

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA**  
**CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELETRÔNICA**

**DIOGO RIGOLON**  
**HENRIQUE VENÂNCIO SCHUTT DE ALMEIDA**

**PROJETO DE EQUIPAMENTO SENSORIAL PARA ORIENTAÇÃO E**  
**MOBILIDADE DE DEFICIENTES VISUAIS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA**

**2016**

**DIOGO RIGOLON**  
**HENRIQUE VENÂNCIO SCHUTT DE ALMEIDA**

**PROJETO DE EQUIPAMENTO SENSORIAL PARA ORIENTAÇÃO E  
MOBILIDADE DE DEFICIENTES VISUAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título Bacharel em Engenharia Eletrônica, do Departamento de Eletrônica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Prof. Msc. Frederic Conrad Janzen

**PONTA GROSSA**

**2016**

Dedicamos o presente trabalho às nossas  
famílias pelo incentivo constante. É por  
eles que estamos aqui.

## **AGRADECIMENTOS**

Não atingiremos todos que participaram de das nossas vidas durante a realização do presente trabalho. Gostaríamos de agradecer aos nossos pais, que sempre nos incentivaram ao estudo, aos nossos professores que sempre fizeram o melhor para nos formar profissionais capacitados, aos nossos amigos que além de não fazerem nada ajudaram a atrasar nossa graduação.



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Ponta Grossa  
Departamento de Eletrônica  
Bacharelado em Engenharia Eletrônica



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **PROJETO DE EQUIPAMENTO SENSORIAL PARA ORIENTAÇÃO E MOBILIDADE DE DEFICIENTES VISUAIS**

por

**DIOGO RIGOLON**

**HENRIQUE VENÂNCIO SCHUTT DE ALMEIDA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 05 de setembro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Eletrônica. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Frederic Conrad Janzen  
Prof. Orientador

---

Fernanda Cristina Corrêa  
Membro titular

---

Joaquim de Mira Jr  
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

## RESUMO

ALMEIDA, Henrique Venâncio Schutt; RIGOLON, Diogo. **PROJETO DE EQUIPAMENTO SENSORIAL PARA ORIENTAÇÃO E MOBILIDADE DE DEFICIENTES VISUAIS**. 2016. 57. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Eletrônica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2016.

O presente projeto apresenta uma proposta de desenvolvimento de um equipamento sensorial de baixo custo que supra mais dificuldades enfrentadas pelas pessoas com deficiência visual que as bengalas comuns. A proposição é a criação de um módulo acoplável a qualquer bengala já utilizada pelas pessoas com deficiência visual que detecte obstáculos acima da linha da cintura para, assim, evitar machucados e escoriações na parte superior do corpo dos usuários. Para o desenvolvimento foram utilizados conceitos adquiridos durante todo o curso de Engenharia Eletrônica, tais como análise de circuitos, computação, teoria de controle, microcontroladores, conversão de energia, entre outras. Além disso, o projeto ainda aborda tópicos socialmente relevantes como a inclusão, acessibilidade e mobilidade.

**Palavras-chave:** Acessibilidade; Deficiência visual; Orientação; Mobilidade; Bengala eletrônica; Microcontroladores.

## ABSTRACT

ALMEIDA, Henrique Venâncio Schutt; RIGOLON, Diogo. **SENSORY EQUIPMENT PROJECT FOR VISUALLY IMPAIRED USERS ORIENTATION AND MOBILITY.** 2016. 57. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Eletrônica) - Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2016.

The current Project presents proposal of development of a low cost sensorial equipment that obviates more difficulties than the common traditional canes currently do. The proposition is the creation of a module attachable to any cane already utilized by the visually impaired person that can detect obstacles above the waistline avoiding, this way, wounds and bruises on the upper part of the user's body. Electronic engineering acquired concepts and knowledge were utilized through the whole developing process, as circuit analysis, computing, control theory, microcontrollers, power conversion, among many others. Besides that, the project approaches topics of high social relevancy, such as inclusion, accessibility and mobility.

**Keywords:** Accessibility; Visual impairment; Orientation; Mobility; Electronic cane; Microcontrollers.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – TA de Auxílios para a Vida Diária.....	19
Figura 2 – TA de Auxílios de Diversas Categorias .....	20
Figura 3 – Cão-Guia.....	21
Figura 4 – Divisões da Bengala Longa.....	22
Figura 5 – Processamento da visão .....	24
Figura 6 – Sensores Ultrassônicos.....	26
Figura 7 – Diagrama de Blocos Para um Sistema de Malha Aberta .....	28
Figura 8 – Diagrama de Blocos Para um Sistema de Malha Fechada .....	29
Figura 9 – Comparação Entre o Sistema de Malha Fechada Convencional e o Sistema Proposto pela Bengala .....	31
Figura 10 – Sinais Modulados por Largura de Pulso.....	33
Figura 11 – Motor de Corrente Contínua Básico .....	35
Figura 12 – Motores de Vibração .....	36
Figura 13 – Fluxograma do desenvolvimento do processo .....	37
Figura 14 – Diagrama de blocos da aquisição da frequência natural do bastão .....	39
Figura 15 – Impacto na parte inferior da bengala.....	40
Figura 16 – Impacto na região central da bengala .....	40
Figura 17 – Impacto na parte inferior da bengala.....	41
Figura 18 – Fluxograma do bloco somador do PWM .....	42
Figura 19 – Diagrama de blocos para aquisição do valor de PWM ideal do motor ...	43
Figura 20 – Gráficos Frequência x Valor do PWM e Amplitude x Valor do PWM.....	44
Figura 21 – Foto do módulo sensorial acoplado à bengala.....	45
Figura 22 – Motor de vibração acoplado à parte inferior do bastão .....	46
Figura 23 – Primeira Parte do Fluxograma de Funcionamento .....	47
Figura 24 – Segunda Parte do Fluxograma de Funcionamento .....	48



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
1.1 PROBLEMA	9
1.2 OBJETIVO	10
1.2.1 Objetivo Geral	10
1.2.2 Objetivos Específicos	10
1.3 JUSTIFICATIVA	10
1.3.1 Temas Abordados	11
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>12</b>
2.1 ORIENTAÇÃO E MOBILIDADE	12
2.2 TECNOLOGIAS ASSISTIVAS E SEUS CONCEITOS	16
2.2.1 Tecnologia Assistiva no Brasil	18
2.2.2 Tecnologias Assistivas de Mobilidade para Deficientes Visuais	20
2.3 DEFICIÊNCIA VISUAL	23
2.4 SENSORES E TRANSDUTORES	24
2.4.1 Sensores de Distância ou Proximidade	25
2.4.1.1 Sensor de distância ultrassônico	25
2.5 SISTEMA DE CONTROLE	27
2.5.1 Sistema de Controle de Malha Aberta	27
2.5.2 Sistema de Controle de Malha Fechada	29
2.6 MICROCONTROLADORES	32
2.6.1 Arduino Uno	32
2.7 PWM (PULSE WIDTH MODULATION)	32
2.8 MOTORES DE CORRENTE CONTINUA	34
2.8.1 Motores de Vibração	35
<b>3 METODOLOGIA</b>	<b>37</b>
3.1 MÉTODO DA PESQUISA	37
3.2 DESENVOLVIMENTO	38
3.2.1 Frequência de Ressonância	38
3.2.2 Motor de Vibração	41
3.2.3 Montagem	45
3.2.4 Programação	46
3.2.5 Experimentos	48
3.2.6 Resultados	49
3.2.7 Análise e Discussões	49
<b>4 CONCLUSÃO</b>	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>52</b>
<b>ANEXO A - Código do Arduíno</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Vivem hoje no Brasil mais de 200 milhões pessoas. O levantamento censitário, realizado pelo IBGE em 2010, aferiu que cerca de 24% da população brasileira apresentam algum tipo de deficiência. Dessas pessoas portadoras de deficiência, aproximadamente 78% possuem alguma deficiência visual (IBGE, 2010).

Dada a proporção de deficientes visuais surgem várias pesquisas e desenvolvimento de técnicas para o auxílio na vida cotidiana destas pessoas: técnicas de orientação e mobilidade e tecnologias assistivas.

As técnicas de orientação e mobilidade são treinamentos que permitem ao deficiente visual uma melhor compreensão do espaço em que se encontra e como melhor se locomover por ele.

As tecnologias assistivas são ferramentas e serviços que facilitam a vida de portadores de deficiência, que são “os recursos como uma colher adaptada, cadeiras de rodas e softwares para computador e também pode indicar serviços, como intérprete de libras” (VERUSSA, 2009). Uma das muitas tecnologias assistivas existentes para portadores de deficiência visual é a bengala, a qual já apresenta algumas melhorias, como é o caso da bengala eletrônica.

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento e construção de um protótipo de uma bengala eletrônica, e assim como avaliar se a mesma apresenta reais benefícios quando comparada com uma bengala tradicional para deficientes visuais.

Esta bengala compensa o problema do portador de deficiência visual através de componentes eletrônicos, tais como microcontroladores, sensores, motores elétricos etc. Com estes componentes, a bengala identificaria e comunicaria ao usuário a existência de obstáculos.

### 1.1 PROBLEMA

É possível elaborar um dispositivo que seja capaz de minimizar as dificuldades encontradas por pessoas com deficiência visual e que seja mais acessível do que as tecnologias já existentes?

## 1.2 OBJETIVO

Abaixo serão apresentados todos os objetivos gerais e específicos do presente Trabalho de Conclusão de Curso.

### 1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma bengala eletrônica que auxilie portadores de deficiência visual a minimizar algumas dificuldades de mobilidade encontradas no cotidiano.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver o módulo do sensor e adaptá-lo à bengala;
- Determinar o método de maior sensibilidade do protótipo para o usuário;
- Testar a bengala eletrônica desenvolvida.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

A pesquisa se faz necessária pelo fato da orientação e mobilidade serem prejudicadas pela falta de visão. E o deficiente visual com uma melhor mobilidade tem maior autonomia adquirindo, assim, uma maior qualidade de vida em vários quesitos, tais como autoconfiança, melhor contato social, dentre vários outros.

Com o conhecimento de programação, instrumentação e alguns outros conceitos que foram adquiridos no curso é possível o desenvolvimento de um módulo sensorial de baixo custo que daria a possibilidade de que um maior número de deficientes visuais obtivesse tais melhorias na área de mobilidade, visto que boa parte de tais tecnologias que garantem bom grau de mobilidade possuem custo inacessível à maioria da população.

### 1.3.1 Temas Abordados

O presente trabalho introduz no capítulo 2 o tema e traz em seu referencial teórico os conhecimentos básicos utilizados para o desenvolvimento e entendimento mais apropriado do projeto. Os temas iniciam-se com orientação e mobilidade, tecnologias assistivas e a deficiência visual. Após uma breve introdução ao tema e à relevância do projeto desenvolvido conhecimentos teóricos são apresentados, tais como: sensores e transdutores, fundamentos de teoria de controle moderno e motores de corrente contínua.

O capítulo 3 trata primeiramente da metodologia utilizada e a metodologia da pesquisa. Logo após há um detalhamento sobre desenvolvimento do projeto com demonstrações de como cada passo foi conduzido. Há também nessa parte do trabalho fluxogramas e ilustrações de como os os dados foram obtidos e os códigos foram desenvolvidos. E, finalizando o capítulo, há uma discussão sobre os resultados obtidos quando comparados com os observados, as análises do protótipo e do resultado final do trabalho, bem como as últimas discussões e considerações.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 ORIENTAÇÃO E MOBILIDADE

É necessário entender como o espaço se organiza, para melhor se interagir com ele. Para Silva (2010) é a partir da percepção e da interpretação de um espaço não só constituído de objetos geográficos naturais ou artificiais, mas também de processos sociais, que as pessoas interagem com ele, reconhecendo todos os elementos que o compõe e o significado deles.

É crescente o número de pesquisas envolvendo a orientação e mobilidade, principalmente ao que se diz no caso de pessoas com deficiência visual, mas para melhor compreender a importância é necessário saber o que esse termo significa e com isso perceber o impacto positivo que pesquisas nessa área trazem principalmente para pessoas com deficiência visual, seja total ou parcial.

Mendonça et al. (2008, p. 67) explicam de forma mais detalhada que a orientação é um processo usado por deficientes visuais para estabelecer sua posição em relação à todos os objetos, enquanto a mobilidade é capacidade de se locomover no ambiente que os cercam sem a necessidade de alterar a direção, ou seja, caminhar livremente sabendo quais são os obstáculos que estão ao seu redor e como desviá-los. De maneira simples a orientação e mobilidade, ou OM, é a capacidade de compreender o ambiente que nos cerca e nos movimentar neste respectivo ambiente.

De acordo com Castro e Santos (2013), EM se tratando do tema de orientação e mobilidade, a orientação para o deficiente visual é aprender a usar os outros sentidos para obter as informações do ambiente que está, sabendo onde está, para onde quer ir e como fazer para chegar ao seu destino, enquanto a mobilidade é aprender a controlar seus movimentos de forma organizada e eficaz.

Contudo a orientação e mobilidade não se aplicam somente às pessoas com algum tipo de deficiência visual, de acordo com orientação dada pelo Ministério de Educação e Cultura:

A expressão orientação e mobilidade significa mover-se de forma orientada, com sentido, direção e utilizando-se de várias referências como pontos cardeais, lojas comerciais, guia para consulta de mapas, informações com pessoas, leitura de informações de placas com símbolos ou escrita para chegar ao local desejado. (GIACOMINI; SARTORETTO; BERSCH, 2010, p. 7).

Então percebe-se que não apenas pessoas com deficiência visual, mas qualquer um, deficiente ou não, necessita da OM. Uma pessoa, independentemente de ter algum tipo de deficiência ou não, necessita entender o espaço que o cerca e como se relacionar com todos os elementos presentes neste espaço.

Se até mesmo uma pessoa que não possui qualquer tipo de deficiência, em alguns casos, se sente perdida ou não consegue compreender o local que o cerca, é apenas imaginável a dificuldade que uma pessoa com deficiência, principalmente visual, encontraria na mesma situação.

Sem o uso da visão, sentido facilitador para se orientar no espaço em que se encontra, deficientes visuais necessitam de ferramentas e métodos para melhor se orientar garantindo maior mobilidade. Além de ferramentas, como bengalas ou guias, é necessário, também, desenvolvimento de técnicas para desenvolver as habilidades e capacidades das pessoas com deficiência visual de se moverem de forma mais autônoma. Um exemplo desse tipo de técnica são os métodos de OM. De acordo com Santos e Castro (2013) já existem, em várias cidades brasileiras, centros e escolas e profissionais liberais de OM que estão voltados ao ensino e treinamento no uso das técnicas de OM, permitindo que essas pessoas tenham a autonomia de se ir e vir livremente com segurança e responsabilidade.

