

UNIVERSIDADE FRANCISCANA
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
ÁREA DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
Curso de Engenharia Biomédica

**DESENVOLVIMENTO DE UMA PULSEIRA ASSISTIVA A PORTADORES DE
BAIXA VISÃO E CEGUEIRA**

FÁBIO PORTELA BALBÉ

Santa Maria, RS

2021

FÁBIO PORTELA BALBÉ

**DESENVOLVIMENTO DE UMA PULSEIRA ASSISTIVA A
PORTADORES DE BAIXA VISÃO E CEGUEIRA**

Trabalho Final de Graduação I
apresentado ao Curso de Engenharia
Biomédica da Universidade Franciscana
de Santa Maria como requisito parcial
para obtenção da Disciplina de TFG I

Orientador(a): **PROF. DR. PAULO JEFFERSON DIAS DE OLIVEIRA EVALD**

Santa Maria, RS

2021

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
1.1. Justificativa	6
1.2. Objetivos	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
3. MATERIAL E MÉTODO	14
3.1. Materiais Utilizados	14
3.2. Métodos Utilizados para a Confecção do Produto	16
4. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES	17
5. ORÇAMENTO	18
REFERÊNCIAS	19

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Mundial da Saúde, cerca de 314 milhões de pessoas possuem visão debilitada, destas, 45 milhões são cegas (WHO, 2007). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 18,8% da população brasileira, ou seja, cerca de 35 milhões de pessoas possuem algum tipo de deficiência visual. Desse montante, cerca de 6 milhões constam como portadores de deficiência visual severa e 506 mil têm perda total de visão (IBGE, 2010). Como a idade é um dos fatores ligados à perda de visão (DESYLVIA, 1990), essa estatística tende a crescer nas próximas décadas devido ao esperado aumento da expectativa de vida da população mundial. Conforme projeções das Nações Unidas, na década de 2050 cerca de 19% da população mundial será de idosos. Segundo Fabio Narsi (2008), essa tendência de envelhecimento da população também se apresenta na demografia do Brasil, projetando-se um aumento da população idosa para também 19% na década de 2050.

Perda das capacidades sensoriais visuais tem um impacto muito significativo na vida das pessoas, diminuindo suas capacidades produtivas e de relacionamento interpessoal, assim, tendo um efeito negativo muito expressivo na qualidade de vida dessas pessoas. De acordo com a Classificação Internacional de Doenças (ICD-11, 2019), classifica-se a qualidade da visão humana em: visão normal, debilitação suave, debilitação moderada, debilitação severa e cegueira. Outra classificação importante é a feita pela Sociedade Brasileira de Visão Subnormal (LEAL, 2021), que classifica a qualidade de visão em relação a habilidades como:

- Acima do normal: habilidade excepcional, não requer auxílio;
- Normal: habilidade normal, não requer auxílio;
- Perda leve: desempenho próximo ao normal, auxílio de melhoria;
- Perda moderada: desempenho próximo ao normal, auxílio de melhoria;
- Perda severa: desempenho restrito, auxílio de melhoria;
- Perda profunda: desempenho restrito, auxílio de melhoria;
- Perda quase total: desempenho restrito, auxílio de substituição;

Baixa visão e cegueira impedem a percepção espacial e de objetos, impondo um obstáculo gigantesco nas capacidades de navegação dessas pessoas

ao tornar o curso de qualquer trajeto perigoso (LI et al., 2020; NAUMANN et al., 2011). Isso afeta diretamente as capacidades individuais de autonomia necessárias para manter relações sociais, o que é crucial na qualidade de vida, principalmente durante o envelhecimento (YEN; ANDERSON, 2012). Uma parte considerável da população cega e de baixa visão se considera isolada das pessoas e eventos ao seu redor (HAKOBYAN et al., 2013).

Com o objetivo de mitigar os efeitos causados na vida das pessoas com debilitação visual, diversas pesquisas se dedicam a desenvolver soluções com tecnologias assistivas direcionadas à essa população. Tecnologia assistiva é um conceito que se refere ao uso das capacidades e recursos tecnológicos dedicadas especialmente para diminuir ou cessar a debilitação funcional de um certo indivíduo (BERSCH, 2017). Das tecnologias assistivas dedicadas à população com deficiência visual, as mais comumente empregadas são: piso tátil (ROSS; SILVA, 2013), bengala (ASSIS, 2018), cão-guia (FUKUHARA et al., 2014), leitor de tela (ROCHA; DUARTE, 2013) e comando de voz (SOUSA, 2018). Com o atual desenvolvimento de dispositivos eletrônicos móveis e melhoria das tecnologias de comunicação sem fio, novas soluções assistivas vem sendo propostas, integrando, por exemplo, a Internet das Coisas (IoT – *Internet of Things*).

