

Desenvolvimento de um protótipo para comunicação entre o cego e um aparelho de micro-ondas

Mayara Amanda da Silva¹, José Honório Glanzmann² e Silvana Terezinha Faceroli²

¹Núcleo de Informática – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais (IFSEMG)
Rua Bernardo Mascarenhas, 1283 - Fábrica – 36.080-001 – Juiz de Fora – MG – Brasil
mayara.amandatr@gmail.com, jose.honorio@ifsudestemg.edu.br

Abstract. *This paper proposes the development of a prototype for communication between the blind and the microwave. To achieve this challenge, a voice recognition module, sound programs, memory card and audio devices connected to a microcontroller are required to command and send instructions to the other actuators. These commands were programmed in an embedded software, developed in native arduino language and compiled in the microcontroller. To along the work, it was studied on hardware, themes related to assistive technology and found-prototype prototype that contact on a command and voice your servo actions.*

Resumo. *Este artigo propõe o desenvolvimento de um protótipo para a comunicação entre o cego e o micro-ondas. Para realizar esse objetivo, construiu-se um dispositivo acoplado de um módulo de reconhecimento de voz, servos motores, leitor de cartão de memória e dispositivos de saída de áudio conectados em um microcontrolador arduino capaz de comandar e enviar instruções para os outros atuadores. Esses comandos foram programados em um software embarcado, desenvolvido na linguagem nativa do Arduino e foi compilado no microcontrolador. Ao longo do trabalho, estudou-se sobre hardware, temas relacionados a tecnologia assistiva e obteve -se um protótipo que recebe um comando de voz e aciona seus respectivos servos.*

1. Introdução

1.1 Contextualização

Em um mundo tecnológico e globalizado, a dependência por produtos eletrônicos e digitais é cada vez mais comum, mostrando que a tecnologia está em tudo que é feito no dia a dia das pessoas. Tomando como referência as residências, é possível notar a dependência por eletrodomésticos, eletroeletrônicos e equipamentos capazes de automatizar tarefas, proporcionar conforto e segurança, além de simplificar o cotidiano.

Mesmo sendo um conceito moderno e recente, a automação pode abordar muitos campos e um exemplo seria a acessibilidade, uma vez que através desta é possível permitir que pessoas com algum tipo de deficiência, seja técnicas, físicas ou cognitivas usufruam de equipamentos, independente das suas limitações. No caso das pessoas

cegas, existe uma necessidade grande na obtenção de mecanismos capazes de facilitar a comunicação deles, uma vez que esses indivíduos podem se deparar com vários problemas decorrentes da deficiência visual como, por exemplo, dificuldade para se locomover, cozinhar e até mesmo combinar as roupas que vão usar, o que acabam atrapalhando a independência desses indivíduos.

Segundo Centers for Disease Control and Prevention (CDC), a cegueira é descrita como:

Uma severa deficiência visual, incorrigível por óculos tradicionais, lentes de contato, remédio ou cirurgia. Ela interfere com a habilidade de uma pessoa na execução de suas atividades diárias. “Cegueira Legal” é definida como visão cuja melhor correção no melhor olho é pior ou igual a 20/200 ou um campo visual menor do que 20 graus em diâmetro.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS 2017), atualmente 253 milhões de pessoas no mundo possuem algum tipo de deficiência visual. Dentre estas, 36 milhões são cegas e 217 milhões possuem baixa visão. No Brasil, de acordo com os dados do IBGE de 2010, existem mais de 6,5 milhões de pessoas com alguma deficiência visual. Desses 6,5 milhões, mais de 500 mil pessoas são cegas.

As respectivas estatísticas enfatizam a necessidade de tecnologias assistivas, uma vez que, para um portador de deficiência visual, faz muita diferença ser capaz de realizar algumas tarefas sem a ajuda de terceiros, o que acaba maximizando suas potencialidades. Para ZILLI (2010), o portador de deficiências só consegue ter uma vida independente e inserida na sociedade com o auxílio de tecnologias disponíveis para a realização de tarefas cotidianas. Atualmente, existe um campo de pesquisa que está ganhando proeminência crescente por causa de uma explosão de interesses, que é o de tecnologia assistiva (BHOWMICK, 2017). A tecnologia assistiva surgiu para suprir algumas dessas limitações existentes nos portadores de deficiência e pode ser definida como qualquer ferramenta utilizada com finalidade de permitir independência, qualidade de vida e inclusão social para essas pessoas (COSTA, 2017).

Embora tenha sido desenvolvido vários dispositivos que se encaixam como tecnologias assistivas, vale a pena ressaltar que, em ambientes domésticos, a maioria dos controles de eletrodomésticos são implementados por painéis envolvendo botões, puxadores e na sua grande maioria, informações e animações são exibidas em um painel de LCD ou LED (MENGONI, 2015), como por exemplo, máquinas de lavar, liquidificador, micro-ondas, etc. Esse método de exibir as informações dificulta o manuseio dos eletrodomésticos por deficientes visuais.

O forno micro-ondas, por exemplo, é um eletrodoméstico muito conhecido por facilitar e agilizar o preparo de alimentos para o consumo humano. Isso acaba gerando uma certa dependência por esse eletrodoméstico nos dias de hoje, tornando o dispositivo essencial para o conforto da população. O que acontece é que a maior parte dos aparelhos existentes no mercado não são adaptados para pessoas com deficiência visual.

