

# SENTINELA: agente inteligente para auxílio na locomoção de pessoas com deficiência visual

CARMO, Givanildo Lopes do <sup>1</sup>

BAÍA, Joas Weslei <sup>2</sup>



## RESUMO

Com a grande evolução tecnológica, surge a possibilidade de inclusão das pessoas deficientes às novas tecnologias, visando melhorar sua qualidade de vida e seu relacionamento com a sociedade. A possibilidade da utilização dos conhecimentos científicos para colaborar com o dia a dia dessa parcela da sociedade tem impulsionado o surgimento de vários projetos voltados para essa realidade. O projeto Sentinela é um deles. Neste trabalho, foi utilizada a placa Arduino, uma plataforma open source, com o objetivo de desenvolver um agente inteligente capaz de detectar obstáculos que estejam próximo ao deficiente visual, evitando assim sua colisão com eles. Foi desenvolvido um protótipo para interagir com o usuário usando sensores ultrassônicos e atuadores para notificar o usuário sobre os possíveis obstáculos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Arduino. Micro Controlador. Sensor Ultrassônico. Detecção de Obstáculos.

## INTRODUÇÃO

O crescimento exponencial da tecnologia pode proporcionar uma grande melhoria na qualidade de vida das pessoas, contudo algumas não são beneficiadas e acabam sofrendo atrasos tecnológicos devido suas limitações. Algumas podem ser temporárias, por exemplo, as

pessoas que moram longe dos grandes centros tecnológicos, onde as novidades tecnológicas não são facilmente encontradas. Outras podem ser permanentes, como é o caso de pessoas que possuem algum tipo de deficiência, principalmente as deficiências visuais, que atinge uma parte considerável da população brasileira.

Segundo o World Report on Disability 2011 (Relatório Mundial sobre a Deficiência), a deficiência resulta da interação das pessoas com meio em que vivem, tendo dificuldade para transpor as barreiras ou situações, e não pode ser considerado um atributo da pessoa (OMS, 2011). No Brasil, no ano de 2013, cerca de 6,2% da população tinha alguma deficiência. A maior incidência era a deficiência visual, que atingia cerca de 3,6% da população entrevistada; a deficiência auditiva representava 1,1% da população; a intelectual alcançava 0,8%; 1,3% possui algum tipo de deficiência física (IBGE, 2013).

## O problema e sua importância

Conforme relata a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2011), a pessoa com deficiência nem sempre tem o seu ambiente preparado para lhe oferecer os requisitos básicos para o seu bem-estar ou até mesmo o direito de ir e vir. Calçadas despreparadas, transporte público não adaptado, escadas e rampas que às vezes estão em lugares de difícil acesso, galhos de árvores à altura de choque com a cabeça, placas e até mesmo telefones públicos são verdadeiras ameaças.

Considerando as dificuldades limitantes,

<sup>1</sup> Faculdade Governador Ozanam Coelho.

E-mail: : gilopes@ymail.com

<sup>2</sup> Faculdade Governador Ozanam Coelho.

E-mail: joasweslei@gmail.com

os deficientes visuais ficam acondicionados às limitações impostas pelo ambiente no qual estão inseridos. Tendo em vista essa restrição, foi desenvolvido um projeto que visa aumentar sua autonomia, através de um agente inteligente que pode auxiliar suas atividades diárias. Ele será usado para verificar os possíveis obstáculos no caminho do usuário, servindo como complemento para as bengalas, dando maior segurança para os deficientes contra obstáculos que passam despercebidos com o uso somente da bengala.

Este trabalho visa desenvolver um agente inteligente para auxiliar deficientes visuais a se locomoverem através do uso do micro controlador Arduino e de sensores ultrassônicos.

## **TRABALHOS RELACIONADOS**

### **Cadeira de rodas inteligente**

O projeto consiste em uma cadeira de rodas ligada a motores e sensores ultrassônicos e infravermelhos que fazem a interação do ambiente onde a cadeira esteja se locomovendo.

São usados os sensores ultrassônicos para detectar os obstáculos; em seguida são repassados ao micro controlador, que faz os cálculos e determina a distância, ou seja, de acordo com as percepções, os motores são acionados ou travados para evitar qualquer acidente.