Graças à crescente preocupação com a orientação e mobilidade e o entendimento do termo existe a preocupação em desenvolver a OM nas pessoas com deficiência.

O quanto antes se trabalha a orientação e mobilidade na vida de um deficiente visual, melhor e mais rapidamente este se adapta, se tornando independente e conseguindo obter mais facilmente informações sobre o ambiente. Segundo Mendonça et al. (2008, p. 69) “a intervenção deve começar o mais cedo possível em vários contextos, pelo que a casa, o jardim-de-infância, o parque infantil são ambientes privilegiados”.

Hoffmann (1999) afirma que “é importante destacar que, de acordo com a idade em que o ensino da OM for introduzido (etapa infantil, adolescência ou idade adulta), a independência será conquistada com mais ou menos rapidez, intensidade e gradação”.

Uma criança, principalmente uma que nasce com a deficiência, tem maior facilidade em aprender a se orientar e se movimentar no ambiente, principalmente em praticar técnicas de OM:

O treino precoce e intensivo dos sentidos e a facilitação de experiências sensório – motoras integradas e significativas permitirão à criança com deficiência visual utilizar o tacto, a audição e os resíduos visuais sistematicamente de forma eficiente em todas as atividades, garantindo a organização de seu conhecimento e do espaço que o rodeia, e um maior grau de autonomia e de liberdade. (MENDONÇA et al., 2008, p.67).

Ao contrário daqueles que já nasceram com a deficiência, pessoas que, de alguma forma passaram a ter algum tipo de deficiência visual, principalmente em uma idade mais avançada, tem maior dificuldade em utilizar os outros sentidos para se orientar no espaço em que se encontram. Para o deficiente visual, o uso dos sentidos que ainda lhe restam se torna de extrema necessidade para a prática da orientação e mobilidade. Como as pessoas que adquirem a deficiência em algum ponto de sua vida, tem maior dificuldade de se acostumar e compreender o ambiente à sua volta, é necessário investir em tecnologias, como bengalas e técnicas para melhor adapta-los ao seu novo estilo de vida.

Como citado anteriormente a orientação e mobilidade não aplica-se somente aos deficientes visuais. É importante que todos consigam compreender o ambiente que nos cerca, para melhor utilizar este espaço e o que ele oferece. Visto que há uma maior dificuldade para um deficiente visual, conseguir compreender o espaço e todos os seus elementos e como se movimentar por ele traz uma satisfação diferenciada.

Já não basta a própria sensação de insegurança dos deficientes visuais, muitas famílias ainda colaboram para esse medo agindo com superproteção. “Tal atitude atrasa o processo de independência, trazendo risco real e psicológico, pois reforça a dependência e o sentimento de incapacidade”. (SANTOS; CASTRO, 2013)

Em um de seus estudos Hoffmann (1999) diz que os deficientes visuais com treino em OM têm como benefício: independência, segurança, autoconfiança,

integração, contato social, privacidade, noção de distância, noção de espaço-tempo, equilíbrio corporal, oportunidade de emprego e conhecimento real dos objetos.

A independência não se refere apenas ao uso de ferramentas de locomoção independente, como a bengala, mas de acordo com Hoffmann (1999) todo deficiente visual que dispõe de técnicas de locomoção independente, em algum momento, terá que pedir, receber ou recusar o apoio de um guia, que é um recurso categorizado como locomoção dependente. “O conhecimento global da OM lhe oferece a condição e a segurança para esta atitude, principalmente dentro das suas conveniências e não apenas daquelas do guia vidente, garantindo, assim, sua independência”. (HOFFMANN, 1999).

A independência então se refere ao fato de que um deficiente visual não necessita mais esperar que alguém esteja livre para realizar suas tarefas e consiga por si mesmo realizar as suas tarefas com ou sem a ajuda de terceiros. Entretanto, os efeitos da independência não se limitam à capacidade de um deficiente visual se locomover ou realizar outras atividades locomotoras com maior autonomia, Hoffmann (1999) cita que a independência influencia diretamente no bem-estar geral e na capacidade em interagir no e sobre o ambiente, em qualquer faixa etária de uma pessoa com deficiência visual.

O treino com a OM traz ainda um grande benefício que é a autoconfiança. De acordo com Santos e Castro (2013) o uso de técnicas de orientação e mobilidade proporcionam às pessoas com deficiência visual experiências locomotoras diversas e de qualidade e também exercita habilidades motoras e cognitivas. Esses exercícios e experiências se mostram útil, pois como afirma Santos e Castro (2013) “essa atitude promove o autoconhecimento e o confronto diante das dificuldades, possibilitando o aumento da confiança e da segurança em sua potencialidade, bem como a constatação das limitações”. Com isso surge ou reaparece o sentimento de autoconfiança.

A autoconfiança é importante, pois com ela uma nova gama de possibilidades e realidades surgem diante de um deficiente visual. “Um dos maiores benefícios emocionais é a melhoria da autoestima”. (SANTOS; CASTRO, 2013).

Um deficiente visual bem treinado com técnicas de OM e que possua autoconfiança se restringe menos ao enfrentar as dificuldades encontradas em seu caminho, obviamente os benefícios de ser uma pessoa com maior autoconfiança vão



além de enfrentar as dificuldades encontradas na locomoção, um deficiente visual com autoconfiança é muito mais ativo e comunicativo, reduzindo ainda mais as barreiras criadas pelos preconceitos.

Para Santos e Castro (2013) o deficiente visual ao se locomover de maneira segura e orientada participa ativamente e efetivamente na sociedade nos seus mais diversos níveis e estruturas do ambiente e com isso ele se torna mais envolvido com os fatos, com as pessoas e as situações que o cerca.

As técnicas de orientação e mobilidade podem então ser consideradas tecnologias assistivas. Mesmo fazendo uso de outras tecnologias assistivas, como a bengala, em suas técnicas, a OM por si só também pode ser classificada como uma tecnologia assistiva, pois auxiliam diretamente a vida dos deficientes visuais.

## 2.2 TECNOLOGIAS ASSISTIVAS E SEUS CONCEITOS

As tecnologias assistivas são produtos, serviços ou práticas que facilitam certas tarefas realizadas ou até mesmo tornam possíveis a realização de novas atividades. De acordo com Bersch (2013) a tecnologia assistiva é um auxílio para a ampliação de uma habilidade funcional ou para possibilitar uma função que se encontra impedida, seja por deficiência ou por envelhecimento.

Diversos autores explicam que a expressão Tecnologia Assistiva é recente. Garcia e Galvão Filho (2012) afirmam que “Tecnologia Assistiva é uma expressão nova, que se refere a um conceito ainda em pleno processo de construção e sistematização”.

Segundo Bersch (2013) a Tecnologia Assistiva é um “termo ainda novo, utilizado para identificar todo o arsenal de recursos e serviços que contribuem para proporcionar ou ampliar habilidades funcionais de pessoas com eficiência e conseqüentemente promover vida independente e inclusão”.

Por ser um termo novo e com seu conceito ainda não completamente definido, o uso da expressão Tecnologia Assistiva pode se tornar muito amplo. Essas tecnologias geralmente são destinadas a pessoas que apresentam algum tipo de deficiência, seja ela permanente ou apenas temporária. Contudo, não são exclusivas para pessoas com deficiência.

Apesar do termo ser recente, pode-se dizer que as tecnologias assistivas em si, são antigas:

A utilização de recurso de Tecnologia Assistiva, entretanto, remonta aos primórdios da história da humanidade ou até mesmo da pré-história. Qualquer pedaço de pau utilizado como bengala improvisada, por exemplo, caracteriza o uso de um recurso de Tecnologia Assistiva. GARCIA; GALVÃO FILHO, 2012, p. 12)

Segundo Galvão Filho (2009) o termo Tecnologia Assistiva acompanha, na língua portuguesa, as expressões Tecnologia de Apoio e Ajudas Técnicas, sendo na maioria das vezes usado como sinônimos, contudo a expressão Ajudas Técnicas deve-se referir apenas aos dispositivos e serviços, enquanto os outros termos podem incluir, além dos dispositivos e serviços, a metodologia envolvida.

O termo tecnologia assistiva (TA), não é usado apenas para as ferramentas ou serviços que melhora uma habilidade deficitária ou torna possível uma função que, devido à uma deficiência, se encontrava incapacitada. Garcia e Galvão Filho (2012) afirmam que a TA não apenas engloba em seu conceito os dispositivos, equipamentos ou ferramentas, mas engloba também os processos, estratégias e as metodologias que estão relacionados à eles.

A tecnologia assistiva é compreendida como um auxílio que permite a melhora de uma habilidade funcional que, permanentemente ou temporariamente, se encontra deficitária, ou que permite a realização de uma função que era antes incapacitada por alguma deficiência, doença ou até mesmo o envelhecimento. Para Bersch (2013), o maior objetivo da tecnologia assistiva é garantir à pessoa com deficiência “maior independência, qualidade de vida e inclusão social, através de sua comunicação, mobilidade, controle de seu ambiente, habilidades de seu aprendizado e trabalho”.

Devido à crescente preocupação e pesquisa na área de tecnologia assistiva, novas incógnitas surgem em relação a mesma. De modo que a classificação usual de TA são equipamentos, serviços, processos que facilitam e possibilitam novas funções que eram impedidas devido à uma deficiência, começam a surgir dúvidas do que pode se categorizar como tecnologia assistiva. Galvão Filho (2013) cita como exemplo às diferentes visões sobre classificar ou não um aparelho médico, tal como os aparelhos de uma clínica de fisioterapia, como uma tecnologia assistiva e complementa dizendo que a questão que vem surgindo é se os equipamentos para tratamento e reabilitação

podem ser considerados como recursos de TA. Essa dúvida surge, pois como explica Galvão Filho (2013), pode-se encarar o equipamento como um tratamento ou reabilitação para maior autonomia sendo assim considerado uma TA ou então encarando o equipamento como uma ferramenta de trabalho de um profissional, usada nesse caso por um fisioterapeuta, desta forma o equipamento é uma ferramenta profissional de trabalho e não uma tecnologia assistiva. Contudo estes são apenas pontos de vistas diferenciado, mas isso torna explicito a necessidade de melhor fundamentar o conceito e o significado do termo tecnologia assistiva.

### 2.2.1 Tecnologia Assistiva no Brasil

Visto que a expressão Tecnologia Assistiva é nova diante à sociedade mundial, é ainda mais recente dentro do Brasil. “No Brasil, o processo de apropriação e sistematização do conceito e classificação de Tecnologia Assistiva é ainda mais incipiente e recente”. (GALVÃO FILHO, 2009).

Como citado anteriormente, podem existir algumas diferenças no significado entre as expressões Tecnologias Assistiva, Tecnologia de Apoio e Ajudas Técnicas, mas de acordo com Galvão Filho (2009) no Brasil esses termos geralmente são usados como sinônimos. Não se distinguindo dos que se referem apenas aos produtos e serviços daqueles que trazem consigo a metodologia e os processos.

No que se refere a legislação brasileira o termo tecnologia assistiva aparece no decreto 7612/2011, porém sem definição sobre o termo. Já o termo Ajudas Técnicas, é encontrado no decreto 3298/1999 e no decreto 5296/2004. No artigo 19 do decreto 3298/1999 a expressão Ajudas Técnicas é definida como elementos que compensa uma ou mais limitações funcionais, seja motoras, sensoriais ou mentais de uma pessoa que possui alguma deficiência, com o objetivo de melhor enfrentar as dificuldades de mobilidade e comunicação e possibilitar uma plena inclusão social. Já no artigo do 61 do decreto 5296/2004 Ajudas Técnicas é definido como instrumentos, equipamentos ou tecnologias que são criadas ou adaptadas especialmente tendo como objetivo melhorar a funcionalidade da pessoa portadora de deficiência ou mobilidade reduzida.

O conceito de Ajudas Técnicas, de acordo com a legislação brasileira, está apenas relacionado apenas às ferramentas e dispositivos, que seriam as tecnologias

assistivas. Entretanto serviços e metodologias voltadas para portadores de deficiência também deveria ser considerada na concepção do conceito de Ajudas Técnicas. Galvão Filho (2009b) afirma que o fato de não haver a atribuição das ideias de metodologia nos conceitos formulados pela legislação brasileira gera uma limitação em relação às outras concepções que são mais amplas e que favorecem o estudo, pesquisa e desenvolvimento nessa área.

### 2.2.2 Categorias de Tecnologias Assistivas

Bersch (2013) classifica nas seguintes categorias: Auxílios para a vida diária e vida prática; CAA (comunicação aumentativa e alternativa); Recursos de acessibilidade ao computador; Sistemas de controle de ambiente; Projetos arquitetônicos para acessibilidade; Órteses e próteses; Adequação postural; Auxílios de mobilidade; Auxílios para qualificação da habilidade visual e recursos que ampliam a informação a pessoas com baixa visão ou cegas; Auxílios para pessoas com surdez ou com déficit auditivo; Mobilidade em veículos; Esporte e Lazer.

Os auxílios para vida diária ou prática são as ferramentas como talheres especiais ou roupas projetadas para serem mais fáceis de se vestirem. A Figura 1 mostra alguns exemplos destes auxílios.



Alimentação (fixador do talher à mão, anteparo de alimentos no prato, fatiador de pão)



Vestuário (abotoador, argola para zíper e cadarço mola)



**Figura 1 – TA de Auxílios para a Vida Diária**  
**Fonte: Bersch (2013)**

Os recursos de acessibilidade ao computador são softwares e hardwares como mouses e teclados diferenciados. Cada categoria tem suas características e se destinam melhor à um grupo de deficiências. A Figura 2 ilustra TA de algumas outras categorias.



**Figura 2 – TA de Auxílios de Diversas Categorias**  
Fonte: Bersch (2013)

Mas como citado anteriormente, no Brasil a maior deficiência apresentada é a deficiência visual, por isso é importante conhecer bem, principalmente, as TAs de auxílio de mobilidade.

As TAs de mobilidade não são exclusivas para aqueles com deficiência visual, até porque dentro desta categoria se encaixam cadeira de rodas, andadores, *scooters*, que são equipamentos utilizados por pessoas com deficiências físicas ou idosos. Como dito por Bersch (2013) nesta categoria entram todo veículo, equipamento ou estratégia utilizada na melhoria da mobilidade pessoal.