A partir do levantamento bibliográfico, constatou-se a ausência de mecanismos para facilitar a comunicação do deficiente visual com o micro-ondas, uma vez que, os modelos do eletrodoméstico disponíveis no mercado atual não possuem teclado em braile ou teclado com algum relevo como mecanismo de diferenciação das teclas pelo deficiente visual. Tal fato inviabiliza o manuseio do micro-ondas por pessoas que são cegas, gerando uma necessidade de ajuda de terceiros para a utilização do aparelho.

A motivação deste trabalho advém justamente dessa constatação, visando o desenvolvimento de um protótipo de comunicação entre o cego e um aparelho de micro-ondas, de forma a contribuir e viabilizar o uso do eletrodoméstico por esses usuários de forma segura e eficiente.

1.2. Internet das Coisas

O protótipo de comunicação com um micro-ondas se encaixa no conceito de Internet das coisas, do inglês *Internet of Things* (IoT), um termo de grande destaque na tecnologia atual, que surgiu em 1999 em um artigo no RFID Journal (Ashton 1999). Sua proposta refere-se à integração de diversos objetos físicos e virtuais ligados a uma rede conectada à internet. É através dessa conexão que as denominadas “coisas” se tornam ou produtores ou consumidores de informação, uma vez que, o foco desse conceito é a comunicação que é feita, seja para coletar ou enviar dados.

A conexão com a rede mundial de computadores viabilizará controlar remotamente os dispositivos e permitir que os próprios dispositivos sejam acessados como provedores de serviços (SANTOS, 2016). A medida em que são transmitidos para sistemas inteligentes, o conteúdo coletado pode se transformar em informação, que por sua vez, pode auxiliar na tomada de decisões, monitorar atividades, integrar serviços e até mesmo controlar algum dispositivo eletrônico ou algum eletrodoméstico. Do ponto de vista humano, esses dispositivos acabam se tornando equipamentos de melhoria da qualidade de vida.

De acordo com uma pesquisa realizada pelo IDC (2015), o IoT é uma revolução tecnológica iminente e com um mercado mundial estimado em 1,7 trilhão de dólares em 2020. Isso tem gerado um impacto em todas as áreas, principalmente indústria, eletrônica de consumo, saúde, e, de modo geral, na forma como a sociedade consome informação.

Segundo Costa (2017), a aplicação de tecnologias no dia a dia de pessoas com deficiência recebeu a denominação pela comunidade científica de acessibilidade ubíqua ou do inglês *ubiquitous acessibility*. Segundo ele, acessibilidade é estritamente com computação ubíqua: ao invés de adaptar as pessoas à tecnologia, faz - mais sentido adaptar a tecnologia às pessoas. Sabe-se que as pessoas com qualquer tipo de deficiência naturalmente têm dificuldade em interagir com a infraestrutura que normalmente temos disponível ao nosso redor. Pode-se notar que a sociedade é preparada para lidar com pessoas que não têm nenhum tipo de limitação, seja de

movimento ou de interação. Com intuito de resolver esse problema, surgem os *smarts objects* ou objetos inteligentes, podendo prestar um grande suporte à essas pessoas.

1.3. Visão Geral deste Trabalho

No mercado atual, pode-se encontrar películas que ao serem acopladas ao micro-ondas, descrevem suas funções para braile. O que acontece é que nem todo cego sabe braile e por esse motivo, que a proposta deste trabalho é o desenvolvimento de um protótipo que auxilie a comunicação das pessoas cegas com um micro-ondas usando comando de voz como ilustra a Figura 1. Através desse protótipo será possível que pessoas cegas consigam utilizar diversas funções do micro-ondas que antes era impossível de serem realizadas, por causa da deficiência.

O protótipo proposto poderá ser adaptado com algumas alterações para eletrodomésticos com botão e não interferirá na utilização do aparelho por uma pessoa que não possui deficiência visual. No decorrer deste documento serão descritas as justificativas e motivações para o desenvolvimento do protótipo, do material utilizado, além de conter ideias para melhoramentos futuros.