O sensor infravermelho foi utilizado para manipular a cadeira através de um controle remoto que está junto ao usuário, uma vez que esta foi apenas um protótipo de tamanho reduzido (MOREIRA, 2012).

### **Sensor de obstáculos para deficientes visuais**

Nesse projeto, o deficiente tem vários sensores posicionados em pontos estratégicos do corpo, como os braços, cabeça, pernas, tronco, e cada um deles comanda um mini vibrador que reage de acordo com a atuação de seu respectivo sensor. Assim, o deficiente sente a vibração de acordo com a aproximação de um obstáculo ao

determinado sensor. Foi usada uma placa Arduino NANO para realização controlar os sensores e atuadores (SILVA; AGUIAR; RODRIGUES, 2014).

### **Luva**

Este projeto utiliza sensores ultrassônicos posicionados na luva do usuário para identificar e medir a distância do obstáculo em relação ao usuário, tudo comandado por uma placa Arduino. Devido ao posicionamento dos sensores, os obstáculos que estiverem acima da cintura da pessoa são identificados de forma eficaz, porém não substitui o uso de bengala. Uma vez identificado o obstáculo, é calculada sua distância; Luva interage com o usuário através de avisos sonoros (OLIVEIRA, 2015).

### **Semelhanças e diferenças entre os trabalhos relacionados e o Sentinela**

Apesar de os três projetos terem algo em comum, ou até mesmo utilizar recursos semelhantes, é possível destacar algumas diferenças do projeto Sentinela. O projeto de Cadeira de Rodas Inteligente foi aprovado e está à disposição na biblioteca da FAGOC, mas não foi feito teste em tamanho real do protótipo.

A luva foi outro projeto em que foi utilizada tecnologia parecida, sendo a principal diferença entre eles o posicionamento dos sensores. Nesse caso, o usuário deve deixar a mão sempre à frente do corpo e com braço erguido a uma altura específica, para identificar o caminho e inutilizando-a para outro fim. Seu uso poderia, ainda, causar dores nos braços, principalmente quando o uso for por longo período de tempo. Outro ponto crucial é a forma de interação: por se tratar de comunicação sonora, o apito é desagradável ao usuário que, pela limitação visual, possui audição mais apurada.

Considerando o segundo trabalho, Sensor de Obstáculos para Deficientes Visuais, o usuário teria que se locomover com vários cabos, o que poderia ser desagradável e constrangedor. Outro ponto desfavorável é o fato de que, se vários

sensores forem disparados ao mesmo tempo, serão acionados vários motores que irão vibrar ao mesmo tempo, causando uma pequena confusão ao usuário, podendo ocorrer acidentes caso ele não consiga se recuperar rápido e identificar cada sensor.

Com o objetivo de deixar as mãos do usuário sempre livres, o projeto Sentinela se diferencia, principalmente, por ser posicionado em ponto estratégico, utilizando uma armação de óculos. Localizado à frente dos olhos do usuário, em que o ângulo facilita o cálculo de observação do sensor, assim com mais de um sensor, o agente será capaz de cobrir todo o campo de visão a frente da pessoa.

## AGENTES INTELIGENTES

Os agentes inteligentes são *softwares* e/ou dispositivos que fazem uso de sensores e atuadores para interagir com um ambiente de forma automática, ou seja, qualquer entidade, sendo humana ou artificial, ao ser colocado em um ambiente físico ou simulado fará o reconhecimento desse ambiente através de sensores, em, seguida agindo sobre ele através de seus atuadores (RUSSEL; NORVING, 1995). O agente inteligente é composto por PEAS (Performance, Environment, Actuators, Sensors):

- **Medida de desempenho:** é usada para medir o sucesso do comportamento do agente. É calculada através da sequência de ações realizadas pelo agente. A medida de desempenho é uma métrica que caracteriza o comportamento do agente.
- **Ambiente:** local onde o agente atuará; pode ser físico ou virtual. O ambiente do Sentinela é físico.
- **Atuadores:** para haver interação com o ambiente, o agente utiliza atuadores, sejam eles físicos ou virtuais, por exemplo, os braços mecânicos de um robô;
- **Sensores:** são responsáveis pela obtenção do estado do ambiente, visando subsidiar a

tomada de decisão do agente inteligente.