A Internet das Coisas é um conceito tecnológico onde capacidades computacionais e de redes estão implantadas em diversos tipos de aparelhos eletrônicos, permitindo a esses dispositivos a intercomunicação (TRIPATHY; ANURADHA, 2018). Uma das propriedades que podem ser exploradas devido a essa característica de comunicação entre dispositivos, é a possibilidade de alteração dos seus estados de atuação de forma responsiva a outros dispositivos, tornando os sistemas de controle mais complexos do ponto de vista de aquisição de informação.

Uma das maiores barreiras de mobilidade, além de um grande problema de segurança de trânsito envolvendo pessoas com deficiências visuais e idosos está no ato de atravessar a rua. Esse feito, mesmo em um local especificado para isso e com um fluxo de trânsito regulado por um sistema de semáforos, pode ser um desafio para essa população com sentido visual muito reduzido ou sem visão. Deficientes visuais são impossibilitados de receber a informação visual dos semáforos e só podem contar com seus sentidos sonoros para conseguir fazer a travessia em segurança (PING et al., 2012). Já os idosos, além de terem suas capacidades sensoriais visuais reduzidas devido a idade, também tem suas

capacidades auditivas comprometidas (FERNANDES et al., 2017). Além disso, o desafio se torna maior quando se compreende que além de saber o estado do semáforo de pedestres, também é necessário saber quanto tempo esses indivíduos têm para completar a travessia, tornando essa simples tarefa algo muito complexo, estressante e perigoso para qualquer pessoa que não possa contar com o sentido visual para completá-la.

Já se procura solucionar esse desafio, que pode ser definido como uma necessidade de tornar a interface homem-máquina redundante, ou seja, aumentar os tipos de sentidos que podem ser utilizados pelas pessoas para perceber as informações disponibilizadas pelos sistemas de semáforo. Das soluções para esse problema, uma já foi implementada em escala em diversas cidades ao redor do mundo, os semáforos com informação sonora. Esses sistemas comunicam aos pedestres, além do comumente sistema de cores, sons em diversos tons. Entretanto, essa solução não é totalmente adequada, pois pessoas que possuem baixa visão dependem muito do sentido da audição, e assim esses sistemas podem, em alguns casos, acabar confundindo e atrapalhando a compreensão sensorial sonora para essas pessoas (FERNANDES et al., 2017). Também pode ser citado como outro fator agravante a poluição sonora que esse sistema pode causar na região (PING et al., 2012), ou até mesmo a interferência que a poluição sonora urbana pode causar aos sinais sonoros emitidos pelo semáforo, dificultando a compreensão desses estímulos pelas pessoas cegas e de baixa visão.

1.1 Justificativa

Com base no problema discutido, esse trabalho propõe-se a desenvolver um novo conceito de produto IoT assistivo, destinado ao público cego e de visão muito reduzida, que seja uma solução que possa contribuir para a melhoria da qualidade de vida destes indivíduos, com benefícios a segurança de trânsito, além de possíveis contribuições ao desenvolvimento da indústria de Engenharia de Trânsito e Urbanismo.

1.2 Objetivos

O objetivo geral desse trabalho é desenvolver um conceito de IoT assistivo para auxiliar pessoas com deficiência visual a atravessar a rua em locais onde há um semáforo inteligente.

