

## TAAPETE: TECNOLOGIA ASSISTIVA ACESSÍVEL PARA PESSOAS COM TETRAPLEGIA

ÁLVARO DA SILVA COUTO VASQUES 

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Valença, Bahia, Brasil, 45400-000, alsctvasques123@gmail.com*

GUSTAVO DE ARAUJO SABRY 

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Valença, Bahia, Brasil, 45400-000, gustavo.sabry@ifbaiano.edu.br*

LEANDRO SILVA TEIXEIRA 

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Valença, Bahia, Brasil, 45400-000, leandro.teixeira@ifbaiano.edu.br*

### RESUMO

Tecnologias assistivas são: produtos, recursos, metodologias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade relacionada à atividade e à participação de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, qualidade de vida e inclusão social. Uma destas limitações físicas é a tetraplegia que é uma paralisia que afeta todas as quatro extremidades do corpo, superiores e inferiores, juntamente à musculatura do tronco. A proposta deste trabalho é desenvolver um dispositivo de baixo custo que funcionará como um mouse utilizando Arduino Leonardo e módulo de Acelerômetro e Giroscópio e possibilita o uso de um computador a partir da cabeça permitindo que pessoas acometidas pela tetraplegia estejam aptas a manusear um computador a partir dos movimentos da cabeça de forma prática e funcional. Duas versões foram desenvolvidas, uma utiliza fios (v1 Plus) e outra que utiliza rádio frequência (v2 Plus) para comunicação das partes do dispositivo. As versões podem facilmente serem expandidas para atender outros tipos de limitação.

**Palavras-chave:** Tecnologia assistiva. Tetraplegia. Mouse.



## TAAPETE: ACCESSIBLE ASSISTIVE TECHNOLOGY FOR PEOPLE WITH QUADRIPLEGIA

### ABSTRACT

Assistive technologies are: products, resources, methodologies, practices and services that aim to promote functionality related to the activity and participation of people with disabilities or reduced mobility, aiming at their autonomy, quality of life and social inclusion. One of these physical limitations is quadriplegia, which is a paralysis that affects all four extremities of the body, upper and lower, along with the muscles of the trunk. The purpose of this work is to develop a low-cost device that will work as a mouse using Arduino Leonardo and Accelerometer and Gyroscope module and allows the use of a computer from the head, allowing people with quadriplegia to be able to handle a computer from of the head movements in a practical and functional way. Two versions were developed, one uses wires (v1 Plus) and another that uses radio frequency (v2 Plus) to communicate the parts of the device. Versions can easily be expanded to meet other types of limitations.

**Keywords:** Assistive technology. Quadriplegia. Mouse.

### INTRODUÇÃO

A tecnologia é uma poderosa ferramenta, cujo uso é essencial para as pessoas, principalmente aquelas com algum tipo de limitação. É nesse contexto que surgem as Tecnologias Assistivas (TA) que, segundo o Estatuto da Pessoa com Deficiência (2015), são: produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e à participação de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social.

Ao pensar em Tecnologias Assistivas, as palavras-chave mais importantes são: acessibilidade e usabilidade. De acordo com Vechiato (2012), os ambientes digitais precisam ser analisados de maneira que não ofereçam obstáculos para o uso e ao acesso às informações.

A ISO (*International Organization for Standardization*) define usabilidade como a eficácia, a eficiência e a satisfação com que usuários específicos conseguem alcançar objetivos particulares em ambientes próprios (ISO 9241-11).

A acessibilidade, por sua vez, é conceituada pela Lei 10.098 como sendo a possibilidade e condição de alcance para a utilização, com segurança e autonomia, dos espaços, mobiliários e equipamentos urbanos, das edificações, dos transportes, dos sistemas e meios de comunicação, por



pessoa portadora de deficiência ou mobilidade reduzida.

Segundo o Censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), 23,9% da população brasileira, ou seja, 45,6 milhões de pessoas, possuía algum tipo de deficiência e/ou limitação física.

Dentro destes casos temos a tetraplegia, que ocorre quando uma paralisia afeta todos os membros inferiores e superiores, juntamente à musculatura do tronco. Isto impossibilita a movimentação dos membros, podendo causar distúrbios respiratórios, demência leve e até a perda da fala.

