico conferindo-lhe equivalência constitucional, BRASIL, SDHPR - Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência - SNP. 2012, [24]. Desta forma, os Estados Partes desta Convenção comprometem-se a garantir os direitos nela impressos. Cabe, pertinentemente, ressaltar o que é mais relevante para o presente trabalho:

Realizar ou promover a pesquisa e o desenvolvimento, bem como a disponibilidade e o emprego de novas tecnologias, inclusive as tecnologias da informação e comunicação, ajudas técnicas para locomoção, dispositivos e tecnologias assistivas, adequados a pessoas com deficiência, priorizando as tecnologias de custo acessível;

Propiciar informação acessível para as pessoas com deficiência a respeito de ajudas técnicas para locomoção, dispositivos e tecnologias assistivas, incluindo novas tecnologias bem como outras formas de assistência, serviços de apoio e instalações;

Facilitar às pessoas com deficiência o acesso a tecnologias assistivas, dispositivos e ajudas técnicas de qualidade, e formas de assistência humana ou animal e de mediadores, inclusive tomando-os disponíveis a custo acessível;

Incentivando entidades que produzem ajudas técnicas de mobilidade, dispositivos e tecnologias assistivas a levarem em conta todos os aspectos relativos à mobilidade de pessoas com deficiência.

Em conformidade com os resultados divulgados pelo IBGE, do Censo 2010, o País possui 45,6 milhões de pessoas com alguma deficiência, o que representa 23,91% da população [24]. Estes números representam a grande demanda existente e revelam a necessidade de alimentar incentivos para o desenvolvimento de tecnologia nacional, inserção do tema da TA nos cursos de capacitação profissional, organização de serviços específicos e, incluindo principalmente, ações governamentais de concessão de TA que atendam a demanda. A tecnologia assistiva ao alcance do usuário será imprescindível para a promoção da inclusão das pessoas com deficiência, tanto no campo da educação, mobilidade, inserção no trabalho como na vida em sociedade. Embora ações importantes possam ser observadas no país como foram apresentadas nesta seção, é possível afirmar que ainda estão nos primeiros passos e o que se conseguiu fazer no momento atual ainda é insuficiente, não contemplando a maioria das pessoas que precisa dos recursos de TA.

## 2.5 Arduino

O projeto *Arduino*, deu-se origem na Itália na cidade de Ivrea em 2005 no *Interaction Design Institute*[3]. Criado pelo grupo composto por *David Cuartielles*, *Gianluca Martino*, *Tom Igoe*, *David Mellis*, ano *Massimo Banz*, com o objetivo de ser um hardware de baixo custo e de fácil manipulação e aprendizagem. A primeira tiragem foi de duzentos *Arduino*, os quais eram vendidos em forma de kits para que os alunos da instituição pudessem usar em seus projetos. A venda da primeira tiragem foi um sucesso, necessitando assim de novas tiragens, fato que

resultou em sua fama por todo o mundo, o que propiciou sua adoção e utilização por outras instituições. O projeto foi aperfeiçoado e em 2006, ano seguinte ao seu lançamento ganhou destaque numa menção honrosa na categoria Comunidades Digitais do prêmio *Ars Electronics Prix*[2].

Sob a licença da *Creative Commons Attribution Share-Alike*[27], o *Arduino* é um projeto de código aberto, no qual permite ao usuário utilizar e adaptar gratuitamente, sendo dispensada a solicitação de autorização para seu uso, assim como dispor de qualquer pagamento para este fim. Devido a estas facilidades, é facilmente encontrado clones do *Arduino*. No entanto, os autores do projeto detém o direito autoral de utilizar o termo *Arduino*. Sendo assim, as placas alternativas devem possuir denominação distinta do termo original, ou seja, do nome *Arduino*.

Segundo [2] o *Arduino* é uma plataforma de prototipagem eletrônica *open-source* que se baseia em hardware e software flexíveis e fáceis de manipular. É destinado a artistas, *designers*, *hobbistas* e ou qualquer pessoa interessada em criar objetos ou ambientes interativos.

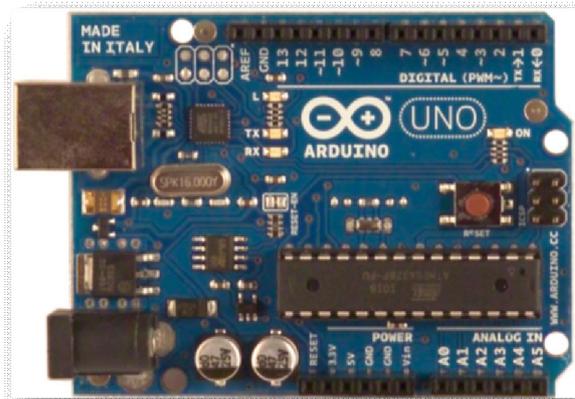


Figura 3. *Arduino Uno* [7].

O projeto *Arduino* é bem sucedido porque está relacionado à sua plataforma de hardware e software que são totalmente flexíveis, fáceis de serem utilizadas, de custo consideravelmente reduzido, além de possibilitarem que outras placas especializadas sejam encaixadas por cima do *Arduino*, proporcionando a disponibilização de outras funcionalidades quando necessárias. Conhecidas tecnicamente por *Shields*, as placas especializadas podem ser empilhadas umas sobre as outras. Existevasta gama de *Shields* que podem ser conectados a um *Arduino*, entretanto, para contemplar o presente artigo serão descritos os que geralmente são mais utilizados.

*Ethernet shield* - Dá recursos para que uma placa de *Arduino* funcione como servidor de web;

*Motorshield* - Aciona motores elétricos;

*USB Host (Hospedeiro USB)shield* - Permite o controle de dispositivos *USB*;

*Relays (Relés)shield* - Comanda relés a partir do seu *Arduino*[1].

O projeto *Arduino* possui diversas placas como *Arduino Uno*; *Arduino Duemilanove*; *Arduino Diecimila*; *Arduino Nano*; *Arduino Bluetooth*; *Arduino Lilypad*; dentre outras. Para tanto, à fim de contemplar o presente trabalho, será apresentado apenas o *Arduino Uno*, que corresponde a placa pertencente à família

Arduino mais utilizada mundialmente, sendo também, a placa usada para a consolidação do projeto objeto deste artigo, ou seja, Bengala Digital e Boné Digital. A tabela 1 apresenta um resumo dos componentes do Arduino Uno que serão discutidos no decorrer deste trabalho.

Tabela 1: [7] ResumoArduino

Componente	Descrição
Microcontrolador	Atmega328
Tensão operacional	5V
Tensão de entrada (recomendada)	7-12V
Tensão de entrada (limites)	6-20V
Pinos Digitais entrada/saída	14 sendo 6 permitindo saída PWM
Pinos Analógicos de entrada	6
DC corrente por pino de entrada/saída	40mA
DC corrente para pino de 3.3	50mA
Memória Flash	32 KB (ATmega328), dos quais 0.5 KB utilizado pelo gerenciador de boot
SRAM	2 KB (Atmega328)
EEPROM	1 KB (Atmega)
Velocidade de Clock	16 MHz

Lançado no ano de 2010, o ArduinoUno possui compatibilidade de pinos com as versões anteriores e tem os mesmos conectores, assim como um soquete USB. Uma das diferenças mais relevantes do ArduinoUno em relação às versões anteriores, é que o ArduinoUno vem com um chip USB que proporciona realizar comunicação mais veloz com um computador. Vale ressaltar que toda a placa do ArduinoUno vem sempre acompanhada com um microcontrolador Atmega328, o qual será apresentado com detalhes mais à diante. Por outro lado, no que diz respeito às versões anteriores vem com o ATmega168.

O microcontrolador, por sua vez, é programado com uma linguagem própria de programação do Arduino com a qual se baseia em C e C++, através de um ambiente de desenvolvimento integrado (Integrated Development Environment IDE), denominado de ArduinoIDE. Através da IDE do Arduino é possível compilar e gravar o programa para o microcontrolador, desde que a placa esteja conectada a um computador via USB. O ArduinoIDE está disponível gratuitamente, e é voltado para os sistemas operacionais Windows, Linux ou Mac OS. A Figura 4 mostra a imagem do ArduinoIDE.

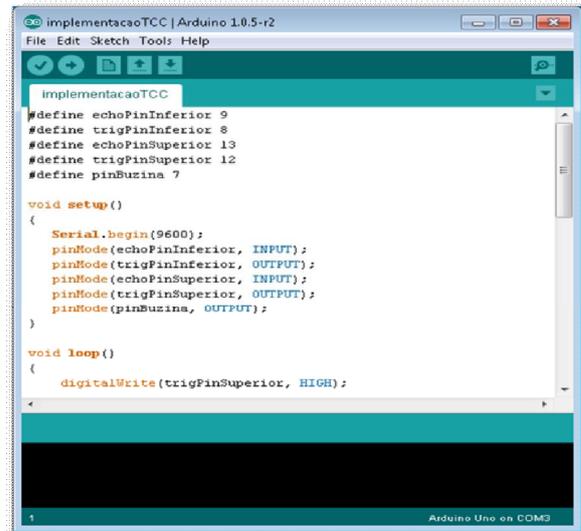


Figura 4. Arduino IDE

Os códigos escritos no Arduino geram os sketch. Os sketch é o nome dado aos programas feitos para Arduino. As instruções dos sketch são executadas conforme a ordem que são escritas. Projetos em Arduino funcionam de forma autônoma ou podem se comunicar com softwares como o Flash, Processing e MaxMSP, ou seja, programas que são executados em um computador. Segue descrição de alguns componentes do ArduinoUno, obedecendo a numeração da figura 5.

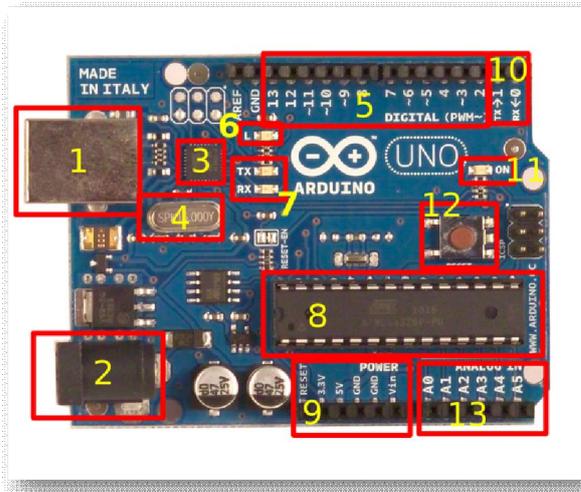


Figura 5. ArduinoUno comentado [4].

1. USB permite a comunicação com um computador conectado na placa de Arduino por meio de um cabo USB. Caso haja curto circuito e sobrecarga nos níveis de corrente o Arduino possui proteção da comunicação USB; [5].
2. Power Jack permite ligar o Arduino em uma fonte externa de energia com corrente de seis até vinte volts. Porém, vale ressaltar que o recomendado é entre sete e doze volts, à fim de evitar o superaquecimento da placa; [5].