Os objetivos específicos são:

- Estudar as possibilidades de tecnologia assistiva que possibilitem a tradução da informação visual de semáforos para outras formas sensoriais.
- Desenvolver as capacidades de aquisição de dados de um sistema de semáforo.
- Determinar técnicas de transmissão da informação do sistema de semáforo para outros sistemas.
- Estudar formas de interface homem-máquina que possibilite a transferência da informação do sistema de semáforos usando uma forma sensorial que não dependa da visão.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Internet das Coisas

A Internet das Coisas, é um termo primeiramente proposto pelo Britânico Kevin Ashton no ano de 1999, e foi pensado como um conceito tecnológico que iria impactar toda a cadeia produtiva mundial, desde o chão da fábrica até o consumo do produto (TRIPATHY; ANURADHA, 2018). É acreditado que a implantação de IoT em larga escala irá promover eficiência energética, monitoramento remoto e controle de ativos físicos e de produtividade através de aplicações distintas. Assim, diversos equipamentos irão se tornar inteligentes, ou seja, interconectados a outros dispositivos e à nuvem, estabelecendo redes de conexão entre máquinas e pessoas através da Internet, criando ecossistemas capazes de promover uma maior produtividade e eficiência (TRIPATHY; ANURADHA, 2018).

A IoT tem a possibilidade de modificar a sociedade de diversas formas, entretanto, para que isso se concretize, diversos obstáculos devem ser considerados para que esse conceito tecnológico possa ser implantado em escala (PANKAJAVALLI, 2018). A IoT muitas vezes se utiliza de protocolos de comunicação sem fio, portanto, para que exista uma aplicação em escala, as restrições regulatórias do espectro eletromagnético devem ser acomodadas. Outro obstáculo para permitir a integração entre dispositivos está na forma em que se irá transferir os dados na rede, para isso padrões de indústria devem ser criados e mantidos. Por último, outro aspecto muito importante é a segurança, cada dispositivo IoT conectado em uma rede representa um risco potencial, para combater esse risco ações regulatórias e padrões de indústria devem ser implementados na área de segurança de dados (PANKAJAVALLI, 2018).

Na área da Engenharia Biomédica, as aplicações de IoT podem ser diversas, desde o ambiente clínico até as aplicações na casa dos pacientes. Já existem aplicações de IoT na área da saúde sendo integradas a dispositivos de consumo como *smartwatches* (SOMASUNDARAM; THIRUGNANAM, 2018). Dispositivos disponíveis no mercado já possuem capacidades de leitura de informações antropométricas como frequência cardíaca (APPLE INC, 2015), temperatura (MAGNO et al., 2016), ritmo cardíaco (SPINSANTE; PORFIRI; SCALISE, 2019), além de pressão sanguínea sistólica e diastólica, bem como

saturação de oxigênio (HAHNEN et al., 2020). Estes dispositivos são capazes de fazer associações dessas informações e até mesmo tomarem decisões para auxiliar os seus usuários. Outros dispositivos de monitoramento de saúde comuns estão sendo integrados à internet, como monitores de glicose, que além de performarem como se espera de um dispositivo como esse, enviam informações pela internet para que sejam compartilhadas com outras pessoas ou adicionadas a um banco de dados (TUN; MADANIAN; MIRZA, 2021).

2.2 Tecnologias Assistivas

A Organização Mundial da Saúde define Tecnologia Assistiva (TA) como:

“(...) qualquer produto, instrumento, equipamento ou tecnologia adaptada ou especialmente projetada para melhorar a qualidade de vida de uma pessoa incapacitada.” (WHO, 2001).

No Brasil, com o objetivo de implementar o acordo assinado pelo país à Convenção Internacional da ONU sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e seu Protocolo Facultativo (BRASIL, 2009), foi publicado no ano de 2015 a Lei de Inclusão da Pessoa com Deficiência, onde TA é definida como:

“(...) produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivem promover a funcionalidade, relacionada à atividade e à participação da pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida, visando à sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social.” (BRASIL, 2015).

Portanto, a finalidade da TA é promover a funcionalidade, autonomia, independência e inclusão social, ou seja, aumentar a qualidade de vida das pessoas com algum tipo de deficiência que de outro modo não sejam capazes de realizar algumas atividades.

