

**FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”  
CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA – UNIVEM  
CURSO DE BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

**FERNANDO SÉ CASTRO**

**PROTÓTIPO DE SOFTWARE DE DETECÇÃO DE DEGRAU PARA  
ANDADORES ORTOPÉDICO**

**MARÍLIA  
2015**

**FERNANDO SÉ CASTRO**

**PROTÓTIPO DE SOFTWARE DE DETECÇÃO DE DEGRAU PARA  
ANDADORES ORTOPÉDICO**

Pré-Projeto do Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Sistema de Informação da Fundação de Ensino "Eurípides Soares da Rocha", mantenedora do Centro Universitário Eurípides de Marília -UNIVEM, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Sistema de Informação.

Orientador Prof. Rodolfo Barros Chiaramonte.

**MARÍLIA  
2015**

CASTRO, Fernando

PROTÓTIPO DE SOFTWARE DE DETECÇÃO DE DEGRAU  
PARA ANDADORES ORTOPÉDICO / Fernando Sé Castro; Orientador:  
Profº. Rodolfo Barros Chiaramonte. Marília, SP, 2015.

Monografia (Bacharelado em Sistemas de Informação): Centro  
Universitário Eurípides de Marília.

1. 2. 3.



CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA - UNIVEM  
MANTIDO PELA FUNDAÇÃO DE ENSINO "EURÍPIDES SOARES DA ROCHA"

BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

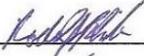
---

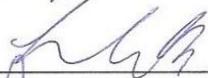
Fernando Sé Castro

PROTÓTIPO DE SOFTWARE DE DETECÇÃO DE DEGRAU PARA ANDADORES  
ORTOPÉDICO.

Banca examinadora da monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em  
Sistemas de Informação do UNIVEM/F.E.E.S.R., para obtenção do Título de  
Bacharel em Sistemas de Informação.

Nota: 9,0 ( Nove )

Orientador:Rodolfo Barros Chiaramonte 

1º.Examinador:Leonardo Castro Botega 

2º.Examinador:Fábio Dacêncio Pereira 

Marília, 01 de dezembro de 2015.

*Dedico este trabalho à DEUS por me dar sabedoria para concluir os estudos e inteligência para passar por todas as dificuldades na dissertação da monografia.*

*Dedico também ao meu pai Pedro, minha mãe Jane, meus irmãos e meus amigos, que acreditaram em mim.*

*E a minha namorada Fernanda que me apoiou e teve paciência com a mudança de rotina para que fosse possível concluir a monografia.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus por me dar força e persistência para alcançar meu objetivo.

Aos meus familiares e amigos que não deixaram eu desanimar com as dificuldades encontradas e me apoiaram sempre.

Ao meu orientador Prof Rodolfo Barros Chiaramonte, por seu suporte no curto tempo que lhe coube, por suas correções, direcionamentos, ideias e incentivo.

A todos os alunos que compunham minha sala, por mais que estivessem apreensivos e desmotivados, não deixou de apoiar e incentivar.

E a todos que diretamente ou indiretamente fizeram parte de minha formação, o meu muito obrigado.

*“Você nunca sabe que resultados virão da sua ação.  
Mas se você não fizer nada, não existirão  
resultados”.*  
*Mahatma Gandhi*

## RESUMO

O presente trabalho consiste em disponibilizar auxílio para os deficientes físicos ou com dificuldade de locomoção, para disponibiliza-lo será desenvolvido um sistema embarcado, com capacidade de detectar degraus que possam estar a sua frente, proporcionando melhoria na qualidade de e evitando quedas indesejadas, posteriormente podendo ser incorporado nos andadores ortopédicos. Para desenvolver este sistema será utilizando o conceito de sistemas embarcados que consiste em desenvolver um sistema com uma determinada tarefa sendo limitado por hardware, para que possa ser embarcado no objeto final. O desenvolvimento do sistema embarcado envolve atuadores, sensores e microprocessadores, o sensor selecionado para auxílio na detecção foi o ultrassônico hc-sr04, exigindo um estudo de qual maneira pode-se utilizar os sensores ultrassônicos para detecção. O sensor é responsável por extrair informações do meio externo, sua funcionalidade é medir o intervalo entre a emissão e a recepção do sonar, fazendo assim com que seja disponibilizado as informações geradas para que o microprocessador possa realizar a detecção. O microprocessador selecionado para desenvolver foi o BeagleBone Black conhecido por ser um minipc completo para desenvolvimento de sistemas embarcados. Neste minipc será desenvolvido um algoritmo de detecção de degraus, onde será utilizando parâmetros para configurações, sendo o principal deles a angulação de onde se encontra o sensor e a distância padrão do sensor em relação ao chão.

**Palavras-Chave:** Sensor, Angulação, Detecção de Degraus.

## **ABSTRACT**

*This work is to provide assistance for the disabled or with limited mobility, to make it available will be developed an embedded system, capable of detecting steps that may be in front, providing improved quality and avoiding unwanted falls later It can be incorporated into orthopedic walkers. To develop this system will be using the concept of embedded systems is to develop a system with a task being restricted by hardware, so it can be embedded in the final object. The development of the embedded system involves actuators, sensors and microprocessors, the sensor selected to aid in detection was hc-SR04 ultrassonico, requiring a study which way we can use the ultrasonic sensors for detection. The sensor is responsible for extracting information from the external environment, its functionality is to measure the time interval between the emission and the reception of the sonar, thereby making available the information is generated so that the microprocessor can perform detection. The microprocessor was selected to develop the Black BeagleBone known to be a complete minipc for embedded development. This minipc steps will develop a detection algorithm, which will be using parameters for settings, the main one being the angle of where the sensor and the standard distance from the sensor to the ground.*

**Keywords:** *Sensor, angulation, Steps Detection.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Símbolo internacional de acesso (IBDD, 2013).....	18
Figura 2 Contexto Geral de Sistemas Embarcados (Martins, 2010). ....	21
Figura 3 Sistemas Embarcados.....	22
Figura 4 Microcontrolador forma de execução (Cossio et al. 2012).....	24
Figura 5 Microprocessador forma de execução.....	25
Figura 6 Formas de energia que podem ser medidas pelos sensores (Thomazini & Albuquerque 2005).....	26
Figura 7 BeagleBone Black.....	34
Figura 8 Sensor Ultrassonico.....	34
Figura 9 Ligação do sensor ultrassonico no BeagleBone Black. ....	35
Figura 10 Fluxograma do sistema de detecção de degraus. ....	36
Figura 11 Código de verificação da distância padrão.....	37
Figura 12 Modificação do angulo para teste. ....	38
Figura 13 Imagens do dispositivo para testes.....	39
Figura 14 Imagem do ambiente do primeiro teste.....	42
Figura 15 Exemplo do caso ocorrido nos testes. ....	43
Figura 16 Imagem do ambiente do segundo teste. ....	44

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 Dados do teste de detecção, com simulação de descida de degraus. ....	42
Tabela 2 Dados do teste de detecção, com simulação de sentido de subida de degraus. ....	43
Tabela 3 Dados do teste 2 de detecção, com simulação de descida de degraus. ....	45
Tabela 4 Dados do teste 2 de detecção, com simulação de sentido de subida de degraus. ....	45



## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	15
OBJETIVOS .....	15
ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA.....	17
1 ACESSIBILIDADE .....	18
2 SISTEMAS EMBARCADOS.....	20
2.1.1 Microcontroladores e Microprocessadores. ....	23
2.1.2 Sensores.....	25
2.1.3 Atuadores. ....	27
2.2 Aplicações.....	27
2.3 Considerações finais do capítulo.....	28
3 TRABALHOS CORRELATOS.....	29
3.1 Smart walking stick.....	29
3.1.1 Funcionalidades.....	29
3.1.2 Limitações.....	29
3.2 SACCOB: Sistema de Alerta Contra Colisão com Obstáculos.....	30
3.2.1 Funcionalidades.....	30
3.2.2 Limitações.....	30
3.3 Considerações finais do capítulo.....	30
4 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DO SOFTWARE DE DETECÇÃO DE DEGRAU PARA ANDADORES ORTOPÉDICO .....	32
4.1 Levantamento de requisitos.....	32
4.1.1 BeagleBone Black.....	32
4.1.2 Sensor ultrassônico.....	34
4.2 Desenvolvimento do sistema.....	36
4.3 Protótipo de teste.....	39
5 TESTE E RESULTADOS.....	41
CONCLUSÃO .....	46
REFERÊNCIAS .....	47



## INTRODUÇÃO

Os resultados divulgados pelo IBGE apontam que 45.606.048 milhões de pessoas declararam conter pelo menos uma das deficiências investigadas na pesquisa, tais como, deficiência visual; locomotora; retardos mentais; e má formação de tecidos musculares; correspondendo a 23,9% da população nacional, sendo um grande índice de deficientes <sup>1</sup>.

Observando essa alta taxa de deficientes físicos no Brasil, houve uma motivação maior em realizar uma pesquisa voltada aos deficientes afim de disponibilizar um método de auxílio para a locomoção desses indivíduos. A população escolhida para a pesquisa, são os deficientes físicos com dificuldades de se locomoverem e que utilizam de andadores ortopédicos para se locomover.

Para disponibilizar este auxílio será desenvolvido um sistema embarcado, com capacidade de detectar degraus que possam estar a sua frente, proporcionando melhoria na qualidade de e evitando quedas indesejadas, posteriormente podendo ser incorporado nos andadores ortopédicos.

Um sistema embarcado é um sistema com o intuito de dominar um ambiente ou dispositivo físico, diferindo-se em diversos aspectos de um computador para propósitos gerais, ou seja, realizam um conjunto de tarefas pré-determinadas que não podem ser modificadas facilmente após o produto ser lançado no mercado (Andrade 2009; Barros & Cavalcante 2010).

Estes sistemas contêm algumas características específicas, sendo elas, alto nível de acoplamento com o hardware disponível; são voltados para maior interação com sensores, atuadores e sistemas ao invés de interação com os humanos, as vezes não há interação diretamente com os seres-humanos; tendem a ter um baixo consumo de energia; alto nível confiabilidade; funcionalidade exclusiva; limitações de projeto inflexíveis; são sistemas real-time, que devem reagir as mudanças no ambiente fornecendo informações em tempo real (Martins 2010; Barros & Cavalcante 2010).