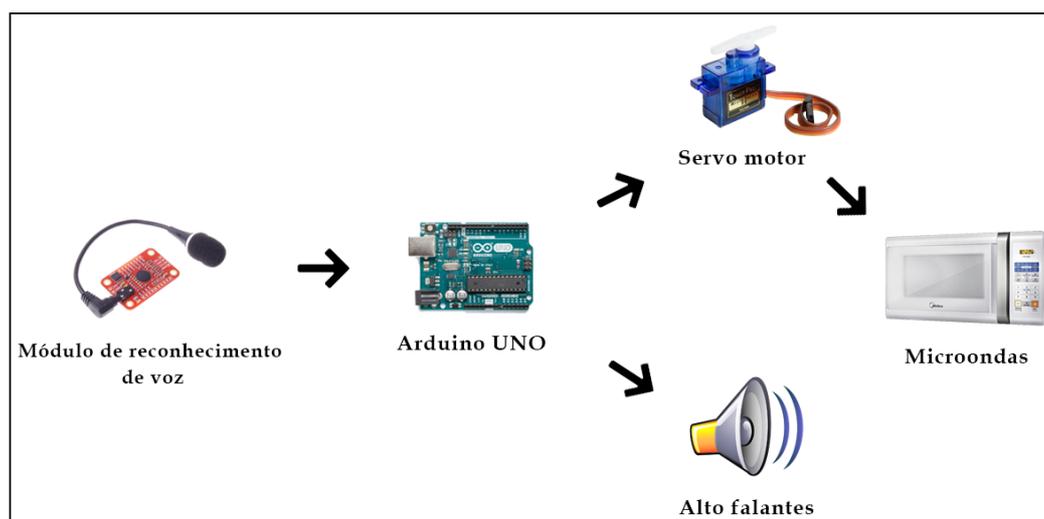


Figura 1. Ilustração do protótipo

2. Trabalhos Relacionados

É frequente, ainda que de forma involuntária, que a sociedade associe a palavra tecnologia à equipamentos ou dispositivos materiais para a execução de atividades e tarefas, com a ideia de ferramentas ou produtos úteis. Ainda em sua definição, o sentido da palavra tecnologia vai além disso. Lima, define tecnologia como o “conjunto de conhecimentos, especialmente princípios científicos que se aplicam a um determinado ramo de atividade” (LIMA, 2012). Ainda segundo Lima:

O termo tecnologia não deve indicar apenas objetos físicos, como dispositivos ou equipamentos, mas antes se refere mais genericamente a produtos, contextos organizacionais ou "modos de agir" que encerram uma série de princípios e componentes técnicos. Uma "tecnologia de acesso a

transportes públicos", por exemplo, não consiste apenas numa frota de veículos acessíveis (ex. autocarros com plataforma elevatória), mas engloba toda a organização dos transportes, incluindo controlo de tráfego, implantação das paragens, informações e procedimentos de emissão/validação de bilhetes, serviço de clientes, formação do pessoal, etc. Sem uma organização deste tipo, o simples veículo não ofereceria qualquer "transporte público". Em segundo lugar, o termo de apoio é aplicado a uma tecnologia, quando a mesma é utilizada para compensar uma limitação funcional, facilitar um modo de vida independente e ajudar os idosos e pessoas com deficiência a concretizarem todas as suas potencialidades.

É comum também, que se entenda a tecnologia como algo frio, mecânico, desprovido de emoção, longe de tudo o que é considerado como particularmente humano, distante do que está diretamente relacionado com os valores da humanidade moderna, como a acessibilidade, por exemplo. Com isso, é possível apresentar o conceito de tecnologia assistiva que mesmo sendo um termo novo, é utilizado para identificar todo o arsenal de recursos e serviços com objetivo de proporcionar ou ampliar habilidades físicas de pessoas com deficiência e com isso, promover a inclusão (BERSCH, 2008). Com o crescimento da preocupação com o tema acessibilidade, surgem várias questões com relação as dificuldades cotidianas enfrentadas por pessoas com alguma limitação física, e dentro desse panorama, foram selecionados trabalhos que busquem amenizar com o uso de tecnologias assistivas, as dificuldades encontradas na realização de tarefas cotidianas por parte dessas pessoas.

Dentro do contexto da automação residencial voltada para deficientes e idosos, Nichele (2010) propõe um sistema de automação, que teria a capacidade de controlar diversos dispositivos de uma residência por meio de controle de voz. Dispositivos como lâmpadas, tomadas, e até mesmo uma cadeira de rodas poderiam ser controlados de forma fácil por meio da voz. Segundo o autor, a automação residencial pode proporcionar aos seus utilizadores um conforto antes não imaginado pelo fato de ser facilmente adaptada a qualquer utilidade doméstica, sendo assim, uma tecnologia que se expande a cada dia. Entre os principais benefícios estão o conforto, otimização do tempo causado pela diminuição das tarefas rotineiras e principalmente a segurança.

As aplicações e objetivos citados por Nichele (2010), para a automação residencial, vão ao encontro com os objetivos desse trabalho, uma vez que ambos estendem o conceito de tecnologia, para o âmbito da acessibilidade para pessoas com algum tipo de limitação física, o que chamamos de tecnologia assistiva, reafirmando as considerações de Lima (2012), com relação ao termo tecnologia.

A fim de usar a tecnologia para beneficiar os cegos, Lima (2015), propôs um dispositivo mais focado na tecnologia assistiva, que é uma bengala automatizada para detecção de obstáculos com objetivo de auxiliar os deficientes visuais a realizarem tarefas cotidianas, gerando conforto e segurança, uma vez que o dispositivo serviria como auxílio para evitar colisões com obstáculos que estejam em torno do perímetro percorrido.

Já o trabalho de Moura (2014), propõe um cinto sensorial de baixo custo que também serve como auxílio a pessoas cegas para se locomoverem, identificando obstáculos e notificando para o usuário através de vibrações feitas em motores que estarão presos em algumas partes do corpo. Esse dispositivo possibilita a locomoção, em curtos percursos de forma mais autônoma, possibilitando a não utilização de bengalas.