### 2.2.2 Tecnologias Assistivas de Mobilidade para Deficientes Visuais

Dentro da categoria que envolve a mobilidade existem muitos recursos voltados especificamente para deficientes visuais. A bengala longa é a mais conhecida das TA destinadas para deficientes visuais. Porém existem outras tecnologias assistivas, como as técnicas de orientação e mobilidade, os cães-guias, guias videntes, entram também variações, como por exemplo, as bengalas eletrônicas.

Guias videntes, são pessoas cuja visão é boa. O problema com guias videntes é que por serem terceiros o deficiente visual acaba tendo que depender da disponibilidade deste.

Assim como os guias videntes, existem também os cães-guias, estes, porém, não apresentam o problema da dependência. Os cães-guias se apresentam como uma das melhores TA destinadas a deficientes visuais. São capazes de alertar ao deficiente os obstáculos e perigos à sua frente, bem como os conduzir por um caminho seguro. Contudo são poucos os deficientes que tem acesso à cães-guias, isso se dá pelo fato de que é necessário um bom treinamento do animal e ao custo elevado.

De acordo com o Portal do Brasil (2013) o primeiro centro de formação de instrutores e treinadores de cães-guias da América Latina começou seu funcionamento no Brasil no final do ano de 2012. Anteriormente esse tipo de formação que era realizada fora do país podia chegar a custar de US\$25 à 30 mil.



**Figura 3 – Cão-Guia**

**Fonte: <http://www.brasil.gov.br/cidadania-e-justica/2013/04/brasil-e-o-unico-pais-da-america-latina-que-trabalha-com-formacao-de-caes-guia>**

Devido à essa dificuldade do treinamento e custos são pouquíssimos os que tem acesso. De acordo com o Projeto Cão Guia Brasil, o Conselho Brasileiro de Oftalmologia revelou em 2009 que existiam cerca de 5,4 milhões de pessoas com

deficiência no Brasil, dentro de uma população de cerca de 191 milhões de habitantes no país, contudo apenas cerca de 70 pessoas podiam contar com este benefício. De acordo com o IBGE em 2010 o número de deficientes em visuais passou dos 6,5 milhões, cerca de 18,60% da população brasileira, no entanto não houve um aumento de cães-guias proporcional à este aumento.

A bengala longa é a TA mais utilizada pelos deficientes visuais para a locomoção. Segundo Silva e Ramirez (2012) a bengala longa se caracteriza por sua leveza e seus tamanhos alongados. A bengala longa é dividida em três partes, sendo a pega, que permite ao usuário o manejo da bengala, a segunda é a haste funcionando como uma extensão do corpo do usuário, usada para ler o espaço e transmitir via sinais táteis e por último a ponteira, responsável pelo contato direto com o solo. (SILVA; RAMIREZ, 2012).

A Figura 4 ilustra a bengala longa e suas divisões.



**Figura 4 – Divisões da Bengala Longa**  
Fonte: <http://www.lojaciviam.com.br/bengala-dobavel-em-5-pecas-ambutech>

O comprimento da bengala longa deve ser definido de acordo com a altura do usuário. A bengala longa permite um conhecimento do espaço ao redor de modo a funcionar como uma extensão dos sentidos táteis.

## 2.3 DEFICIÊNCIA VISUAL

Das diversas deficiências existentes, uma das que mais chamam a atenção é a deficiência visual. São muito os estudos envolvendo a deficiência visual e tecnologias assistivas para este grupo.

De acordo com a Fundação Dorina Nowill para Cegos a deficiência visual é definida como a perda total ou parcial, congênita ou adquirida, da visão e o nível de acuidade visual pode variar, o que determina dois grupos de deficiência: Cegueira e Baixa visão ou Visão subnormal.

Segundo a Fundação Dorina Nowill para Cegos a diferença entre cegueira e baixa visão é que a cegueira é a perda total da visão ou pouquíssima capacidade de enxergar, o qual leva a necessitar do Sistema Braille, enquanto a baixa visão é dada pelo comprometimento do funcionamento visual dos olhos, porém com determinados auxílios são capazes de ler textos.

Segundo o censo realizado pelo IBGE em 2010 mais de 6,5 milhões de brasileiros apresentam deficiência visual, sendo 528.624 cegos e 6.056.654 pessoas com baixa visão ou visão subnormal.

A Fundação Dorina Nowill para Cegos afirma que entre as principais causas de cegueira em adultos estão a glaucoma, retinopatia diabética, atrofia do nervo ótico, retinose pigmentar e degeneração macular relacionada à idade, já entre as crianças, as principais causas são glaucoma congênito, retinopatia da prematuridade e toxoplasmose ocular congênita.

A visão é dada por um sistema sensorial que se inicia pelos olhos, então o nervo ótico que liga os olhos ao cérebro envia as informações obtidas pelos olhos, por fim o cérebro processa as informações transformando-as em imagens. O olho, assim como um sensor, transforma uma grandeza física, neste caso a luz, em uma grandeza elétrica, então o cérebro processa esse sinal transformando-o em imagem, pode-se dizer que o cérebro então funciona como o microcontrolador que ao receber um sinal do sensor é capaz de processá-lo tornando-o em uma informação útil. A Figura 5 demonstra como é processada a visão.



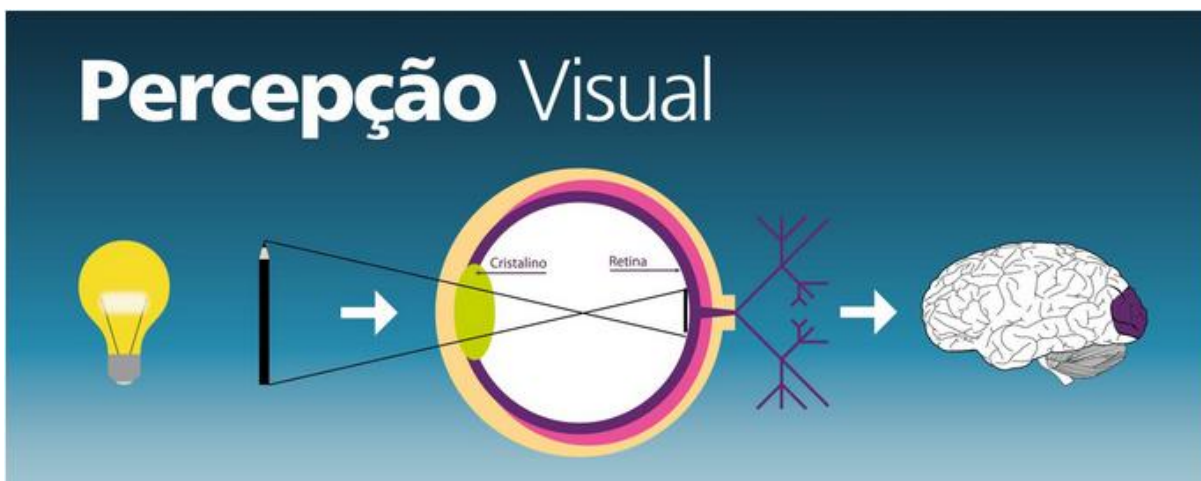


Figura 5 – Processamento da visão

Fonte: Adaptado de <http://opticacarijos.com.br/como-funciona-a-visao>

## 2.4 SENSORES E TRANSDUTORES

Transdutores são elementos responsáveis pela transformação de um fenômeno físico em outra grandeza física mensurável. Eles são usados para coletar informações de uma planta ou um sistema específico e transformá-lo em uma variável que pode ser usada para controle direto do sistema, transformada em dado, manipulada, armazenada ou apenas constatada. Os transdutores mais usuais são os sensores, responsáveis por transformar perturbações físicas em grandezas elétricas, “o sensor é um transdutor eletrônico que converte uma quantidade física em um sinal elétrico” (DERENZO, 2003, p. 226)<sup>1</sup>. Os sensores “servem para informar um circuito eletrônico a respeito de um evento que ocorra externamente, sobre o qual ele deve atuar, ou a partir do qual ele deve comandar uma determinada ação” (WENDLING, 2010, p. 3).

Ainda segundo Derenzo (2003) os sensores têm algumas características básicas que podem ser enumeradas e caracterizam a qualidade do sensor, dentre elas estão: sensibilidade, erro de linearidade, precisão, estabilidade, ruído, tempo de resposta, dentre outros.

Os sensores podem ser divididos em várias categorias pelos mais diversos quesitos, como, por exemplo, aplicação, características construtivas, tipo de energia detectada, dentre outros.

## 2.4.1 Sensores de Distância ou Proximidade

Os sensores de distância, também conhecidos como sensores de proximidade, medem qual a distância de determinado objeto até onde o sensor está posicionado.

Há vários métodos de mensurar tal distância e os principais serão discorridos a seguir.

### 2.4.1.1 Sensor de distância ultrassônico

Alguns materiais dielétricos possuem uma propriedade chamada de piezeletricidade que, basicamente é a capacidade de desenvolver uma polarização quando submetidos a uma tensão mecânica. O contrário ocorre quando o material é submerso em um campo elétrico: o dielétrico sofre uma deformação mecânica. Em materiais piezelétricos

Muitos dipolos internos estão presentes, mas eles estão dispostos em direções que, na condição indeformada, ocorre compensação e não há momento dipolar na rede do cristal. Se o cristal for comprimido em uma dessas direções, um dipolo é tensionado à custa dos outros e um momento dipolar na rede é gerado. (FURUKAWA, 2010, p. 2).

fazem com que ele sofra uma deformação mecânica. Graças à frequência de vibração do material piezelétrico, essa deformação mecânica cria uma onda mecânica (ultrassônica) que se propaga pelo meio e quando refletida e captada pelo receptor, que sofre uma deformação mecânica e causa ao circuito uma perturbação elétrica. É esse o princípio de funcionamento do sensor de ultrassônico, elucidando melhor o princípio,

As ondas refletidas pelo objeto são captadas pelo sensor, fornecendo assim um sinal que pode ser processado trazendo informações sobre o projeto no qual ocorreu a reflexão. (WENDLING, 2010, p. 18).

E pela propriedade piezoelétrica inerente a esses materiais, eles podem ser

---

<sup>1</sup> “The sensor is an electronic transducer that converts a physical quantity into an electrical signal” (DERENZO, 2003, p. 226).

utilizados para criação de sensores ultrassônicos, pois quando seus emissores recebem uma perturbação elétrica, ele sofre uma deformação mecânica. Graças à frequência de vibração do material piezelétrico, essa deformação mecânica cria uma onda mecânica (ultrassônica) que se propaga pelo meio e quando refletida é captada pelo receptor, que sofre uma deformação mecânica, transmitindo ao circuito uma perturbação elétrica. É esse o princípio de funcionamento do sensor de ultrassônico, elucidando melhor o princípio,

As ondas refletidas pelo objeto são captadas pelo sensor, fornecendo assim um sinal que pode ser processado trazendo informações sobre o projeto no qual ocorreu a reflexão. (WENDLING, 2010, p. 18).

Há dois tipos básicos de transdutores ultrassônicos: os de banda estreita e os de banda larga.

Os de banda estreita são frequentemente usados em aplicações de alta intensidade, onde frequências baixas são predominantes. Os de banda larga são geralmente usados em aplicações de detecção, medição e controle. (FURUKAWA, 2010, p. 3).



**Figura 6 – Sensores Ultrassônicos**  
Fonte: Wendling (2010)

Como já dito, os sistemas sensoriais do corpo humano funcionam como um sistema sensorial eletrônico, onde informações são adquiridas e analisadas, para que

possamos nos locomover e interagir com o mundo. Pode-se facilmente representar esses sentidos e assemelha-los matematicamente a um sistema de controle.

## 2.5 SISTEMA DE CONTROLE

Um sistema de controle é composto basicamente de um sinal de referência, um controlador (atuador), um processo (também conhecido como planta) e um sinal de saída e pode ser basicamente de dois tipos: de malha aberta e malha fechada. O sistema de malha aberta é definido por Ogata como

aqueles que o sinal de saída não exerce nenhuma ação de controle no sistema. Isso quer dizer que em um sistema de controle de malha aberta o sinal não é medido nem realimentado para comparação com a entrada. (OGATA, 2003, p. 7).

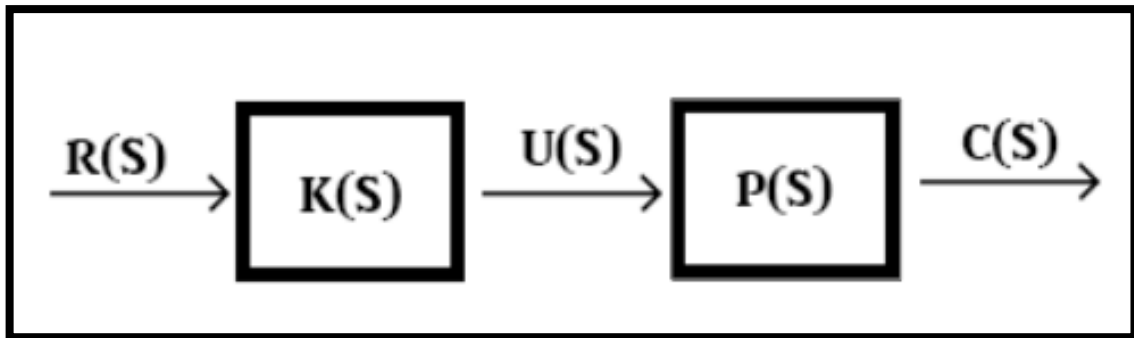
Já o sistema de malha fechada é “um sistema que estabeleça uma relação de comparação entre a entrada e a saída de referência”. (OGATA, 2003, p. 7).

### 2.5.1 Sistema de Controle de Malha Aberta

O sistema de controle de malha aberta geralmente contém apenas os quatro elementos básicos: referência, o controlador, o processo e o sinal de saída. Nesse tipo de sistema não há um controle ou informações de como o processo está funcionando, apenas há um sinal que é aplicado e espera-se que ele siga tal referência. Nesse sistema não há uma realimentação e nem uma relação de interdependência entre o sinal de entrada e o de saída, ou seja, a referência é pré-determinada e o sistema controlador-processo vai seguir apenas essa entrada, que independe totalmente da saída.

Em qualquer sistema de controle de malha aberta, a saída não é comparada com a referência. Assim, a cada entrada de referência corresponde uma condição fixa de operação. (OGATA, 2003, p. 7).