A variedade de ambientes em que um agente inteligente pode interagir é vasta. Nesse sentido, Russel e Norvig (1995) sugeriram classificar seus ambientes de tarefa em: estático, dinâmico, semidinâmico, observável, parcialmente observável, determinístico, estocástico, episódico e sequencial, discreto, contínuo, agente único e multiagente.

Russel e Norvig (1995) classificam, ainda, os agentes inteligentes em: agente reativo simples, agente reativo baseado em modelo, agente reativo baseado em objetivo e agente reativo baseado em utilidade.

## MÉTODO DE DESENVOLVIMENTO

### Nome do projeto

Foram dedicados alguns meses para a escolha do nome que iria representar o significado do projeto. Sentinela é um nome escolhido por causa do significado da palavra: “aquele que protege algo, está sempre alerta” (FERREIRA, 1999). Esse significado define o projeto e sua principal função: guardar, proteger, sempre observando para identificar e anunciar ao seu usuário. O Sentinela tem como objetivo ser um meio de inclusão das pessoas com deficiência visual.

### O agente inteligente

O Sentinela é classificado como um agente reativo simples, pois obtém o estado do ambiente e age de acordo com as ações disponíveis em tempo real. Ele não armazena a sequência de estados do ambiente, nem possui um método de aprendizagem. Conforme a taxonomia de Russel e Norving (1995), o ambiente de tarefa do Sentinela está classificado como:

- **Medida de Desempenho:** Taxa de detecção de obstáculos localizados próximo ao

equipamento;

- **Ambiente:** Ruas e avenidas, praças, parques, dentro de casa;
- **Atuadores:** Vibração com intensidade ajustável à medida que se aproxima do objeto localizado;
- **Sensores:** Sensor ultrassônico para detectar obstáculos e avaliar a distância dos objetos.

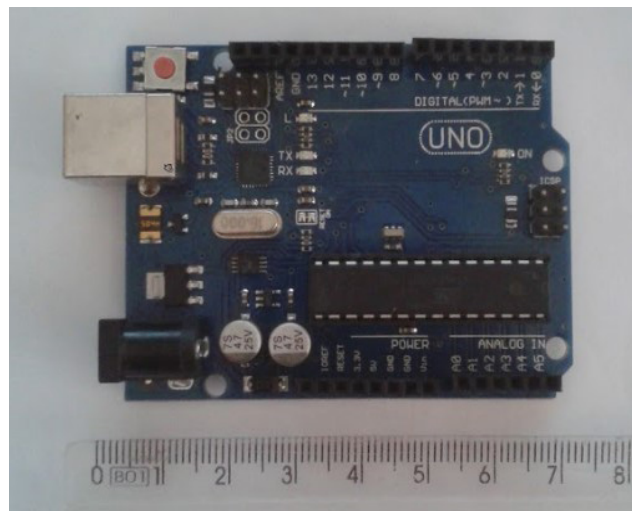
Conforme classificam Russel e Norvig (1995), a natureza do ambiente do agente Sentinela é composta pela seguinte classificação:

- **Dinâmico:** Como depende da locomoção do usuário, o ambiente pode variar de acordo com o lugar. Por exemplo, ao atravessar uma rua um obstáculo pode aparecer;
- **Ambiente multiagente:** o ambiente é composto por vários agentes: pedestres, animais, motorista, etc.;
- **Parcialmente observável:** devido a limitação do sensor ultrassônico, o Sentinela não observará todo o estado completo do ambiente. Esse sensor tem a limitação de 4 metros de alcance e limitado a 15º graus nas laterais;
- **Estocástico:** como o ambiente está sujeito a alteração, o próximo estado do ambiente não pode ser determinado apenas pelas percepções atuais e pelas ações do agente;
- **Episódico:** como o SENTINELA não armazenará histórico de percepções para decidir quais ações executar, ele precisa apenas da percepção atual para notificar o usuário sobre o obstáculo.

### Escolha da placa do Arduino

Para este projeto foi escolhido o modelo UNO R3, considerando o custo financeiro viável ao projeto; suas dimensões físicas também favoreceram, além da possibilidade de conectar novos dispositivos externos para realizar outros testes e projetos que, futuramente, sejam implementados. A Figura 1 apresenta a placa UNO R3 utilizada.