Rahim (2017) acredita que a tecnologia da bengala é pouco aprimorada, em seu trabalho desenvolveu um sensor de obstáculos de baixo custo para deficientes visuais, com alertas vibratórios, sendo utilizado como um bracelete. Esse bracelete é equipado com sensores ultrassônicos que detectam qualquer obstáculo existente a frente do usuário e vibradores que oferecem um retorno vibratório em caso de obstáculos.

Com foco em tecnologia assistiva e de baixo custo, Marques (2016) desenvolveu uma bengala feita de material reciclado e artesanal, acoplando sensores e o microcontrolador arduino. A bengala emite sinais sonoros de alerta e envia esses alertas a um aparelho celular (via bluetooth) e utiliza o sensor de vibração do celular para alertar aos cegos quando há obstáculos próximos.

Zilli, et al., (2010) fez um estudo sobre a adaptabilidade dos eletrodomésticos e, nesse estudo, desenvolveu um dispositivo que possibilita a comunicação entre deficientes visuais e eletrodomésticos, mais especificamente, a uma máquina de lavar roupas. Em sua proposta o cego interage com a máquina baseado em mensagens de áudio emitidos pela máquina. Além disso, a máquina também é capaz de identificar as cores das roupas que serão lavadas e retorna essa informação através de mensagens de áudio para o usuário, facilitando o manuseio da máquina por pessoas cegas.

No mesmo contexto dos projetos referenciados neste tópico, a seguir, será apresentado o sistema de comunicação entre uma pessoa cega e um micro-ondas, que é o objetivo deste trabalho.

3. Materiais e métodos

3.1. Descrição do hardware

O protótipo proposto nesse trabalho tem como função, capturar um comando de voz, processá-lo, identificá-lo e com isso, acionar a função no micro-ondas correspondente, que foi solicitada pelo usuário. Para a construção do protótipo, foram usados microcontrolador, módulo de reconhecimento de voz, servo motores e caixa de som, como ilustra a Figura 2, que serão descritos nos tópicos seguintes.

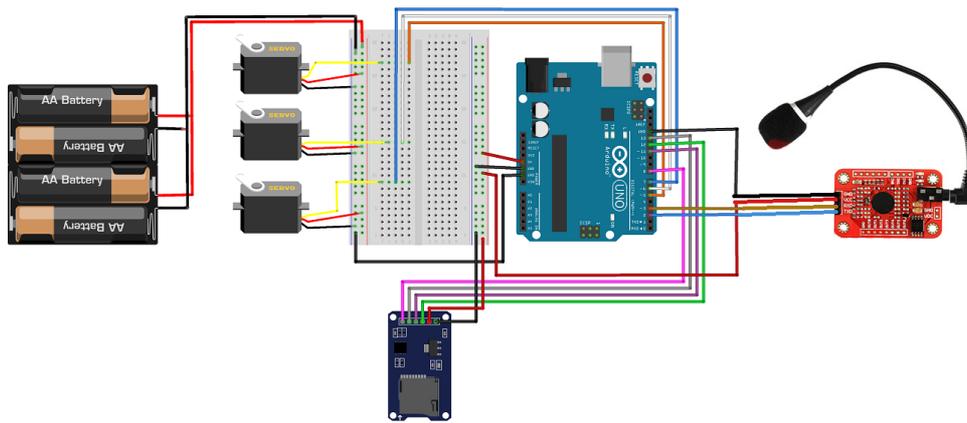


Figura 2. Esquema de ligação do protótipo¹

3.1.1. Microcontrolador usado no protótipo

O modelo do microcontrolador utilizado foi o Arduino Uno, que é uma plataforma de prototipagem eletrônica com hardware livre, projetada com um microcontrolador ATmega328 e uma linguagem de programação nativa, baseada em C/C++ (ARDUINO, 2017). Através dessa placa, é possível criar ferramentas acessíveis, de baixo custo, flexíveis e fáceis de se usar por iniciantes e profissionais. Ela é indicada, principalmente para aqueles que não teriam, ao alcance controladores mais sofisticados e ferramentas mais complexas. O Arduino permite a expansão de suas funcionalidades por meio de sensores e *shields*², que são placas que podem ser conectadas a ele (FRANCIA, 2001).

Para Andrade et. al., (2016), essa plataforma participa de um grande projeto que engloba software e hardware livres com contribuição para toda a sociedade. Por esse motivo, pode ser considerada uma ferramenta de fácil aprendizagem e não exige inicialmente grandes conhecimentos específicos em programação e eletrônica. Além disso, ela permite o desenvolvimento de projetos eletrônicos com poucos recursos necessários para sua implementação.

3.1.2. Módulo usado para reconhecimento de voz

Um sistema de reconhecimento de voz possibilita que um conjunto de comandos sejam armazenados em um módulo de reconhecimento através de um treinamento, onde esses comandos, que podem ser frases ou expressões, são repetidos diversas vezes para que o módulo encontre um padrão no tom de voz e nas palavras mencionadas. Depois que o treinamento estiver completo, o módulo por sua vez habilita o modo de reconhecimento, onde sons aleatórios são recebidos. Esses são imediatamente comparados com os padrões de comandos que foram gravados e, se houver alguma semelhança, as tarefas programadas para aquele comando específico são executadas.