3. *Chip* de comunicação responsável pela conexão entre o computador e o microcontrolador do *Arduino* quando essa conexão é feita através da porta *USB*; [4].
4. Cristal que permite o microcontrolador executar operações matemáticas como adição, subtração, divisão, multiplicação, dentre outras operações, podendo fazer dezesseis milhões de operações por segundo; [1].
5. Pinos digitais ou portas digitais são disponibilizadas 14(catorze) portas que vão do pino 0 (zero) até o pino 13 (treze), sendo que, neste item, serão tratadas apenas as posições que estão entre o intervalo da porta 2 (dois) até a porta 13 (treze). Podem ser utilizados como pinos de entradas ou pinos de saídas. O comportamento dos pinos como entradas e saídas são definidos no *sketch*. Os pinos 3 (três), 5 (cinco), 6(seis), 9 (nove), 10 (dez) e 11 (onze) podem ser configurados para gerar sinais analógicos. Essa configuração é realizada através do código fonte. Todo pino digital no *Arduino* que permite ser configurado para receber sinal analógico, vem com o símbolo til (~) próximo do número da porta. As conexões digitais podem fornecer quarenta miliamperes com cinco *volts*, suficientes para o projeto Bengala Digital e Boné Digital. [1]
6. *Led L* está associado ao pino digital 13 (treze) que permite acender o *led* quando o sinal da porta for *HIGH* (alto), ou apagar quando o sinal for *LOW* (baixo). Posteriormente será explicado o que é sinal *HIGH* (alto) e *LOW* (baixo) no *Arduino*.
7. *LedsTX/RX*: o *led TX* indica envio de comunicação de dados pelo pino digital 1 (um) ou porta *USB*. Enquanto que, o *ledRX* recepção de comunicação de dados pelo pino digital 0 (zero) ou porta *USB*; [5].
8. Microcontrolador *ATmega328* que é tido como o cérebro do *Arduino*. Na próxima seção será apresentado com mais detalhes o microcontrolador;
9. Barra de energia no item nove da figura 5 mostra cinco componentes que são: *RESET* Permite ligar um botão para reiniciar a placa externamente, 3.3V Permite ligar dispositivos externos ou *shields* que trabalhem nessa voltagem, 5V Permite ligar dispositivos externos ou *Shields* que trabalhem nessa voltagem, *GND* possui duas saídas e fornecem uma tensão de 0V, o popularmente conhecido como fio terra, o pino *Vin* nos permite conectar uma fonte de alimentação externa.
10. Os pinos 0 (zero) e um *RX* e *TX*, respectivamente, são portas reservadas para comunicação serial com dispositivos externos. O *RX* é responsável pelo envio dos dados, enquanto que, o *TX* é responsável pela recepção dos dados.
11. *Led ON* está ligado quando a placa do *Arduino* está energizada;
12. *RESET* botão que já vem na placa do *Arduino* permitindo reiniciar o programa que está no microcontrolador;
13. *ANALOG IN* permite ligar dispositivos analógicos no *Arduino*. As portas analógicas podem ser configuradas via códigos para se comportarem como portas digitais de entradas e saídas.

## 2.6 Microcontrolador

Atualmente, com a evolução da tecnologia é fácil encontrar projetos de informática e eletrônica como máquinas de

lavar, fornos de micro ondas, automóveis, dentre outros, nos quais são encontrados em seus dispositivos microcontrolador. Os microcontroladores são dispositivos completos, podendo ser comparados a um computador com diversos recursos embutidos num único *chip*, apresentando características específicas [8]. Podem ser definidos também como os microcontroladores que possuem características de um sistema computacional completo em um único *chip* [9]. Os microcontroladores são compostos por uma *CPU* (*Central Processing Unit*); memória *RAM* (*Random Access Memory*); memória *EEPROM* (*Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory*); portas seriais; temporizadores e conversor de sinais analógicos para digitais. Existem no mercado uma extensa lista de microcontroladores como o *PIC* produzido pela *Microchip Technology Inc*, *TMS* fabricado pela *Texas Instruments*, *COP8* fabricado pela *National Semiconductor* e por fim o *ATmega328* fabricado pela empresa *Atmel Corporation*. O microcontrolador *ATmega328* se faz presente em todas as versões do *ArduinoUno*, e por este motivo será apresentado neste artigo apenas esse microcontrolador.

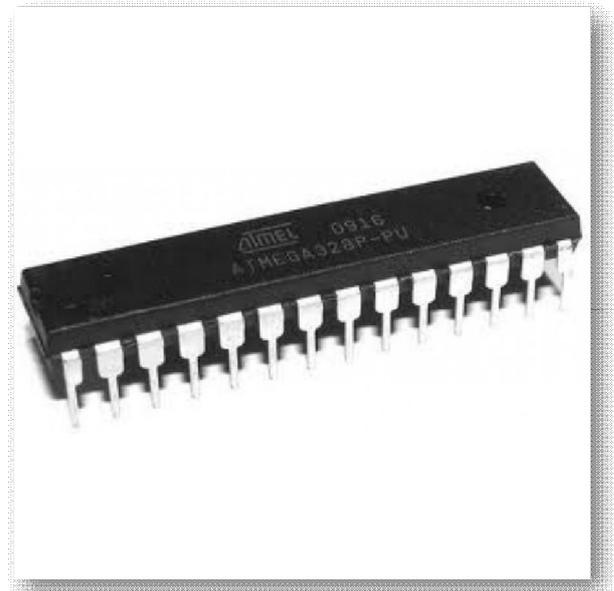


Figura 6. Microcontrolador *ATmega328* [17].

O microcontrolador *Atmega328* tem uma memória *flash* 32 *KB*, dos quais 0.5 *KB* é utilizado pelo gerenciador de boot. A memória *flash* é o local onde o programa fica armazenado na placa. A memória *flash* é uma memória não volátil, ou seja, que não perde os seus dados, mesmo não estando energizadas. Uma *SRAM* de 2 *KB* pertence também ao microcontrolador, é estática e de acesso aleatório onde os programas criam e manipulam as variáveis quando o *sketch* é executado, sendo uma memória volátil, ou seja, que perde os seus dados quando não é energizadas. A memória *EEPROM* também é uma memória não volátil e seu objetivo é guardar as configurações feitas no seu microcontrolador. O acesso a essa memória é feito via código fonte e é preciso utilizar a biblioteca *EEPROM.h*.

## 2.7 Sensor Ultrassônico

O Sensor Ultrassônico possibilita identificar objetos sem a necessidade de existir contato físico entre o sensor e o

obstáculo. O funcionamento dos sensores ultrassônicos são baseadas na teoria da ecolocalização. A ecolocalização é baseada na emissão de um som e através do eco desse som é mapeado o local. O morcego é um animal que utiliza a ecolocalização para se deslocar de um local para outro, encontrar suas presas, dentre outras ações. Um morcego guincha e o som do guincho reverbera nos objetos e o morcego capta os ecos [11]. Após guinchar e ouvir o eco o morcego consegue mapear o que está ao seu redó. O sensor ultrassônico assim como os morcegos emitem vibrações ultrassônicas que não são ouvidas pelos homens e suas propriedades são as mesmas de um som comum [12]. O homem só passa a ter alguma percepção auditiva quando as vibrações sonoras estão dentro do intervalo de dezesseis vibrações por segundo ou dezesseis *Hertz* (*Hz*) a dezoito mil vibrações por segundos ou dezoito mil *Hz*. Podendo variar de acordo com cada pessoa. Os sensores ultrassônicos emitem sons acima dos 18.000 (dezoito mil *quilo-hertz*) (*kHz*) e por conta disso, não é percebido pelo homem o som emitido pelo sensor ultrassônico. Em sensores ultrassônicos podem ser encontrados um componente que é responsável por emitir uma frequência sonora e é denominado de *Trigger*. O outro componente responsável por receber o sinal de volta é chamado de *Echo*. O sensor tem ainda um microcontrolador pequeno, que é responsável por determinar o tempo de envio e recebimento de um som [3]. Um sensor Ultrassônico percorre um centímetro em aproximadamente 29 (vinte e nove) microssegundos, podendo variar de acordo com o fabricante. Fundamentado nesta informação é que se pode chegar ao cálculo da distância que será observada na seção de desenvolvimento. Todos os sensores ultrassônicos apresentam pelo menos esses 3 (três) itens independentemente do fabricante. No presente trabalho foi utilizado um sensor ultrassônico HC-SR04 como é apresentado na figura 7.



Figura 7. Sensor Ultrassônico HC-SR04 [13].

O sensor HC-SR04 é capaz de identificar obstáculos no intervalo de dois centímetros a quatro metros; trabalha com tensão contínua de cinco volts; corrente de trabalho de 15 (quinze) *milliampere*; frequência de trabalho de 40 (quarenta) *hertz*; atinge um ângulo de 15 (quinze) graus quando uma onda ultrassônica é disparada [14]. O sensor RC-SR04 além de possuir um *trigger*, um *echo* e uma placa microcontroladora como todo sensor ultrassônico, possui ainda um *VCC* que é energizado com cinco volts e um *GND* que é o fio terra. Para o sensor funcionar é preciso conectá-lo ao *Arduino* como mostra a figura 8.

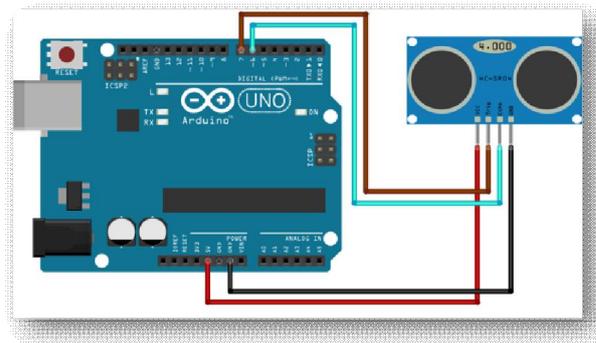


Figura 8. Ligando Sensor Ultrassônico HC-SR04 no *ArduinoUno* [13].

Depois de conectado ao *Arduino* através das portas que estão o *trigger* e o *echo* via código fonte é possível manipular esse sensor. Na seção de desenvolvimento será mostrado como o sensor ultrassônico foi implementado no projeto Bengala Digital e Boné Digital.

### 3. TRABALHOS RELACIONADOS

Esta seção tem por objetivo geral abordar trabalhos correlatos, isto é, projetos que tem o objetivo em comum, mas que apresenta solução distinta ou parecida. Os projetos a serem citados nesta etapa são Bengala Eletrônica, Bengala com Sensor e o Olho Biônico.