O diagrama de blocos de tal sistema é representado pela Figura 9.



**Figura 7 – Diagrama de Blocos Para um Sistema de Malha Aberta**  
 Fonte: Adaptado de Ogata (2003)

Com o diagrama de blocos é possível montar a equação de transferência do sistema, que é a relação entre a saída e a entrada.

$$\frac{C(s)}{R(s)} = K(s) \cdot P(s)$$

Onde C(S) é a saída do sistema de controle, R(S) é a referência do sistema de controle, K(S) é o controlador (atuador) e P(S) é a planta (processo) do sistema.

Outra característica desse sistema é que a entrada do controlador K(S) é a própria referência R(S). O controlador, por sua vez, envia à planta o sinal de controle U(S), para obter da planta a saída C(S) esperada. Mas pela topologia do sistema e falta de realimentação não há garantia que o sistema estabilizar-se-á exatamente no estado desejado.

Para melhor elucidar o conceito de falta de garantia da estabilização desejada, pode-se usar o exemplo de um deficiente visual caminhando com o auxílio de apenas uma instrução de um ajudante. Se o ajudante dissesse que um objeto que o deficiente precisa pegar encontra-se a 10 metros dele em linha reta, o deficiente seguiria esta dica como referência (R(S)) e seu cérebro, o controlador (K(S)), enviaria uma mensagem ao seu corpo, a planta (P(S)), para que ele caminhasse por 10 metros exatos e então tentaria pegar o objeto à sua frente. Mas não há nenhuma garantia de que ele andaria exatamente 10 metros dados como referência.

Para haver essa estimativa do erro e a correção da entrada do controlador considerando a saída, é necessário que haja uma realimentação e uma comparação

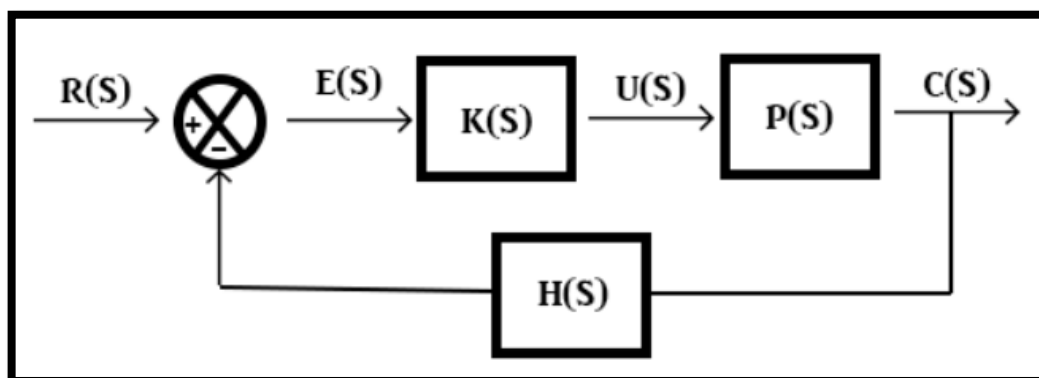
entre a referência e a saída, e para que isso ocorra é necessário haver um sistema de controle de malha fechada.

### 2.5.2 Sistema de Controle de Malha Fechada

O sistema de controle de malha fechada difere do sistema de malha aberta principalmente por ser um sistema com uma realimentação. Esta permite que o sinal de referência seja comparado com o sinal de saída. O sinal de entrada do controlador será a diferença entre a referência e a realimentação, isso fará com que haja um controle mais preciso do processo.

“Em um sistema de controle de malha fechada, o sinal do erro atuante, que é a diferença entre o sinal de entrada e o sinal de realimentação (que pode ser o próprio sinal de saída ou a função do sinal de saída e/ou suas derivadas e integrais), realimenta o controlador, de modo que minimize o erro e acerte a saída do sistema ao valor desejado. O termo “controle de malha fechada” sempre implica a utilização do controle com realimentação para efeito de reduzir o erro do sistema”. (OGATA, 2003, p. 5).

O diagrama de blocos da figura 8 representa um sistema de controle de malha fechada genérico.



**Figura 8 – Diagrama de Blocos Para um Sistema de Malha Fechada**  
 Fonte: Adaptado de Ogata (2003)

A Figura 8 pode ser diferenciada visualmente da Figura 7 pela sua realimentação. Essa característica faz com que sempre o atuador receba uma resposta de como está a saída e tenha o esforço de controle otimizado.

Pode-se dizer que o erro  $E(s)$  é a comparação entre a referência  $R(s)$  e o produto da saída  $C(s)$  com o ganho da realimentação, então temos:

$$E(s)=R(s)-C(s).H(s) \quad (1)$$

Sabe-se também que a saída  $C(S)$  é o produto entre o erro  $E(S)$ , o controlador  $K(S)$  e a planta  $P(S)$ .

$$C(s)=E(s).K(s).P(s)$$

$$E(s)=\frac{C(s)}{K(s).P(s)} \quad (2)$$

Finalmente substituindo a equação (1) na equação (2)

$$\frac{C(s)}{K(s).P(s)}=R(s)-C(s).H(s)$$

$$\frac{C(s)}{K(s).P(s)}+C(s).H(s)=R(s)$$

$$\frac{C(s)+C(s).H(s).K(s).P(s)}{K(s).P(s)}=R(s)$$

$$\frac{C(s)[1+H(s).K(s).P(s)]}{K(s).P(s)}=R(s)$$

$$C(s)[1+H(s).K(s).P(s)]=R(s).K(s).P(s)$$

$$\frac{C(s)}{R(s)}=\frac{K(s).P(s)}{1+H(s).K(s).P(s)} \quad (3)$$

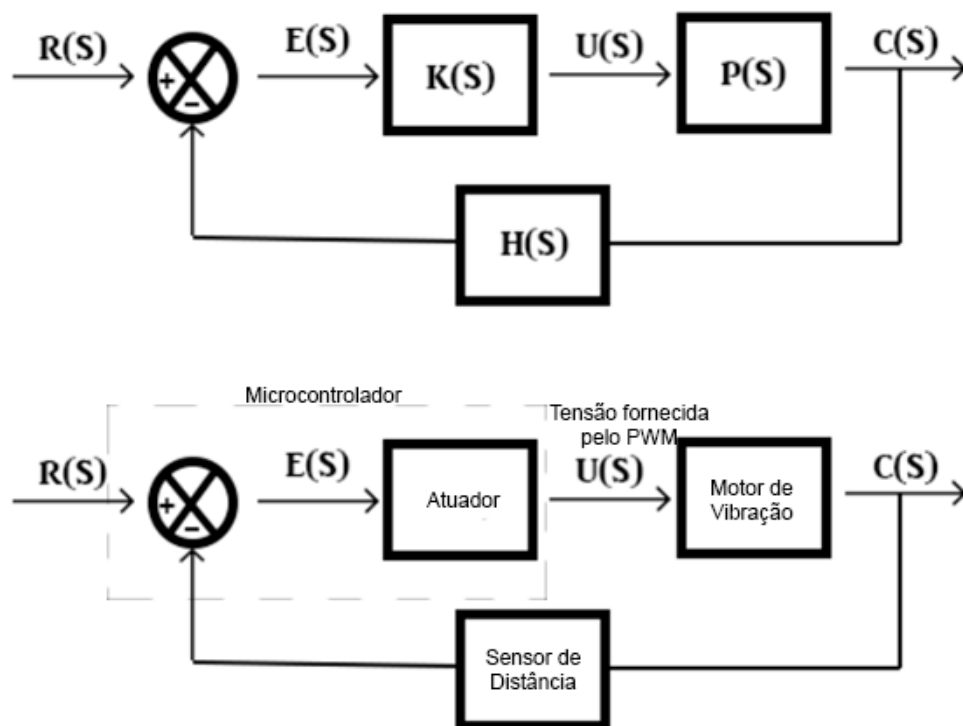
Onde  $C(S)$  é a saída do sistema de controle,  $R(S)$  é a referência do sistema de controle,  $K(S)$  é o controlador (atuador),  $P(S)$  é o processo do sistema e  $H(S)$  é o ganho da realimentação.

Utilizando-se da mesma ilustração do controle de malha aberta para esclarecer melhor o conceito de malha fechada: O mesmo deficiente visual é auxiliado por uma pessoa que está constantemente passando instruções de sua atual situação. Quando o deficiente estiver a 5 metros do objeto, por exemplo, ele diria, continue andando na mesma direção por mais 5 metros. Essas orientações dadas ao controlador seria a

realimentação, que daria condições para que o deficiente visual pudesse chegar ao seu objetivo com maior garantia de estabilidade.

Os transdutores, ou sensores, são os responsáveis por fazer a realimentação do sistema e informar ao controlador qual a diferença entre a referência e a saída (erro  $E(S)$  do sistema) e com isso o impulso de comando ( $U(S)$ ) enviado do controlador à planta podem ser constantemente corrigidos e com isso chegar a um regime estacionário (quando o sistema de controle se torna estável) mais próximo à referência.

O sistema proposto pelo presente trabalho seria um tipo de realimentação para que o deficiente visual tenha maior capacidade de se locomover com maior independência o possível. A Figura 9 traz um comparativo entre o sistema de malha fechada tradicional e o sistema proposto pela bengala, sistema este que será explicado no desenvolvimento do projeto.



**Figura 9 – Comparação Entre o Sistema de Malha Fechada Convencional e o Sistema Proposto pela Bengala**  
 Fonte: Adaptado de Ogata (2003)



Como mostrado na Figura 9, um microcontrolador do tipo Arduíno será utilizado para fazer o processamento do sinal adquirido pelo sensor e compará-lo ao sinal de referência.

## 2.6 MICROCONTROLADORES

Segundo Ibrahim (2006), um microcontrolador “é um “computador em um chip” que foi especificamente fabricado para aplicações de controle computacional embarcado”. Uma definição mais detalhada de um microcontrolador seria a de que

programa, um sistema de clock, portas de I/O (Input/Output), além de outros possíveis periféricos, tais como, módulos de temporização e conversores A/D entre outros, integrados em um mesmo componente”. (DENARDIN, 2010, p. 2)

### 2.6.1 Arduino Uno

O Arduíno é uma plataforma que consiste em um microcontrolador em uma placa única e um software livre para programa-lo. “Um Arduino é um pequeno computador que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele” (MCROBERTS, 2011).

Esse microcontrolador tem uma grande gama de funcionalidades com programação relativamente simples. Além disso, por ser uma plataforma com software livre, a maioria das programações feitas por seus usuários são de utilização pública, o que facilita o trabalho com a plataforma. “O Arduino é o que chamamos de plataforma de computação física ou embarcada, ou seja, um sistema que pode interagir com seu ambiente por meio de hardware e software” (MCROBERTS, 2011).

## 2.7 PWM (PULSE WIDTH MODULATION)

O PWM (Pulse-Width Modulation, ou Modulação por largura de pulso) é um método de controle da tensão de saída a partir da modulação da largura de um pulso. A partir do PWM

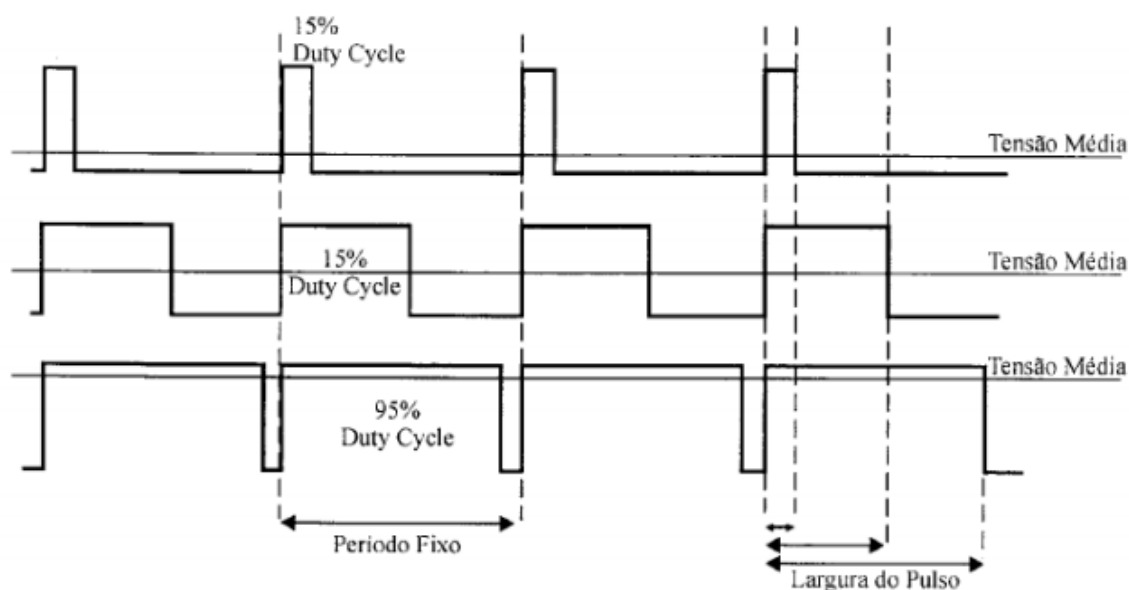
É possível gerar um sinal analógico, apesar de sua saída ser um sinal digital que assume apenas os níveis lógicos altos (um) e baixos (zero). A saída gerada é uma onda quadrada, com frequência constante e largura de pulso variável. Estes conceitos estão diretamente relacionados com o período fixo e o ciclo ativo (duty cycle) respectivamente. (DENARDIN, 2010, p. 21).

O PWM pode ser utilizado ligado diretamente na carga ou, caso a potência exigida pela carga seja maior que a capacidade de saída do PWM, na base de um transistor (que atuará como uma chave no circuito).

Podemos ter a relação da tensão média de saída a partir do cálculo

$$V_{out} = \frac{DC}{T} \cdot V_{in} \quad (4)$$

Onde  $V_{out}$  é a tensão média de saída, DC é o Duty Cycle (ou ciclo ativo), T é o período e  $V_{in}$  é a tensão de entrada. A Figura 10 demonstra o funcionamento por sinal modulado. A primeira linha do gráfico traz um ciclo ativo de 5%, ou seja 5% do período total a saída está em nível lógico alto e tem uma tensão média mais baixa. Na segunda linha da figura 10, o duty cycle está em 15% e tem uma tensão média mais alta do que a tensão de saída da linha com apenas 5% de tempo ativo. Já a terceira linha da Figura 10 demonstra um ciclo ativo de 95% e, com isso, tem uma tensão média no terminal de saída próxima à tensão de pico do sinal.