A única parte do corpo que não é afetada é a cabeça que, por sua vez, mantém sua capacidade de movimentação preservada. Este projeto desenvolveu um dispositivo de baixo custo útil para que estes pacientes possam fazer uso de computadores, proporcionando independência, autonomia, entretenimento e lazer a partir da inclusão social digital.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com dados da Organização das Nações Unidas (ONU, 2013), cerca de 10% da população mundial, ou seja, aproximadamente 650 milhões de pessoas, vivem com ao menos uma das seguintes deficiências: auditiva, motora, visual, mental ou intelectual.

A Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF, 2004), conhecida como CIF, tem como objetivo geral proporcionar uma linguagem unificada e padronizada como um sistema de descrição da saúde e de estados relacionados à saúde. Ela define os componentes da saúde, define os seguintes conceitos:

- **Deficiências** - são problemas na função ou estrutura do corpo como um desvio significativo ou perda.
- **Incapacidades** - são problemas na função ou estrutura do corpo como um desvio significativo ou perda.
- **Limitações** de atividade - são dificuldades que um indivíduo pode encontrar na execução de atividades.

Para Maciel (2000), passos fundamentais devem ser dados para mudar o quadro de marginalização dessas pessoas, como: alteração da visão social; inclusão escolar; acatamento à legislação vigente; maiores verbas para programas sociais; uso da mídia, da cibercultura e de novas tecnologias.

O programa “Viver sem Limites”, instituído pelo decreto 7.612/11, é a principal ação nacional voltada à inclusão social das pessoas com deficiência no Brasil. Este programa é organizado em quatro bases estruturantes:



- **Educação** – compreende a busca ativa, transporte acessível, aprendizagem, acessibilidade e qualificação profissional;
- **Saúde** – contempla ações voltadas para prevenção e reabilitação;
- **Inclusão Social** – visa incluir as pessoas com deficiência na sociedade, tanto no trabalho, como no cuidado diário de pessoas com deficiência em situação de pobreza;
- **Acessibilidade** – busca promover o acesso à tecnologia e desenvolvimento tecnológico, moradia e aquisição de equipamentos que assegurem a interação dessas pessoas o meio.

O paciente com tetraplegia está desassistido quando se trata de acesso aos meios educacionais, devido a falta de acessibilidade estrutural nos espaços educativos, escassez de programas de acompanhamento pedagógico, de projetos que estimulem o ingresso e permanência da pessoa com tetraplegia no ambiente escolar e de tecnologias específicas que auxiliem o seu desempenho escolar. O Art. 27 do Estatuto da Pessoa com Deficiência (Lei n. 13.146/15), diz que a educação é direito fundamental da pessoa com deficiência.

Segundo Marchi (2012), pacientes vítimas da tetraplegia experienciam mudanças no âmbito emocional, ocupacional, relacional, valorativo e de autopercepção, desencadeando nestes vários sentimentos diante dessa facticidade, como depressão, raiva, medo, ansiedade, desespero, ambivalência e esperança. Nesse sentido, a saúde do paciente acometido por tetraplegia correlaciona-se estritamente com a inclusão social, de modo que o simples ato do paciente conseguir utilizar um computador a partir da movimentação da sua cabeça, pode promover uma melhor integração do paciente à sociedade.

A inclusão social é essencial para a restituir o censo de pertencimento a um grupo. Entretanto, a privação familiar é um fator limitante quando se trata de inclusão social, faltam programas públicos de reestabelecimento das relações sociais entre os pacientes com tetraplegia. Um dos métodos para inserção social destes, é por meio da inclusão social digital, porém, o acesso as tecnologias assistivas presentes no mercado é dificultado por apresentarem um alto valor de aquisição.

A acessibilidade, no que se refere aos pacientes acometidos por tetraplegia, busca promover a condição de utilização, de forma autônoma e independente, de serviços/atividades essenciais. Por exemplo, o uso de computadores é quase impossível, devido a limitação de movimentação dos membros.