#### 3.1 Bengala Eletrônica

O projeto Bengala Eletrônica foi desenvolvido pelo estudante universitário Carlos Solon Guimarães da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai no estado do Rio Grande do Sul no ano de 2011 [14]. Segundo sua descrição, o projeto tem dois sensores que ficam localizados um na parte inferior da bengala para o reconhecimento de obstáculos que ficam abaixo da linha da cintura e o outro no meio da bengala para os objetos localizados acima da linha da cintura como afirma o autor. O projeto conta também com dois motores de vibração, sendo que o motor vibra quando o sensor localiza obstáculos acima da linha da cintura, e o motor dois vibra quando o sensor localiza obstáculos abaixo da linha da cintura. Quando os dois vibram é por que o obstáculo é grande. O microcontrolador utilizado também é preso na parte superior da bengala. No projeto Bengala Eletrônica os sensores reconhecem objetos a uma distância de um metro. A Figura 9 mostra como seria montado o projeto Bengala Eletrônica.

Uma vantagem do projeto Bengala Eletrônica é que utilizam *hardware* e *software* de código aberto que possibilita ao usuário usar e alterar o código e não pagar nada por isso. Esta vantagem é também percebida no projeto Bengala Digital e Boné Digital, uma vez que o projeto faz uso de *hardware* e *software* de código aberto. É por este motivo que no protótipo objeto deste artigo para bengala digital e boné digital possui uma porta serial de fácil acesso, proporcionando ao usuário que tenha conhecimento em programação acessar o microcontrolador, sendo permitido, alterar a programação do sistema. Este acesso é possível por meio de um cabo *USB* conectado a um computador que tenha a *IDE* do *Arduino*. O diferencial entre estes dois projetos Bengala Eletrônica e a Bengala Digital e Boné Digital é

no processo de identificação de objetos suspensos. Através do sensor localizado no boné, entende-se que será mais eficaz para localizar objetos suspensos em relação ao sensor que fica localizada no meio da bengala do projeto Bengala Eletrônica. No que diz respeito ao projeto Bengala Digital e Boné Digital, foi utilizado uma buzina em vez de motores vibratórios, pois foi percebido que nos ambientes tanto internos como corredores e externos como ruas, as pessoas ao ouvirem a buzina, olham para trás e percebem que está se tratando de um som vindo da bengala de um deficiente visual, então, abrem caminho para este deficiente passar, o que é importante, pois evita o choque entre as duas pessoas e evita que a pessoa que enxerga chute a bengala da pessoa cega, situação esta que é bem comum acontecer. Uma segunda diferença entre os dois projetos apresentados nesta seção é que no projeto Bengala Eletrônica, a placa com o microcontrolador fica presa na bengala. Com a placa presa na bengala a quantidade de fios é reduzida, deixando o deficiente mais livre na hora de se movimentar. A partir deste ponto de vista, compreende-se que a ideia de prender a placa na própria bengala é o mais seguro e o mais adequado. No caso do projeto da bengala digital e Boné Digital isto não ocorre. O que ocorre é que a placa do *Arduino* fica presa na cintura do usuário.

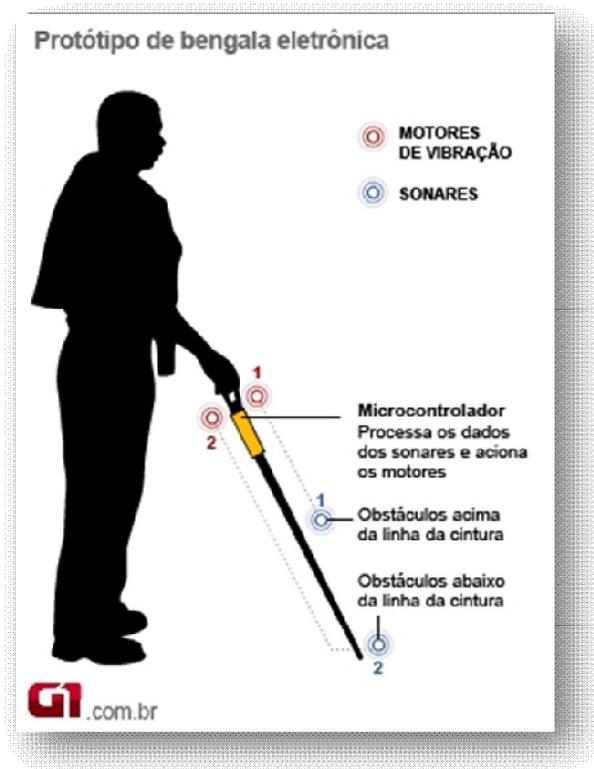


Figura 9. Protótipo bengala eletrônica [14].

### 3.2 Bengala com Sensor

No presente artigo cabe ressaltar o projeto Bengala com sensor, desenvolvido por Clayton Roberto *Prismic*, Eduardo Gomes Silva e Leandro Gomes Santos, estudantes de Engenharia de Automação da cidade de Mogi das Cruzes, no estado de São Paulo em 2013 com o objetivo de ajudar as pessoas com deficiência visual a detectar objetos que passariam despercebidos

com a bengala convencional [15]. O projeto Bengala com Sensor dispõe de um sensor na parte inferior da bengala e tem o intuito de localizar os objetos rasteiros. Utilizam uma bengala com uma ponteira *roller* (que tem uma bola que ajuda a bengala a deslizar para a esquerda e a direita), evitando que o deficiente bata a bengala para um lado e outro. A placa é presa na bengala reduzindo a quantidade de fios usados na sua solução. O projeto conta também com motores de vibração. Quando a placa é ligada, a bengala fica vibrando levemente para que o deficiente perceba que o sistema está ligado. Quando o deficiente vai se aproximando de objetos a intensidade de vibração aumenta gradativamente até que o usuário encontre o objeto. O sistema é alimentado através de uma bateria de nove volts que permite a pessoa com deficiência visual se locomover tranquilamente sem maiores problemas. No projeto Bengala com Sensor a ideia de se utilizar uma bengala que tenha ponteira *roller* é bem interessante, visto que dessa maneira é mais fácil manter o sensor que está preso na bengala na posição adequada que é voltado para cima para que possa de fato contribuir com mais eficácia e eficiência na locomoção do usuário. A principal vantagem do Projeto Bengala Digital e Boné Digital com relação ao projeto Bengala com sensor é a quantidade de sensores utilizados no primeiro, ou seja, a quantidade de sensor disposto na Bengala Digital e no Boné Digital é maior que a encontrada na Bengala com Sensor. Vale ressaltar que quanto maior for a quantidade de sensores utilizados maior será a área de proteção que o deficiente visual estará submetido. Outro diferencial entre os sistemas é a forma que o deficiente percebe que a bengala está ligada ou não. Na Bengala Digital e Boné digital o usuário conhece quando a placa está ligada apertando apenas um botão que só tem duas posições, pressionado para baixo a placa está ligada, e em posição normal a placa está desligada. No projeto Bengala com Sensor não dispõe deste dispositivo, então a bengala fica vibrando com intensidade baixa, resultando num gasto maior e desnecessário de energia do que a Bengala Digital e Boné Digital.

### 3.3 Olho Biônico

Outro projeto bem interessante cabendo aqui sua contribuição é o projeto Olho Biônico, que foi desenvolvido por um grupo de pesquisadores ligados ao Laboratório de Inovação Tecnológica em Saúde (LAIS) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), no ano de 2014 com o objetivo de identificar obstáculos e alertar deficientes visuais sobre perigos a sua volta [16]. O sistema funciona com três sensores, sendo um colocado na boina de um boné para localizar objetos suspensos, o segundo colocado na parte superior da bengala para localizar objetos na linha da cintura do usuário, e o terceiro sensor, localizado na parte inferior da bengala, virado para o chão, com o objetivo de identificar objetos profundos como buracos, desníveis entre outros. O usuário precisará também ter um celular com Sistema Operacional *Android*, pois a solução proposta pelo sistema Olho Biônico conta com um aplicativo instalado no ambiente *Android* que é o responsável por emitir uma mensagem sonora avisando se o obstáculo é na parte superior, Linha da cintura ou na parte inferior. O usuário utiliza um fone de ouvido para receber as mensagens transmitidas pelo sistema. O sistema, por sua vez, requer comunicação com a Internet, pois sempre que encontra um obstáculo que oferece risco para o deficiente o sistema se comunica com LAIS que repassa a mensagem para o poder público tomar as devidas precauções. A placa utilizada com o microcontrolador fica presa na cintura do usuário. Uma vantagem que o Olho Biônico tem sobre o Projeto Bengala Digital e Boné digital é a quantidade de sensores, sendo

maior que a do projeto defendido nesse artigo, fato que propicia mais proteção à pessoa com deficiência visual em determinada área. Tendo em vista que o Olho Biônico dispõe de mais sensores que a Bengala Digital e Boné Digital, a pessoa cega consegue caminhar com mais segurança nos ambientes. No entanto, a Bengala Digital e Boné Digital tem vantagem em relação ao Olho Biônico, pois, enquanto que a solução do Olho Biônico precisa-se utilizar de um celular com sistema *Android*, acabará excluindo alguns usuários que não tem condições financeiras e habilidades técnicas para utilizar um celular com o sistema *Android*. Além disso, outro diferencial a favor do projeto Bengala Digital e Boné Digital com relação ao Olho Biônico é que os usuários são avisados de obstáculos por meio de uma buzina sonora que emite um barulho auto para que o deficiente visual escute mesmo estando na rua. Enquanto que o Olho Biônico necessita que o usuário utilize o fone de ouvido para conseguir ouvir as mensagens sonoras, podendo assim reduzir esse sentido tão essencial na vida de um deficiente visual. O projeto Bengala Digital e Boné Digital é mais simples do que o Olho Biônico, e a proposta é que seja mesmo, visto que tem o intuito de atingir um dos objetivos, que é uma solução acessível para que pessoas possam adquirir o produto com um baixo custo e que alcance a maior parcela possível das pessoas com deficiência visual total ou parcial.

## 4. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

Cabe a esta seção descrever o desenvolvimento do sistema usado nos equipamentos digitais Bengala e Boné, detalhando a construção do protótipo e do código fonte, atividades fins do presente trabalho.

### 4.1 Montagem do protótipo

O sistema utilizado nos objetos estudo deste artigo foi embarcado em um *Arduino UNO*, e tem como objetivo contribuir para uma melhor qualidade de vida e bem estar da pessoa com deficiência visual total ou parcial, de forma a proporcionar mais rapidez, autonomia e segurança na sua locomoção, quer seja em ambientes internos ou externos, quer seja em ambientes conhecidos ou desconhecidos. A proposta é que com a utilização do sistema nos equipamentos supracitados, ao ouvir o som emitido pela buzina, as pessoas cegas se esbarrem com menor frequência nos elementos dispostos nos percursos de forma a considerar que com a bengala convencional isto não ocorre. Para implantar o sistema é necessário que o usuário tenha em seu poder uma bengala do tipo dobrável ou interiça e um boné.