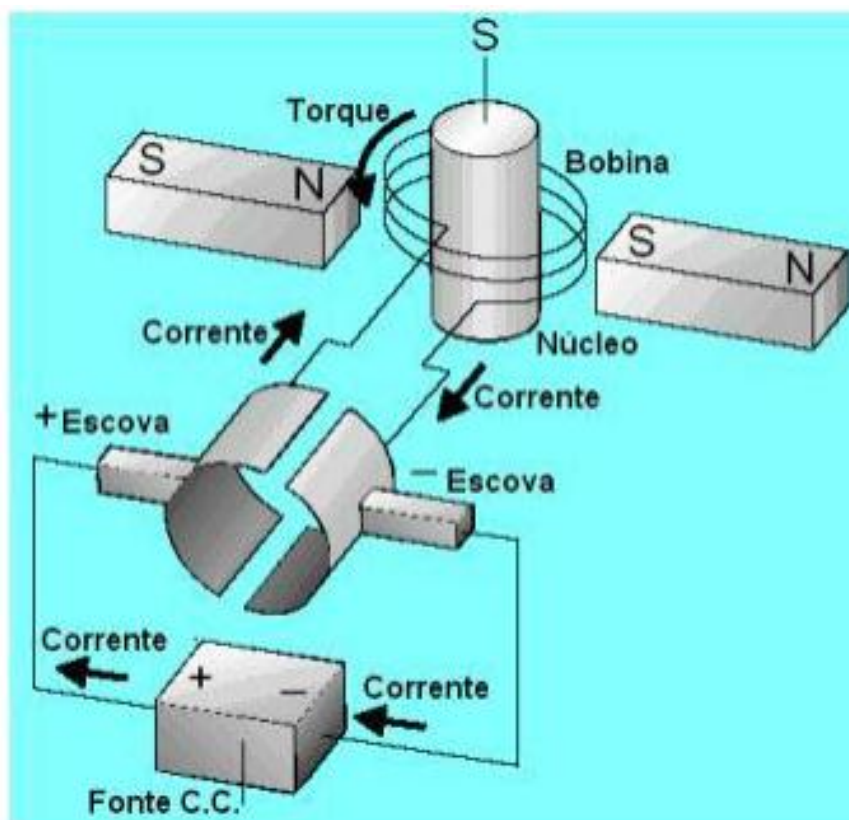
**Figura 10 – Sinais Modulados por Largura de Pulso**  
 Fonte: Denardin (2010)

Uma das muitas funções do PWM é a de controle de motores de corrente contínua, pois pela frequência de trabalho, a carga (o motor no caso) enxerga a tensão média fornecida pelo Sinal Modulado e com isso é possível controlar a velocidade de tais motores.

## 2.8 MOTORES DE CORRENTE CONTINUA

Um motor de corrente contínua é constituído de algumas partes básicas, sendo elas: rotor, comutador, estator e escovas.

A máquina de corrente contínua de forma simplificada é formada por um campo (estático) e uma armadura (girante). O campo é formado pela geração do fluxo magnético principal  $\Phi$ . A armadura é formada pelo rotor, seus enrolamentos e o conjunto de escovas e coletor. Durante a operação o motor por duas correntes  $I_f$  e  $I_a$ , respectivamente no campo e na armadura. A corrente elétrica é fornecida para a armadura através das escovas e do coletor. Enquanto a corrente de excitação  $I_f$  é aplicada diretamente ao campo, corrente esta responsável pela produção do fluxo magnético principal  $\Phi$ ". (DENARDIN, 2010, p. 21).



**Figura 11 – Motor de Corrente Contínua Básico**  
**Fonte: Honda (2006)**

Explicando o funcionamento e a estrutura do motor CC básico da Figura 11

O comutador apresenta duas placas de cobre encurvadas e fixadas (isoladamente) no eixo do rotor; os terminais do enrolamento da bobina são soldados nessas placas. A corrente elétrica “chega” por uma das escovas (+), “entra” pela placa do comutador, “passa” pela bobina do rotor, “sai” pela outra placa do comutador e “retorna” à fonte pela outra escova (-). Nessa etapa o rotor realiza sua primeira meia-volta. Nessa meia-volta, as placas do comutador trocam seus contatos com as escovas e a corrente inverte seu sentido de percurso na bobina do rotor. “E o motor CC continua girando, sempre com o mesmo sentido de rotação. (HONDA, 2006, p. 6).

Há três os tipos básicos de excitação de um motor CC, são eles: o motor com excitação em série, o com excitação em paralelo e o com excitação composta.

Cada tipo de ligação tem aplicações, vantagens e desvantagens em específico. A excitação em série tem conjugados de partida maiores, enquanto o motor com excitação em paralelo tem uma velocidade mais constante, por exemplo.

Os motores de corrente contínua têm as mais diversas aplicações, desde brinquedos e eletrodomésticos, até equipamentos e maquinários hospitalares e industriais. Dentre as múltiplas aplicações, uma delas é a utilização destes como um motor de vibração.

### 2.8.1 Motores de Vibração

Os motores de vibração são motores (geralmente CC) com um contrapeso excêntrico (de massa desbalanceada) a fim de gerar uma vibração quando o motor entra em funcionamento. O motor da figura 12 é um motor de vibração simples, como o utilizado em aparelhos celular. Nele podemos ver o eixo de rotação acoplado a um contrapeso excêntrico (indicado pelo número 1), a carcaça (indicado pelo 2) para proteção da estrutura interna do motor: o enrolamento, a armadura e as escovas e os terminais para conexão à alimentação (indicado pelo 3).

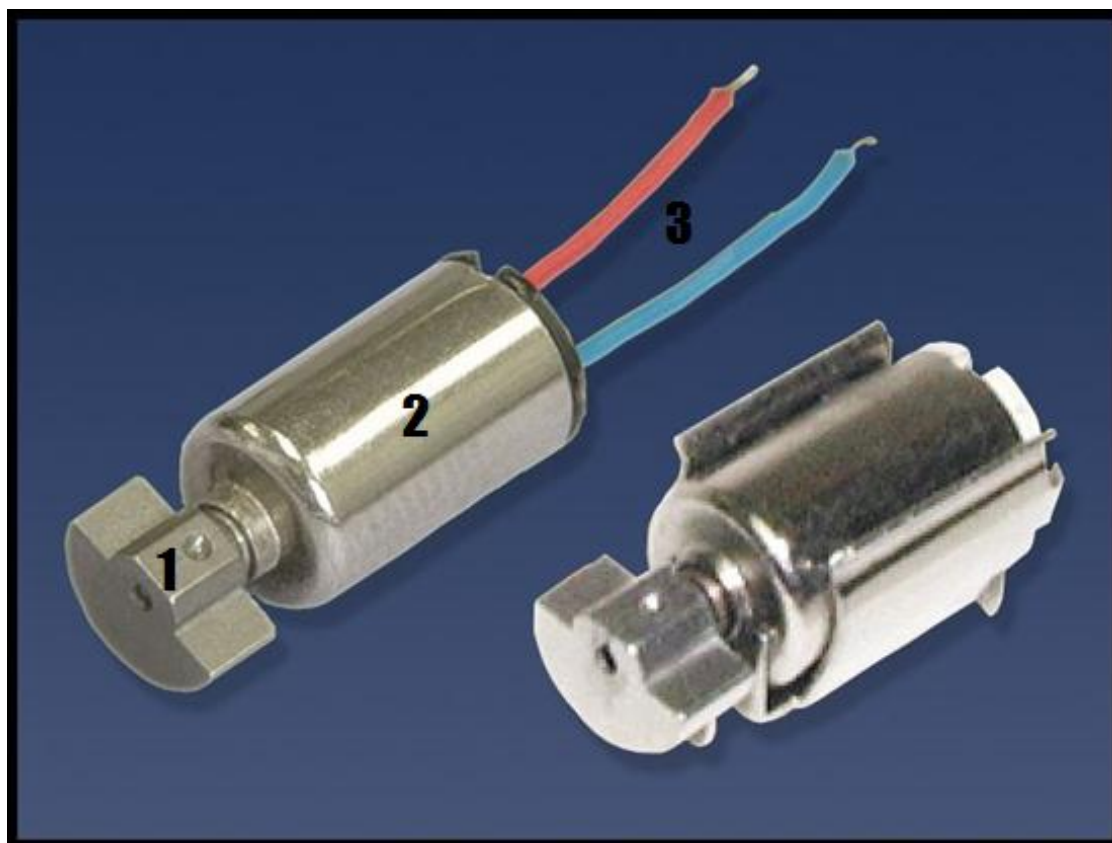


Figura 12 – Motores de Vibração

Fonte: <[portuguese.alibaba.com/product-gs/dc-cylinder-vibrating-motor.html](http://portuguese.alibaba.com/product-gs/dc-cylinder-vibrating-motor.html)>

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 MÉTODO DA PESQUISA

Este trabalho é uma pesquisa aplicada, com utilização dos conhecimentos teóricos para elaboração de um protótipo de uma bengala eletrônica para auxílio na orientação e mobilidade de portadores de deficiência visual.

Será analisado e determinado a frequência de ressonância do cabo utilizado no protótipo. Sabendo a frequência de ressonância do cabo, será configurado um PWM para que o motor de vibração vibre com frequência igual ou próxima a frequência natural do cabo. Com o valor de PWM definido é criado um código para o funcionamento desejado do protótipo via arduino. Para finalizar, o protótipo será montado conforme os dados obtidos pelas análises e testes realizados em etapas anteriores. Por fim serão realizados testes para determinar o funcionamento do protótipo. O fluxograma da figura 13 indica o processo de desenvolvimento realizado.

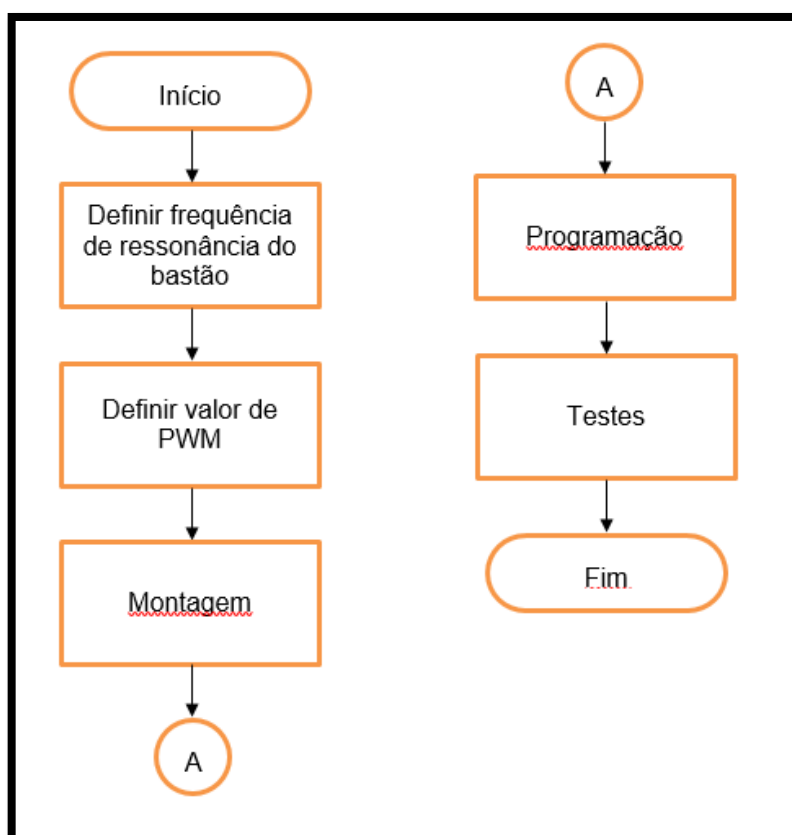


Figura 13 – Fluxograma do desenvolvimento do processo  
Fonte:Produção Própria

## 3.2 DESENVOLVIMENTO

### 3.2.1 Frequência de Ressonância

Para garantir maior sensibilidade da vibração pelo usuário, o motor foi configurado para trabalhar próximo a região de frequência de ressonância. Braga (2012) afirma que todos objetos possuem uma frequência própria de vibração, que depende de suas características físicas, como material, formato, entre outros, e essa frequência é conhecida como frequência de ressonância.

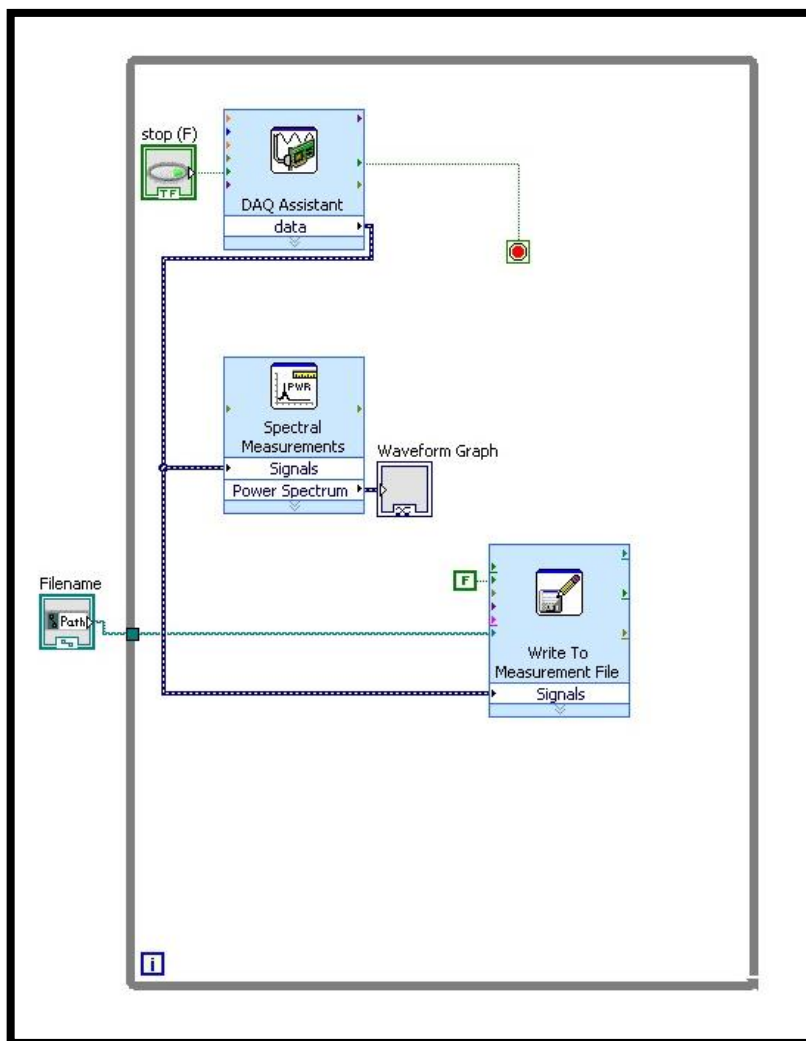
Um objeto que esteja vibrando com uma frequência próxima, ou igual, à frequência de ressonância de um segundo objeto, fará com que o segundo objeto vibre em sua frequência de ressonância. Ao vibrar com frequência próxima, ou igual, à frequência de ressonância, o objeto apresenta uma maior intensidade de vibração, que no caso deste trabalho, significa que o usuário terá maior sensação da vibração.