¹ Esquema feito no software fritzing, um programa para auxílio de esquematização de circuitos.

² Shields são placas de expansão de hardware que encaixam na placa **Arduino** principal. Com essas placas, é possível acrescentar funcionalidades extras ao Arduino.

Para a parte de reconhecimento de voz, foi utilizado um dispositivo que realiza todo o processo de captura, processamento e reconhecimento dos comandos que foram treinados anteriormente. Esse dispositivo é denominado *Voice Recognition Module* ou módulo de reconhecimento de voz, que atualmente se encontra na versão 3. De acordo com o datasheet³ (VOICE, 2014), seu funcionamento dá-se por meio de comandos de voz com duração de aproximadamente 1500ms, o que resulta em uma ou duas palavras em média, tendo capacidade de armazenamento de até 80 comandos, mas somente 7 comandos podem ser utilizados por vez. Esse dispositivo passa por um processo de treinamento que deverá ser feito pelo usuário do protótipo, uma vez que o módulo é dependente de locutor, isso significa que, só reconhece a voz de pessoas que fizeram parte do treinamento. O módulo funciona com tensões entre 4,5 e 5,5 volts e uma corrente máxima de 40mA (VOICE, 2014).

3.1.3. Atuadores usados para acionamento das teclas do micro-ondas

Para acionar os botões do teclado do micro-ondas, foram usados atuadores chamados servos motores. O servo motor consiste em um equipamento eletromecânico contendo um *encoder*⁴ e um controlador acoplado. Possui características como movimento rotativo proporcional a um comando com objetivo de atualizar sua posição, ou seja, diferentemente do que ocorre nos motores tradicionais de corrente contínua que gira continuamente, o servo, espera receber algum comando para girar até a posição que foi especificada pelo comando. Pode-se descrever o servo motor como um atuador rotativo usado para controle de posição.

Esse atuador é muito utilizado em controle de precisão em projetos de automação industrial. No passado, ao falar de servo motor, imaginava-se sua aplicação somente em projetos especiais de controle preciso de torque, velocidade e posição. No entanto, nos dias atuais, é possível notar que seu custo vem se reduzindo, o que acaba fazendo com que ele seja uma excelente alternativa em substituição a acionamentos com motores de indução, atuadores hidráulicos e pneumáticos (SILVEIRA, 2017).

Apesar de os servos motores não serem uma classe específica de motor, eles foram projetados para aplicações de controle de movimento ou que exigem posicionamento de alta precisão com reversão imediata e desempenho excepcional. Por isso, são amplamente utilizados em robótica, sistemas de automação e diversos outros sistemas.

3.1.4. Módulo adaptador de cartão SD

³Datasheets são os documentos mais importantes com que os projetistas, profissionais da eletrônica em geral contam para a realização de projetos, escolha de componentes e verificação de possíveis equivalências num trabalho de manutenção.

⁴ Encoder é um dispositivo eletromecânico que conta ou reproduz pulsos elétricos a partir do movimento rotacional de seu eixo.

Um módulo adaptador de cartão SD foi usado no protótipo para armazenar os arquivos de áudio que servem de retorno auditivo para os cegos. Esse retorno serviria como confirmação de que o comando falado foi reconhecido e acionado corretamente no micro-ondas.

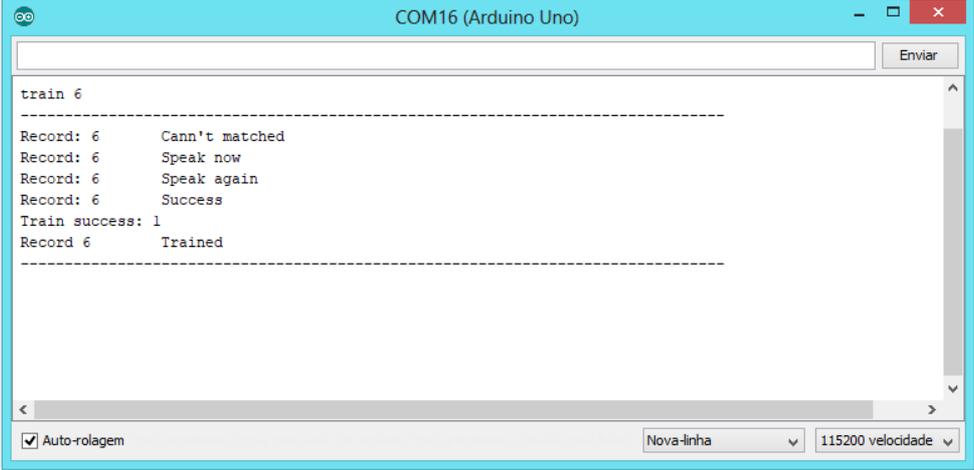
O módulo usado no protótipo foi o *module adapter SD*. Seus pinos de ligação estão identificados na placa e suporta os formatos FAT26 e FAT32. Para que funcione, é necessário o uso de uma biblioteca nativa do arduino chamada <SD.h>. Essa biblioteca permite manipular a leitura e escrita de dados no cartão de memória usado no módulo (ARDUINO, 2018).