## OBJETIVOS

Este protótipo visa proporcionar a acessibilidade dos deficientes físicos em realizar suas tarefas de maneira simples e segura, pois os deficientes físicos que possuem dificuldades de locomoção, tendem a dividir sua atenção no momento de andar, dando atenção em andar

propriamente dito, que já é uma função muito dificultosa para eles, e observar o ambiente em sua volta, para que não venha se machucar ou cair de algum degrau que esteja a sua frente.

Observando o problema de desvio de atenção, foi elaborado a criação de protótipo de um sistema capaz de realizar a detecção de degraus para que eles precisem se preocupar somente com o seu andar, dando-lhes confiança e autoestima.

Almejando o desenvolvimento do protótipo do sistema de detecção de degraus, foi realizado uma pesquisa de qual seria a melhor maneira de desenvolvê-lo, quais plataformas seriam utilizadas, quais formas podem ser utilizadas para detectar os degraus, como criar um ambiente de testes para comprovar a eficiência do sistema.

Nota-se que para desenvolver um sistema embarcado é utilizado microcomputadores e/ou microprocessadores, capazes de disponibilizar as ferramentas necessárias para o desenvolvimento do projeto.

Um microcontrolador é um circuito integrado que pode ser programado contendo todos os componentes que constituí um computador comum, mas com uma pequena diferença, eles foram desenvolvidos para realizar somente uma tarefa específica. Em outras palavras, é um chip que contém internamente memória RAM e ROM, pinos de entrada e saída de dados e um processador (Cesar & Carvalho 2009).

Os microprocessadores contêm as mesmas características dos microcontroladores, mas com pequenas mudanças, onde sua arquitetura foi desenvolvida de forma desacoplada, concedendo ao utilizadores montar seu microprocessador da melhor maneira para sanar os requisitos do projeto.

Como plataforma de desenvolvimento foi escolhida um miniPc, ou microprocessador, chamado de BeagleBone Black que dispõe de Memória RAM de 512MB DDR3L 800MHZ, um processador Sitara AM3359AZCZ100 1GHz, 2000 MIPS e 46 portas digitais/analógicas, fazendo com que seja uma plataforma completa e robusta para desenvolver o sistema de detecção.

Com a disponibilidade das portas digitais e analógicas, foi realizado uma pesquisa de quais sensores poderiam ser utilizados no protótipo afim de alcançar o objetivo de desenvolver o sistema de detecção de degrau.

Os sensores são dispositivos capaz de medir um determinado tipo de energia, convertendo-o para bits, fazendo assim com que possa ser utilizado nos sistemas como entrada de dados. O sensor escolhido para o protótipo é o ultrassônico, capaz de medir distâncias por meio de emissões e recepções de ondas sonoras, o intervalo entre a emissão da onda sonora e seu retorno ao receptor, é utilizado para fazer o cálculo de distância.

Com o desenvolvimento do protótipo concluído e realizar a avaliação do sistema de acordo com o parâmetro de angulação obtiverem êxito, o sistema poderá ser integrado ao andador ortopédico.

A avaliação do sistema será feita por meio de testes repetitivos em um ambiente real, fazendo com que o sistema seja utilizado de maneira que simule como um deficiente estivesse andando em qualquer ambiente. Exigindo que o sistema evite falhar, pois os testes têm sua finalidade de afirmar que o sistema está apropriado para integração ao andador.

## **ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA**

Esta monografia está organizada em seis capítulos, inicialmente o primeiro capítulo dará uma breve explicação do que é acessibilidade para os deficientes físicos. No segundo capítulo, são abordadas as tecnologias que serão utilizadas para alcançar o objetivo principal do projeto. No quarto capítulo serão abordados os trabalhos correlatos, ou relacionados, ao objetivo principal. No quinto capítulo, será apresentado a arquitetura do protótipo e suas funcionalidades, no quinto capítulo será exibido os testes e resultados de avaliações para atingir o objetivo final, e por fim, no sexto capítulo está disposta as conclusões.

## 1 ACESSIBILIDADE

Segundo a Lei Nº 10.098/2000 (2014), acessibilidade significa disponibilizar a essas pessoas portadoras de deficiências condições para utilizarem e alcançarem, com devida segurança e autonomia, os ambientes mobiliários, espaços abertos e equipamentos urbanos, as edificações, os transportes, os sistemas e meios de comunicação. Para isso a lei prevê que deve ser eliminado as barreiras e obstáculos que possam limitar ou impedir o acesso, a liberdade de movimento e a circulação dos mesmos com segurança e estabelece as normas e critérios para que possa ser promovido a acessibilidade de pessoas com deficiências físicas ou mobilidade reduzida (Civil, 2014).

Com a criação desta lei foi realizado diversos projetos voltados aos deficientes físicos e sua acessibilidade ao meio, tornando a vida dos indivíduos mais agradáveis e diminuir a dependência dos familiares e amigos.

A acessibilidade contém um símbolo que representa o ponto de acesso, direcionando os deficientes ao local adaptado, a figura do símbolo está na Figura 1.



**Figura 1 Símbolo internacional de acesso** (IBDD, 2013).

Essa iniciativa de pensar em disponibilizar acessibilidade aos deficientes, também chegou a área de tecnologia, onde muitos projetos foram realizados pensando nessas pessoas, tais como, cadeira de rodas motorizada, bengala para cegos com GPS e um sistema de alerta a colisão, a W3C a principal organização de padronização da World Wide Web, contém um guia descrevendo de como realizar a acessibilidade para os deficientes voltado para a web, entre outros projetos.

Afim de realizar a acessibilidade de deficientes físicos ou dificuldades de locomoção, a monografia irá propor o desenvolvimento de um protótipo de sistema capaz de detectar degraus e descobrir qual é uma possível angulação para detecção de degrau em andadores ortopédicos, para que possa futuramente ser implementado nos andadores e disponibilizado para os deficientes.

Para fazer este protótipo foi pensado em desenvolver um sistema embarcado, onde podemos contar com um hardware avançado para realizar o controle das informações obtidas do meio e por meio de cálculos poder afirmar que há um degrau a frente, para leitura das informações será utilizado um sensor ultrassônico capaz de medir distâncias entre o protótipo e algum objeto.

Com o protótipo do sistema embarcado funcionando os benefícios trazidos aos deficientes são, a sua independência, já que não haverá a necessidade de que alguém tenha que ficar observando aonde e por onde o deficiente irá andar; segurança e concentração para realizar a tarefa de andar, entre outros.

## 2 SISTEMAS EMBARCADOS.

Afim de proporcionar a acessibilidade para os deficientes físicos ou pessoas portadoras de deficiência física, será desenvolvido um sistema embarcado capaz de realizar a detecção de degraus por meio de sensores ultrassônicos.

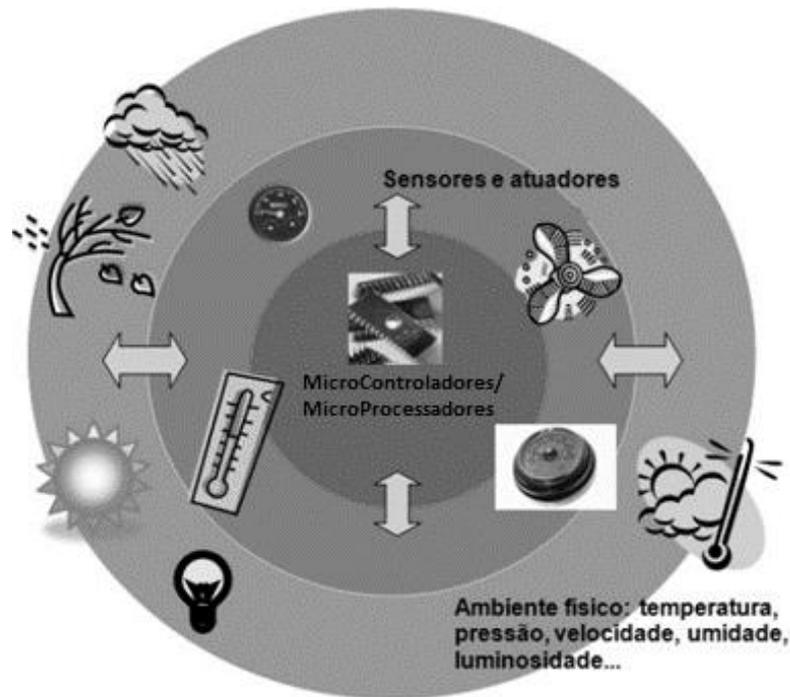
Os Sistemas Embarcados possuem um papel importante no dia-a-dia das pessoas, embora muitas vezes sua presença não seja percebida estão presentes na rotina dos seres humanos, os auxiliando na realização de tarefas do cotidiano, proporcionando conforto, segurança, rapidez, entre outros benefícios e a sua presença no cotidiano tende a aumentar cada vez mais (Cancian et al. 2007; Carro & Wagner 2003).

Sistemas embarcados, também conhecidos como sistemas dedicados ou embutidos, podem ser definidos como softwares que fazem parte de máquinas ou até mesmo de um sistema mais complexo. São sistemas com o intuito de dominar um ambiente ou dispositivo físico, diferindo-se em diversos aspectos de um computador para propósitos gerais, ou seja, realizam um conjunto de tarefas pré-determinadas que não podem ser modificadas facilmente após o produto ser lançado no mercado (Andrade 2009; Barros & Cavalcante 2010).

Da mesma maneira, o objetivo geral de um sistema embarcado é o de regular um dispositivo físico enviando sinais de controles para atuadores em reação aos sinais de entradas providos pelos seus usuários ou sensores (Broy 1997).

Os Sistemas Embarcados (SE) são compostos por um componente denominado microprocessador e/ou microcontrolador, que funciona como o “coração” do sistema embarcado, possibilitando que possa ser embutido vários periféricos, como: barramentos de comunicação, memória volátil (RAM), memória não-volátil (EEPROM), conversor analógico-digital (AD), conversor digital-analógico (DA), relógio e calendários digitais, entre outros componentes.

A figura 1 apresenta a ilustração do contexto geral da utilização e finalidade de um sistema embarcado, sendo utilizado uma visão em camadas, ou anéis, sendo eles Ambiente, Sensores e Atuadores e a Unidade de Controle.



**Figura 2 Contexto Geral de Sistemas Embarcados** (Martins, 2010).

O anel central é onde está disposto o microcomputador ou microcontrolador, que é o componente central do sistema embarcado, composto por hardwares e softwares, responsáveis por realizar a execução do sistema desenvolvido e monitorar os sensores e atuadores.