A medição da frequência de ressonância do bastão utilizado no protótipo, foi realizado utilizando um acelerômetro acoplado ao bastão, uma placa de aquisição de dados e o *software* LabVIEW.

O acelerômetro utilizado foi o MMA7361, que foi acoplado próximo a parte superior, onde o usuário deverá segurar a bengala. O acelerômetro é então conectado ao DAQ, dispositivo de aquisição de dados, e este é conectado ao computador via USB.

No LabVIEW foi criado um instrumento virtual (VI) para analisar e salvar os dados adquiridos do acelerômetro. Dentro da VI é criado um *loop while*, no qual são inseridos três blocos principais. O primeiro bloco é o *DAQ Assistant*, que faz a conexão com a placa de aquisição de dados e envia o sinal adquirido para os outros blocos principais. O segundo bloco é o *Spectral Measurements* que é responsável por tratar o sinal, neste bloco o sinal é tratado por uma transformada de Fourier para que se obtenha a frequência, o sinal tratado é visto através de um gráfico de forma de onda. O terceiro bloco é o *Write to Measurement File*, este bloco salva o sinal capturado no computador. O sinal salvo é o que sai diretamente do bloco *DAQ Assistant*, portanto este sinal é salvo sem nenhum tratamento.

O diagrama de blocos criado para medir a frequência de ressonância no LabVIEW é ilustrado pela Figura 14.

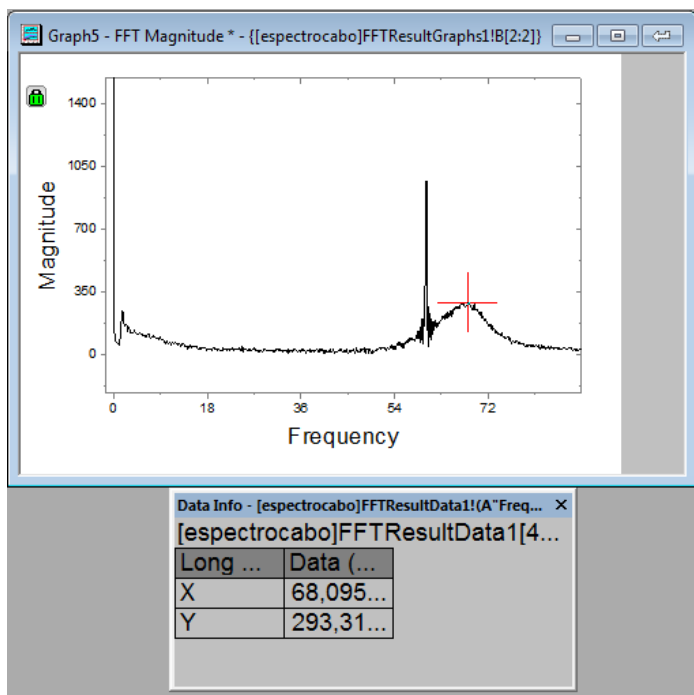


**Figura 14 – Diagrama de blocos da aquisição da frequência natural do bastão**  
 Fonte: Produção própria

O teste consistiu na simulação de três impactos em regiões distintas no bastão, enquanto o mesmo era segurado na parte superior. Os impactos foram realizados na parte inferior, região mediana e parte superior do bastão. Os dados foram salvos e examinados pelo *software* Origin. Estes dados foram analisados através de uma transformada de Fourier, para determinar a frequência de ressonância.

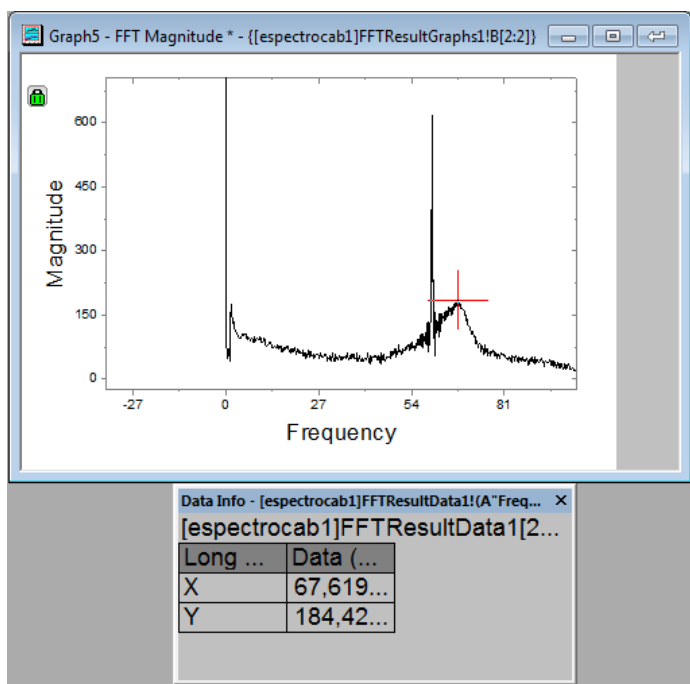
Na Figura 15 tem-se o gráfico da frequência pela magnitude da batida feita na parte inferior do bastão. Ao analisar os dados obtidos da batida na parte inferior tem-se que a frequência é de aproximadamente 68 Hz e que a magnitude é de aproximadamente 293 unidades.





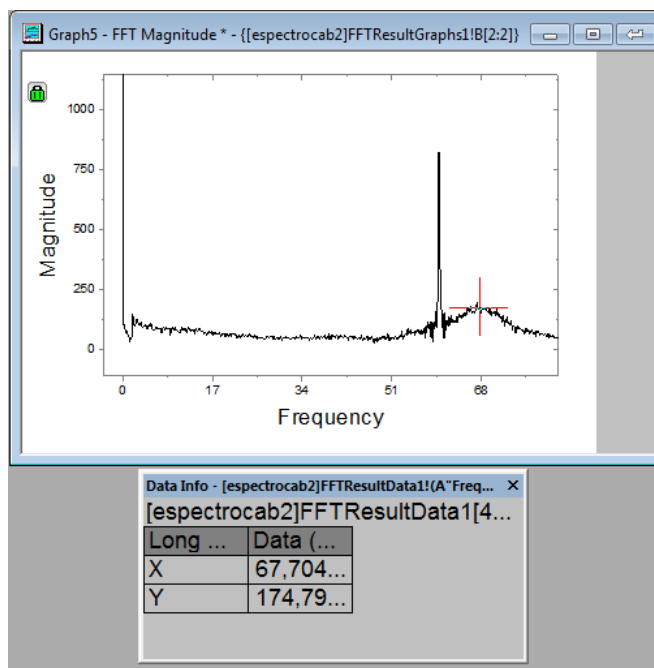
**Figura 15 – Impacto na parte inferior da bengala**  
**Fonte: Produção própria**

Os dados obtidos, após o tratamento do sinal adquirido da batida realizada no meio do bastão, são vistos através de um gráfico de frequência por magnitude. Por meio deste gráfico tem-se que a frequência é de aproximadamente 68 Hz e possui magnitude com valor próximo a 184 unidades. O gráfico é ilustrado pela Figura 16.



**Figura 16 – Impacto na região central da bengala**  
**Fonte: Produção própria**

Pode-se observar pelos dados da batida na parte superior do bastão que a frequência continua com valor aproximado de 68 Hz, porém a magnitude possui um valor de aproximadamente 175 unidades. Esses dados foram adquiridos ao analisar o gráfico mostrado pela Figura 17.



**Figura 17 – Impacto na parte inferior da bengala**  
**Fonte: Produção própria**

Através dos dados analisados tem-se que a frequência de ressonância do bastão utilizado no protótipo é de aproximadamente 68 Hz e que apresentou maior amplitude na batida feita na parte inferior do bastão.

### 3.2.2 Motor de Vibração

Como comentado anteriormente, para maior sensibilidade do usuário, o motor deve ser configurado para vibrar com frequência próxima, ou igual, à frequência de ressonância do bastão.

A frequência de vibração do motor pode ser alterada pela tensão média aplicada no mesmo, ou seja, a frequência de vibração do motor pode ser manipulada através de um PWM. Para encontrar o valor ideal de PWM, fazendo com que o motor vibre próximo à 68 Hz, foi utilizado novamente o acelerômetro acoplado ao bastão, a

placa de aquisição de dados, o motor de vibração acoplado ao bastão, o arduino UNO e o LabVIEW.

Uma rotina foi produzida para a plataforma Arduino para incrementar o valor do PWM ao pressionar em um botão. Dentro desta rotina o PWM inicia com valor igual a 151, pois é a partir deste valor de PWM que o sinal gerado possui tensão média suficiente para que o motor utilizado entre em funcionamento.

Ao pressionar o botão o valor de PWM é incrementado em um ponto. Este procedimento é repetido até que o valor de PWM seja 255, que é o valor máximo de PWM. Ao incrementar o PWM a tensão média aplicada ao motor aumenta, fazendo com que a frequência na qual o motor vibra se altere. A figura 18 mostra o fluxograma de desenvolvimento do somador explicado acima.

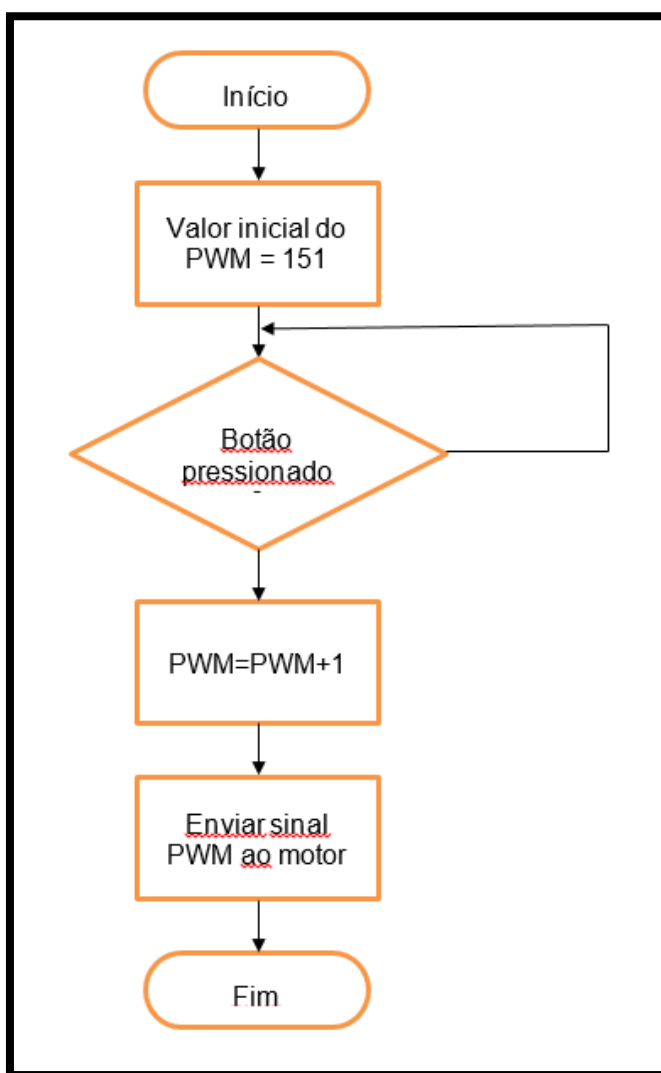
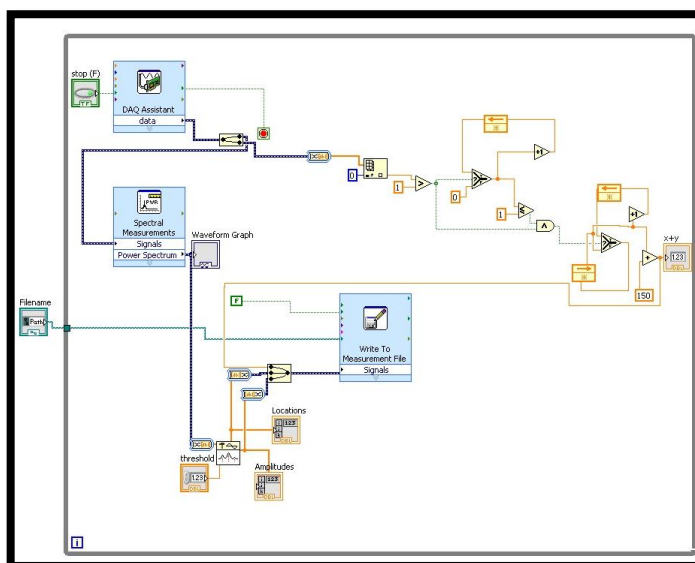


Figura 18 – Fluxograma do bloco somador do PWM  
Fonte: Produção própria

Para verificar a frequência em que o motor vibra é utilizado um VI. Neste VI são utilizados os mesmos blocos utilizados para determinar a frequência de ressonância do bastão e mais alguns blocos para acompanhar o valor atualizado do PWM.