De acordo com Baldassin (2018), usuários de TA têm médias mais altas de qualidade de vida. A partir deste estudo é necessário afirmar que o



desenvolvimento de tecnologias assistivas que assegurem o uso de computadores se torna responsabilidade social. Além disso, o autor também relata que a dificuldade de acesso às tecnologias assistivas no Brasil se dá, principalmente, pelo alto custo e baixa oferta de mercado.

O Arduino foi originalmente projetado como um recurso para auxiliar os estudantes no ensino, mas em 2005 ele foi comercialmente lançado por Massimo Banzi e David Cuartielles, tornando-se um produto de sucesso entre fabricantes e estudantes devido a sua fácil utilização, baixo e a durabilidade que ele proporciona (Monk, 2013).

Visto que tecnologias semelhantes à que está sendo proposta possuem um alto valor de aquisição, este projeto visa desenvolver um aparelho de baixo custo acessível para pessoas acometidas por tetraplegia. Este, por sua vez, deve possibilitar o manuseio de computadores a partir de movimentos da cabeça, de forma autônoma, proporcionando inclusão social digital. Assim, é possível ampliar a gama de atividades do paciente, provendo acesso ao emprego, à educação, à saúde, ao entretenimento e integrá-lo à sociedade de forma mais igualitária.

## TRABALHOS RELACIONADOS

Delfino (2017) propõe a reciclagem do lixo eletrônico para o desenvolvimento de uma ferramenta de TA para pessoas com restrições motoras controlarem o cursor com a movimentação da cabeça. No entanto, apesar da iniciativa de inovação sustentável ser de muita importância, as ferramentas propostas utilizam *software* para reconhecer os movimentos. Além disso, uma das ferramentas necessita de iluminação para que a câmera utilizada capture os movimentos da cabeça, o que, em ambientes com pouca iluminação, dificulta a utilização do dispositivo.

José (2014) apresenta um protótipo desenvolvido com o objetivo de propiciar uma interface homem - computador que é totalmente controlada pelos movimentos labiais. O autor desenvolveu um *joystick* controlado pela boca para que pessoas com tetraplegia pudessem utilizar computadores. Contudo, isso torna o uso limitado, por necessitar de constante limpeza e de uso estritamente pessoal.

Silva (2019) descreve o desenvolvimento de uma ferramenta vestível para habilitar alunos com tetraplegia a usar um computador, que capta os movimentos da cabeça e da bochecha para desempenhar as funções do *mouse*. Apesar do opção possibilitar o controle do cursor e dos cliques, este dispositivo limita a utilização de um computador, pois não é possível acionar o *scroll* para realizar o *page up* ou *page down*.

Os protótipos apresentados neste trabalho independem da utilização de *softwares*. Além disso, são de instalação *plug and play*, ou seja, que não



necessitam de configuração para utilização e permitem total controle de um computador, celular ou *tablets* somente com a movimentação da cabeça. Também vale ressaltar que se trata de um aparelho multiplataforma, podendo ser utilizado em vários sistemas operacionais diferentes, tais como Windows, Linux, MacOS, iOS e Android. É importante destacar que além de permitir o manuseio de computadores, também permite o uso de dispositivos móveis como *tablets* e/ou *smartphones*.

## OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem por objetivo apresentar o processo de desenvolvimento de um dispositivo de baixo custo que possibilite que pessoas acometidas por tetraplegia utilizem computadores e/ou *tablets* a partir dos movimentos da cabeça. É almejado que este dispositivo possibilite além da movimentação do cursor, clicar com os botões, ativar o *scroll* e até mesmo digitar em um teclado virtual.

## METODOLOGIA

A execução do projeto se deu a partir de sete etapas apresentadas que, por sua vez, são apresentadas no fluxograma da Figura 04. São elas: minicursos de eletrônica e programação; estudo sobre tetraplegia; planejamento e construção do protótipo inicial; estudo e análise sobre os movimentos da cabeça; testes do protótipo inicial; realização de ajustes no protótipo, e; desenvolvimento e testes na versão final.