No decorrer do conteúdo exposto nesta seção, será detalhado, em miúdos, como o código fonte foi implementado. Considerando que o sistema adotado é de código aberto e que isso é um fator preponderante para serem feitas futuras adequações mediante a necessidade de cada usuário, cabe ressaltar que, para uma pessoa alterar este código, é preciso ter conhecimentos técnicos em lógica de programação e na *Arduino IDE*.

No primeiro momento, para o alcance do objetivo deste projeto, foram utilizados a fim de montagem e confecção dos equipamentos digitais bengala e boné, elementos fundamentais como bengala; boné; buzina; placa de *Arduino*; bateria; sensores; conectores; fios e caixa plástica, que resultaram na consolidação do protótipo. No intuito de propiciar melhor compreensão do protótipo, a seguir será citado cada elemento utilizado para a construção, bem como a finalidade de cada um deles.

O projeto utilizou-se de uma buzina, a qual é conectada a uma placa de *Arduino*, com 2 (dois) pinos como mostra a Figura 10. Um pino serve para ligar o fio com 5 (cinco) volts, enquanto que o outro serve para ligar o fio de 0 (zero) volts, ou seja o fio negativo.



Figura 10. Buzina para *Arduino*. [27]

Placa esta, que é uma plataforma de *hardware* e que funciona com uma bateria de nove volts. Por meio da plataforma de *hardware*, a pessoa usuária dos equipamentos digitais bengala e boné, consegue conduzir a placa de *Arduino* para qualquer local desejado, sem precisar estar conectada, via cabo, a uma fonte de energia. Além da buzina são usados também dois sensores ultrassônicos. Enquanto que um sensor fica preso na parte inferior da bengala digital, bengala esta que deve ser destinada unicamente à pessoa com deficiência visual, desprezando outros modelos de bengalas, o outro sensor, por sua vez, fica fixada na ponta de uma boina de boné.



Figura 11. Sensor preso na bengala.



Figura 12. Sensor preso na boina do boné.

Enquanto que os sensores são conectados na placa do *Arduino* por meio de fios flexíveis, a buzina fica embutida em uma caixa plástica que serve para proteger a placa. Na caixa plástica, em sua parte interna, é guardado o *Arduino* e para ter acesso a ele é necessário desparafusá-la. Ainda tratando-se da caixa plástica, em sua parte externa, encontra-se um botão que tem a função de ligar e desligar o sistema.



Figura 13. Botão de ligar e desligar.

É interessante que quando o usuário não estiver usando o dispositivo, desligue-o, para evitar gastos desnecessários de energia. Na parte externa da caixa, ainda podem ser encontrados dois conectores fêmeas. O primeiro conector fica localizado próximo ao botão de ligar e desligar e tem a função de conectar o sensor que fica na parte inferior da bengala. O segundo conector, fica localizado no lado oposto do primeiro conector e serve para ligar o sensor que fica no boné. Caso os sensores sejam conectados de maneira contrária, ou seja, caso a posição dos sensores seja trocada, inverterá o tipo de som emitido pela buzina que está associado a cada sensor.



Figura 14. Conectores fêmeas.

Sobre os tipos de som que estão relacionados aos sensores, serão detalhados mais à diante. No que diz respeito aos sensores, possuem dois conectores macho que têm a função de permitir a conexão entre os sensores e a placa de *Araduino*. Os conectores foram inseridos para que os usuários tenham a possibilidade de conectar e desconectar os sensores sempre que sentir necessidade, independente da ajuda de outra pessoa.



Figura 15. Conectando um sensor.

A bateria de nove volts responsável pelo funcionamento da placa, fica guardada em um determinado compartimento, localizado na caixa plástica. Quando for necessário recarregar a bateria, deverá retirá-la da caixa plástica e colocar no carregador a parte.



Figura 16. Compartimento da bateria.

Além dos itens já relacionados que compõe a caixa plástica, há também uma entrada *USB* que permite ao usuário provido de conhecimentos específicos de lógica de programação e

na IDE *Arduino*, acessar o microcontrolador de forma bem simples. Possui uma entrada para fonte de nove volts e, um suporte para pendurar a caixa na cintura do usuário.



Figura 17. USB, fonte e suporte.

No entanto, cabe ressaltar que, apenas será necessário abrir a caixa plástica quando for preciso realizar a troca de algum equipamento, inserir um novo ou reparar os que já estão ligados na placa. Este equipamento será inserido ou na bengala ou no boné do usuário deficiente, fornecidos pelo mesmo. Desta forma, não será necessário comprar outra bengala. Para prender o sensor e os fios flexíveis na bengala, foram utilizadas abraçadeiras lacres de 2,5 por 100MM ó 10cm. Quanto ao sensor do boné, foi preso numa madeira com abraçadeiras lacres de 2,5 por 100MM ó 10cm e esta madeira foi fixada na boina do boné com dois parafusos. Para que o deficiente saiba que o sensor da bengala está para cima, foi colocada uma abraçadeira lacres de 2,5 por 100MM ó 10cm em uma determinada posição que indica que o sensor está virado para cima.

## 4.2 Funcionamento do sistema

A pessoa que está portando ou a bengala digital ou o boné digital, ao aproximar-se de determinado objeto, quer seja rasteiro, quer seja aéreo, é emitido o som da buzina. Uma vez que o sensor detecta objeto rasteiro, a buzina emite o som com uma frequência contínua. Caso o objeto detectado seja aéreo, é emitido o mesmo som, porém com uma frequência bem pausada. As frequências diferentes contínuas ou pausadas permitirão a pessoa com deficiência visual distinguir se o objeto detectado pelo sensor é rasteiro (localizado na parte inferior), ou aéreo (localizado na parte superior). A partir do instante em que a pessoa com deficiência visual identifica o objeto e faz a sua distinção em rasteiro ou aéreo, cabe a esta pessoa tomar a melhor decisão com relação ao direcionamento do seu corpo, dando prosseguimento à sua locomoção até o lugar desejado.

## 4.3 Código fonte

O código fonte foi escrito utilizando o *Arduino IDE* na sua versão 1.0.5-r2 para sistemas operacionais Windows sete de trinta e dois bits. Para contemplar o programa do projeto Bengala Digital e Boné Digital foram utilizadas sete funções, sendo que duas delas, *setup* e *loop*, são funções obrigatórias para programas desenvolvidos para *Arduino*. As outras cinco funções são *begin*; *pinMode*; *digitalWrite*; *delay* e a *pulseIn*. Foram utilizadas nove constantes como *HIGH*; *LOW*; *INPUT*; *OUTPUT*;

*echoPinInferior*; *trigPinInferior*; *echoPinSuperior*; *trigPinSuperior* e uma *pinBuzina*. O sistema também possui quatro variáveis do tipo *long* como *duracaoSuperior*; *duracaoInferior*; distância superior e distância inferior. A seguir, cada item citado será explicado em detalhes como foram aplicados no sistema. Para melhor compreensão, o detalhamento partirá das constantes utilizadas no projeto.

A constante *HIGH* seta um pino como alto ou ligado e pode ser representado pelo número 1. O *LOW* seta o pino como baixo ou desligado e pode ser representado pelo número 0. Enquanto que o *INPUT* indica que o pino será utilizado como um pino de entrada, o pino *OUTPUT* indica que o pino será um pino de saída. A constante *echoPinInferior* foi associada ao pino novo do *Arduino*, e quer dizer que todos os eventos que ocorrerem no pino novo serão do *echo* do sensor que fica na parte inferior da bengala. O *trigPinInferior* foi associado à porta oito da placa, e quer dizer que todos os eventos que ocorrerem na porta oito serão do *trigger* do sensor colocado na parte inferior da bengala. O *echoPinSuperior* foi associado ao pino treze do *Arduino*, e isto quer dizer que todos os eventos que ocorrerem no pino treze serão do *echo* do sensor que fica no boné. O *trigPinSuperior* foi associado ao pino doze da placa, significando que todos os eventos que ocorrerem na porta doze serão do *trigger* do sensor colocado no boné. Por fim, o *pinBuzina* foi associado ao pino sete para que todos os eventos que ocorra no pino sete seja atribuído à buzina.

No projeto as constantes foram declaradas conforme descritas:

```
#define echoPinInferior;  
#define trigPinInferior 8;  
#define echoPinSuperior 13;  
#define trigPinSuperior 12;  
#define pinBuzina 7.
```

As constantes *HIGH*, *LOW*, *INPUT* e *OUTPUT* são nativas da linguagem do *Arduino* e por esse motivo não precisam ser declaradas. Serão apresentadas as funções utilizadas no projeto, então, será possível perceber o emprego do *HIGH*, *LOW*, *INPUT* e *OUTPUT*.

A função *setup* é a primeira função a ser executada após a placa ser ligada, e será executada apenas esta vez. É responsável pela inicialização de variáveis; constantes; definir os pinos de entrada e saída; inicializar a comunicação serial; dentre outras funções. Após a execução da função *setup*, será executada a função *loop*, que é de fato a função responsável pelo funcionamento do programa, repetindo o código uma vez a trás da outra. É onde realmente sua lógica de programação deve estar. O *Arduino* se comunica com outros dispositivos por meio de portas seriais. A função *begin* informa a que velocidade o emissor e o receptor trocaram os dados, através de um parâmetro inteiro. O sistema desenvolvido para o projeto Bengala Digital e Boné digital, foi configurado para que os dados sejam trocados a uma velocidade nove mil e seiscentos bits por segundos. Esta função foi definida dentro da função *setup*, e foi disposta da seguinte forma: *Serial.begin(9600)*.

A função *pinMode* recebe dois parâmetros como entrada, em que o primeiro, define o número do pino que será utilizado. Enquanto que no segundo parâmetro, é definido se o pino será de entrada (*INPUT*) ou de saída (*OUTPUT*). A função *pinMode*, é sempre chamada dentro da função *setup* para que o

microcontrolador possa configurar quais portas serão de entrada e quais portas serão de saída durante a execução do código.

No projeto Bengala Digital e boné Digital a função foi utilizada da seguinte forma: `pinMode(echoPinInferior, INPUT);`

`pinMode(trigPinInferior, OUTPUT);`

`pinMode(echoPinSuperior, INPUT);`

`pinMode(trigPinSuperior, OUTPUT);`

`pinMode(pinBuzina, OUTPUT);`.

A função `digitalWrite` altera o estado de um pino para HIGH (alto) ou LOW (baixo). Essa função requer dois parâmetros. O primeiro é o número do pino e, o segundo, é o estado HIGH (alto) ou baixo LOW (baixo). Esta função foi utilizada diversas vezes no código e será mais bem compreendida quando o código for mostrado na sua totalidade. Para tanto, a priori, segue dois exemplos utilizados no meio do código. `digitalWrite(trigPinSuperior, LOW)`, `digitalWrite(trigPinSuperior, HIGH)`.