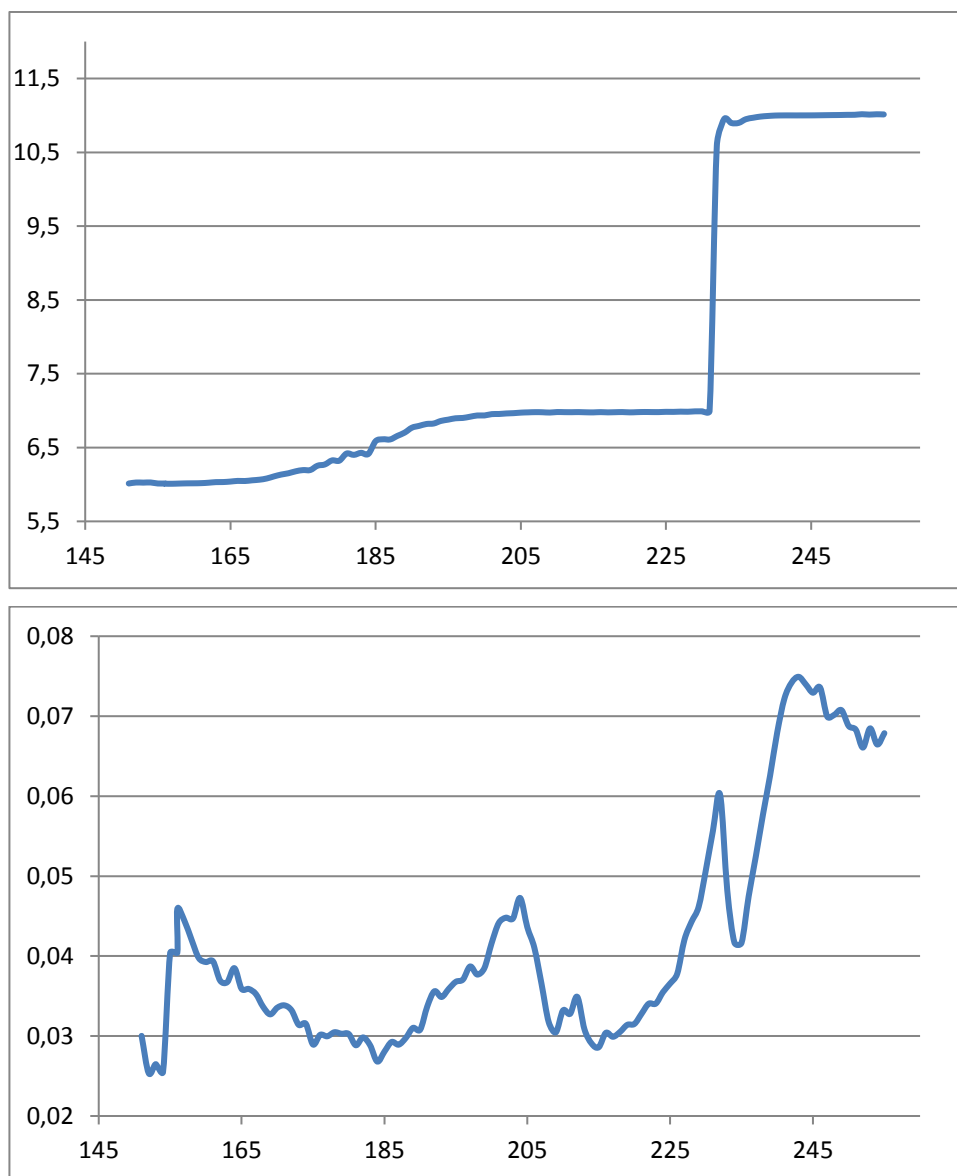
Um botão é conectado ao DAQ, sempre que este botão é pressionado é incrementado o valor de um sinal através de um conjunto de blocos que simula um bloco somador no VI. Este botão é pressionado juntamente com o botão de incremento do PWM de forma que o valor registrado no VI possua o mesmo valor do sinal de PWM.

O sinal produzido pelo acelerômetro é enviado ao bloco *Spectral Measurements*, que trata o sinal com uma transformada de Fourier. O sinal tratado pela transformada de Fourier é dividido em frequência e amplitude antes de ser salvo pelo bloco *Write to Measurement File*. O sinal produzido pelo botão é enviado ao conjunto de blocos que simula um bloco somador, este bloco somador é configurado com valor inicial de 151, pois é o valor inicial do PWM, e sempre que o botão é pressionado o bloco somador adiciona um ponto ao valor anterior. O sinal do bloco contador, que indica o valor atual do PWM, é salvo junto aos valores de frequência e amplitude. Desta forma tem-se o valor da frequência em que o motor vibra e qual sua magnitude para determinado valor de PWM. O diagrama de blocos para aquisição de dados no LabVIEW é visto pela Figura 19.



**Figura 19 – Diagrama de blocos para aquisição do valor de PWM ideal do motor**  
**Fonte: Produção própria**

Os dados obtidos, com valores de frequência e magnitude para cada valor de PWM, foram analisados pelo *Excel* e então gerado gráficos relacionando o valor do PWM com o valor de frequência com a qual o motor vibra e o valor do PWM com o valor da magnitude da vibração do motor. Os gráficos são ilustrados pela Figura 20.



**Figura 20 – Gráficos Frequência x Valor do PWM e Amplitude x Valor do PWM**  
Fonte: Produção própria

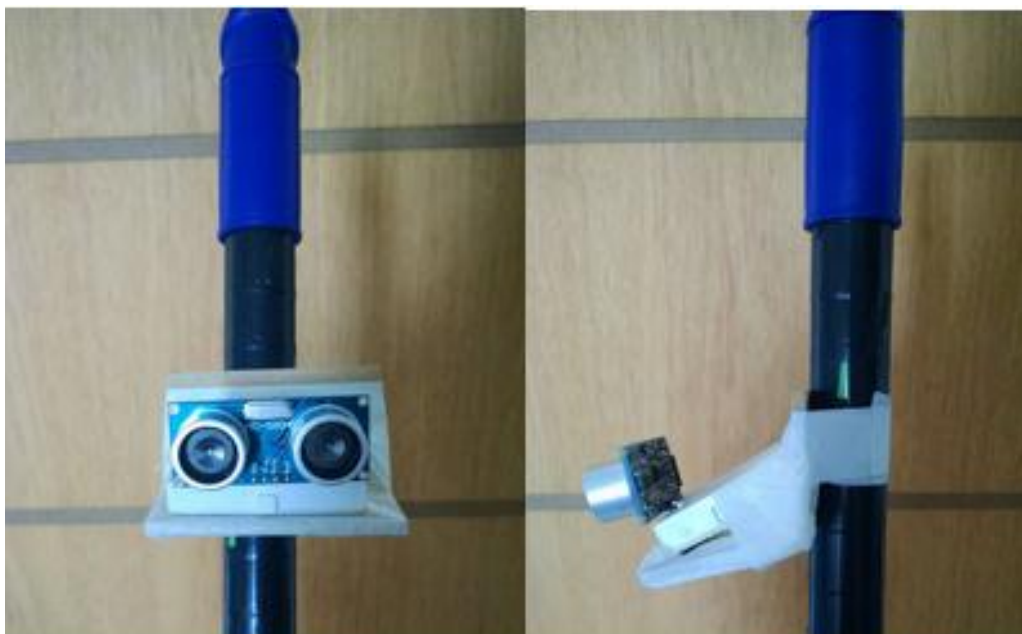
O primeiro gráfico da Figura 20 representa uma relação entre frequência e o valor atual do PWM. A partir deste gráfico pode-se notar que os valores de PWM entre 190 e 230, são os valores que mais se aproximam da frequência de ressonância do bastão.

O segundo gráfico da Figura 20 é uma relação entre amplitude e o valor atual do PWM. Analisando o segundo gráfico e tendo em mente os valores de PWM que se aproximam da frequência de ressonância do bastão, determinamos que o valor ideal de PWM para o motor é de 204, pois apresenta a maior amplitude dentro da faixa de valores de PWM com frequência próxima à 68 Hz.

### 3.2.3 Montagem

O protótipo foi feito utilizando um bastão metálico, um suporte para o sensor, um sensor ultrassônico HC-SR04, arduino UNO, uma mini-protoboard e um motor de vibração de celular.

Com o objetivo em mente, ao montar o protótipo, o sensor é acoplado à parte superior do bastão, para facilitar a detecção de objetos em altura. O sensor é preso à um suporte que o mantém em uma angulação. Esta angulação leva em conta que o bastão, ao ser utilizado como bengala, é inclinado e que segundo o datasheet do sensor, seu ângulo de detecção é de  $15^\circ$ . A Figura 21 mostra como o suporte foi preso à parte superior e sua inclinação.



**Figura 21 – Foto do módulo sensorial acoplado à bengala**  
**Fonte: Produção própria**

Como visto anteriormente, ao realizar uma batida no bastão, ele entra em vibração tendo diferentes amplitudes dependendo do local onde foi recebido a batida.

A batida na parte inferior indica maior amplitude de vibração, como é mostrado na Figura 17, o que indica maior sensibilidade para o usuário. Portanto o motor de vibração é acoplado na parte inferior do bastão, garantindo que o usuário tenha maior percepção possível da vibração. A Figura 22 ilustra o motor acoplado à parte inferior do bastão.



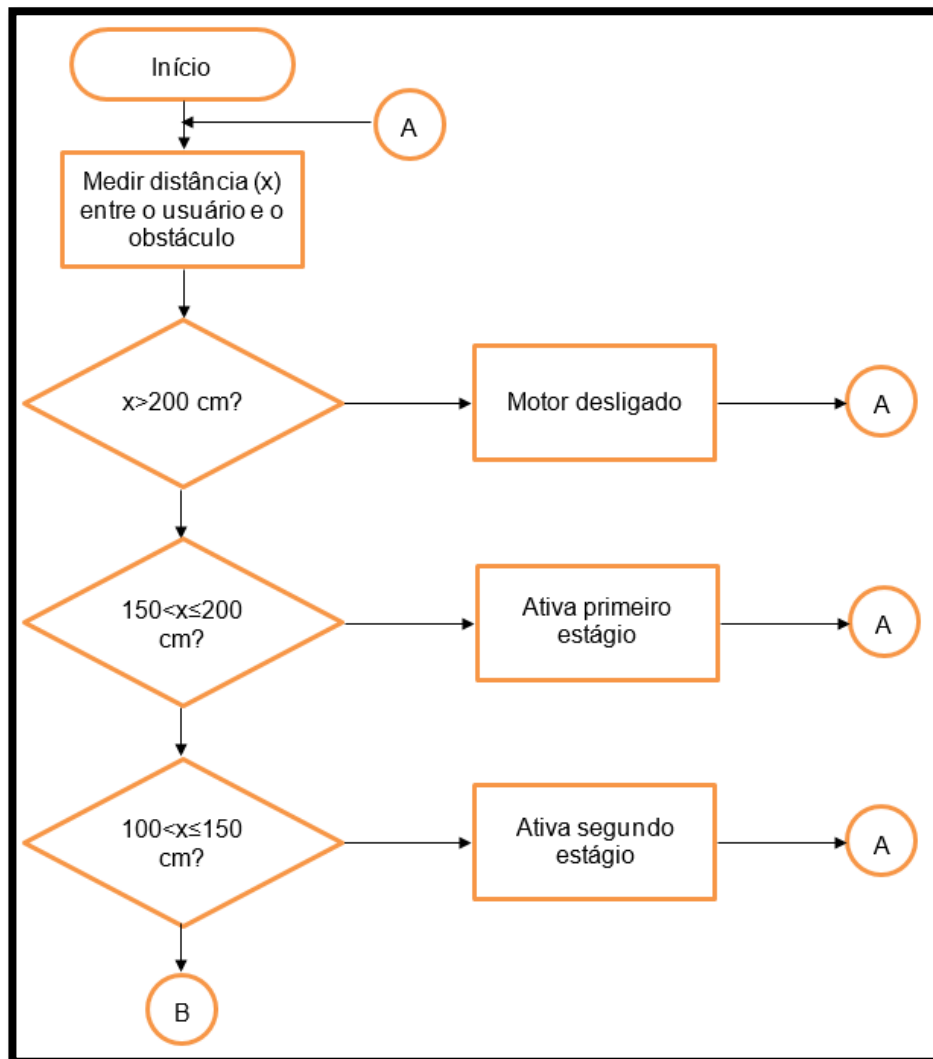
**Figura 22 – Motor de vibração acoplado à parte inferior do bastão**  
**Fonte: Produção própria**

### 3.2.4 Programação

A programação do arduino é feita de forma que o sensor capture a distância em que se encontra dos obstáculos, informando esta distância ao microcontrolador que, por sua vez, envia um sinal ao motor de vibração para que este mantenha-se ligado ou desligado indicando a distância entre o usuário e o obstáculo.

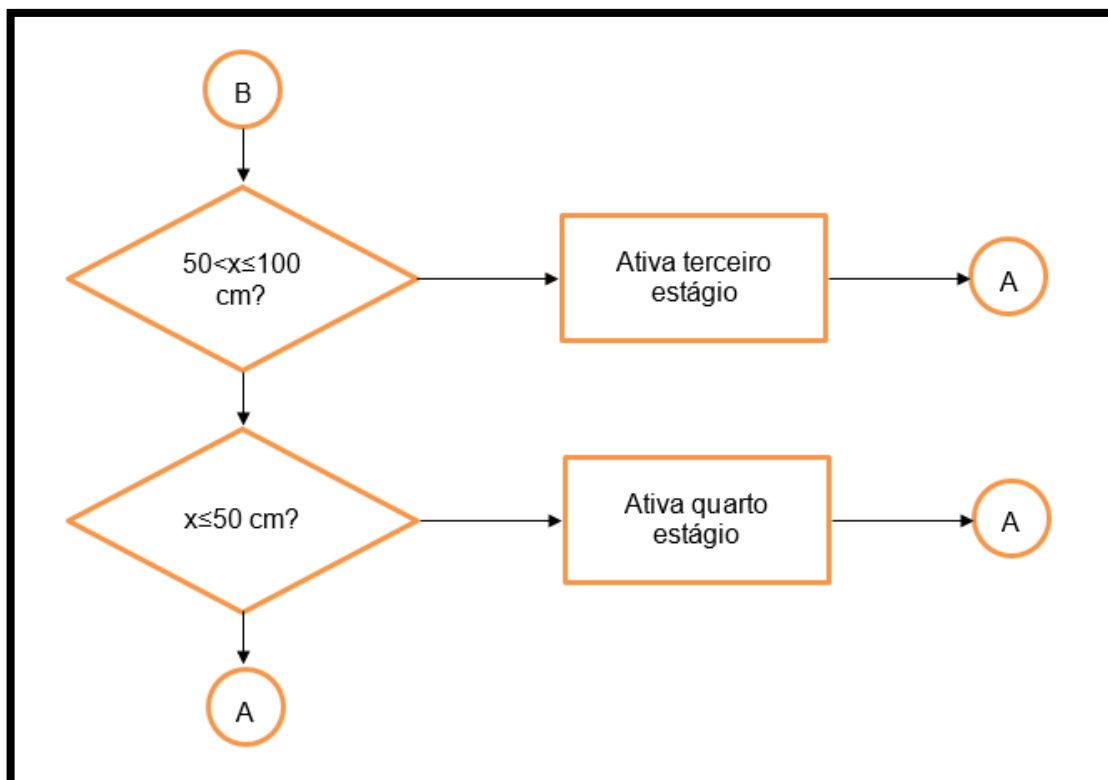
Assim que a distância for menor que dois metros o motor entra em vibração e permanece ativo por 250 milissegundos. Após os 250 milissegundos o motor entra em estado inativo no qual se mantém por um tempo determinado dependente do estágio em que se encontra. O funcionamento é dividido em quatro estágios, sendo que cada estágio é ativado conforme a distância entre o obstáculo e o usuário.