No anel intermediário estão representados os sensores e atuadores que fazem parte do sistema embarcado, que tem o papel de absorver informações do meio onde está inserido o dispositivo e transmitir os dados para que possam ser processados, fazendo assim com que o sistema embarcado possa tomar suas devidas ações pré-programadas, como ativar um atuador, como um LED, para realizar o procedimento de aviso, ou para iniciar um novo procedimento interno.

O anel externo é onde está situado o ambiente físico ou equipamento a ser controlado, afim de obter informações que deverão ser utilizadas pelos sistemas embarcados para realizar o procedimento programado. Normalmente controlam e monitoram as forças disponíveis pelo ambiente, sendo elas como, pressão, velocidade, temperatura, umidade, luminosidade. Para cada variável de ambiente existe um sensor capaz de extrair as informações do mesmo de modo preciso.

Devido a sua finalidade de monitorar e realizar procedimentos pré-programados, os sistemas embarcados são projetados sobre um hardware específico, sabendo-se de que dificilmente poderá sofrer alterações após o término do projeto, deve-se levar em consideração

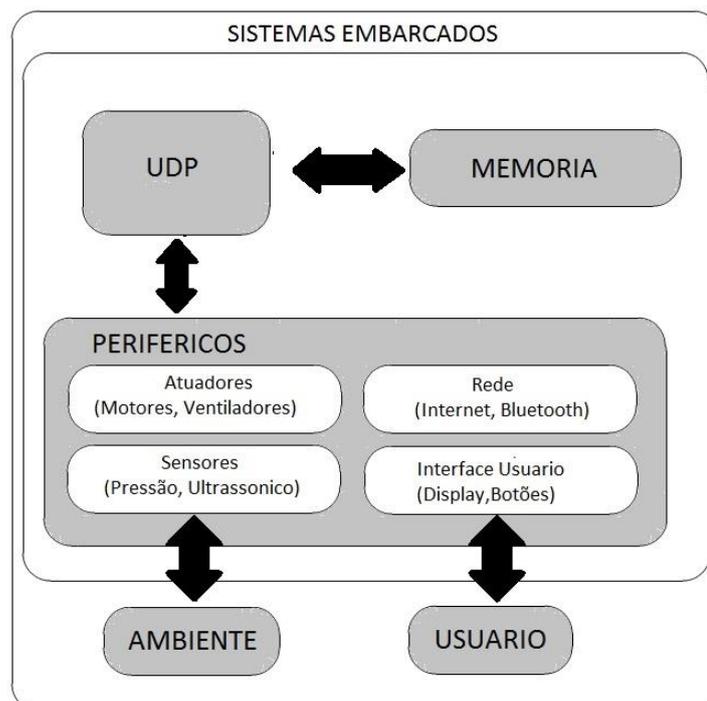
algumas métricas para escolha do hardware.

- O espaço disponível no dispositivo para recebe-lo;
- O grau de complexidade da funcionalidade que será o sistema, fazendo assim com que possa ser exigido um hardware com maior ou menor potência;
- Quais sensores e/ou atuadores que devem ser embutidos juntamente com o hardware principal, caso necessário a utilização do mesmo.

Essas métricas geram algumas características específicas referente aos sistemas embarcados, sendo elas, alto nível de acoplamento com o hardware disponível; são voltados para interação maior com sensores, atuadores e sistemas ao invés de interação com os humanos, as vezes não há interação diretamente com os seres-humanos; tendem a ter um baixo consumo de energia; alto nível confiabilidade; funcionalidade exclusiva; limitações de projeto inflexíveis; são sistemas real-time, onde devem reagir as mudanças no ambiente fornecendo informações em tempo real (Martins 2010; Barros & Cavalcante 2010)

Segundo Broy (1997), os sistemas embarcados podem ser divididos em cinco seções, sendo elas, a Unidade de Processamento (UDP); o dispositivo físico controlado (Periféricos); a interface de usuário (IU); o ambiente; e o usuário.

De acordo com as cinco divisões de Broy (1997) um projeto de SE, pode-se observar que podem ser relacionados da seguinte maneira, UDP (Unidade de Processamento), Memória, Periféricos, Ambiente e Usuário, como ilustrada na Figura 3.



**Figura 3 Sistemas Embarcados.**

Os periféricos são interfaces disponíveis que realizam a captação de informação do meio externo e as envia para a UDP, um exemplo de periférico é o Conversor Analógico/Digital que pode trabalhar diretamente com um sensor ultrassônico ou qualquer outro sensor, convertendo as informações obtidas em bits para que possa ser interpretada pela UDP.

Para que a UDP faça a interpretação das informações geradas pelos sensores e/ou sistemas da maneira planejada pelos desenvolvedores, deve-se utilizar a Memória do dispositivo, onde se armazena as instruções que serão seguidas pela UDP, podendo ser utilizada para armazenamento dos dados gerados pelos periféricos.

A UDP é composta por dispositivos responsáveis por processar as informações obtidas pelos periféricos e seguir as instruções armazenadas na memória executando-as.

Um sistema embarcado pode conter inúmeras formas de serem desenvolvidos, uma delas é a utilização de minicomputador, que seguem as métricas apresentadas anteriormente em um único hardware, pois eles contem microprocessador que é responsável pela interpretação das informações, memórias RAM e ROM para armazenamento de dados e entradas analógicas e digitais, possibilitando a utilização de sensores, atuadores, display, entre outros.

Os minicomputadores têm suas características parecidas com as dos microcontroladores, ambos são formados por um microprocessador, memória e entradas analógicas e digitais.

Abaixo serão descritos o que são microcontroladores e microprocessadores e suas características.

### **2.1.1 Microcontroladores e Microprocessadores.**

Os microcontroladores estão presentes em nosso cotidiano, eles fazem parte em alguns objetos de nossas vidas, tais como, os smartphones, forno micro-ondas, computador de bordo dos veículos, as televisões, entre outros.

Ele é um circuito integrado que pode ser programado contendo todos os componentes que constitui um computador comum. O microcontrolador é utilizado para monitorar as operações de uma tarefa específica, sendo geralmente integrados ao próprio dispositivo que será controlado.

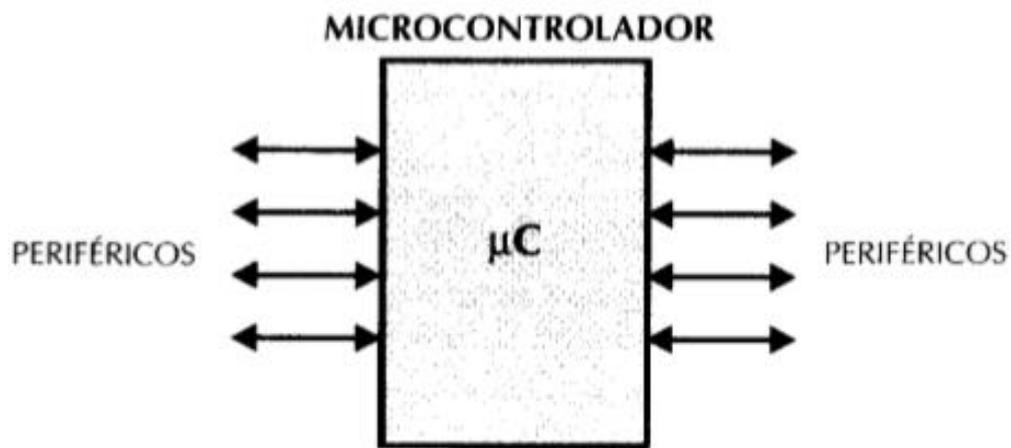
Sendo assim ele se torna um computador dedicado a uma tarefa específica, contendo somente em sua memória um programa que será seguido para guiar a aplicação especificada. Suas entradas/saídas permitem que possam ser acoplados ao projeto sensores e atuadores de controle, visando somente utiliza-los para satisfazer as necessidades do projeto. Tendo sua

programação e suas configurações concluídas o microcontrolador será utilizado somente para seguir o que foi proposto em sua criação (Cossio et al. 2012).

*“Um microcontrolador é um computador completo, embora com um desempenho limitado, que está contido numa pastilha de circuito integrado e é destinado a regular uma única tarefa.”*(Cossio et al. 2012).

Outra definição de microcontrolador é a de Sandro César (2009), onde, um microcontrolador é um chip de baixo custo que contém internamente periféricos de um computador dedicado como, microprocessador, memória de dados, memória de programa, pinos de entrada e saída, como também, interface USB, para os modelos mais recentes (Cesar & Carvalho 2009).

Será demonstrado um microcontrolador na figura 3.

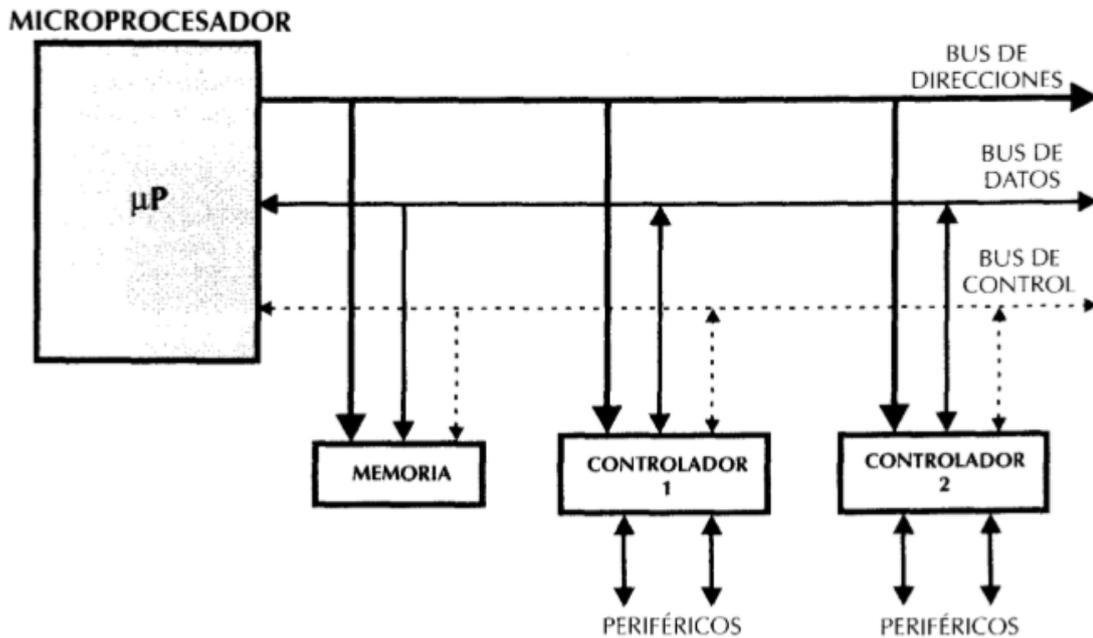


**Figura 4 Microcontrolador forma de execução** (Cossio et al. 2012)

Um dos microcontroladores mais conhecidos na atualidade é o Arduino contendo entradas analógicas, digitais, energia e USB, sendo utilizada como uma plataforma de desenvolvimento de projetos de sistemas embarcados.