Imagem 1: Placa arduino Uno R3



O vídeo <sup>3</sup> apresenta uma comparação dos vários modelos de placas Arduino e suas principais características.

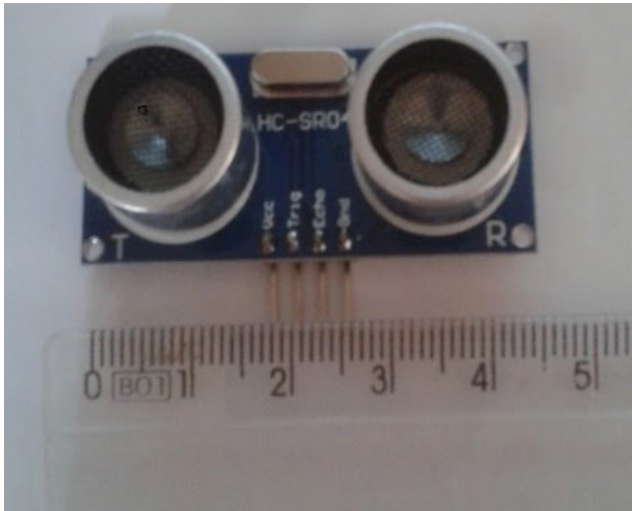
### Definição do sensor

Dentre vários tipos de sensores, os mais apropriados para o protótipo são os ultrassônicos e infravermelhos reflexivos, os quais, devido ao modo de funcionamento, conseguem observar um ambiente usando as ondas emitidas pelo próprio sensor. Considerando que este último tem seu alcance limitado a pouco mais de 80 cm do ponto de observação, quando usada a tecnologia de reflexão, ou seja, duas leds que fariam a emissão e a outra recepção, realizando assim a detecção do obstáculo e dependendo da cor do objeto, esse limite seria afetado também. Seriam desconsiderados devido às necessidades do agente.

No projeto Sentinela foi usado o modelo de sensor ultrassônico HC-SR04, com capacidade de medir distâncias que variam de 2 cm a 400 cm, com precisão e baixo custo, tanto comercial quanto de manutenção. Sua instalação, configuração e manutenção adequadas ao projeto impulsionaram sua escolha. A Figura 2 demonstra o sensor utilizado.

3 <https://www.robocore.net/tutoriais/comparativo-arduino.html>

**Imagem 2:** Sensor ultrassônico



O sinal emitido pelo transmissor, ao colidir com qualquer obstáculo, é refletido de volta na direção do sensor, onde os receptores fazem a coleta das informações, o que possibilita conhecer quanto tempo o sinal levou desde a sua emissão até o seu retorno. Como a velocidade do som no ar é conhecida, e de posse do tempo que o sinal levou para ser transmitido e retornado, consegue-se calcular a distância entre o sensor e o obstáculo. Para isso, considera-se a velocidade do som no ar (340 m/s) e utiliza-se a seguinte equação:

$$D = (V * T) / 2$$

Onde:

D = Distância entre o sensor e o obstáculo;

V = Velocidade do som no ar, determinada em 340 m/s;

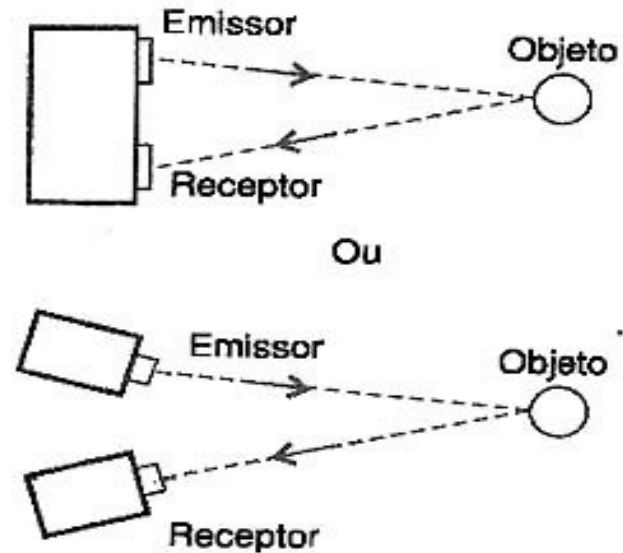
T = Tempo necessário para o sinal ir do transmissor até chegar ao receptor.