3.2. Descrição do software embarcado

O software embarcado que controla todo o protótipo foi desenvolvido utilizando a plataforma padrão do arduino, que compila fontes escritas em uma linguagem muito semelhante ao C. O código fonte desenvolvido para o projeto encontra-se disponível para acesso em: <<https://github.com/MayaraAmanda/microondasadaptado>>.

3.2.1. Processo de treinamento do módulo de reconhecimento de voz

Apesar da plataforma arduino ser de código fonte livre, existem sensores e *shields* que foram desenvolvidos para funcionar no arduino que não são *open-source*, um exemplo é o módulo de reconhecimento de voz. Por esse motivo, ele só funciona com os códigos fontes disponíveis em sua biblioteca. Um desses códigos fontes é o de treinamento. O treinamento funciona basicamente através da repetição, onde o módulo identifica um padrão no tom da voz e nas palavras faladas. Quando esse padrão é obtido, o módulo retorna uma mensagem de sucesso como mostrado na Figura 3. Nessa figura, é possível notar que a posição 6 foi treinada com sucesso.



```
COM16 (Arduino Uno)
train 6
-----
Record: 6    Cann't matched
Record: 6    Speak now
Record: 6    Speak again
Record: 6    Success
Train success: 1
Record 6     Trained
-----
```

Figura 3. Processo de treinamento dos comandos no módulo de reconhecimento de voz

Esses comandos são armazenados em posições, que vão de 0 a 255. O módulo permite verificar quantos comandos foram treinados e em quais posições eles foram

gravados, pois, quando um comando é acessado, é necessário que seja informado a posição que ele está armazenado no módulo.

3.2.2. Reconhecimento de voz

Para que os comandos de voz sejam recebidos e analisados, é necessário que no código esteja definido o comando e em qual posição do módulo está armazenado. Além disso, é necessário carregar os comandos antes do processo de identificação, como mostra o pseudocódigo abaixo:

define o comando ESQUENTARARROZ na posição 0;

define o comando DESCONGELARFEIJAO na posição 1;

define o comando FAZERLASANHA na posição 2;

define o comando CANCELAR na posição 3;

carrega o comando ESQUENTARARROZ;

carrega o comando DESCONGELARFEIJAO;

carrega o comando FAZERLASANHA;

carrega o comando CANCELAR;

Os comandos de voz são recebidos através do microfone instalado no módulo e, em seguida, passam por um processo de reconhecimento para que o sistema identifique qual função será executada. O processo de reconhecimento de voz e escolha de função pode ser identificada no pseudocódigo a seguir:

escolha comando:

caso o comando seja esquentar arroz:

executa a função esquentarArroz;

executa a função contador;

caso o comando seja descongelar feijão:

executa a função descongelarFeijao;

executa a função contador;

caso o comando seja fazer lasanha:

executa a função fazerLasanha;

executa a função contador;

caso o comando seja cancelar:

executa a função cancelar;

3.2.3. Acionamento dos botões

O acionamento dos botões ocorre após o microcontrolador ter recebido o comando de voz, processado e executado a função correspondente ao botão, pois é assim que os servos motores recebem a instrução de oscilar 60°, o que foi suficiente para acionar um botão nos testes feitos para esse trabalho. O servo motor recebe sua posição inicial e depois atribuído a ele a sua posição final que é escrita em graus. Esse processo é encontrado em uma das funções que são habilitadas quando o comando de voz é reconhecido, como no pseudocódigo abaixo:

Função fazerLasanha:

declara uma variável informando um número inteiro que equivale ao tempo de preparo da lasanha;

o servo motor localizado no botão +1 do micro-ondas é setado em 120°;

esse mesmo servo motor se movimenta até 180°;

movimento do servo motor é repetido até que a quantidade de vezes for igual a variável declarada acima;

aciona uma vez o servo motor localizado no botão ligar;

3.2.4. Contagem e interrupção do tempo

A contagem do tempo é um algoritmo feito para que houvesse uma interrupção durante o processo de aquecimento de alguma refeição. Por exemplo: a lasanha demora 7 minutos e vinte segundos para ficar pronta e, considerando que só foram instalados servo motores nos botões +1 minuto, ligar e cancelar, essa lasanha não teria o tempo necessário para o seu preparo. O contador do tempo entra justamente nessa etapa. A lógica é que, assim que iniciar o preparo no micro-ondas, o contador comece a contar, quando o seu tempo for igual ao tempo que a lasanha precise para ficar pronta, ele acionará o botão de cancelar, interrompendo então o contador do micro-ondas. Esse processo pode ser identificado no pseudocódigo apresentado abaixo:

Função contador:

declara variáveis informando os minutos e os segundos para realizar o preparo da refeição

habilita um contador;

se tempo do contador for igual ao das variáveis minutos e segundos:

aciona uma vez o servo motor localizado no botão cancelar;

interrompe o contador;