O primeiro estágio de funcionamento se dá quando essa distância é maior que um metro e meio e até dois metros, e neste estágio o tempo inativo do motor é de 1500 milissegundos. O segundo estágio ocorre entre um metro à um metro e meio, neste estágio o tempo inativo do motor é de 1000 milissegundos. O terceiro estágio é ativado quando a distância entre o usuário e o obstáculo é entre meio metro à um metro, o tempo inativo neste estágio é de 500 milissegundos. O quarto e último estágio ocorre quando a distância é menor do que meio metro, neste estágio o motor se mantém em estado ativo constantemente. Desta forma o usuário tem percepção da distância até o obstáculo conforme o tempo em que o motor leva para passar do estado inativo para o estado ativo. O fluxograma, dividido entre as da Figuras 23 e 24, ilustra o funcionamento do programa.



**Figura 23 – Primeira Parte do Fluxograma de Funcionamento**  
 Fonte: Produção própria





**Figura 24 – Segunda Parte do Fluxograma de Funcionamento**  
 Fonte: Produção própria

### 3.2.5 Experimentos

Para testar o funcionamento do protótipo foram feitas cinco marcações no chão distanciadas entre si por cinquenta centímetros, de acordo com o funcionamento programado do motor. A primeira marcação é alinhada com o sensor, por consequência as marcações dois, três, quatro e cinco se encontram à meio metro, um metro, um metro e meio e dois metros respectivamente.

A tampa de uma caixa grande de MDF foi utilizada como obstáculo para verificar o funcionamento do protótipo. O primeiro teste consistiu em segurar a tampa entre as marcações e analisar o tempo que o motor demorava para passar do estado inativo para o estado ativo e com isto, comparar com os estágios programado. O segundo teste foi realizado ao posicionar a tampa pouco antes de cada marcação, com exceção da primeira marcação, e levantando a tampa aos poucos para verificar as alturas em que o sensor passa a detectá-la e as alturas em que deixa de detectá-la. No segundo teste cada etapa de medição era realizada com uma média de dois centímetros antes de cada marcação, ou seja, as primeiras medidas foram tomadas à

48 centímetros do sensor e o mesmo se repetiu para as medidas tomadas em cada marcação.

### 3.2.6 Resultados

Durante o primeiro teste observou-se que o protótipo se comportou como desejado. Cada estágio foi ativado conforme esperado para a distância em que o obstáculo se encontrava do sensor. O primeiro estágio, no qual o tempo inativo do motor é de 1500 milissegundos, foi ativado em todos os pontos entre a quarta e quinta marcação. O segundo estágio foi ativado em todos os pontos entre a terceira e quarta marcação. O terceiro estágio foi ativado em todos os pontos entre a segunda e a terceira marcação. O quarto estágio foi ativado em todos os pontos entre a primeira e segunda marcação.

Na realização do segundo teste foi notado que a uma distância de aproximadamente 198 centímetros o sensor passa a detectar o obstáculo à uma altura de 63,5 centímetros e deixa de detectá-la à uma altura de 106 centímetros. A uma distância de aproximadamente 148 centímetros o obstáculo é detectado entre o intervalo de 65 e 99 centímetros de altura. O obstáculo a uma distância próxima de 98 centímetros é detectado no intervalo de 78 a 91 centímetros. No quarto estágio, com o obstáculo a uma distância de aproximadamente 48 centímetros, o intervalo onde o sensor detecta o obstáculo é entre 81 a 86 centímetros.

### 3.2.7 Análise e Discussões

O protótipo se comportou conforme esperado. A vibração do motor é facilmente percebida ao segurar o protótipo pela parte superior. O sensor é capaz de detectar obstáculos até dois metros de distância, contudo esses obstáculos devem estar à uma altura elevada do chão. Conforme for maior a distância entre o usuário e o obstáculo, menor é a altura em que o obstáculo deve estar em relação ao chão e maior será a altura máxima que esse obstáculo poderá ser detectado.

Ao comparar o protótipo com as bengalas tradicionalmente encontradas, nota-se que o usuário terá uma maior noção do espaço e de distância, pois mantém a

mesma funcionalidade das bengalas tradicionais com a adição de ser capaz de detectar obstáculos à distância e acima da linha da cintura do usuário.

Foi possível chegar a um custo final de cada protótipo funcional de aproximadamente 50 reais com os materiais utilizados, o que atende, e até mesmo supera, ao propósito inicial do projeto, o desenvolvimento de um módulo sensorial de baixo custo.

## 4 CONCLUSÃO

A deficiência física que mais aflige a população é a deficiência visual. No Brasil, aproximadamente um quarto da população apresenta algum tipo de deficiência, e cerca de 80% dessas pessoas são portadores de deficiência visual e para garantir à pessoa de deficiência visual melhor mobilidade e orientação, é necessário que ele seja capaz de compreender o espaço ao seu redor da melhor maneira possível. Ao saber o que está ao seu redor, ou pelo menos saber da existência de algo ao seu redor, facilita o entendimento do espaço e como se mover e se orientar melhor no mesmo.

Com a possibilidade e habilidade de se mover livremente possui grande impacto na vida das pessoas, tecnologias estão sendo constantemente criadas para facilitar a vivência dessas pessoas que apresentam algum tipo de deficiência. Pessoas com deficiências, ao serem capazes de se movimentar e se orientar no espaço de maneira mais eficiente, apresentam comportamentos de alta autoestima e se tornam mais dispostos a realizar mais atividades.

Academicamente, o presente trabalho permitiu um envolvimento direto em diversos assuntos da área de estudo da engenharia eletrônica. Com ele, ficou ainda mais claro os passos para a criação de um projeto, e os cuidados a serem tomados. Além disso, foi de suma importância para aquisição, consolidação e assimilação de conhecimentos adquiridos durante todo o curso de engenharia eletrônica.

Podemos afirmar que o projeto elaborado superou as expectativas iniciais, se tornou um protótipo funcional e, conseqüentemente, a melhoria de uma tecnologia já existente, a simples bengala. Outro ponto relevante de nossa proposta também foi atendido: o baixo custo de produção agregado ao produto final.

Finalmente, baseado no resultado final do protótipo, conclui-se que é possível chegar a um módulo acoplável a uma bengala comum com custo inicial de produção em cerca de 50 reais, custo que ainda pode ser reduzido com a utilização de microcontroladores mais simples e reaproveitamento de materiais, tais como fios e motores de vibração de celulares descartados e a produção em larga escala do produto final.

## REFERÊNCIAS

BASTOS, Alex Vidigal. **Microcontroladores**. Ouro Preto: UFOP, 2013. 51 slides, color. Disponível em:

<<http://www.decom.ufop.br/alex/arquivos/bcc425/slides/Microcontroladores.pdf>>.

Acesso em: 10 dez. 2013.

BERSCH, Rita. **Introdução à Tecnologia Assistiva**. Porto Alegre: Tecnologia Assistiva, 2013. Disponível em:

<[http://www.assistiva.com.br/Introducao\\_Tecnologia\\_Assistiva.pdf](http://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2013.

SDH/PR (Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República). **CARTILHA DO CENSO 2010: Pessoas com deficiência**. Brasília, 2012.

DENARDIN, Gustavo Weber. **Microcontroladores**. 2010. Disponível em:

<[http://pessoal.utfpr.edu.br/gustavo/apostila\\_micro.pdf](http://pessoal.utfpr.edu.br/gustavo/apostila_micro.pdf)>. Acesso em: 17 nov. 2013.

DERENZO, Stephen E. **Practical Interfacing in the Laboratory: Using a PC for Instrumentation, Data Analysis and Control**. Berkeley, CA: Cambridge, 2003. 610 p.

Fundação Dorina Nowill, Deficiência visual. Disponível em:

<<http://www.fundacaodorina.org.br/deficiencia-visual/>>. Acesso em: 22 nov. 2013.

FURUKAWA, Celso Masatoshi. **Cerâmicas Piezoelétricas e Transdutores Ultrassônicos**. 2010. Disponível em:

<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAABJMAB/sensores-piezeletric>>. Acesso em: 22 nov. 2013.

HOFFMANN, Sonia B. Benefícios da Orientação e Mobilidade – estudo intercultural entre Brasil e Portugal. **Revista Benjamin Constant**, Rio de Janeiro, n. 14, dez. 1999.

HONDA, Flávio. **Motores de Corrente Contínua: Guia rápido para uma especificação precisa**. 2006. Disponível em:

<[http://www.deg.ufla.br/site/\\_adm/upload/arquivos/motorcc-siemens.pdf](http://www.deg.ufla.br/site/_adm/upload/arquivos/motorcc-siemens.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2014.

IBGE (Brasil). **Censo Demográfico 2010: Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência.** Rio de Janeiro: Ibge, 2010. 215 p.

IBRAHIM, Dogan. **Microcontroller Based Applied Digital Control.** Cyprus: John Wiley & Sons, 2006. 311p.

ITEAD, Studio. **Ultrasonic Ranging Module HC-SR04.** Disponível em: <[http://wiki.iteadstudio.com/Ultrasonic\\_Ranging\\_Module\\_HC-SR04](http://wiki.iteadstudio.com/Ultrasonic_Ranging_Module_HC-SR04)>. Acesso em 12 mai. 2016.

GALVÃO FILHO, Teófilo Alves. **A Tecnologia Assistiva: de que se trata?** In: MACHADO, G. J. C.; SOBRAL, M. N. (Orgs.). **Conexões: educação, comunicação, inclusão e interculturalidade.** 1 ed. Porto Alegre: Redes Editora, p. 207-235, 2009.

GALVÃO FILHO, Teófilo Alves. A construção do conceito de Tecnologia Assistiva: alguns novos interrogantes e desafios. **Revista Entreldeias: Educação, Cultura e Sociedade**, Salvador: Faculdade de Educação da Universidade Federal da Bahia - FAGED/UFBA, v. 2, n. 1, p. 25-42, jan./jun. 2013.

GARCÍA, Jesus Carlos Delgado; GALVÃO FILHO, Teófilo Alves. **Pesquisa Nacional de Tecnologia Assistiva.** São Paulo: ITS Brasil, 2012.

GIACOMINI, Lilia; SARTORETTO, Mara Lúcia; BERSCH, Rita de Cássia Reckziegel. **A educação especial na perspectiva da inclusão escolar: orientação e mobilidade, adequação postural e acessibilidade espacial.** Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Especial; Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2010.

MCROBERTS, Michael. **Arduíno Básico.** São Paulo: Novatec, 2011.

MENDONÇA, Alberto et al. **Alunos cegos e com baixa visão: orientações curriculares.** 2008. Disponível em: <[http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/EEspecial/publ\\_alunos\\_cegos.pdf](http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/EEspecial/publ_alunos_cegos.pdf)>. Acesso em: 25 nov. 2013.

OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de Controle Moderno.** 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003. 788 p.

SANTOS, Andreisa Jacinto de Oliveira; CASTRO, Sandra Andrade de. Autoestima a partir do caminhar: orientação e mobilidade da pessoa com deficiência visual. **Revista Benjamin Constant**, Rio de Janeiro, n. 54, abr. 2013. Disponível em: <<http://www.abc.gov.br/?catid=4&itemid=10317>>. Acesso em: 20 nov. 2013.

SILVA, Renato Fonseca Livramento da. PERCEPÇÃO AMBIENTAL, ORIENTAÇÃO ESPACIAL E OS DEFICIENTES VISUAIS. **Revista Idea**, Uberlândia, v. 2, n. 1, p.36-47, jul./dez. 2010

SILVA, Renato Fonseca Livramento da; RAMIREZ, Alejandro Rafael Garcia. Locomoção Independente: contribuição aos programas de orientação e mobilidade. **Informática na Educação: teoria e prática**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 183-197, jul./dez. 2012.

VERUSSA, Edna de Oliveira. **Tecnologia assistiva para o ensino de alunos com deficiência**: um estudo com professores do ensino fundamental. 2009. 80 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Filosofia e Ciências de Marília, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/90844>>.

WENDLING, Marcelo. **Sensores**. 2010. Disponível em: <<http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2014.

**ANEXO A - Código do Arduíno**

```
const int inPin = 7; // pushbutton
const int pwm = 3;

int buttonState;
int lastButtonState = LOW;
int valor = 151;

long lastDebounceTime = 0;
long debounceDelay = 50;

void setup() {
  pinMode(inPin, INPUT); // declara o pushbutton como entrada
  pinMode(pwm,OUTPUT);
  analogWrite(pwm,valor);
}

void loop(){
  int reading = digitalRead(inPin);

  if(reading != lastButtonState) {
    lastDebounceTime = millis();
  }
  if((millis() - lastDebounceTime) > debounceDelay) {
    if(reading != buttonState) {
      buttonState = reading;
      if(buttonState == HIGH) {
        valor++;
      }
    }
  }
  analogWrite(pwm,valor);
}
```



```
    lastButtonState = reading;
}
#include <Ultrasonic.h>
#define PINO_TRG 7
#define PINO_ECHO 6
#define PWM 3

Ultrasonic ultrasonic(PINO_TRG, PINO_ECHO);

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(PWM, OUTPUT);
    analogWrite(PWM,0);
}

void loop() {
    // leitura da distância
    float x;
    long microsec = ultrasonic.timing();

    //Vibração do sensor
    if (x>200) {
        analogWrite(PWM,0);
    }
    if (x<=200 && x>150) {
        analogWrite(PWM,204);
        delay(250);
        analogWrite(PWM,0);
        delay(1500);
    }
    if (x<=150 && x>100) {
        analogWrite(PWM,204);
        delay(250);
        analogWrite(PWM,0);
    }
}
```

```
    delay(1000);  
  }  
  if (x<=100 && x>50) {  
    analogWrite(PWM,204);  
    delay(250);  
    analogWrite(PWM,0);  
    delay(500);  
  }  
  if(x<=50) {  
    analogWrite(PWM,204);  
  }  
}
```