Durante o desenvolvimento do código, foi utilizada a biblioteca *ultrasonic.h*, a qual possui os cálculos e funções necessárias para o projeto.

O sensor é composto por dois terminais: um emissor e outro receptor. O emissor dispara uma onda sonora em uma frequência baixa, imperceptível ao ouvido humano, que viaja a uma velocidade de 340,29 m/s, até colidir com

o obstáculo. Após colisão, retorna na mesma velocidade em que foi captada pelo receptor. A Figura 3 ilustra o funcionamento do sensor ultrassônico.

**Imagem 3:** Funcionamento sensor ultrassônico



Fonte: Instituto Newton C Braga (2016).

### Método de interação com usuário

Como o projeto foi desenvolvido para o usuário com deficiência visual, a forma de interagir com usuário seria auditiva, ou seja, à medida que o usuário se aproxima do obstáculo, o agente emite um sinal sonoro. Porém, pensando nos usuários que podem ter alguma limitação auditiva, foi adotada outra forma de interação. Concluiu-se que a melhor forma de interação foi adicionar um pequeno motor que realiza as vibrações, o qual é comandado por uma função dentro do *software*.

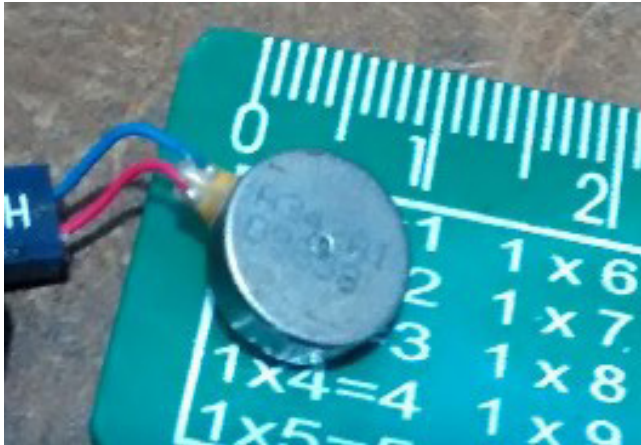
As vibrações são realizadas por um mini motor-vibrador fixado ao agente. Assim sendo, de acordo com a proximidade do obstáculo, o ciclo de vibrações foi definido de acordo com a distância, sendo mais intenso próximo ao obstáculo e menos intenso a uma distância maior.

O motor vibrador utilizado foi o tipo três milímetros, modelo 310-004, o mesmo usado em vários modelos de celulares. A Figura 4 apresenta o modelo usado no projeto, deixando evidente o seu tamanho bem reduzido (1 cm de comprimento),



uma das questões que foi relevante para sua escolha. Outra característica favorável são suas especificações técnicas: a corrente de operação chega a 21mA e tensão de 1.5V sendo suportado pela placa Arduino sem a necessidade de outro dispositivo ou circuito interligado (PRECISION MICRODRIVES, 2016).

**Imagem 4:** Motor vibrador tipo 3 milímetros



## DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

A linguagem utilizada foi a linguagem C, uma vez que o Ambiente de Desenvolvimento Integrado do Arduino suporta essa linguagem e a linguagem C++. Após a escolha da linguagem adequada e dos demais componentes para o projeto, iniciou-se o desenvolvimento do software em paralelo com a montagem do protótipo. No código foi utilizada a biblioteca *ultrassonico.h*, tendo em vista a disponibilidade das funções necessárias, bastando apenas passar os parâmetros e chamá-las quando necessário e fazer uso dos resultados obtidos, conforme será apresentado no Código 1.

O comando na linha 1 inclui a biblioteca *Ultrasonic*, a qual encapsula as funções para o cálculo da distância entre o sensor e o objeto. Nas linhas 2 e 3, inicializam-se os sensores ultrassônicos e as portas digitais para cada sensor. A porta digital número 5 foi definida como pino trigger em ambos sensores, a porta echo no

sensor da esquerda será o porta número 7 e no sensor da direita, será a porta número 8.