Diversas aplicações de TA em diferentes níveis de complexidade são conhecidos pela maioria das pessoas, porém algumas importantes aplicações são conhecidas apenas por um público muito restrito. Um dos exemplos mais populares é a cadeira de rodas, dispositivo que se apresenta no mercado em diversas formas e

modelos, atingindo vários níveis de complexidade e sofisticação tecnológica. Entretanto, outros dispositivos mais simplórios podem passar despercebidamente, como por exemplo uma simples bengala. Ambos os exemplos citados são classificados como tecnologias assistivas de auxílio de mobilidade. Segundo Rita Bersch (2017), TA atualmente pode ser classificada em 12 categorias:

1. Auxílios para a vida diária e vida prática: são materiais e produtos que melhoram o desempenho para a realização de tarefas, ou auxiliam no cuidado de pessoas em situação de dependência de auxílio. Exemplos: talheres especiais, roupas projetadas para facilitar o vestir e barras de apoio.
2. Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA): são ferramentas para auxiliar a comunicação de pessoas com defasagem ou impossibilidade de fala ou expressão. Exemplos: pranchas de comunicação simbólicas e vocalizadores sintéticos.
3. Recursos de acessibilidade ao computador: são hardwares ou softwares desenvolvidos para melhorar a interface com pessoas com privações sensoriais, intelectuais ou motoras. Exemplos: teclados modificados e leitores de tela.
4. Sistemas de controle de ambiente: são os controles remotos de dispositivos eletrônicos, portas e janelas, entre outros itens domésticos.
5. Projetos arquitetônicos para acessibilidade: são os projetos de edificação e urbanismos construídos para proporcionar mobilidade e utilização por pessoas com deficiência. Exemplos: rampas de acesso, elevadores e banheiros especiais.
6. Órteses e próteses: são as próteses que substituem os segmentos ausentes do corpo. Desta forma, órteses são adicionadas à um segmento do corpo para proporcionar auxílio na sua função.
7. Adequação Postural: são os recursos para estabilizar, melhorar e auxiliar uma postura adequada. Exemplo: encostos de cadeira especiais.
8. Auxílios de mobilidade: são os equipamentos que permitam ou melhoram as capacidades de locomoção. Exemplos: bengalas, cadeiras de rodas e andadores.
9. Auxílios para ampliação da função visual: são recursos que melhoram a visão ou traduzem conteúdos visuais em áudio ou informação tátil. Exemplos:

lupas, lentes, materiais gráficos em relevo, softwares ampliadores de tela e OCR (*Optical Character Recognition*).

10. Auxílios para melhorar a função auditiva: são recursos utilizados para melhorar a audição ou traduzir os conteúdos de áudio em imagens, texto e língua de sinais. Exemplos: aparelhos de surdez, sistemas tácteis, softwares de digitação por voz e legendas (*close-caption/subtitles*).
11. Mobilidade em veículos: são os acessórios automotivos que melhoram ou possibilitem a condução automotiva por pessoas com deficiência. Também nessa categoria estão os facilitadores de embarque e desembarque.
12. Esporte e lazer: são os recursos ou esportes específicos que permitam o lazer de pessoas com deficiência.

2.3 Tecnologias para auxiliar na compreensão do estado do semáforo

Toda interface em tecnologia assistiva deve ser adequada para o tipo de usuário que irá utilizá-la, sendo necessária atenção às restrições pertinentes às pessoas que irão a utilizar enfrentam cotidianamente. Uma TA não deve impor nenhum tipo de interferência à vida do utilizador, ou será apenas mais um obstáculo por si só, fazendo com que a comunidade não adote o sistema (PING et al., 2012). Atualmente, as formas mais comuns para realizar essa interface homem-máquina com pessoas cegas ou de baixa visão é por meio de interfaces tácteis ou por áudio, seja por sons ou audiodescrição. A interface sonora possui um problema de ergonomia, pois pessoas com deficiência visual normalmente necessitam muito da audição para a navegação, o que restringe o uso de interfaces sonoras individuais que utilizem fones de ouvido convencionais, sendo assim uma possibilidade a utilização de fones de ouvido por condução óssea (TOURNIER; DOMMES; CAVALLLO, 2016). Já sistemas sonoros coletivos, além de também enfrentam problemas similares aos sistemas sonoros individuais em relação a ergonomia acústica, também contribuem para a poluição sonora urbana, sendo muito inconvenientes aos moradores próximos (PING et al., 2012).

Uma forma sensorial alternativa à audição e visão é o tato. Ressalta-se que indivíduos com deficiências visuais graves já utilizam interfaces tácteis, como o

braile. Todas as tecnologias que comunicam informações por meio tátil ao usuário são classificadas como interfaces hápticas. O uso de interfaces hápticas aplica sensações táteis nas mãos ou outras partes do corpo do usuário, como forma de transmitir informações úteis (SORGINI et al., 2017). O sentido tátil pode ser utilizado como uma forma de interface de comunicação, pois existe uma quantidade grande de receptores táteis ao longo da superfície do corpo humano, além de que, áreas específicas como as mãos e especialmente as pontas dos dedos são extremamente sensíveis a esses tipos de estímulos (KACZMAREK, 2000; JOHANSSON; VALLBO, 1979).