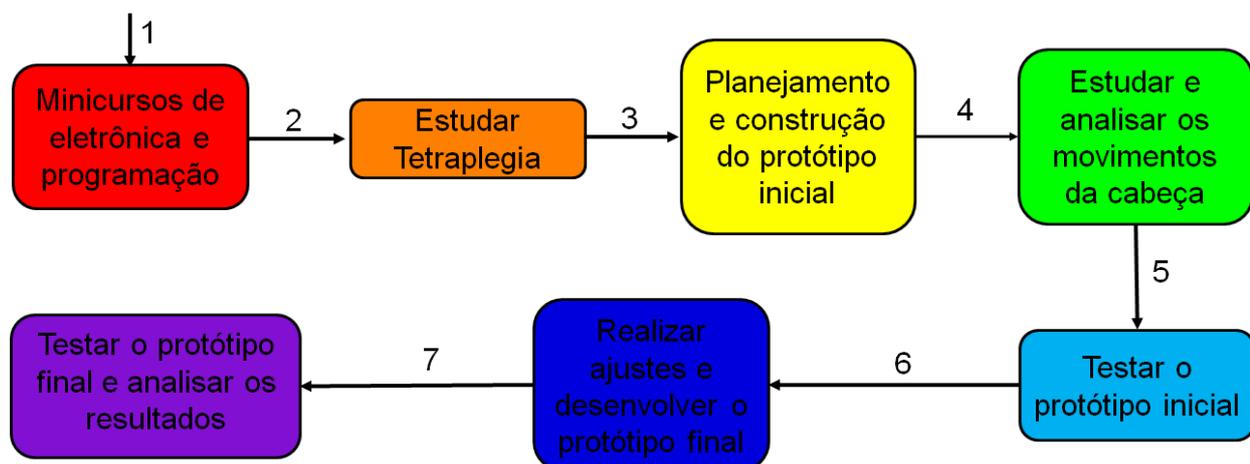


figura 1.  
Fluxograma da  
Metodologia.

## MATERIAIS

Plataforma Arduino

Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica *open source*



baseada em *hardware* e *software* flexíveis e fáceis de usar (BANZI, 2011). O objetivo deste dispositivo é criar ferramentas acessíveis e de baixo custo.

A Figura 01 apresenta os Arduinos Leonardo e Nano, utilizados neste projeto. São compostas pela CPU ATMEL, por um microcontrolador ATmega32u4, entradas analógicas, entradas e saídas digitais, conversor serial para USB, fonte de alimentação externa e os pinos de energia com 3,3V, 5V e Terra (GND).

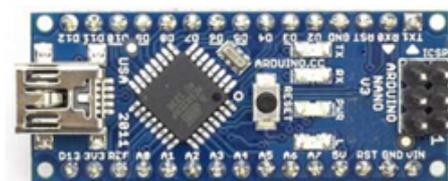


figura 2. Arduinos Leonardo e Nano.

Fonte: Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/arduino-mpu6050>>. Acesso em: 10 ago. 2021.

### Acelerômetro e Giroscópio (Módulo MPU6050)

Acelerômetro é um instrumento capaz de medir a aceleração sobre um objeto. Ao medir a aceleração aplicada sobre um corpo, descobrimos qual é a força aplicada sobre ele. Giroscópio é um dispositivo cujo eixo de rotação mantém sempre a mesma direção na ausência de forças que o perturbem. São utilizados em instrumentos como as bússolas, permitindo que a agulha aponte sempre em uma mesma direção.

Atuando juntos, permitem que o sistema reconheça a movimentação da cabeça do paciente e interprete estes sinais para que seja reproduzido no computador. A Figura 02 ilustra o módulo MPU6050, utilizado neste projeto, que funciona como acelerômetro e giroscópio.

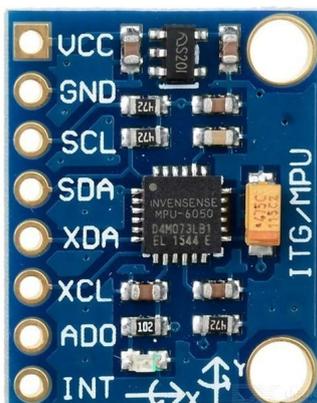


figura 3. Módulo MPU6050.