A linha 4 apresenta a declaração de uma variável do tipo inteiro que receberá o valor processado pelo Arduino; além disso define que a porta A1 será usada como saída dos resultados. Essa porta foi conectada ao pino que liga o motor de vibração para realizar a interação com o usuário.

Nas linhas 5 e 6 são carregados os dados de cada sensor individualmente nas variáveis que serão utilizadas posteriormente. Nas linhas 7 e 8, são carregadas nas variáveis os valores obtidos pelos sensores, já convertidos em centímetros, utilizando uma função da biblioteca *ultrassonic.h*.

Nas linhas de 9 a 12 estão os comandos para fazer a impressão na tela dos resultados de cada cálculo efetuado pelo código, facilitando os testes de cada sensor individualmente, assim como a verificação da consistência dos dados calculados.

**Código 1:** Programação do agente inteligente

```
1 #include "Ultrasonic.h"
2 Ultrasonic ultrasonicEsq(5,7);
3 Ultrasonic ultrasonicDir(5,8);
4 Const int s1=A1;
5 microsecEsq = ultrasonicEsq.timing();
6 microsecDir = ultrasonicDir.timing();
7 cmEsq = ultrasonicEsq.convert(microsecEsq,
Ultrasonic::CM);
8 cmDir = ultrasonicDir.convert(microsecDir,
Ultrasonic::CM);
9 Serial.println(cmEsq);
10 Serial.println("cm esquerda");
11 Serial.println(cmDir);
12 Serial.println("cm direita");
```

## MONTAGEM DO PROTÓTIPO

Para a primeira versão do projeto foram utilizados dois sensores ultrassônicos, uma placa de teste para circuitos, comumente conhecida como *protoboard* modelo de 400 pinos, a placa Arduino Uno R3, *Jumper* machos para fazer a

conexão dos componentes, motor mini vibrador, um cabo usb e uma armação de óculos. A Figura 5 mostra o primeiro protótipo do agente inteligente desenvolvido.

**Imagem 5:** Primeira versão do protótipo



A segunda versão foi desenvolvida utilizando uma armação de material transparente, leve e resistente. Foi usado um molde para manter os sensores na posição correta. Assim, os sensores cobriram os pontos próximo ao usuário, que na primeira versão não eram observados corretamente. A Figura 6 apresenta a segunda versão do agente Sentinela.

**Imagem 6:** Segunda versão do protótipo



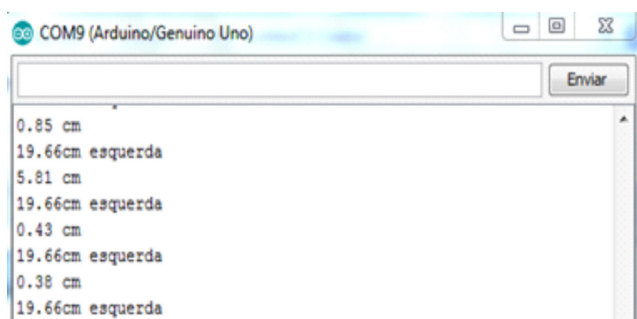
## TESTES

### Teste usando a IDE do Arduino

Foram realizados testes iniciais, testes alfa,

usando o ambiente de desenvolvimento integrado do Arduino. Foi conectado um sensor ultrassônico por vez e observando cada distância retornada pelo agente. Após ter confirmado a correta informação de cada sensor, foi necessário fazer a sincronização dos dois sensores conectados ao Arduino. Após a sincronização e mais alguns testes de medição, sendo bem avaliados, deu-se então a construção do protótipo. Esses resultados são apresentados na Figura 7.

**Imagem 7:** Resultado obtido pela IDE



Para a realização desses testes, foram usados pequenos objetos e uma régua para medir a distância real e comparar com os cálculos do agente. Cada obstáculo foi posicionado à frente de cada sensor e, no código, foi adicionada uma descrição para identificar os sensores. Assim, na Figura 7, na linha onde aparece a palavra “esquerda”, o sensor é posicionado à esquerda do protótipo, e o outro, à direita.