3.2.5. Retorno sonoro

A ideia do retorno sonoro surgiu para ser uma resposta que o cego recebe. Assim, ele saberá se o comando dito foi recebido e interpretado corretamente ou não pelo microcontrolador, uma vez que o módulo pode não reconhecer as palavras proferidas. Como o cego não sabe se o comando foi reconhecido ou não, o retorno é para dar essa confirmação. O retorno auditivo é realizado pela execução de um arquivo de áudio que foi gravado por um sintetizador de voz (SOAR, 2018) e convertido para o formato wav com as seguintes configurações: 8 bit de resolução, 16000Hz de taxa de amostragem, canal mono e modulação por código de pulso (PCM) *unsigned* de 8 bit. Os áudios se encontram em um cartão de memória conectado no módulo adaptador. O módulo por sua vez efetua a leitura do áudio e retorna através dos alto falantes. Esse retorno sonoro pode ser considerado algo para facilitar ainda mais a comunicação com o cego e o micro-ondas. O pseudocódigo abaixo mostra como foi programado esse retorno.

caso o comando seja descongelar feijão:

```
executa a função descongelarFeijao;  
seta o volume do áudio a ser reproduzido;  
reproduz o áudio feijao.wav  
executa a função contador;
```

caso o comando seja fazer lasanha:

```
executa a função fazerLasanha;  
seta o volume do áudio a ser reproduzido;  
reproduz o áudio lasanha.wav;  
executa a função contador;
```

caso o comando seja cancelar:

```
executa a função cancelar;  
seta o volume do áudio a ser reproduzido;  
reproduz o áudio cancelar.wav;
```

4. Resultados

Durante o processo de desenvolvimento do protótipo, foram feitos vários testes dos sensores. Cada sensor foi testado individualmente, a fim de analisar se o sensor funcionava e se o tempo de resposta era bom. Após esse teste inicial, os sensores foram testados uns com os outros para que fosse possível observar o comportamento deles coletivamente. Os testes envolviam a conexão dos sensores sem e com resistores com intuito de observar alterações nas saídas geradas por cada sensor e também, envolviam adaptações no código fonte, a fim de analisar as saídas geradas.

Com isso, foi possível identificar sensores que não atendiam as funcionalidades, sensores que apresentavam erros na hora de realizar algum processo e até mesmo sensores que poderiam ser melhorados, com o objetivo de tornar o protótipo mais resistente. Além disso, conversas foram realizadas com cegos durante o desenvolvimento, o que gerou confirmações de que o protótipo é algo viável, capaz de agregar valor e gerar independência na vida deles.

Nos testes, o protótipo foi programado para reconhecer seis comandos apenas, e nesses seis comandos, o protótipo reagiu de maneira imediata. O código fonte é adaptável e como o módulo de reconhecimento de voz tem capacidade de até 80 comandos, é possível aumentar a capacidade do protótipo, programando mais comandos para serem usados pelos cegos. Sendo assim, o protótipo proposto neste trabalho que foi o desenvolvimento de um sistema de comunicação entre um cego e um micro-ondas, cumpriu todas as características propostas. Ele foi capaz de coletar um comando, processá-lo e acionar o servo respectivo para os comandos testados.

5. Conclusão

O objetivo principal proposto nesse trabalho, que era construir um protótipo para auxílio na comunicação entre um cego e um micro-ondas foi atingido e, com isso, foi possível notar como a tecnologia pode ser uma aliada na proposta de solução dos problemas diários enfrentados por deficientes em geral, mais especificamente, os cegos. No decorrer do trabalho, apresentaram-se inúmeros desafios desde entender as necessidades enfrentadas por um cego até o uso do microcontrolador e seus sensores.

A utilização do módulo arduino facilitou o processo de desenvolvimento do protótipo e, com isso, pôde-se concluir que, mesmo usando recursos de baixo custo, é possível desenvolver um protótipo que pode contribuir grandemente na vida dos cegos. Levando em consideração que existem muitas pessoas que não conseguem arcar com os custos de produtos que possam melhorar a sua qualidade de vida, ter um produto de baixo custo é relativamente viável.

Ao analisar as dificuldades dos cegos e desenvolver um protótipo que envolveu hardware e software, foi possível ampliar consideravelmente os conhecimentos adquiridos ao longo do curso. Desenvolver um dispositivo que contribua com a melhoria na qualidade de vida dos cegos foi de grande valia, uma vez que é possível observar a tecnologia as atividades cotidianas, porém, o protótipo deverá ser testado por cegos em trabalhos futuros.

6. Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros é possível sugerir mudanças que podem agregar valor ainda mais ao projeto. Atualmente o dispositivo é alimentado através de uma tomada. Uma alimentação através de bateria, com recursos de economia, que mantivesse o dispositivo ligado apenas durante o período que fosse utilizado seria uma evolução possível.

Além disso, seria interessante transformar o protótipo em um produto genérico. Isso permitiria que com poucas alterações, fosse possível adaptar para o uso em qualquer micro-ondas e eletrodomésticos com botões. Com isso, o cego conseguiria usufruir não só do forno micro-ondas, mas, também, de outros eletrodomésticos que são necessários no uso diário, gerando uma maior independência e melhora na qualidade de vida desses deficientes.

E, com algumas poucas mudanças, é possível desenvolver uma nova interface, que seria um aplicativo para smartphone que permitisse que o cego conseguisse controlar não só o forno micro-ondas, mas, todos os eletrodomésticos nos quais o produto for aplicável.