A função `delay` permite que o programa seja pausado por um determinado tempo. A função recebe um parâmetro inteiro que determina a quanto de tempo que o programa ficará pausado. Esse tempo é passado em milissegundos. Essa função foi utilizada algumas vezes no projeto e será mostrada no código como foi aplicada. A função `pulseIn` mede a duração em microssegundo em que um pino mudou de um estado HIGH para um estado LOW e vice versa. A função recebe dois parâmetros, onde que o primeiro, indica qual pino será monitorado e o segundo, em que estado deve ser parado de medir o tempo e é retornado em microssegundos o tempo de duração. O tempo de duração na função `pulseIn` é determinado pela velocidade que o sensor emite uma onda ultrassônica que sai do `trigger` até chegar na `echo` e é multiplicado pelo tempo gasto de saída do `trigger` até chegar na `echo`. Essa função pode apresentar erros, caso os valores não estiverem no intervalo de dez microssegundos até três minutos. Os tempos de duração do projeto Bengala Digital e Boné Digital estão dentro do padrão especificado. Uma demonstração da função `pulseIn` no projeto: `pulseIn(pinoSuperior, HIGH)`. Agora serão explicadas as quatro variáveis utilizadas no projeto. A primeira variável a ser abordada é a `duracaoSuperior` que guarda o tempo que um sensor saiu do estado HIGH para o estado LOW. Para achar esse valor é utilizada a função `pulseIn` e a variável `duracaoSuperior` guardará o tempo de duração em microssegundos. Essa variável guarda o tempo de duração do sensor que fica no boné. Exemplo de como foi pego o tempo de duração no projeto: `long duracaoSuperior = pulseIn(echoPinSuperior, HIGH)`. A variável `duracaoInferior` tem a mesma lógica, porém monitora o sensor que fica na bengala. Exemplo com a variável `duracaoInferior`: `long duracaoInferior = pulseIn(echoPinInferior, HIGH)`. Será explicado então, o funcionamento da variável `distanciaSuperior`, que é a distância em centímetros em que o usuário se encontra em relação ao objeto, tendo como ponto de partida a utilização o sensor do boné. A variável `duracaoSuperior` já tem a duração em microssegundos, assim, o que se precisa é converter esse valor para centímetro. Sabe-se que um sensor ultrassônico percorre um centímetro em aproximadamente vinte e nove microssegundos. Logo, o que precisa fazer é dividir o tempo de duração por vinte e nove, para converter os valores que estão em microssegundos, e depois, para centímetro. Depois de fazermos a divisão temos a distância de ida e volta que a onda percorreu, mas nós só queremos saber a distância que o usuário está do objeto e por esse motivo é necessário dividirmos por dois para obtermos apenas a distância do usuário para o objeto. Exemplo de como ficou o cálculo da

`distanciaSuperior` que monitora o sensor do boné: `distanciaSuperior = duracaoSuperior / 29 / 2`. A variável `distanciaInferior` tem a mesma lógica da variável `distanciaSuperior`, sendo que a variável `distanciaInferior` utiliza a variável `duracaoInferior` para chegar ao resultado final, sendo esta variável que monitora o sensor que fica na bengala. Exemplo do cálculo do sensor inferior: `distanciaInferior = duracaoInferior / 29 / 2`. Agora que já foram apresentadas as constantes, funções e variáveis utilizadas no projeto Bengala Digital e Boné Digital, será abordado, por fim, o controle de fluxo, ou seja, os ifs e elses que permite que o programa se comporte de forma diferente de acordo com os valores das variáveis `distanciaSuperior` e `distanciaInferior`. No primeiro if o sistema verifica se a distância superior que é a distância do sensor do boné se é menor ou igual a cento e vinte centímetros, caso seja, o sistema liga a buzina, depois interrompe o programa por cem milissegundos, depois desliga a buzina e espera por mais cem milissegundos. Essa ação permite que o som da buzina reproduzido seja um som pausado, caso o usuário esteja a menos ou igual a cento e vinte centímetros de um obstáculo. Caso o valor da distância superior seja maior que cento e vinte centímetros o sistema não executa essas ações. Abaixo segue como ficou no código o primeiro controle de fluxo.

```
if(distanciaSuperior <= 120){
    digitalWrite(pinBuzina, HIGH);
    delay(100);
    digitalWrite(pinBuzina, LOW);
    delay(100);
}
```

No segundo if, o sistema verifica se a distância inferior que é obtido pelo sensor da bengala é menor igual a sessenta centímetros, caso seja, o sistema liga a buzina. Caso a distância inferior seja maior que sessenta centímetros o sistema desliga a buzina. Esse controle de fluxo permite que o usuário escute a buzina quando estiver a menos ou a sessenta centímetros de um objeto com um som contínuo. Abaixo segue como ficou no código o segundo controle de fluxo.

```
if(distanciaInferior <= 60){
    digitalWrite(pinBuzina, HIGH);
} else {
    digitalWrite(pinBuzina, LOW);
}
```

Agora que já foi comentado como foi utilizado às constantes, funções, variáveis e os controles de fluxo, seguem abaixo o código completo do projeto Bengala Digital e Boné Digital.

```
#define trigPinInferior 8
#define echoPinSuperior 13
#define trigPinSuperior 12
#define pinBuzina 7

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    pinMode(echoPinInferior, INPUT);
    pinMode(trigPinInferior, OUTPUT);
    pinMode(echoPinSuperior, INPUT);
```

```

pinMode(trigPinSuperior, OUTPUT);
pinMode(pinBuzina, OUTPUT);
}

void loop()
{
digitalWrite(trigPinSuperior, HIGH);

delay(2);

digitalWrite(trigPinSuperior, LOW);

long duracaoSuperior = pulseIn(echoPinSuperior,HIGH);

long distanciaSuperior = duracaoSuperior /29 / 2 ;

if(distanciaSuperior <= 120){
digitalWrite(pinBuzina, HIGH);
delay(100);
digitalWrite(pinBuzina, LOW);
delay(100);
}

digitalWrite(trigPinInferior, HIGH);

delay(2);

digitalWrite(trigPinInferior, LOW);

long duracaoInferior = pulseIn(echoPinInferior,HIGH);

long distanciaInferior = duracaoInferior /29 / 2 ;

if(distanciaInferior <= 60){
digitalWrite(pinBuzina, HIGH);
}else{

digitalWrite(pinBuzina, LOW);

}

}

```

#### 4.4 Arquitetura do sistema

O padrão arquitetural *Sense-Compute-Control* ou *Sensor-Control-Actuator* [18] é o padrão normalmente usado na estruturação de aplicações embarcadas de controle [18]. Este pode variar desde dispositivos simples tais como forno de micro-ondas,

forno elétrico, geladeira, *DVD Players*, até para sistemas sofisticados usados em aplicações de automóveis, avião, navio, robótico, etc. A ideia básica é que um computador é incorporado em alguma aplicação; sensores de vários dispositivos são conectados ao computador e podem ser colhidas amostras para determinar o seu valor. Também ligado ao computador são atuadores de hardware. Ao enviar um sinal para o computador tais dispositivos podem, por exemplo, abrir um valor, abas inferiores, ou desligar uma luz, e, portanto, controlar o sistema. O projeto Bengala Digital e Boné Digital é um sistema embarcado e está usando o padrão arquitetural *Sense-Compute-Control* ou *Sensor-Control-Actuator*. O microcontrolador que está no *Arduino* é o computador onde está rodando o programa. Os dois sensores, o da bengala e o do boné mandam valores para o microcontrolador. O microcontrolador por sua vez ativa a buzina que é o atuador do sistema. A figura 18 representa a arquitetura do sistema Bengala Digital e Boné Digital.

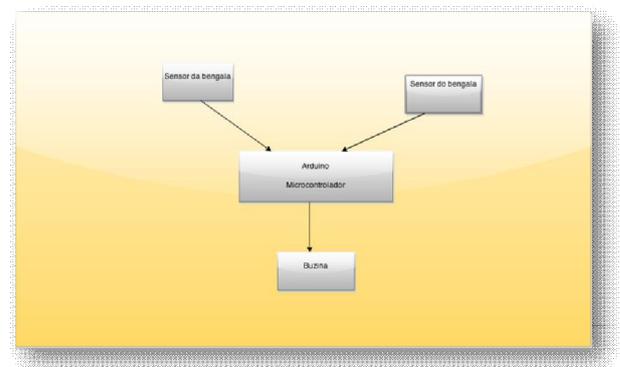


Figura 18. Arquitetura do sistema.

## 5. AVALIAÇÃO

No dia 20 de Março de 2015, no período das 14h20 as 21h10, em meio às instalações internas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) foram realizados testes com doze pessoas cegas, ou seja, com deficiência visual total, a fim de mensurar a eficácia e a eficiência dos equipamentos digitais (bengala e boné) desenvolvidos para este público. Para a validação da hipótese, os testes tinham de ser realizados e comprovados cientificamente, de modo a afirmar que se pessoas com deficiência visual total utilizarem os equipamentos digitais (bengala e boné) e se esbarrarem com menor frequência nos objetos dispostos nos percursos, de forma a considerar que com a bengala convencional isto não ocorre, então, pode-se afirmar que há nos equipamentos digitais testados, eficácia e eficiência. Se conseguir provar que para a produção dos equipamentos digitais (bengala e boné) poderá ser feita sem custo elevado, certamente conseguirá atingir o objetivo de tornar esses equipamentos acessíveis às pessoas com deficiência visual, total ou parcial.

Um sensor inferior foi instalado na bengala e no momento em que foram realizados os testes, o sensor estava programado para identificar objetos à uma distância de 60 centímetros. Enquanto que, no boné foi instalado um sensor superior e, no momento da realização dos testes, este sensor estava programado para reconhecer objetos à uma distância de 120 centímetros. Tais distâncias foram assim determinadas porque caso aumentasse, captaria o lixo de informação, ou seja, os

sensores iriam detectar muitos objetos desnecessários ao usuário, os quais atrapalhariam o mesmo se locomover no percurso. Por outro lado, se as distâncias dos sensores fossem diminuídas consideravelmente, ocorreria exatamente o contrário, ou seja, deixariam de detectar objetos importantes, informações necessárias à locomoção segura do usuário. Como pode perceber, as distâncias apesar de serem variáveis independentes com relação à bengala e ao boné, devem manter certo equilíbrio

Para que os sensores não ofereçam informações em demasia e nem deixem de transmitir outras relevantes no processo locomotivo do usuário. O processo de seleção dos candidatos foi feito com base em critérios previamente definidos como disponibilidade de tempo do candidato; desconhecimento do candidato em relação aos ambientes onde os testes seriam realizados; o candidato deveria ser totalmente desprovido de resíduo visual; a presença de um profissional especializado em orientação em mobilidade à pessoa com deficiência visual total ou com baixa visão, para acompanhar, ao lado, os participantes da experiência com a ressalva de que de maneira alguma poderia haver contato corporal no instante em que os testes estivessem ocorrendo, uma vez que não era permitido interferências. Por outro lado, era permitido auxílio na tomada de decisão em relação ao momento que o deficiente visual deveria mudar de posição durante os percursos. Com base no quantitativo de candidatos à realização dos testes, as pessoas foram alocadas em dois grupos distintos compostos por seis pessoas cada um deles, denominados de Grupo A e Grupo B. Tanto o Grupo A quanto o Grupo B deveria percorrer dois cenários diferentes e identificados como Cenário 1 ou C1, e Cenário 2 ou C2. Sobre a descrição do Cenário 1 ou C1, existiam dois corredores. No primeiro corredor foram distribuídos diversos objetos como uma mesa plástica quadrada, colocada em pé; duas lixeiras plásticas, colocadas uma ao lado da outra; um mural suspenso, colocado na junção do corredor um com o corredor dois. Enquanto que no segundo corredor foi colocada uma mesa quadrada plástica deitada no chão com as quatro pernas viradas para trás. Ainda como parte do layout do segundo corredor, havia uma coluna de sustentação que fazia parte da estrutura arquitetônica da instituição de ensino, na qual se realizava os testes (vide figura 19).