### Definição dos testes em ambientes controlados

Os testes foram definidos para simularem algumas das possibilidades reais do cotidiano do usuário em questão, considerando os ambientes mais instáveis possíveis, tais como: telefones públicos, galhos de árvores, poste de iluminação, placas de sinalização. O resultado de cada teste foi observado e comparado com o resultado desejado, e foram avaliados os possíveis erros e melhorias. Para isso, foram consideradas algumas constantes, tais como:

- O agente foi posicionado sobre uma estrutura a uma altura de 1,60 metros.
- As distâncias de cada obstáculo variam de acordo com os limites determinados no código para alterar a intensidade de cada vibração. Os limites de cada modo de interação são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1 :** Distâncias e ações do agente

Distância (CM)	Intensidade	Tempo (MS)	Intervalo (MS)
< 69 cm	Alta intensidade sem interrupção.	400	0
> 70 cm e < 150 cm	Vibrações intensas e com pouco intervalo de tempo	400	50
> 151 e < 250 cm	Vibrações espaçadas	300	100
> 251 e < 349 cm	Vibrações de forma branda	50	300
> 350 cm	Agente não observará	0	0

### Testes com distâncias variadas

A Tabela 2 apresenta os resultados de vários testes realizados com a primeira e segunda versão do Agente SENTINELA. A primeira coluna indica o número do teste, enquanto na segunda são apresentadas as distâncias entre o sensor ultrassônico e o obstáculo. A terceira coluna mostra a altura do obstáculo em relação ao solo. A coluna objetivo descreve a intenção do teste, e as colunas 5 e 6 descrevem respectivamente a duração da vibração e o intervalo entre cada vibração. Por fim, as duas últimas colunas mostram o resultado da primeira e segunda versão do protótipo.

O primeiro teste, com a distância de 4 metros do obstáculo de um metro e sessenta centímetros de altura, teve o resultado positivo. Observa-se também que, devido à curvatura do primeiro protótipo, os testes 7, 9, 11, 12 e 13 falharam. O primeiro protótipo falhava em detectar um obstáculo a uma distância de 25 centímetros, teste 13. Essa foi a razão pela qual foi desenvolvido o segundo protótipo.

**Tabela 2 :** Resultados dos testes

Teste	Distância (cm)	Altura (cm)	Objetivo	Tempo de cada vibração (MS)	Tempo entre as vibrações (MS)	Resultado	
						1ª Versão	2ª Versão
1	400	160	O agente não poderia acionar os atuadores	0	0	Não	Não
2	300	160		50	300	Sim	Sim
3	300	100		50	300	Sim	Sim
4	300	80		50	300	Sim	Sim
5	200	160		300	100	Sim	Sim
6	200	100		300	100	Sim	Sim
7	200	80	Observar e acionar os atuadores	300	100	Não	Sim
8	80	160		400	50	Sim	Sim
9	80	100		400	50	Não	Sim
10	60	160		400	0	Sim	Sim
11	60	100		400	0	Não	Sim
12	40	160		400	0	Não	Sim
13	25	160		400	0	Não	Sim



## ANÁLISE DOS RESULTADOS

Ao longo do desenvolvimento do projeto, foram realizados testes para verificar a viabilidade do agente inteligente. Os primeiros testes foram simulados na própria IDE do Arduino, realizando a medição através do protótipo e mostrando em um painel os valores e as saídas processadas pelo agente, como pode ser observado na Figura 7.

O primeiro teste realizado foi para verificar a consistência do código, fazendo ascender leds para simular a intensidade da vibração e, principalmente, verificar como o sensor observava o ambiente capturando os dados e se o protótipo atuaria de acordo com o planejado.

Após testes realizados em diferentes distâncias, iniciou-se o teste adicionando o segundo sensor para verificar o funcionamento em sincronia, visando cobrir uma área maior à frente do protótipo. Depois dos testes com o protótipo demonstrado na Figura 5, em que o agente foi fixado em uma mesa e vários objetos foram aproximados dele, pela frente e pelas laterais em diferentes distâncias e altura, observou-se um pequeno ponto cego localizado a uma distância inferior a 61 cm à frente do agente.

Esse ponto não observado afetaria objetos que estivessem na intercessão dos dois sensores ultrassônicos, e poderia impedir que se observassem obstáculos cujo diâmetro fosse menor que 4 cm, aumentando a probabilidade da ocorrência de acidentes.