Já os microprocessadores, segundo Cossio (2012), foram criados de maneira desacoplada disponibilizando ao desenvolvedor a possibilidade de construir o seu microprocessador com as características desejadas, acoplando os módulos necessários para sua aplicação final (Cossio et al. 2012).

A figura 4 demonstra um microprocessador contém uma unidade de processamento (uP), ela é responsável pelo processamento das informações obtidas por meio de memória, e realiza o controle dos demais dispositivos ligados ao mesmo, podendo ser atuadores ou sensores, denominados periféricos.

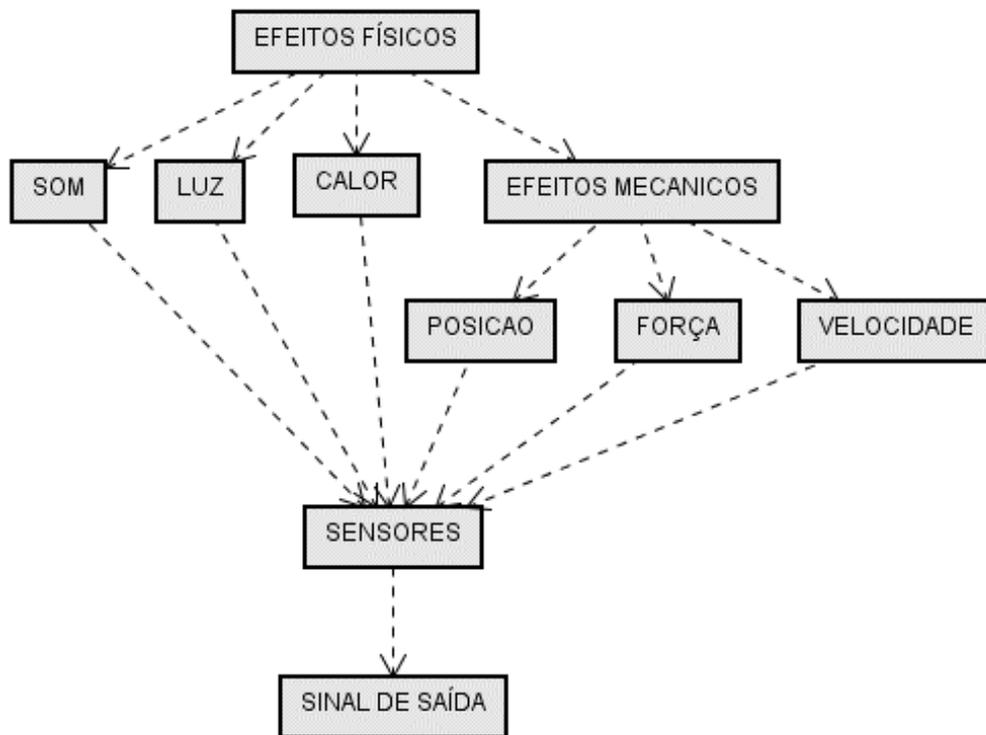


**Figura 5 Microprocessador forma de execução.**

Devido a acoplagem dos dispositivos envolvidos nos microcontroladores, a utilização de um miniPC deve ser levada em consideração, pois os dispositivos dispostos no mesmo são utilizados de forma separada, tornando o miniPC mais flexível e robusto com relação ao microcontrolador.

### 2.1.2 Sensores.

Sensor é um termo utilizado para descrever dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente inserido, podendo ser essa energia luminosa, térmica ou cinética, relacionando as informações sobre sua grandeza, possibilitando que a energia seja medida, os tipos de sensores mais conhecidos, serão representados na figura 5 (Thomazini & Albuquerque 2005).



**Figura 6 Formas de energia que podem ser medidas pelos sensores** (Thomazini & Albuquerque 2005).

Eles nem sempre tem suas propriedades elétricas necessárias para que os sistemas de controles possam utilizar. Na grande maioria o sinal de saída gerado pelo sensor deve ser manipulado e transformado em um sinal para que o sistema de controle possa ler os dados gerados pelo mesmo. Normalmente é desenvolvido um circuito de interface para essa transformação.

Caso o sensor gere uma saída de nível de tensão baixo, após ser sensibilizado pela energia externa a ser monitorada, é utilizado um amplificador de sinal para elevar o nível de sinal para sua efetiva utilização.

Os sensores estão divididos em duas classes Sensores Analógicos, podem assumir qualquer valor no sinal de saída ao longo tempo de execução; e Sensores Digitais, podendo assumir somente dois valores no seu sinal de saída ao longo tempo de sua execução, que podem ser interpretados como zero e um.

Não existem grandezas físicas que possam ter esses valores, mas eles são disponibilizados dessa maneira ao sistema de controle após a conversão das informações retiradas do meio externo por meio do circuito eletrônico do transdutor, que é a denominação dada à um dispositivo completo que contém o sensor e placa responsáveis por transformar as grandezas físicas em sinal de tensão ou corrente, possibilitando a interpretação por sistemas,

são utilizados em detecção de passagem de objetos e encoders para terminação de distância ou velocidade (Thomazini & Albuquerque 2005).

### **2.1.3 Atuadores.**

Segundo Thomazini, os atuadores são dispositivos que mudam uma determinada variável controlada. Eles recebem sinal vindo dos seus controladores e podem agir sobre o sistema que está sendo controlado, geralmente trabalhando com potencias elevadas.

Abaixo está descrito alguns tipos de atuadores disponíveis.

- Válvulas (pneumáticas, hidráulicas).
- Cilindros (pneumáticas, hidráulicas).
- Reles (estáticos, eletromecânicos).
- Solenóides.
- Motores (eletromagnéticos).

Os atuadores hidráulicos convertem a energia de trabalho em energia mecânica. Eles são utilizados normalmente projetos que precisam de mover grandes cargas, como exemplo, tratores, guindastes, ou quando há necessidade de grande precisão no movimento.

Atuadores pneumáticos utilizam-se de gás para atuar, são usados quando a carga tem seu limite de uma tonelada, onde há necessidade de movimentos de duas posições, como exemplo, maquinas de fixação ou transporte de peças, ou quando precisam de altas rotações como a broca de dentista.

Atuadores eletromagnéticos são motores movidos por eletricidades, tais como, vibracall, motor de passo, entre outros, mas utilizados para pouca carga e para obter alta precisão.

## **2.2 Aplicações.**

Os sistemas embarcados estão sendo desenvolvidos para diversas aplicações cotidianas, eles estão em vários objetos que as vezes não sabemos que este objeto é um sistema embarcado.

Uma aplicação muito utilizada nos dias atuais é um sistema embarcado, chama-se sensor de ré, muito utilizados em carros para que não venha acontecer colisões entre veículos.

Como funciona a ideologia do sensor de ré, é utilizado um sensor ultrassom capaz de

medir distancias entre o sensor e algum objeto, para de medir está distância, é a utilizado ondas sonoras em uma frequência imperceptível ao ouvido humano, fazendo assim com que saia uma onda pelo ar, podendo colidir com objetos sólidos e retornando em direção ao sensor. Para realizar o cálculo de distância é utilizado o tempo que leva para a onda sonora ir e voltar para o receptor.

Após a realização da conversão de tempo para distância, o sistema embarcado avisa ao motorista por meio de sons, alertas por LED e a exibição da distância entre os veículos, evitando que o mesmo colida.

Outra aplicação existente são os smartphones, que contém um sistema operacional que controla todos os periféricos embutidos no mesmo, tais como, câmera, utilizada para fazer vídeos e fotos; microfone, utilizado para comando de voz e ligações; tela sensível ao toque, conhecidas como telas touch screen, utilizadas como interface para a sua utilização; atuador vibracall, que são utilizados como alerta de ligações ou mensagens por vibrações; entre outros.

Os micro-ondas que utilizamos também possui um sistema embarcado para o controle de suas funções, pois ele contém sua limitação de função, sendo capaz de somente aquecer os alimentos, disponibilizando os tempos e intensidade do aquecimento, mas não havendo alteração de função.

Esses sistemas embarcados apresentados anteriormente são uma demonstração do potencial e utilidade que estes projetos têm em nosso cotidiano.

### **2.3 Considerações finais do capítulo.**

Existem diversos tipos de sensores e atuadores existentes no mercado. Para fazer a escolha adequada dos sensores e atuadores que fará parte do projeto, deve-se observar as necessidades do mesmo, já que na grande parte os sensores são de propósito único, então, ressaltando que a combinação entre sensores faz com que as necessidades do projeto sejam sanadas de forma satisfatória. No presente projeto será utilizado o sensor para calcular distancias, mais conhecido como sensor ultrassonico. E o dispositivo que é responsável pela manipulação das informações geradas pelo sensor será o miniPc BeagleBoneBlack, por disponibilizar todas as portas necessárias para acoplar os periféricos para realizar a implantação do projeto.

### **3 TRABALHOS CORRELATOS.**

Neste capítulo será apresentado alguns trabalhos que abordam o uso de sistemas embarcados para acessibilidade dos deficientes físicos.

#### **3.1 Smart walking stick.**

O projeto proposto por Soares (2013), tem como objetivo principal desenvolver uma bengala eletrônica capaz de oferecer auxílio para os deficientes visuais em sua locomoção, o dispositivo conta com sensor ultrassônico, atuador vibracall e um microcontrolador arduino. O arduino é responsável por monitorar as medições realizadas pelo sensor ultrassônico e transformar os dados recebidos em informação, para que o mesmo possa usá-lo para fazer o cálculo se há um obstáculo próximo do deficiente, e assim avisá-lo por meio das vibrações.

O sistema que foi desenvolvido detecta obstáculos que possam estar diante do deficiente visual, este sistema é real-time, ou seja, execução em tempo real, pois para que seja evitada uma colisão é necessário que as informações sejam precisas e processadas mais rápidas possíveis, para complementar este sistema foi utilizado GPS, disponibilizando a localização exata do deficiente, ele também conta com servidor WEB e API Javascript fornecido pelo Google Maps v3, disponibilizando em tempo real a localização do deficiente visual no mapa da google para que seus familiares possam o encontrar.