Devido alta densidade de receptores tátil-mecânicos em algumas áreas do corpo humano, as tecnologias de interface homem-máquina táteis podem ser utilizadas para transmitir uma quantidade de informação relativamente alta. Variando características do gerador de estímulo, como frequência, amplitude e direção do estímulo, junto com treinamento do usuário, um estudo conseguiu uma taxa de leitura de cerca de 38 palavras por minuto, utilizando 45 padrões de vibração (JONES; SARTER, 2008; BREWSTER; BROWN, 2007). Em outra abordagem, uma matriz de atuadores vibratórios foi utilizada para emitir informações complexas, como uma forma geométrica ou movimento (KACZMAREK et al., 1991). Para esse tipo de aplicação, um arranjo de dispositivos táteis é disposto no torso ou nas costas do usuário. Destaca-se também que dispositivos hápticos vestíveis já são uma realidade. Mazzoni e Brian-Kinns (2016) desenvolveram uma luva capaz de promover sensações táteis com o objetivo de ajudar pessoas surdas à experienciarem músicas e ritmos. Outra aplicação interessante é o produto *Hey yaa* (SABA et al., 2011), que foi desenvolvido para ser utilizado como uma forma alerta a pessoas com deficiência auditiva. Esse dispositivo consiste em um cinto que ao ser ativado remotamente por outra pessoa, emite um sinal vibratório com o objetivo de chamar a atenção em um ambiente público.

Todavia, o design de interfaces homem-máquina táteis deve ser cuidadoso, dispositivos vestíveis não devem atrapalhar a movimentação ou causar desconforto, nem devem exigir uma demanda cognitiva elevada para serem utilizados ou ter uma curva de aprendizado muito elevada (GORI et al., 2016). Além disso, questões estéticas do dispositivo também são importantes, pois alguns usuários podem não utilizar um dispositivo devido a fatores sociais negativos associados ao uso das tecnologias assistivas (HOLLINS, 1989; HERSH, 2013). Nesse viés, destaca-se o

trabalho de Neto (2017), que desenvolveram uma interface homem-máquina tátil para informar ao seu usuário sobre o estado do semáforo de pedestres. Nesse trabalho foi implementado um circuito eletrônico capaz de identificar o estado do semáforo e transmitir essa informação de modo sem fio, para outro dispositivo eletrônico embarcado em uma pulseira, emitindo assim sinais vibratórios que acompanhavam as mudanças do semáforo.

3 MATERIAL E MÉTODO

Esse trabalho tem como objetivo desenvolver um dispositivo eletrônico assistivo a pessoas com deficiência visual grave e cegueira através do conceito computacional IoT. Para isso será desenvolvido uma pulseira háptica capaz de receber informações de um sistema de semáforos e repassar essa informação ao usuário através de padrões de vibração.

3.1 Materiais Utilizados

Os principais componentes desse sistema serão:

- Arduino UNO.
- nodeMCU ESP8266 WiFi.
- ATtiny85.
- Motor de vibração 1027.

3.1.1 Arduino UNO

O Arduino UNO é uma placa de prototipação baseada no chip ATmega328 que opera com oscilação de 16 MHz. Possui 14 pinos de comunicação digital e 6 pinos de comunicação analógica, além de que também conta com uma conexão USB 2.0 tipo B. O Arduino pode ser programado por meio da sua IDE (Ambiente de desenvolvimento integrado) chamado Arduino IDE. O chip ATmega328 dispõem de 32 KB de armazenamento Flash, 2KB em SRAM e 1 KB em EEPROM. Na Figura 1 é mostrada a placa Arduino UNO R3.