A causa do problema era a curvatura do óculos; assim, surgiu a necessidade de troca da armação usada para fazer a fixação dos sensores ao agente inteligente. Ao ser utilizado o primeiro protótipo, ficou um pequeno ângulo não observado que não foi identificado como deveria, devido ao posicionamento dos sensores nessa superfície; assim, foi identificado um ângulo à frente dos óculos, que não era totalmente observado pelo agente, gerando o problema do ponto cego para o usuário.

A armação usada no primeiro protótipo era um equipamento de proteção individual e seu modelo tinha uma curvatura que assimila as curvas

do rosto do usuário, como pode ser observado na Figura 5. Na segunda versão, também foi usada um equipamento de proteção individual, porém foram feitas algumas adequações para satisfazer a realidade do protótipo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Respeitando as limitações da tecnologia utilizada, de restrições financeiras e de tempo, o projeto Sentinela alcançou seu objetivo: observar um ambiente e, através de interações, orientar o usuário, evidenciando sua proteção, autonomia na locomoção e consequentemente melhoria da qualidade de vida.

A tecnologia voltada para o mundo dos portadores de deficiência está crescendo de forma significativa. Como se pode ver em projetos nos principais laboratórios de pesquisas pelo mundo, a cada nova descoberta, surge uma nova linha de esperança, principalmente para os portadores de deficiência causada por fatores congênitos.

Diante dos resultados alcançados e tendo em vista uma otimização do projeto, já está sendo planejada uma outra versão, usando outro sensor infra vermelho para fazer uma segunda verificação da distância, além da troca do modelo do Arduino por outro que possua maior capacidade de processamento e a possibilidade da redução de todos os componentes para uma versão menor e mais discreta.

A cada evolução tecnológica, renova-se a esperança do ser humano em tornar todos iguais perante as diversidades do cotidiano, definindo a deficiência não como atributo da pessoa, mas como cada um de nós lutamos contra as diversidades impostas ao longo da vida.

## REFERÊNCIAS

FERREIRA, A. B. H. Aurélio século XXI: o dicionário da Língua Portuguesa. 3. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.

IBGE. Censo Demográfico 2013: características da população e dos domicílios - resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

INSTITUTO NEWTON C BRAGA (Brasil) (Ed.). Como funcionam os sensores ultrassônicos (ART691). 2014. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/>

5273-art691>. Acesso em: 10 mar. 2016.

MOREIRA, Aldeir de Souza. Cadeira de rodas inteligente. 2012. 11 f. Monografia (Especialização em Ciencia da Computação) – Faculdade Governador Ozanam Coelho, Ubá, 2016.

OLIVEIRA, Adonis Araujo de. Luva. 2015. TCC (Graduação em Desenvolvimento de Sistemas). Palotina, 2015, 1 v.

OMS (Oms). World Report On Disability 2011. Relatório mundial sobre deficiência. 2011. Tradução: LexicusServiçosLinguísticos - São Paulo. Disponível em: <[http://www.pessoacomdeficiencia.sp.gov.br/usr/share/documents/RELATORIO\\_MUNDIAL\\_COMPLETO.pdf](http://www.pessoacomdeficiencia.sp.gov.br/usr/share/documents/RELATORIO_MUNDIAL_COMPLETO.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2016.

PRECISION MICRODRIVES (Englaterra) (Org.). 10 milímetros motor de vibração: tipo 3 MILÍMETROSMODELO310.2016. Disponível em: <<https://www.precisionmicrodrives.com/product/>

310-004-10mm-vibration-motor-3mm-type>. Acesso em: 15 out. 2016.

PROFESSOR CAETANO (Brasil). Micro controlador atmega328. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/ronaldoecaetano/microcontrolador/atmega328>>. Acesso em: 02 abr. 2016RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter; INTELLIGENCE, Artificial. A modern approach. Artificial Intelligence. Prentice-Hall, EgnlewoodCliffs, v. 25, p. 27, 1995.

SILVA, Bruno Pardim; AGUIAR, Diego Souza; RODRIGUES, Juliano Branco. Sensores de obstáculos para deficiente visuais. 2016. Graduação (Engenharia de Automação e Controle) - Anhangueras Educaional, Osaco, 2014.