##### **3.1.1 Funcionalidades.**

- Detecção de objetos a qualquer distância.
- Alertas vibratórios.
- Localização por GPS.
- Criação de um servidor WEB e API javascript.

##### **3.1.2 Limitações.**

- Não demonstra qual a influência que o sensor sofre sobre a angulação que será utilizado no mesmo.
- Não há demonstração de como é utilizado a bengala.

## **3.2 SACCOB: Sistema de Alerta Contra Colisão com Obstáculos**

O projeto desenvolvido por Seffim (2012) tem como objetivo desenvolver um sistema para simplificar a locomoção dos portadores de deficiência visual. O Objetivo principal é a criação de um sistema que abrange a área doméstica com a utilização de sensores RFID (Radio Frequency Identification ou Identificação de rádio frequência), responsáveis por mapear o ambiente por meio de algoritmos para triangulação.

Os RFID são fixados em objetos que estão presente no ambiente e no próprio deficiente, após a fixação dos RFIDs eles são utilizados de parâmetros para que os deficientes não se aproximem mais de 1 M do objeto, fazendo assim com que eles não colidam.

### **3.2.1 Funcionalidades.**

- Mapeamento do ambiente onde estão os RFID e controle de proximidade do deficiente aos objetos. O mapeamento é devido ao controle dos RFIDs e o RFID que está no deficiente, fazendo assim com que ele fique em constante verificação de distância entre o objeto e o deficiente, caso seja necessário, são acionados os sinais sonoros para avisa-los, evitando a colisão do mesmo.

### **3.2.2 Limitações.**

- O projeto está limitado na maneira de ser implementado, pois foi voltado para ambientes que possam ser mapeados, ou seja, é necessário todo o preparo do ambiente como colocar os RFIDs nas posições corretas, e após a fixação não haverá mudança, fazendo com que o deficiente possa contar com a tecnologia somente neste ambiente.
- Alto custo de desenvolvimento, pois envolve uma tecnologia de auto custo.

## **3.3 Considerações finais do capítulo.**

Diversas tecnologias com sistemas embarcados voltados aos deficientes físicos, por sua vez algumas das tecnologias desenvolvidas contem suas propostas semelhantes porem não dão enfoque na detecção de degrau para andadores ortopédicos, por este motivo será idealizado este projeto, para atender as necessidades de uma gama de deficientes específicos.

Para realizar este projeto será utilizado os sensores ultrassônicos vêm sendo utilizados de diversas maneiras atualmente, mas em nenhum dos trabalhos correlatos pesquisados e citados, especifica a forma exata que deveria ser utilizado o sensor ultrassônico para atingir o

objetivo final do projeto, fazendo assim com que falte detalhes de como se foi testado as localizações dos sensores afim de atingir seu objetivo de detectar degraus para que possa futuramente ser embarcado nos andadores ortopédicos.

## **4 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DO SOFTWARE DE DETECÇÃO DE DEGRAU PARA ANDADORES ORTOPÉDICO**

No desenvolvimento da proposta foram utilizadas algumas métricas para atingir o objetivo final, essas métricas consistem em criar um sistema capaz de detectar degraus a partir de uma determinada angulação, com o intuito de descobrir qual a angulação mais apropriada para posteriormente ser utilizada em andadores ortopédicos.

Para desenvolver o sistema detector de degraus, o projeto foi dividido em 3 partes, Levantamento de requisitos, onde estará descrito quais tecnologias serão necessárias para o desenvolvimento, Desenvolvimento do sistema detector, onde estará explicando a funcionalidade do sistema de maneira detalhada e Protótipo de teste e ambiente, descrevendo a confecção do protótipo utilizado para realizar a detecção de degrau de acordo com sua angulação.

### **4.1 Levantamento de requisitos**

Para realizar o desenvolvimento de um sistema de detecção de degrau foi realizado um levantamento considerando as tecnologias que podem ser aplicadas à um sistema embarcado. Neste levantamento foram avaliados e definidos os sensores, unidade de processamento e atuadores que podem ser utilizados no mesmo.

Com o objetivo de atingir o objetivo principal do projeto, que é a detecção do degrau, foi realizada uma pesquisa de diversos sensores capazes de auxiliar na detecção, os mais utilizados para detectar obstáculos a frente foram os denominados sensores de distância, o mais utilizado é o sensor ultrassônico.

Para o controle das informações obtidas por meio do sensor ultrassônico foi utilizado o minipc beaglebone black.

#### **4.1.1 BeagleBone Black.**

O dispositivo citado anteriormente é o BeagleBone Black, também conhecido com minipc, para escolher o minipc, ou microprocessador, foi levado em consideração os hardwares neles disponíveis, o BeagleBone Black é um miniPc que utiliza internamente um sistema operacional, como padrão instalado o Debian, que é uma distribuição Linux.

O BeagleBone Black conta com uma configuração muito completa, sendo elas.

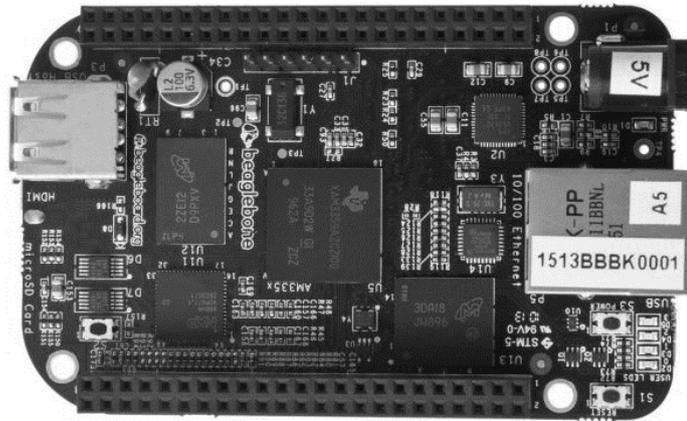
- Contêm 92 pinos, sendo eles, de entrada e saída de dados, alimentação de energia de 5 e 3 volts e neutros, os pinos são divididos em dois lados os P9 e P8;
- Conector ethernet;
- Entrada USB;
- Entrada para cartão de memória micro SD;
- Processador Sitara XAM3359AZCZ100, 1GHZ;
- Memória de 512MB DDR3L;
- Entrada micro HDMI para saída de imagens;
- Memória cache de 2GB, 8bit Embedded MMC.
- Aceita diversas linguagens de programação, tais como, C/C++, Paython, JavaScript, Assembly;
- Tem uma vasta biblioteca para poder agilizar o desenvolvimento do sistema que será embarcado no mesmo.

Após deparar com todas estas funcionalidades disponíveis em um único dispositivo e que o mesmo é open-source, ele possui seu próprio ambiente de desenvolvimento, dando a liberdade para os desenvolvedores escolherem a linguagem que mais se adapta. Ele é utilizado para desenvolver projetos que envolvem a automação de objetos e pode ser conectado a sistemas maiores afim de monitorar e controlar o objeto.

O ambiente de desenvolvimento vem instalado, a plataforma disponível é Clound9, com uma robusta ferramenta de desenvolvimento, dando suporte para diversas linguagens, como as citadas anteriormente. Com o auxílio da ferramenta, o desenvolvimento para estes dispositivos vem sendo facilitado, já que a própria desenvolvedora do dispositivo disponibiliza bibliotecas com funcionalidade básicas.

O dispositivo é completo, não sendo necessário que acrescente ou modifique quaisquer aspectos do mesmo. A sua utilização é simples, basta conectar o dispositivo via usb, aguardar uns instantes, depois só ir no navegador (Firefox, Google Chrome ou Safari, Internet Explorer não funciona) digitar o IP [192.168.7.2:3000](http://192.168.7.2:3000), que será direcionado a plataforma de desenvolvimento do mesmo contendo diversos exemplos de códigos.

A grande vantagem de se utilizar o BeagleBone Black é que ele contém um grande poder de processamento de dados, fazendo assim com que possamos utiliza-lo para controlar um alto volume de dados. A figura 10 está ilustrando a placa do BeagleBone Black.

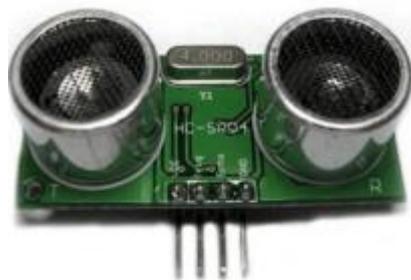


**Figura 7 BeagleBone Black.**

No próximo capítulo será descrito a maneira de integração entre o BeagleBone Black e o sensor ultrassônico, e a maneira encontrada para realizar a detecção do degrau.

#### 4.1.2 Sensor ultrassônico.

No desenvolvimento proposto, será utilizado o sensor ultrassônico para realizar a detecção de distâncias entre os objetos, afim de detectar degraus, mais precisamente será utilizado o sensor hc-sr04 fabricado por ITead Studio, conforme mostra a figura 8.



**Figura 8 Sensor Ultrassônico.**

Os sensores ultrassônicos ativamente transmitem ondas sonoras e as recebe, estas ondas emitidas propagam pelo meio e assim que se choca com algum objeto, ela retorna na direção oposta, ou seja, retornando ao receptor. Eles utilizam de transdutores, que transformam um sinal elétrico em uma onda sonora e a recebe e a converte novamente em pulsos eletromagnéticos.

Primeiramente é enviado um pulso eletromagnético simbolizando o início de transmissão dos dados. Após o envio, começa a propagação de 8 pulsos elétricos que são convertidos em ondas sonoras, e então o sensor aguarda o retorno do mesmo, fazendo assim a medição do tempo entre a propagação e a recepção da onda sonora. Tomando por base a

velocidade de propagação do som, que é aproximadamente 340 M/s a distância entre o sensor e o objeto é calculado da seguinte maneira.