**Figura 1 – Vista frontal de um Arduino UNO R3.
(ARDUINO, 2021)**

3.1.2 nodeMCU ESP8266 WiFi

O nodeMCU é um firmware distribuído em código aberto e escrito na linguagem Lua para o chip microcontrolador ESP8266 WiFi. O nodeMCU é implementado no chip ESP8266-12E, desenvolvido na arquitetura RISC 32 bits que opera em 80 MHz ou 160 MHz. Esse chip contém 4 MB de armazenamento Flash, além de contar com 64 KB de memória para instruções e 96 KB de memória não volátil para dados. É capaz de utilizar o protocolo WiFi 802.11b/g/n para comunicação, além de possuir uma conexão Micro USB 2.0. Possui um pino de comunicação analógica de resolução 10 bits e 9 pinos digitais. Esse microcontrolador é compatível com o ambiente de desenvolvimento integrado Arduino IDE. Na Figura 2 é mostrado módulo nodeMCU ESP8266 V2.



Figura 2 – Vista frontal de um módulo nodeMCU ESP8266 V2.
(NODEMCU, 2021)

3.1.3 ATtiny85

O ATtiny85 é um microcontrolador CMOS 8 bits de baixa potência. Dispõem de 8 KB de armazenamento Flash, 512 bytes de memória RAM e 512 bytes de memória EEPROM. Seu processador opera na frequência de 20 MHz. Na Figura 3 é mostrado o esquema de pinagem de um chip ATtiny85.

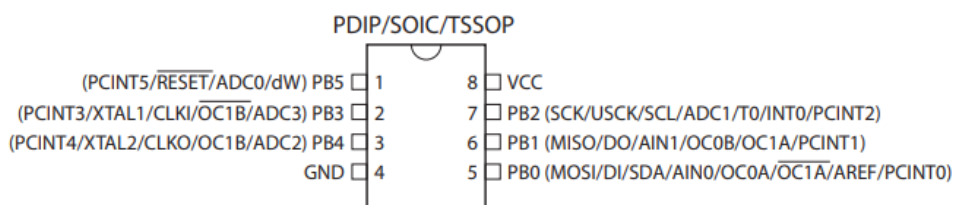


Figura 3 – Esquema de pinagem de um chip ATtiny85.
(ATMEL CORPORATION, 2013)

3.1.4 Motor de vibração 1027

Esse atuador simples utiliza uma massa presa ao eixo de seu motor elétrico para produzir vibração mecânica. Opera em uma faixa de tensão de 2 V até 4 V, com uma rotação máxima nominal de 9000 RPM. Na Figura 4 é mostrado um motor de vibração modelo 1027.



Figura 4 – Motor de vibração 1027.
(FELIPEFLOP, 2021)

3.2 Métodos Utilizados para a Confeção do Produto

Para o desenvolvimento desse protótipo serão seguidos os seguintes passos:

- Simulação de um sistema de semáforo de pedestres utilizando uma placa Arduino UNO em comunicação serial com o software GNU Octave.
- Comunicação do Arduino UNO com o microcontrolador nodeMCU ESP8266 WiFi de forma sem fio através do protocolo de comunicação WiFi 802.11b/g/n.
- Comunicação entre o nodeMCU ESP8266 WiFi e o microcontrolador ATtiny85.
- Acionamento do motor de vibração 1027 via ATtiny85 em 3 padrões de atuação diferentes.

4 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

As atividades previstas para o desenvolvimento do trabalho de pesquisa são:

- a) Simular um semáforo utilizando o microcontrolador Arduino UNO através da linguagem computacional GNU Octave.
- b) Realizar a comunicação entre o Arduino UNO e o microcontrolador nodeMCU ESP8266 WiFi através do protocolo WiFi.
- c) Realizar a comunicação do nodeMCU ESP8266 WiFi com o microcontrolador ATtiny85.
- d) Realizar o acionamento do motor de vibração 1027 através do ATtiny85.
- e) Testes de integração.
- f) Documentação do trabalho.
- g) Produção do artigo científico.
- h) Defesa do TFG II.

Tabela 1: Cronograma de atividades do projeto.

Atividades	2021					
	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
a						
b						
c						
d						
e						
f						
g						
h						

5 ORÇAMENTO

Os materiais previstos necessários para o desenvolvimento desse trabalho de pesquisa são:

Tabela 2: Discriminação dos materiais permanentes do projeto.

Item	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
Arduino UNO R3	2	90,00	180,00
Módulo WiFi ESP8266 nodeMCU ESP-12	2	60,00	120,00
ATtiny85	2	23,00	46,00
Motor de vibração 1027	5	11,00	55,00
Total			401,00

REFERÊNCIAS

APPLE INC. **Apple Watch User Guide Version 1.0**. Cupertino: Apple Inc, 2015. 96p.