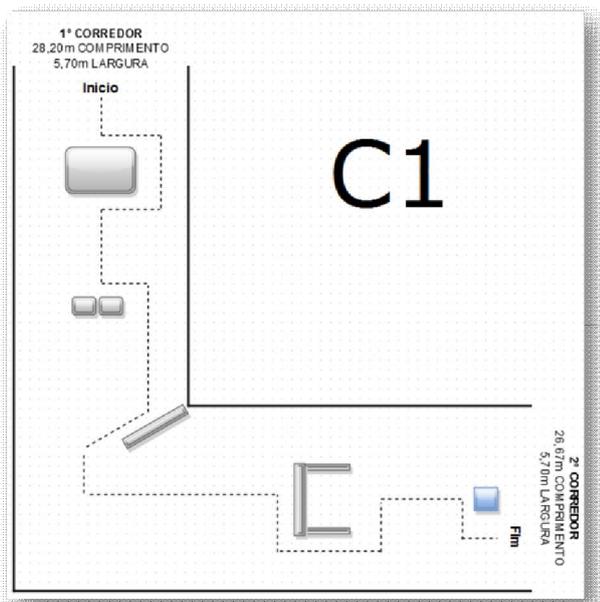


Figura 19. Cenário C1

O Cenário Um tinha como objetivo verificar o comportamento das bengalas convencional e digital e do boné digital em relação aos objetos rasteiros, mesmo tendo ao longo do percurso objetos suspensos que poderia dificultar sua identificação. Os candidatos participantes tinham de percorrer o corredor um, tomando como ponto de partida seu início, passar pela mesa quadrada plástica; pelas lixeiras plásticas; pelo mural suspenso; pela mesa de plástico deitada com os pés virados para trás e chegar até a coluna localizada no final do corredor dois, desviando dos obstáculos, tanto com a bengala digital e boné digital quanto com a bengala convencional. Coube a cada participante do Grupo A, realizar os testes obedecendo a seguinte ordem: Executar o cenário C1 com a bengala convencional; executar o cenário C2 com a bengala digital e boné digital; executar o cenário C1 com a bengala digital e boné digital e por fim executar o cenário C2 com a bengala convencional na ordem mencionada. Sobre a descrição do cenário dois ou C2, existia, um salão e um corredor. Ao que se refere ao salão, tinha uma escada suspensa e, no chão, de pé, uma mesa retangular metálica. Ao que se refere ao corredor, em sua parte inicial foi fixado no alto um papelão a fim de representar, simbolicamente, os objetos suspensos como placas de sinalização, outdoor, telefones públicos dentre outros, geralmente dispostos em calçadas, ruas e avenidas e esbarrados corriqueiramente pela pessoa com deficiência visual. Além dos objetos referidos ao cenário dois ou C2, foi aproveitada como parte da composição do layout uma parede que fica no lado esquerdo da porta, no salão, como denota a figura 20.

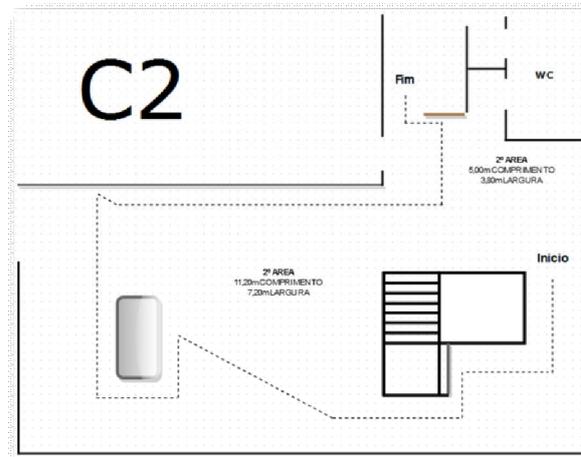


Figura 20. Cenário C2

O Cenário 2 tinha o intuito de verificar o comportamento das bengalas convencional e digital e do boné digital em relação aos objetos suspensos, mesmo tendo ao longo do percurso objetos rasteiros que poderia dificultar sua identificação. No Cenário 2 os candidatos participantes deveriam sair de trás da escada do salão, passar pela mesa, encontrar a parede que fica do lado esquerdo da porta da saída e pegar o corredor até o papelão. Coube a cada participante do Grupo B executar os testes obedecendo a seguinte ordem: Executar o cenário C2 com a bengala digital e boné digital; executar o cenário C1 com a bengala convencional; executar o cenário C2 com a bengala convencional; e para finalizar, executar o cenário C1 com a bengala digital e boné digital. Os candidatos participantes dos testes, independente do grupo que pertenciam,

ao passarem pela experiência foram orientados a evitar quaisquer comentários para com outros que ainda não haviam vivido, vez que o participante realizador da prova poderia passar informações relevantes sobre a disposição dos objetos nos cenários e interferir no resultado dos experimentos. Logo, a fim de tornar o resultado final dos testes mais confiável e real possível, os dados colhidos com a experiência não podiam ser de hipótese alguma mascarado, sendo então necessário, sigilo total dentre os candidatos. Os participantes, além de concluírem a bateria de testes, deveriam responder um questionário de caráter qualitativo Pós-Experimento com as questões assim descritas:

1. O uso da bengala digital e do boné digital contribuiu para uma maior segurança na minha locomoção em ambientes desconhecidos. (O FOCO é SEGURANÇA).

Alternativas:	Bengala	Boné Digital
a) concordo totalmente.		
b) concordo parcialmente.		
c) discordo parcialmente.		
d) discordo totalmente.		

2.O uso da bengala digital e do boné digital contribuiu para que eu me locomovesse com maior rapidez em ambientes desconhecidos. (O FOCO é RAPIDEZ)

Alternativas:	Bengala	Boné Digital
a) concordo totalmente.		
b) concordo parcialmente.		
c) discordo parcialmente.		
d) discordo totalmente.		

3. As melhorias de segurança, durante o percurso, foram evidenciadas principalmente para:

- a)  objetos rasteiros.
- b)  objetos suspensos.
- c)  ambos os tipos.
- d)  nenhum dos tipos, não houve melhoria na segurança.

4. Considero que o sensor de maior importância para uma maior segurança na minha locomoção em ambientes desconhecidos foi:

- a)  sensor da bengala.
- b)  sensor do boné.
- c)  ambos em igual importância.
- d)  nenhum deles, não acho que houve melhoria na segurança.

5. Até quanto você estaria disposto a pagar pelos equipamentos com sensores (bengala e boné).

- a)  entre R\$ 70,00 e R\$ 150,00.
- b)  entre R\$ 150,00 e R\$ 250,00.
- c)  entre R\$ 250,00 e R\$ 350,00.
- d)  indiferente.

6. Quanto a adoção dos equipamentos com sensores (bengala e boné) utilizados nos testes, à sua vida pessoal:

- a)  adotaria.
- b)  não adotaria.

7. Expresse sua opinião, com críticas ou sugestões em relação aos equipamentos.

Nome do participante.

Concluídas as etapas, os candidatos foram liberados dos processos, encerrando suas participações no evento experimental.

Ao concluir os testes, geraram-se quarenta e oito amostragens. Este fato proporcionou a contabilização de vinte e quatro testes realizados com a bengala digital e boné digital, e vinte e quatro testes realizados com a bengala convencional, sendo que cada participante realizou quatro testes, dois no cenário C1 e dois no cenário C2, obedecendo à ordem de execução citada anteriormente nesta seção. Para cada teste realizado, foram coletados os seguintes dados como nome do participante; sexo; idade; tipo da deficiência (congenito ou adquirido); cenário; tipo de bengala (sendo que sempre que se utilizou da bengala digital também foi utilizado o boné digital); o tempo gasto para fazer o percurso e o número de impactos (para o caso da bengala digital, sem aviso e com aviso prévios). Com a execução dos testes, foram observadas algumas limitações dentre os participantes, que contribuíram negativamente para o sucesso da avaliação. Devido alguns deficientes visuais terem o hábito de ficar com a cabeça baixa, interferiu, em parte da eficácia do sensor situado no boné. Verificou-se que se os sensores forem utilizados em bengalas com gomos moles (parte que compõe uma bengala dobrável) ao executar os movimentos da bengala (direita e esquerda), os sensores viram e tomam direções contrárias e desinteressantes, podendo prejudicar o usuário, uma vez que este, não tem como saber imediatamente que os sensores mudaram de posição. Quando os sensores têm sua posição alterada, emitem informações errôneas que podem inclusive contribuir para ocorrência de acidentes. Tendo em vista que a bengala digital possui um ponto que serve para indicar a direção do sensor, quando o sensor vira, a pessoa com deficiência visual não tem como perceber este desvio de direção em relação ao sensor e acaba sendo conduzida à lugares indesejados, fato que deve ser ao máximo evitado, pois dificulta a esta pessoa retomar o percurso que estava fazendo anteriormente. Apesar disso, o fato do sensor mudar de posição, não altera o ponto indicador da bengala. O ideal é que o sensor permaneça voltado para cima à fim de captar melhor os objetos em ambientes interno e externo. Desta forma, a pessoa usuária do equipamento fará uso adequado do instrumento e receberá as informações corretas e necessárias que é o propósito fundamental do projeto. Verificou-se outra limitação, porém com relação às condições climáticas referentes ao ambiente físico no qual a pessoa usuária dos equipamentos se encontra num momento de chuva, por exemplo. Como os sensores da bengala digital e do boné digital ficam expostos à quaisquer condições temporais, sem nenhuma proteção, pode provocar danos irreparáveis aos sensores. No que diz respeito aos pontos positivos, foi percebida durabilidade satisfatória em relação ao tempo da bateria utilizada no sensor. Ocorreu que a bateria carregada utilizada para a realização dos testes, contemplou o período de cinco horas ininterruptas. Isto denota que as expectativas do projeto em relação ao tempo da bateria carregada escolhida foi bastante eficaz. Verificou-se que embora o ambiente

propositalmente escolhido foi um ambiente aberto e bem barulhento devido a enorme circulação de pessoas, principalmente em relação ao Cenário Um, o deficiente visual pôde ouvir tranquilamente o sinal sonoro da buzina. Com o barulho da buzina, as pessoas que enxergam e que circulavam no local, ao ouvir o barulho emitido por ela e ao perceber que se tratava de uma pessoa com deficiência visual, saía do caminho, evitando assim eventuais choques corporais.