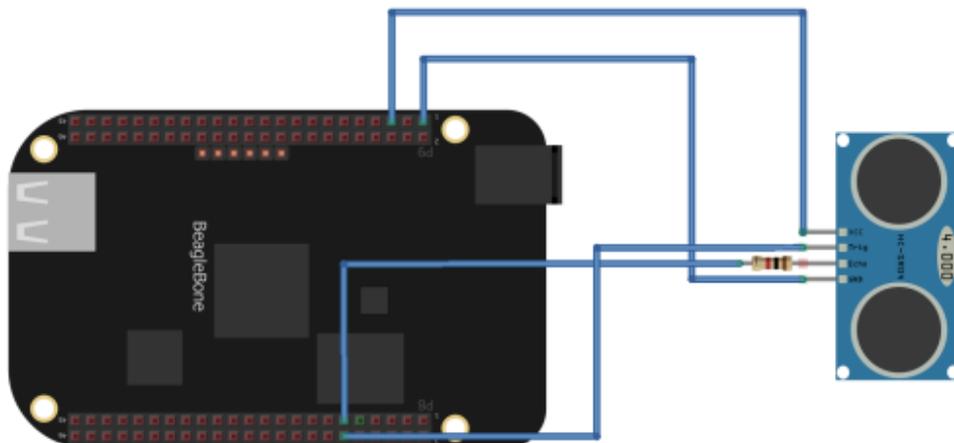
$$D = T / 58.44$$

Onde D é a distância que deverá ser calculada com a equação, T é indicado por tempo total de propagação da onda sonora no meio (a placa do transdutor do sensor trás o tempo calculado, onde a somatória envolve a ida e volta da onda). Por fim dividido pela constante de 58.44, que se refere a velocidade de propagação das ondas sonoras no meio em cm. A figura 8 demonstra o funcionamento básico do sensor ultrassonico em um ambiente aberto com um objeto a uma determinada distância.

Como demonstrado na figura 8, o sensor ultrassonico é composto por 4 pinos saídas (GDN, ECHO, TRIGGER e VCC), onde:

- GDN – que se trata do polo negativo do sistema.
- VCC – o pino responsável pela transmissão da voltagem necessária para funcionar o sensor, está voltagem é de 5.0V.
- TRIGGER – pino que inicia a comunicação para a transmissão das ondas sonoras.
- E ECHO – responsável por marcar o tempo que leva para retornar a onda sonora.

Para cada pino de saída do sensor, foi realizada uma conexão aos pinos de entrada do BeagleBone Black, sendo elas GDN no pino P9\_1, TRIGGER no P8\_12 gpio1 (ou GPIO44), ECHO P8\_11 gpio1 (ou GPIO45) e VCC P9\_5 (ou VDD\_5V). A figura 9 mostra como será realizada a conexão entre o sensor ultrassonico e a placa BeagleBone Black.

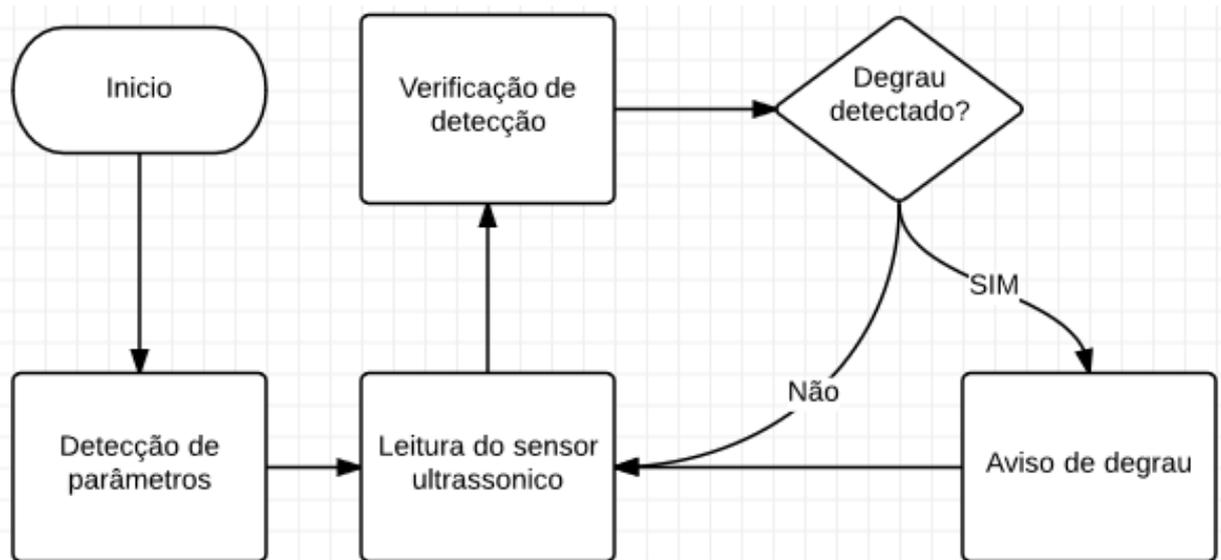


**Figura 9** Ligação do sensor ultrassonico no BeagleBone Black.

A implementação do sistema que utiliza do sensor ultrassonico e do BeagleBone Black para a detecção de degrau, está descrita no capítulo 4.2 Desenvolvimento do Sistema.

## 4.2 Desenvolvimento do sistema

O projeto idealizado na monografia foi elaborado para realizar a detecção de degraus com determinada angulação, afim de testar qual o melhor ângulo para que possa ser futuramente acoplado ao andador ortopédico. Um esquema geral do funcionamento do projeto está ilustrado na figura 10.



**Figura 10 Fluxograma do sistema de detecção de degraus.**

A detecção de parâmetros é uma funcionalidade útil para que possamos obter internamente a distância padrão que o sensor deve estar em relação ao chão, servindo para comparações, os dados gerados em tempo real pelo sensor são comparados com a distância padrão dando assim uma maneira de calcular se há um degrau. A figura 11 demonstra o código fonte para a obtenção da distância padrão que é utilizada como base para a detecção.

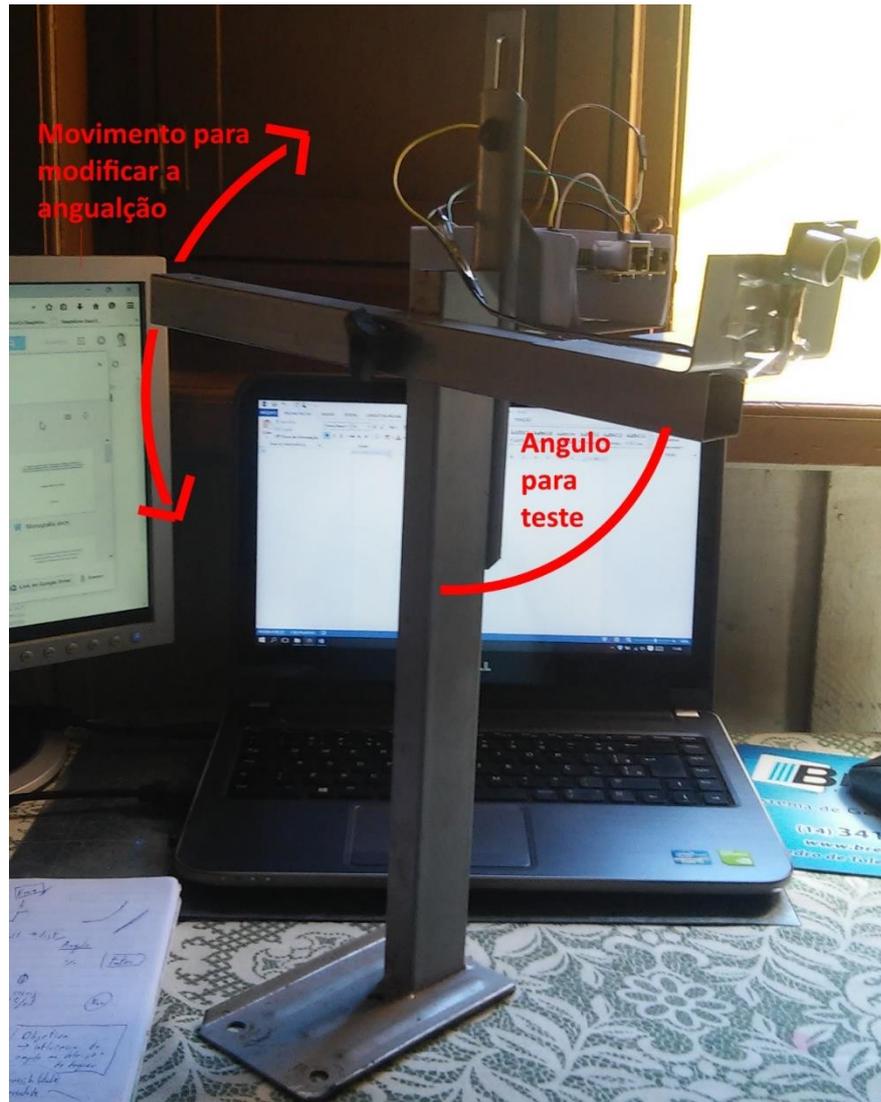
```

float VerificaDistanciaPadrao()
{
    printf(">> Inicializando programa\n");
    tpruss_intc_initdata pruss_intc_initdata = PRUSS_INTC_INITDATA;
    prussdrv_init();
    if (prussdrv_open (PRU_EVTOUT_0)) {
        fprintf(stderr, ">> Falha de inicialização.\n");
        return 1;
    }
    prussdrv_pru_intc_init(&pruss_intc_initdata);
    void *pruDataMem;
    prussdrv_map_prumem (PRUSS0_PRU0_DATARAM, &pruDataMem);
    unsigned int *pruData = (unsigned int *) pruDataMem;
    int i = 0, cont[10]={0,0,0,0,0,0,0,0,0,0};
    bool passou=false;
    float dados[10]={0,0,0,0,0,0,0,0,0,0}, def=0;
    printf("Identificando Padrões \n");
    while (i<10)
    {
        printf(" .\n");
        prussdrv_pru_wait_event (PRU_EVTOUT_0);
        prussdrv_pru_clear_event (PRU_EVTOUT_0, PRU0_ARM_INTERRUPT);
        def = (float) pruData[0]/ 58.44;
        if(i==0)
        {
            dados[i]=def;cont[i]++;
        }
        else
        {
            passou = false;
            int w;
                for(w=0;w<10;w++)
                {
                    if(dados[w]==def&&passou==false)
                    {
                        cont[w]++;passou=true;
                    }
                    if(!passou)
                    {
                        dados[i]=def;
                    }
                }
                sleep(1);i++;
        }
        printf("\n");
        int venc=0, f=1;
        while(f<10)
        {
            if(cont[venc]>cont[f])
            {
                venc=venc;
            }
            else
            {
                venc=f;
            }
            f++;
        }
        return dados[venc];
    }
};

```

**Figura 11 Código de verificação da distância padrão**

Na parametrização também terá ajustes manuais, como a angulação que irá ser realizado o teste, para tabular as informações geradas, afim de testar em diversas angulações possíveis encontrando a mais adequada para embarcar futuramente ao andador ortopédico. A figura 12 demonstra como será realizado a configuração da angulação manualmente.