ARDUINO. UNO Rev 3 | Arduino Documentation. Disponível em: <<https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3>>. Acesso em: 21 jun. 2021.

ASSIS D. C. A. **O caminhar da pessoa cega: Análise da exploração de elementos do espaço urbano por meio da bengala longa**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal do Alagoas, 2018.

ATMEL CORPORATION. **Atmel 8-bit AVR Microcontroller with 2/4/8K Bytes In-System Programmable Flash**. San José: Atmel Corporation, 2013. 234p.

BERSCH, R. Introdução à tecnologia assistiva. Disponível em: <<https://www.assistiva.com.br/>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

BRASIL. **Lei nº 6.949**, de 25 de agosto de 2009.

BRASIL. **Lei nº 13.146**, de 6 de julho de 2015.

BREWSTER, S; BROWN, L. M. **Tactons: structured tactile messages for non-visual information display**. Thesis (PhD on Computer Science), University of Glasgow, 2007.

DESYLVIA, D. A. Low Vision and Aging. Annual Meeting of the American Academy of Optometry, p. 319–322, 1990.

FELIPEFLOP. Motor de Vibração 1027. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/motor-de-vibracao-1027/>>. Acesso em: 21 jun. 2021.

FERNANDES, H. et al. A review of assistive spatial orientation and navigation technologies for the visually impaired. **Universal Access in the Information Society**, v. 18, n. 1, p. 155–168, Mar. 2019.

FUKUHARA et al. Benefícios do Uso do Cão-Guia pela Pessoa com Cegueira. Congresso Brasileiro de Educação Especial, p. 1–11, 2014.

GORI, M. et al. Devices for visually impaired people: High technological devices with low user acceptance and no adaptability for children. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 69, p. 79–88, out. 2016.

HAHNEN, C. et al. Accuracy of Vital Signs Measurements by a Smartwatch and a Portable Health Device: Validation Study. **JMIR mHealth and uHealth**, v. 8, n. 2, p. e16811, fev. 2020.

HAKOBYAN, L. et al. Mobile assistive technologies for the visually impaired. **Survey of Ophthalmology**, v. 58, n. 6, p. 513–528, nov. 2013.

HERSH, M. Deafblind People, Communication, Independence, and Isolation. **Journal of Deaf Studies and Deaf Education**, v. 18, n. 4, p. 446–463, out. 2013.

HOLLINS, M. **Understanding blindness: an integrative approach**. Hillsdale, N.J: L. Erlbaum Associates, 1989.

IBGE. **Censo demográfico**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.

ICD-11, ICD-11 for Mortality and Morbidity Statistics. Disponível em: <<https://icd.who.int/browse11>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

JOHANSSON, R. S.; VALLBO, A. B. Tactile sensibility in the human hand: relative and absolute densities of four types of mechanoreceptive units in glabrous skin. **The Journal of Physiology**, v. 286, n. 1, p. 283–300, jan. 1979.

JONES, L. A.; SARTER, N. B. Tactile Displays: Guidance for Their Design and Application. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, v. 50, n. 1, p. 90–111, fev. 2008.

KACZMAREK, K. A. et al. Electrotactile and vibrotactile displays for sensory substitution systems. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v. 38, n. 1, p. 1–16, jan. 1991.

KACZMAREK, K. Sensory augmentation and substitution, BRONZINO, J. D. **CRC handbook of biomedical engineering**. Boca Raton: Taylor & Francis, CRC Press, 2000. p. 2100–2109.

LEAL, D. N. B., Sociedade Brasileira de Visão Subnormal - Conceito de Visão Subnormal. Disponível em: <<https://www.cbo.com.br/subnorma/conceito.htm>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

LI, X. et al. Cross-Safe: A Computer Vision-Based Approach to Make All Intersection-Related Pedestrian Signals Accessible for the Visually Impaired. ARAI, K.; KAPOOR, S. **Advances in Computer Vision**. Cham: Springer International Publishing, 2020. v. 944p. 132–146.

MAGNO, M. et al. Autonomous smartwatch with flexible sensors for accurate and continuous mapping of skin temperature. 2016 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS). Montréal, QC, Canada: IEEE, maio 2016. p. 337-340.