Serão apresentados os resultados dos experimentos com base nos questionários aplicados, bem como com base na análise dos impactos registrados durante os testes realizados com as bengalas convencional e digital e o boné digital. Apresentar-se-ão primeiramente os resultados dos impactos e, serão encontradas algumas siglas que significam:

IBBD. Impactos bengala e boné digitais;

IBC. Impactos bengala convencional.

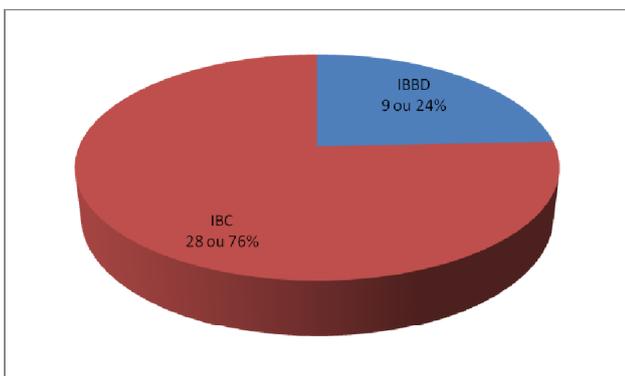


Figura 21.Total e percentual de impactos do grupo A somado ao do grupo B.

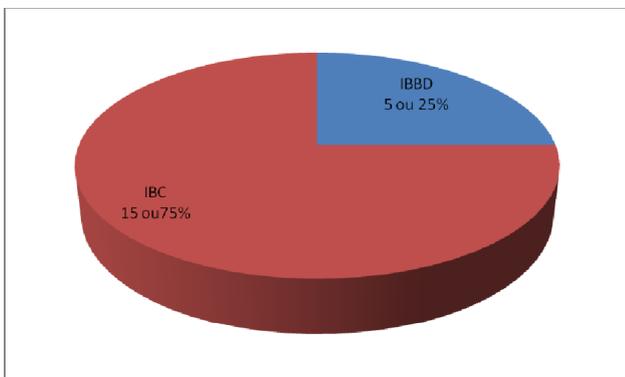


Figura 22.Total e percentual de impactos do grupo A.

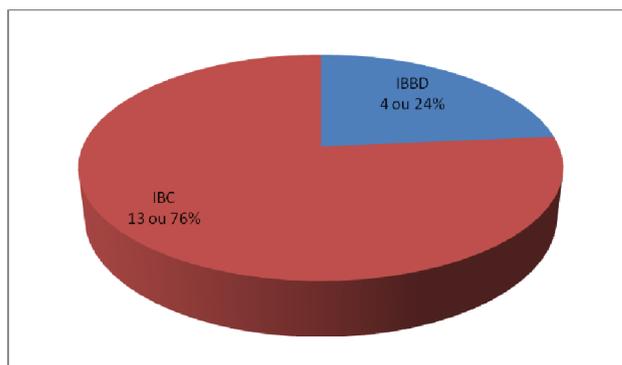


Figura 23.Total e percentual de impactos do grupo B.

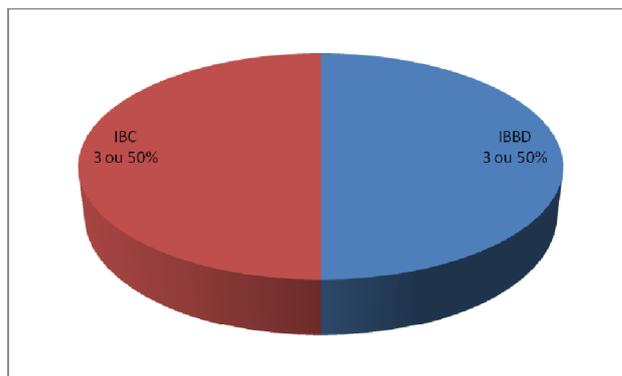


Figura 24.Total e percentual de impactos do grupo A no cenário C1.

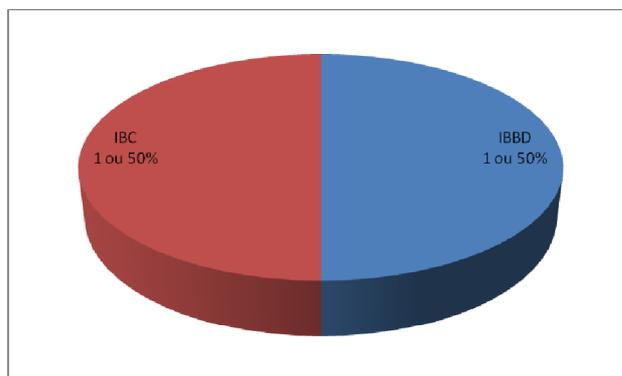


Figura 25.Total e percentual de impactos do grupo B no cenário C1.

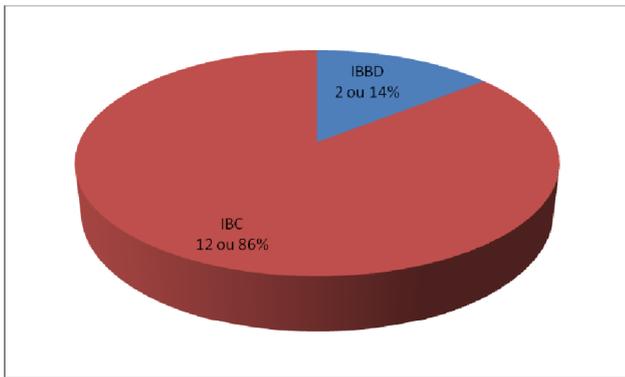


Figura 26. Total e percentual de impactos do grupo A no cenário C2.

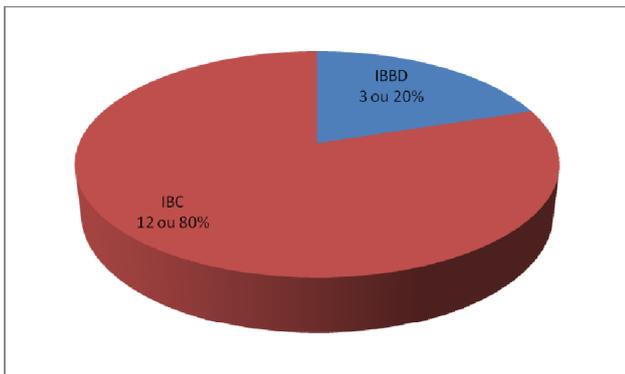


Figura 27. Total e percentual de impactos do grupo B no cenário C2.

Agora serão apresentados os resultados dos questionários. Porém vale ressaltar que os questionários foram preenchidos por 11 (onze) participantes, visto que um dos candidatos ficou sem consolidar.

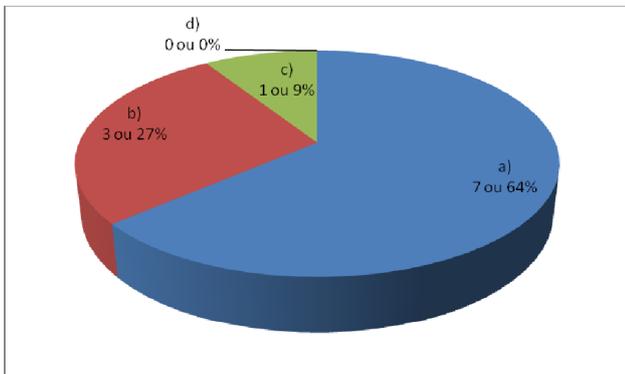


Figura 28. Primeira questão, baseada no sensor da bengala.

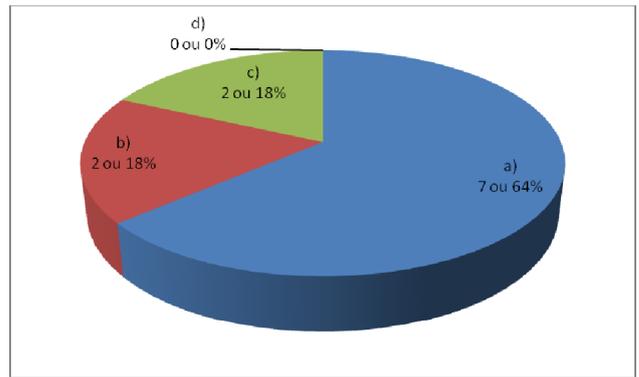


Figura 29. Primeira questão, baseada no sensor do boné.

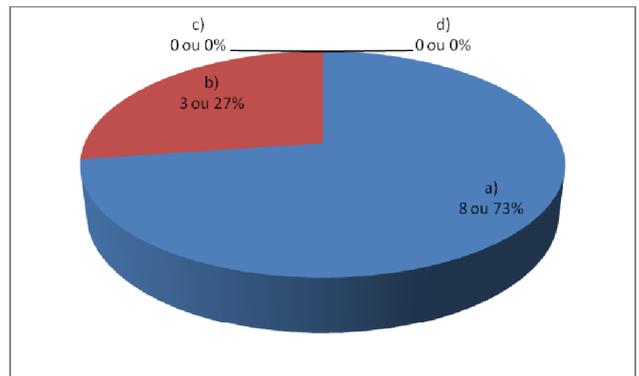


Figura 30. Segunda questão, baseada no sensor da bengala.

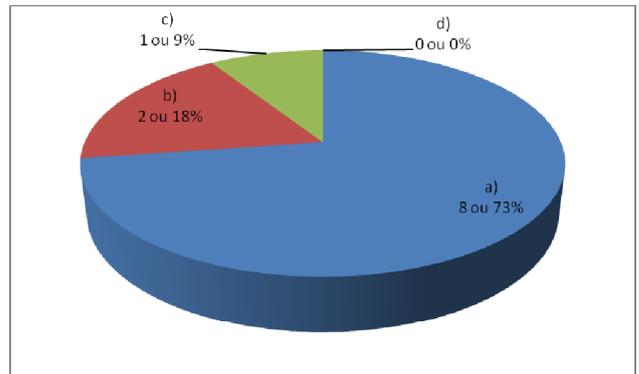


Figura 31. Segunda questão, baseada no sensor do boné.