**Figura 12 Modificação do angulo para teste.**

A leitura do sensor, está a função responsável do sistema que deve se comunicar com o sensor e obter a informação, esta informação está em forma de pulsos elétricos, o sistema executa o algoritmo para convertê-los em cm, disponibilizando a distância exata do obstáculo.

Na verificação de detecção, está armazenado o algoritmo de detecção de acordo com a informação obtida por meio da leitura do sensor, fazendo a verificação da possibilidade de conter um degrau a frente ou não, caso a detecção foi realizada, o mesmo deve chamar a função de aviso.

A execução do algoritmo ocorre da seguinte maneira: inicialmente são alocadas as portas de comunicação com o sensor ultrassônico, caso não seja possível, ele encerra o programa. Após o sucesso com a alocação, ele irá iniciar a função de descobrir qual a distância padrão entre o objeto e o chão para que possa ser utilizado futuramente para critérios de detecção.

Após detectada a distância, o sistema inicializará uma constante verificação de

distancias entre o sensor e o chão. De acordo com a distância padrão e a medida atual é calculada a variação. O sistema irá considerar um degrau caso a mudança de distância seja superior a 5mm e persista por mais de 10 medições seguidas.

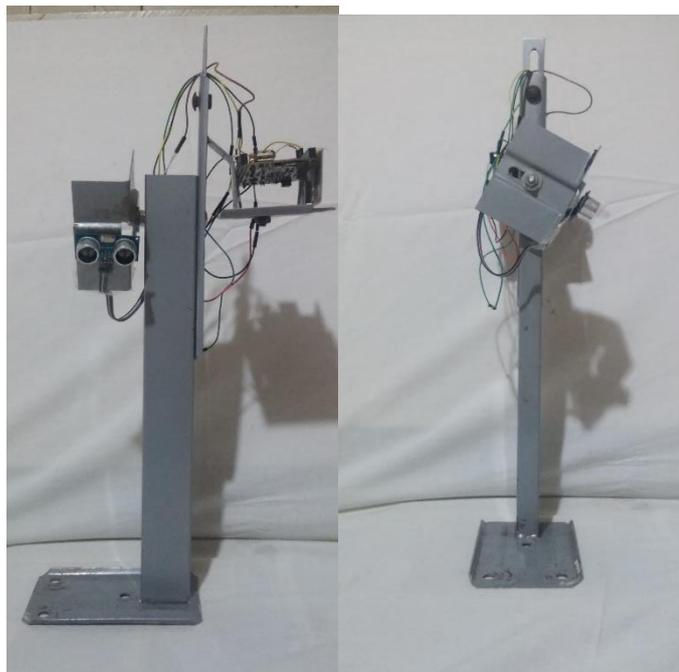
Quando detectado o degrau o sistema chamará o modulo de aviso de detecção. Como a preocupação do projeto é somente detectar o degrau, não há a utilização de atuadores no sistema embarcado. Ao invés de utilizar um aviso por meio de atuadores, será demonstrado na tela as informações obtidas para que possa ser tabulado e contabilizado, para que possa ser descoberto qual a melhor angulação para embarcar o sistema no andador ortopédico.

O código completo do sistema de detecção está descrito no Apêndice A.

O capítulo a seguir demonstra a maneira que foi idealizado o protótipo fisicamente para os testes.

### 4.3 Protótipo de teste.

O protótipo desenvolvido para testes, foi pensando em simular um andador ortopédico para que possa ser realizado os testes das angulações, para futuramente ser embarcada no andador ortopédico. Os testes devem gerar informações para serem tabulados e analisados para decidir qual angulação é mais adequada para ser embarcada com o sistema. A figura 13 demonstra em dois ângulos o protótipo montado.



**Figura 13** Imagens do dispositivo para testes.

As medidas do protótipo são, barra de estabilidade inferior medindo 13 cm x 9,5 cm,

altura do eixo central 35 cm, altura onde está estabilizado o sensor 30 cm.

Para realizar os testes com o protótipo foi selecionado dois ambientes para teste, que serão descritos no próximo capítulo.

## 5 TESTES E RESULTADOS.

Os testes que foram realizados consistem em avaliar o protótipo de sistema com detecção de degrau, baseando-se nos resultados para afirmar qual o desempenho do sistema para a detecção do degrau, e por sua vez destacar qual angulação se adaptou melhor com o sistema, podendo ser embarcada futuramente em um andador ortopédico.

Para desenvolver os testes, primeiramente, exigiu que fosse projetado como seriam realizados os testes de detecção, os aspectos lógicos a serem testados, após isto, foi idealizado o local físico para teste. Os aspectos lógicos a serem testados são os sentidos dos degraus e a interferência da emissão de onda sonoras provenientes de outros dispositivos.

As suas etapas feitas para os testes foram seguidas da seguinte maneira.

- Ajuste da angulação do sensor.
- Realizar o movimento simulando o andar de um usuário do andador ortopédico.
- Marcar a distância que foi detectado o degrau.
- Repetir o procedimento 10 vezes, e calcular a média para cada angulação testada.
- Notar qualquer diferença que ocorra durante a detecção.

Para realizar os testes foram escolhidos dois ambientes as mesmas características, sendo elas, o chão plano sem elevações somente com degraus ao final dele, a diferença entre ambos é que em uma das situações de teste contêm ruídos sonoros emitidos por caixas de som, afim de descobrir qual é a influência das ondas sonoras vindas de outros dispositivos sobre o método de detecção, em ambos ambientes serão testados os dois sentidos da escada, tanto para detecção do degrau para subir, quanto para descer.

A primeira situação de teste está representada na figura 14, onde consiste de um terreno plano com pouco o quase nenhum desnível, e sem emissões de onda sonoras proveniente de outros dispositivos, a figura do lado esquerdo demonstra os degraus da parte superior do piso, utilizada para testar a detecção de degrau para descer, e a imagem da direita os degraus da parte inferior a escada, utilizado para testar a detecção para subir o degrau.



**Figura 14 Imagem do ambiente do primeiro teste.**

Os resultados obtidos da primeira situação de teste, demonstrado na figura 14 estão visíveis na tabela 1, exibindo os dados tabulados e organizados por ângulos e direcionamento do degrau sendo simulado como se estivesse defronte a um degrau para desce-lo.

**Tabela 1 Dados do teste de detecção, com simulação de descida de degraus.**

Ângulo	Média de distância detectada	Desvio Padrão	Média da porcentagem de acerto
80°	Não detectado	0	0
70°	Não detectado	0	0
60°	Não detectado	0	0
50°	30 cm	0,9 cm	90%
40°	9 cm	0,3 cm	90%
30°	2,86 cm	1cm	100%

As angulações de 60, 70 e 80 graus não foram detectadas pois não há retorno da onda sonora emitida pelo sensor em direção ao receptor do mesmo, fazendo assim com que não possa ser medido a distância entre o protótipo de teste e o degrau, tornando as três angulações não utilizáveis para serem embarcadas no andador.

As angulações destacadas tiveram um problema encontrado, tal como será exemplificado pela figura 15, onde a onda sonora atinge o chão e passa diretamente por cima de cavidades que possam ocasionar quedas para os utilizadores.



**Figura 15 Exemplo do caso ocorrido nos testes.**

O caminho percorrido pela onda sonora de ida e volta, podem enganar o sistema de detecção pois há dados a serem recebidos como se o obstáculo estivesse a uma distância errada, ao invés de detectar os degraus, ele irá detectar a parede que está após os degraus, ocasionando falhas de detecção, pois o projeto visa detectar os degraus.

O segundo teste realizado no mesmo ambiente envolve as mesmas características do piso, com diferença na direção do degrau, onde agora será testado sua detecção para subir o degrau. A tabela 2 exhibe os dados retirados dos testes.

**Tabela 2 Dados do teste de detecção, com simulação de sentido de subida de degraus.**

Angulo	Média de distância detectada	Desvio Padrão	Média da porcentagem de acerto
80°	1,98 m	0,2 cm	50%
70°	1,60 m	0,6 cm	70%
60°	90 cm	0,5 cm	80%
50°	33 cm	0,9 cm	90%
40°	12 cm	0,3 cm	90%
30°	8 cm	1 cm	100%

Os testes realizados com o degrau para subir, foram todos possíveis detectar o degrau, pois em todas as angulações teve o retorno da onda sonora.

Na Figura 16 é o mesmo ambiente de terreno plano ou com poucas elevações, mas com um dispositivo emitindo onda sonoras por meio de caixas de som em direção ao protótipo, afim de avaliar se há interferências das ondas sonoras emitidas pelo mesmo.



**Figura 16 Imagem do ambiente do segundo teste.**

Os resultados obtidos da segunda situação de teste, demonstrado na figura 19 estão visíveis na tabela 3, exibindo as informações preenchendo a tabela com os dados tabulados e organizados por ângulos e direcionamento do degrau sendo simulado como se estivesse defronte a um degrau para desce-lo, os testes obtiveram o mesmo problema encontrado no teste anterior para detecção.

**Tabela 3 Dados do teste 2 de detecção, com simulação de descida de degraus**

Ângulo	Média de distância detectada	Desvio Padrão	Média da porcentagem de acerto
80°	Não detectado	0 cm	0%
70°	Não detectado	0 cm	0%
60°	Não detectado	0 cm	0%
50°	32,5 cm	0,9 cm	80%
40°	11,3 cm	0,3 cm	80%
30°	7,6 cm	1cm	90%

O segundo teste realizado no mesmo ambiente envolve as mesmas características do piso, com diferença na direção do degrau, onde agora será testado sua detecção para subir o degrau. A tabela 4 exibe os dados retirados dos testes.

**Tabela 4 Dados do teste 2 de detecção, com simulação de sentido de subida de degraus.**

Angulo	Média de distância detectada	Desvio Padrão	Média da porcentagem de acerto
80°	1,87 m	0,2 cm	40%
70°	1,45 m	0,6 cm	60%
60°	87,8 cm	0,5 cm	80%
50°	32,6 cm	0,9 cm	80%
40°	11,3 cm	0,3 cm	80%
30°	7,4 cm	1cm	90%

Baseados nos estudos realizados e os resultados obtidos, pode-se notar que a angulação mais adequada para ser embarcado ao andador ortopédico segundo os testes realizados por meio do protótipo é a angulação de 50 graus, pois atende de maneira adequada a detecção de degraus em ambas situações e direções do degrau, fazendo assim com que seja necessário somente um algoritmo para a detecção.