7. Referências Bibliográficas

- ALVES, L. C. F. (2015). Análise e interação de um Minicurso de Arduino utilizando a ferramenta S4A baseada em uma abordagem construcionista.
- ANDRADE, C. A., Silva, G. R., da Silva, D. D. C., & Vasconcelos, C. R. (2016). Avaliação de um Módulo de Reconhecimento de Fala na Plataforma Arduino. *Revista Principia*, 1(29), 19-28.
- ARDUINO UNO REV3. Disponível em: < <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>>. Acesso em 15 de abril de 2018.
- ARDUINO. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>>. Acesso em 15 de abril de 2018.
- ASHTON, K. (1999). RFID Journal That 'Internet of Things' Thing. Disponível em: <<http://tinyurl.com/nxnprj5>>. Acesso em 29 de abril de 2018.
- BARR, M. *Programming Embedded Systems in C and C++*. Sebastopol, CA: O'Reilly & Associates, 1999.
- BERSCH, Rita. *Introdução à tecnologia assistiva*. Porto Alegre: CEDI, p. 21, 2008.
- BHOWMICK, A., & Hazarika, S. M. (2017). An insight into assistive technology for the visually impaired and blind people: state-of-the-art and future trends. *Journal on Multimodal User Interfaces*, 11(2), 149-172.
- CDC. *Blindness and Vision Impairment*. Disponível em: < <http://www.cdc.gov/healthcommunication/ToolsTemplates/EntertainmentEd/Tips/Blindness.html>>. Acesso em: 30 de abril de 2018.
- COSTA, C. A. (2017). VIABILIZANDO UM MUNDO ACESSÍVEL. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/317294866_UMA_VISAO_GERAL_SO_BRE_A_INTERNET_DAS_COISAS>. Acesso em 17 de maio de 2018.
- DA SILVA, D. D. C. (2011). *Reconhecimento de Fala Contínua para o Português Brasileiro em Sistemas Embarcados* (Doctoral dissertation, Tese de doutorado, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil).
- DAMASCENO, L. L., & Galvão Filho, T. A. (2002). As novas tecnologias como tecnologia assistiva: utilizando os recursos de acessibilidade na educação especial. In III Congresso Ibero-Americano de Informática na Educação Especial–CIIEE.

- FRANCIA, G. A. Embedded Systems Programming. The Journal of Computing Sciences in Colleges, v. 17, n. 2, p. 204-210. Proceedings of the 15th Annual CCSC Southeastern Conference, 2001.
- IDC. Instituto de Inteligência de Mercado, Consultoria e Eventos nos Mercados de Tecnologia da Informação e Tecnologia em Projeção, volume 8, número 1, ano 2017. p. 78.
- LIMA, E.P. (2015). Bengala automatizada para detecção de obstáculos. In 8th International Symposium On Technological Innovation (ISTI 2015).
- LIMA, M. M. L. P. D. (2012). A importância das tecnologias assistivas para a inclusão do aluno com deficiência visual.
- MARQUES, M., Lima, A., & Santos, M. (2016, November). Protótipo de Bengala Inteligente de Baixo Custo para o Auxílio de Deficientes Visuais. In Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação (Vol. 5, No. 1, p. 1344).
- MENGONI, M., Cavalieri, L., Peruzzini, M., & Raponi, D. (2015, August). An Interactive Virtual User Interface for Integrating Blind Persons in Home Environments. In ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference (pp. V01BT02A025-V01BT02A025). American Society of Mechanical Engineers.
- MOURA, A. G. D., & Rocha, F. B. D. (2014). Protótipo de um cinto sensorial para auxiliar na locomoção de deficientes visuais.
- NICHELE, D. B. (2010). Automação residencial: um grande auxílio para idosos e deficientes.
- OMS. (2017). Visual Impairment and Blindness. UN official report Fact Sheet nº 282. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/en/>. Acesso em: 10 de abril de 2018.
- RABINER, L.; SCHAFER, R. W. Theory and Applications of Digital Speech Processing. New Jersey: Prentice Hall, 2010. 1056 p.
- RAHIM, T. H. (2017). Desenvolvimento de um protótipo para auxílio no deslocamento de deficientes visuais.
- SANTOS, Bruno P., et al. (2016). "Internet das coisas: da teoria à prática." Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos.
- SILVEIRA, C. B. (2017). Servo Motor: Veja como Funciona e Quais os Tipos. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/servo-motor>. Acesso em 14 de maio de 2018.
- SOAR. Disponível em: <https://www.soarmp3.com>. Acesso em 20 de maio de 2018.
- SONZA, A. P. (2004). Acessibilidade de deficientes visuais aos ambientes digitais/virtuais.
- TORRES, Josiane Pereira. (2015). Conhecendo a deficiência visual em seus aspectos legais, históricos e educacionais.

VOICE RECOGNITION MODULE V3 (2014). Disponível em: <https://www.elechouse.com/elechouse/images/product/VR3/VR3_manual.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2018.

WIKIPEDIA. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Internet_das_coisas>. Acesso em 30 de abril de 2018.

ZILLI, G. M., Sebben, D. A. N. I. E. L., de Sousa, A. H., & de la Rocha, F. R. (2010). Estudo sobre adaptabilidade em eletrodomésticos para portadores de deficiência visual. In XIV Congresso Brasileiro de Automática (CBA 2010) (pp. 1734-1740).