MAZZONI, A.; BRYAN-KINNS, N. Mood Glove: A haptic wearable prototype system to enhance mood music in film. **Entertainment Computing**, v. 17, p. 9–17, nov. 2016.

NARSI, F. O envelhecimento populacional no Brasil, **Revista Einstein**, v. 6, p. S4-S6, 2008.

NAUMANN, R. B. et al. Older adult pedestrian injuries in the United States: causes and contributing circumstances. **International Journal of Injury Control and Safety Promotion**, v. 18, n. 1, p. 65–73, mar. 2011.

NETO, M. J. L. **Sistema Autônomo para Travessia de Deficientes Visuais em Semáforos**. Trabalho de Conclusão de Curso; (Graduação em Engenharia Elétrica Telecomunicações) - Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 2017.

NODEMCU. Overview - NodeMCU Documentation. Disponível em: <<https://nodemcu.readthedocs.io/en/release/>>. Acesso em: 21 jun. 2021.

PANKAJAVALLI, P. B. Technical and Societal Challenges: Examining the Profound Impacts of IoT, TRIPATHY, B. K.; ANURADHA, J. **Internet of things (IoT): technologies, applications, challenges and solutions**. Boca Raton: Taylor & Francis, CRC Press, 2018. p. 59–75.

PING et al. Mobility of Visually Impaired Pedestrians Crossing Behavior and Assistive Design/Technologies at Signalized Pedestrian Crossings. **ITE Journal**, v. 82, n. 4, p. 33–17, abril 2012.

ROCHA, J. A. P.; DUARTE, A. B. S. O comportamento de usuários cegos durante o acesso mediado por leitores de tela: Um estudo sob o enfoque da cognição situada. **Perspectivas em Gestão & Conhecimento**, v. 3, n. 3, p. 173-196, 2013.

ROSS, P. R.; SILVA, P. V. T. da. O senso de pertencimento de deficientes visuais em relação aos pisos táteis. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v. 8, n. 1, p. 161–179, 2013.

SABA, M. P. et al. Hey yaa: A Haptic Warning Wearable to Support Deaf People Communication. VIVACQUA, A. S.; GUTWIN, C.; BORGES, M. R. S. **Collaboration and Technology**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011. v. 6969, p. 215–223.

SOMASUNDARAM, R.; THIRUGNANAM, M. Review on Communication Security Issues in IoT Medical Devices, TRIPATHY, B. K.; ANURADHA, J. **Internet of things (IoT): technologies, applications, challenges and solutions**. Boca Raton: Taylor & Francis, CRC Press, 2018. p. 189–210.

SOUSA, N. **Automação Residencial por Comandos de Voz para Pessoas com Mobilidade Reduzida**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Instituto Federal da Paraíba, 2018.

SORGINI, F. et al. Haptic-assistive technologies for audition and vision sensory disabilities. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 13, n. 4, p. 394–421, maio 2018.

SPINSANTE, S.; PORFIRI, S.; SCALISE, L. Accuracy of Heart Rate Measurements by a Smartwatch in Low Intensity Activities. 2019 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA). Istanbul, Turkey: IEEE, jun. 2019. p. 1-6.

TOURNIER, I.; DOMMES, A.; CAVALLO, V. Review of safety and mobility issues among older pedestrians. **Accident Analysis & Prevention**, v. 91, p. 24–35, jun. 2016.

TRIPATHY, B. K.; ANURADHA, J. **Internet of things (IoT): technologies, applications, challenges and solutions**. Boca Raton: Taylor & Francis, CRC Press, 2018.

TUN, S. Y. Y.; MADANIAN, S.; MIRZA, F. Internet of things (IoT) applications for elderly care: a reflective review. **Aging Clinical and Experimental Research**, v. 33, n. 4, p. 855–867, abr. 2021.

WHO. **Global initiative for the elimination of avoidable blindness: action plan 2006-2011**. Geneva: World Health Organization, 2007.

WHO. **International classification of functioning, disability and health: ICF**. Geneva: World Health Organization, 2001.

YEN, I. H.; ANDERSON, L. A. Built Environment and Mobility of Older Adults: Important Policy and Practice Efforts. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 60, n. 5, p. 951–956, maio 2012.