Porém deve-se destacar que para obter uma detecção com um alto grau de precisão deverá ser realizado estudos de outros sensores e/ou dispositivos que possam auxiliar o sensor ultrassônico na detecção do degrau, já que houve algumas ocorrências que o mesmo não a detecta, fazendo com que o usuário possa cair por falha na detecção.

## CONCLUSÃO

O desenvolvimento do trabalho promoveu estudos diversificados sobre eletrônicos, como o funcionamento de um sensor ultrassônico hc-sr04, estudo sobre os microcontroladores e microprocessadores, realizar a criação de ambientes de teste e a arquitetura que envolve os sistemas embarcados.

O protótipo desenvolvido obteve um bom desempenho para realizar a tarefa proposta que é a detecção de degrau, pois com as angulações testadas foi possível detectá-los, porém, como se trata de um sistema que auxilia os portadores de deficiência física e sua execução é em tempo real, deve ser melhorado para que haja nenhuma ocorrência de falhas do sistema, já que oferece informações necessárias para a tomada de decisão dos usuários para evitar as quedas ou algum tipo de ferimento.

Com a interligação dos estudos é possível tornar a vida dos portadores de deficiência mais prazerosa, e promovendo a inclusão social dos mesmos, como o foco do projeto é criar um protótipo de sistema detector de degrau o trabalho, as contribuições são voltadas para que os próximos pesquisadores possam se basear neste estudo realizado e continuar o desenvolvimento de sua tecnologia, envolvendo sensores ultrassônicos para detecção de degraus em outros objetos.

Alguns aspectos do projeto devem ser melhorados, como aumentar o desempenho do algoritmo de detecção, transferir o protótipo para ser embarcado no andador ortopédico, realizar teste de durabilidade de baterias para calcular a capacidade de funcionamento do mesmo.

Como trabalhos futuros pretende-se realizar o módulo de alerta para que o usuário saiba em tempo real se está próximo do degrau, implantar novas maneiras de detecção de degraus, tais como, utilização de câmeras para processamento de imagens ou inserir infravermelhos.

Por fim, disponibilizar o rastreamento do dispositivo, para que os familiares possam encontrar os usuários de maneira simples e eficaz, utilizando GPS e um serviço para que possa ser mostrado no mapa em tempo real a sua localização.

## REFERÊNCIAS

Civil, C.,2014. Lei n, de 19 de dezembro de 2000 - Acessibilidade. 10098; [http://www.aeap.org.br/doc/lei\\_federal\\_10\\_098\\_de\\_19\\_de\\_dezembro\\_de\\_2000.pdf](http://www.aeap.org.br/doc/lei_federal_10_098_de_19_de_dezembro_de_2000.pdf); Acessado em 7 Out 2015.

Coley, G; BeagleBone Black System Reference Manual; [https://www.adafruit.com/datasheets/BBB\\_SRM.pdf](https://www.adafruit.com/datasheets/BBB_SRM.pdf); Acessado em 4 Jun 2015;

Cossio, MLT et al; Microcontroladores PIC; <https://electrichead.files.wordpress.com/2008/08/electronica-pic-diseno-practico-aplicaciones.pdf>; Acessado em 5 Jun 2015;

Delai, A.L.; Sistemas Embarcados: a computação invisível; <http://www.hardware.com.br/artigos/sistemas-embarcados-computacao-invisivel/>; Acessado em 10 Mai 2015;

Editora Saber et al; BeagleBone Solução open-source de baixo custo para desenvolvimento de aplicações embedded; [http://www.sabereletronica.com.br/files/file/SE462\\_web.pdf](http://www.sabereletronica.com.br/files/file/SE462_web.pdf); Acessado em 19 Mai 2015;

Dr. Emilio Carlos; Apostila Pneumática; <http://sites.poli.usp.br/d/pmr2481/pneumat2481.pdf>; Acessado em 10 Nov 2015;

IBDD; Regras de acessibilidade ao meio físico para o deficiente; <http://www.ibdd.org.br/arquivos/acesibilidade.pdf>; Acessado em 8 Nov 2015;

IBGE; Censo Demográfico 2010: características gerais da população, religião e pessoas com deficiência; [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas\\_religiao\\_deficiencia/default\\_caracteristicas\\_religiao\\_deficiencia.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_religiao_deficiencia/default_caracteristicas_religiao_deficiencia.shtm); Acessado em 25 Mai 2015;

Sefrin, F.S; SACCOB: Sistema de Alerta Contra Colisão com Obstáculos; [http://www.inf.unioeste.br/~tcc/2012/TCC\\_Felipe\\_S.pdf](http://www.inf.unioeste.br/~tcc/2012/TCC_Felipe_S.pdf); Acessado em 30 Out 2015;

SOARES, R.F.B; SMART WALKING STICK ( SWS ) SISTEMA COLABORATIVO PARA DEFICIENTES VISUAIS SMART WALKING STICK ( SWS ); <http://aberto.univem.edu.br/bitstream/handle/11077/970/Smart%20Walkink%20Stick%20-%20Sistema%20Colaborativo%20para%20Deficientes%20Visuais.pdf?sequence=1>; Acessado em 15 Mai 2015;

Suport Tech; Ultrasonic ranging module : HC-SR04; <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>; Acessado em 23 Out 2015;

Thomazini, D. & Albuquerque, P; Sensores Industriais–Fundamentos e Aplicações.; [https://books.google.com.br/books/about/SENSORES\\_INDUSTRIAIS\\_FUNDAMENTOS\\_E\\_APLIC.html?id=GJV7PgAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.br/books/about/SENSORES_INDUSTRIAIS_FUNDAMENTOS_E_APLIC.html?id=GJV7PgAACAAJ&redir_esc=y); Acessado em 29 Mai 2015;

## APÊNDICE A – CÓDIGO DE DETECÇÃO DE DEGRAUS

```

1  int main(void)
2  {
3      printf(">> Inicializando programa\n");
4      tpruss intc initdata pruss intc initdata = PRUSS INTC INITDATA;
5      prussdrv init();
6      if (prussdrv open (PRU EVTOUT 0)) {
7          // Handle failure
8          fprintf(stderr, ">> Falha de inicialização.\n");
9          return 1;
10     }
11     float dist padrao=0;
12     prussdrv exec program(0, "hcsr04.bin");
13     dist padrao = VerificaDistanciaPadrao();
14     printf("Distancia Padrão = %.2f cm\n", dist padrao);
15     double aux=0;
16     double degrau[3]={0,0,0}; //variaveis que guardam as informações das distâncias.
17     int dif=0; //quando encontra diferença
18     float plano[10]={0,0,0,0,0,0,0,0,0,0}; //variável para simbolizar a obtenção
da medida.
19     int i=0;
20     double passou=false; //variavel para verificação se foi a primeira vez que
houve mudança de distância.
21     double dif degrau=0; //a diferença é encontrada entre as medições realizadas
quando há um possível degrau.
22     int continuo=0; //para saber se a informação obtida segue uma mudança
continua.
23     int possiveldegrau=0; //responsável por quantificar as mudanças de níveis,
sendo possíveis degraus.
24     int degraudetectado=0; //marcação para saber quando foi detectado um degrau.
25     int contador=0;
26     prussdrv pruintc init(&pruss intc initdata);
27     void *pruDataMem;
28     prussdrv map prumem(PRUSS0 PRU0 DATARAM, &pruDataMem);
29     unsigned int *pruData = (unsigned int *) pruDataMem;
30     while (i==i)
31     {
32         printf("%d", contador);
33         prussdrv pru wait event (PRU EVTOUT 0); //inicia evento de leitura.
34         prussdrv pru clear event (PRU EVTOUT 0, PRU0 ARM INTERRUPT); //limpa o evento
35         plano[i] = (float) pruData[0]/ 58.44; //coleta o dado do meio externo e o
trás em bits e transforma em cm.
36         aux = plano[i] - dist padrao; // calcula diferença das informações lidas,
para poder passar por uma filtragem de
37         // dados, se for diferença aceitável, não
validar como degrau ou um possível degrau.
38         degrau[dif] = plano[i]; //variável do degrau em questão.
39         if(aux<-0.5||aux>1) //comparação de diferença entre a primeira medida e a
segunda, se for aceitável, desconsidera a função para detectar.
40         {
41             if(degrau[dif]!=dist padrao) //compara se a informação obtida é igual
ou diferente do dados tido como padrão.
42             {
43                 if(!passou)//verifica se foi a primeira vez que passou com
diferença, para retirar erros vindo do sensor.
44                 {
45                     passou = true;
46                     dif++;
47                 }
48             }
49             else
50             {
51                 dif degrau = degrau[0]-degrau[1];
52                 printf( "Comparando Distância Anterior %.2f Nova Distância
%.2f = Diferença %.f",degrau[dif-1], degrau[dif],dif degrau);
53                 if(degrau[0]==degrau[1])
54                 {
55                     continuo++;
56                 }
57                 else
58                 {
59                     continuo=0;
60                 }
61                 if((aux >1 || aux <-1) && continuo==0)

```

```

62         {
63             if(((dif degrau<1 || dif degrau>-1) && possiveldegrau>=10)||
64                ((dif degrau<1 || dif degrau>-1) && degraudetectado!=0))
65             {
66                 printf("Degrau!!\n\n");
67                 degraudetectado++;
68             }
69             else
70             {
71                 printf("Mudança de distância detectada!\n");
72                 possiveldegrau++;
73             }
74         }
75         else
76         if((dif degrau<1 || dif degrau>-1) && (aux >1 || aux <-1) &&
77            continuo>0)
78         {
79             printf("Degrau!!\n\n");
80             degraudetectado++;
81         }
82         dif=1;
83         degrau[2]=degrau[0];
84         degrau[0]=degrau[1];
85         degrau[1]=degrau[2];
86         degrau[1]=0;
87         degrau[2]=0;
88     }
89     else
90     {
91         dif=0;
92         passou = false;
93         degrau[0]=0;
94         continuo=0;
95         possiveldegrau=0;
96         degraudetectado=0;
97     }
98 }
99 else
100 {
101     dif=0;
102     passou = false;
103     degrau[0]=0;
104     continuo=0;
105     i=-1;
106     possiveldegrau=0;
107     degraudetectado=0;
108 }
109 i++;contador++;
110 sleep(1);
111 printf("\n");
112 }
113 prussdrv pru disable(0);
114 prussdrv exit();
115 printf(">> PRU Disabled.\r\n");
116 return (0);
117 }
118 }

```