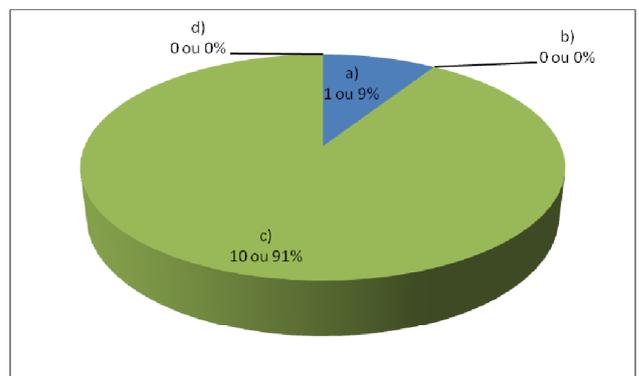


Figura 32. Terceira questão.

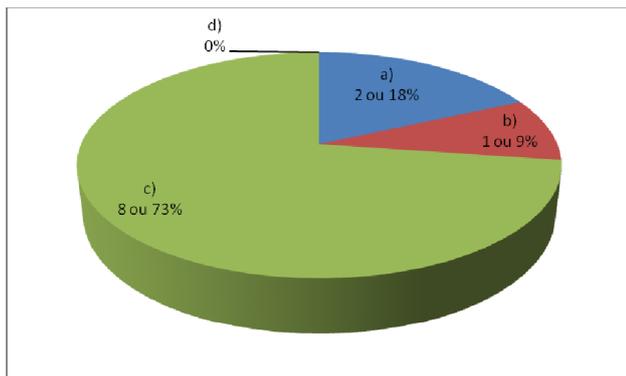


Figura 33. Quarta questão.

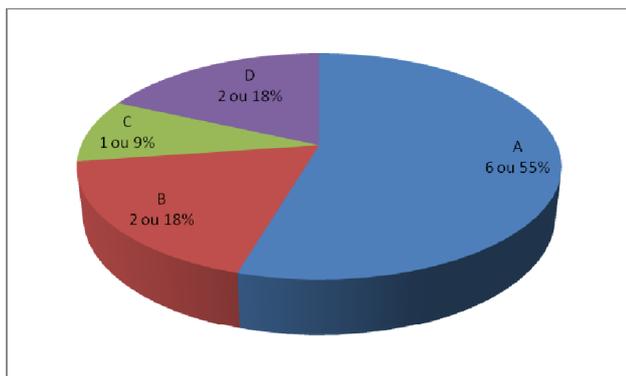


Figura 34. Quinta questão.

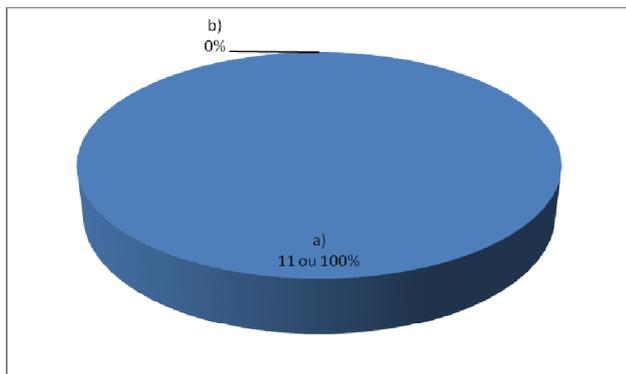


Figura 35. Sexta questão.

A questão 7 foi uma questão aberta e corroborou para a construção da conclusão, sugerindo, inclusive, melhorias para trabalhos futuros.

## 6. CONCLUSÃO

Após a realização dos testes do projeto Bengala Digital e Boné Digital e com posse dos dados adquiridos a partir dos seus resultados, é possível afirmar que o sistema desenvolvido contribui preponderantemente para facilitar alocação das pessoas com deficiência visual. No entanto, percebe-se que melhorias podem ser acrescentadas a este trabalho, no sentido de tornar as funcionalidades do projeto mais seguras e eficientes para os usuários. As propostas descritas a seguir, fundamentam-se através de observações de pessoas envolvidas no projeto direta ou

indiretamente, assim como com base nos trabalhos relacionados, bem como com base principalmente, nos depoimentos dos participantes dos testes aplicados em meio as instalações do IFBA, realizados no dia 20 de março de 2015. Diante do exposto, propostas de melhorias são abaixo relacionadas como:

1. Reduzir o tamanho do protótipo;
2. Acoplar a placa na bengala do usuário;
3. Embutir os fios na parte interna da bengala;
4. Substituir o sensor do Boné para um óculos;
5. Proteger o sensor da bengala contra chuva para que o usuário possa utilizar seu equipamento nos dias em que o clima estiver propício à chuva;
6. Inserir buzinas com sons distintos, uma vez que no presente trabalho existe apenas uma buzina com a qual as frequências dos sons foram programadas para se diferenciarem apenas por meio de som contínuo ou pausado;
7. Permitir que o usuário recarregue a bateria sem precisar retirar do protótipo;
8. Informar ao usuário, por meio de um som diferente aos já emitidos pelas frequências da Bengala Digital e do Boné Digital, quando o nível da bateria estiver baixo;
9. Realizar estudos mais aprofundados para melhor aperfeiçoar onde devem ser inseridos novos sensores.

A nova ferramenta ao alcance do usuário será fundamental para a promoção da inclusão das pessoas com deficiência visual, tanto no campo da mobilidade, inserção no trabalho como na vida em sociedade. Ações existentes são notadas no Brasil, como foram mencionados neste artigo, mas há ainda muita coisa a ser feita para tornar a vida das pessoas com deficiência visual mais fácil e independente.

Embora os objetivos deste projeto tenham sido alcançados, com a análise dos resultados obtidos dos testes aplicados, junto com os trabalhos relacionados, bem como com as sugestões dos usuários, é possível perceber que existem modificações e melhorias a serem realizadas. Sugerimos, então, analisar a possibilidade de praticar as propostas de aperfeiçoamento contidas neste artigo na conclusão para dar outras contribuições ao projeto.

## 7 REFERÊNCIAS

- [1] S. Monk. Programação Com *Arduino* - Começando Com *Sketches* - Série *Tekne*. BOOKMAN Editora. 2013.
- [2] Arduino.  
<http://playground.Arduino.cc/Portugues/HomePage>.
- [3] M. Evan. J.Noble. J.Hochenbaum. *Arduino em Ação*. Novatec Editora Ltda. São Paulo. SP. 2013.
- [4] A. G. Martins ó Conhecendo o *Arduino* ó Agosto 2012.<http://alexmartins.net/blog/2012/08/03/eletronica-conhecendo-o-Arduino-uno/>.
- [5] *Arduino Uno* ó Guia do usuário.  
<http://www.hecomecatronica.com.br/Artigos%20e%20Documentos/Artigos%20Tecnicos/Documents/01%20Arduino%20uno%20-%20guia%20do%20usuario.pdf>.
- [6] J. A. da Silveira. *Arduino* ó Cartilha para programação em C ó Interfaces Simples de *Hardware* ó Edição

- 1.0.[http://ordemnatural.com.br/pdf-files/CartilhadoArduino\\_ed1.pdf](http://ordemnatural.com.br/pdf-files/CartilhadoArduino_ed1.pdf).
- [7] *Arduino Uno*.  
<http://Arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>.
- [8] N. C. Braga. *Eletrônica Digital ó II. Curso de Eletrônica. Volume 4*. Editora Instituto Newton C. Braga. São Paulo. SP. 2012.
- [9] E. D. M. Ordonez. F. D. Pereira. C. G. Pentead. R. A. Pericini. *Projeto, Desempenho E Aplicações de Sistemas Digitais em Circuitos Programáveis (FPGAs)*. Bless Gráfica e Editora. São Paulo. SP. 2003.
- [10] *Arduino memória*.  
<http://playground.Arduino.cc/Learning/Memory>.
- [11] G. Campbell. *A verdade dos Factos*. 2011.
- [12] N. C. Braga. *Alarmes Conceito e Aplicações*. Editora Instituto Newton C. Braga. São Paulo. SP. 2013.
- [13] Como utilizar o sensor ultrassônico HC-SR04.  
<http://buildbot.com.br/blog/como-utilizar-o-sensor-ultrasonico-hc-sr04/>.
- [14] Bengala Eletrônica ó Julho 2011.  
<http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2011/07/brasileiro-cria-bengala-eletronica-de-baixo-custo-para-deficientes-visuais.html>.
- [15] Bengala com Sensor ó Dezembro 2013.  
<http://g1.globo.com/sp/mogi-das-cruzes-suzano/noticia/2013/12/estudantes-de-mogi-criam-bengala-com-sensor-para-deficientes-visuais.html>.
- [16] Olho Biônico ó Julho 2014. <http://g1.globo.com/m/rio-grande-do-norte/noticia/2014/07/ufm-desenvolve-sistema-que-ajuda-deficientes-visuais-evitar-acidentes.html>.
- [17] Imagem do microcontrolador ATmega328.  
<http://www.techmount.com.br/atmega328-microcontrolador>.
- [18] R. N. Taylor. N. Medvidovic. E. M. Dashofy. *Software Architecture: Foundations, Theory and Praticce*. Publisher: Wiley. 2007.
- [19] Bengalas de locomoção.  
<http://adaptafacil.com.br/acessibilidade-individual/mobilidade-independente/bengalas/bengalas-de-locomocao/>
- [20] J. B. Cerqueira. Outubro de 2011.  
<http://www.bengalalegal.com/bengala-branca>
- [21] História dos Cães-guias. Acessado em Março de 2015.  
[http://www.cmdv.com.br/lermais\\_materias.php?cd\\_materias=430](http://www.cmdv.com.br/lermais_materias.php?cd_materias=430)
- [22] M. R. H. Camolesi. Março de 2013.  
<http://jus.com.br/artigos/4928/o-direito-de-inclusao-da-pessoa-portadora-de-deficiencia-a-luz-da-legislacao-brasileira>
- [23] CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL DE 1988. Acessado em Março de 2015.  
[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm).
- [24] R. Bersch. *Introdução a Tecnologia Assistiva*. 2013.  
[http://www.assistiva.com.br/Introducao\\_Tecnologia\\_Assistiva.pdf](http://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf).
- [25] IBGE. Censo demográfico 2010.  
[ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo\\_Demografico\\_2010/Caracteristicas\\_Gerais\\_Religiao\\_Deficiencia/caracteristicas\\_religiao\\_deficiencia.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Caracteristicas_Gerais_Religiao_Deficiencia/caracteristicas_religiao_deficiencia.pdf).
- [26] Lei 11.126, de 27 de junho de 2005.  
[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/Lei/L11126.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei/L11126.htm).
- Eletrônica digital com Arduino.  
<http://www.dobitaobyte.com.br/linux/eletronica-digital-com-arduino-buzzer-parte-1>.
- [27] A. J. Bianchi. *Processamento de áudio em tempo real em plataformas computacionais de alta disponibilidade e baixo custo*. São Paulo. SP. 2013.  
<http://www.ime.usp.br/~ajb/projeto/mestrado-ajb.pdf>.