Fonte: Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/MPU6050>>. Acesso em: 10 ago. 2021.



#### Módulo de Rádio Frequência NRF24L01

Este módulo é utilizado para criar uma interface de comunicação sem fio entre o usuário e o computador, permitindo que as ações do mouse sejam reproduzidas assim que captadas pelo módulo MPU6050.

O módulo escolhido foi o NRF24L01, pois é um dispositivo barato, que possui longo alcance de transmissão e, além disso, pode atuar como um transceptor. Funciona com uma tensão entre 1,9V e 3,6V e tem um alcance de 10 metros, o que se torna mais que suficiente para a aplicação em questão. A Figura 03 ilustra o módulo.

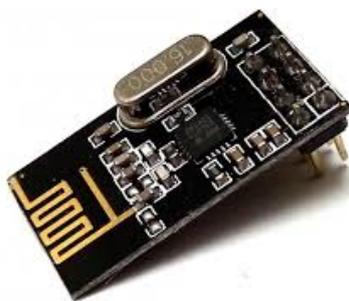


figura 4. Módulo NRF24L01.

Fonte: Disponível em: <https://www.vidadesilicio.com.br/transmissor-nrf24l01>. Acesso em: 07 ago. 2021.

## RESULTADOS

A Tabela 01 apresenta os componentes utilizados nas duas versões, assim como o custo de aquisição de seus materiais. É possível perceber que ambas versões são de baixo custo e financeiramente acessíveis para o público-alvo, independentemente de sua classe social. Os preços variam entre R\$ 81,63 (TAAPEPE v1) e R\$ 144,99 (TAAPEPE v2).

Material	Custos dos Materiais		
	Preço (R\$)	TAAPEPE v1	TAAPEPE v2
Módulo de Acelerômetro e Giroscópio	18,00	1	1
Armação do Óculos	3,50	1	1
Módulo NRF24L01	16,12	0	2
Arduino Nano	31,12	0	1
Arduino Leonardo	60,13	1	1
Total (R\$)		81,63	144,99

tabela 1. Custo dos materiais utilizados nas duas versões do TAAPEPE.

Os protótipos funcionam a partir da movimentação da cabeça do usuário. O Módulo de Acelerômetro e Giroscópio (MPU6050) é o responsável por detectar essa movimentação a partir da rotação e translação dos seus eixos. O Acelerômetro utiliza 3 eixos (X, Y, Z), e tem função de captar



os movimentos para mover o cursor, ativar o *scroll* e o teclado virtual. O Giroscópio trabalha com outros 3 eixos (X, Y, Z), estes são aplicados para captação de movimentos que ativam os cliques do *mouse*. A Figura 04 ilustra os eixos do Módulo de Acelerômetro e Giroscópio.

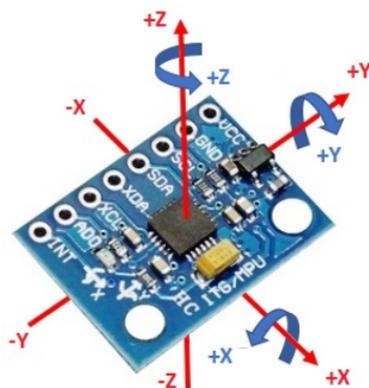


figura 5. Eixos do Módulo de Acelerômetro e Giroscópio.

Fonte: Disponível em: <https://protosupplies.com/product/mpu-6050-gy-521-3-axis-accel-gyro-sensor-module/>. Acesso em: 21 set. 2021.

As possíveis ações reconhecidas pelo dispositivo, conforme ilustrado na Figura 05, se dão a partir de movimentos suaves e bruscos. Na sequência da imagem, os movimentos suaves são responsáveis, respectivamente, pela movimentação do cursor do *mouse* e pela ação de clicar. Os movimentos foram criados com o intuito de facilitar a memorização dos comandos, fazendo analogia aos comandos do *mouse*. Todos os movimentos foram definidos prezando pelo conforto na utilização dos dispositivos. O movimento brusco, por sua vez, tem a finalidade de ativar o *scroll* ou o teclado virtual.

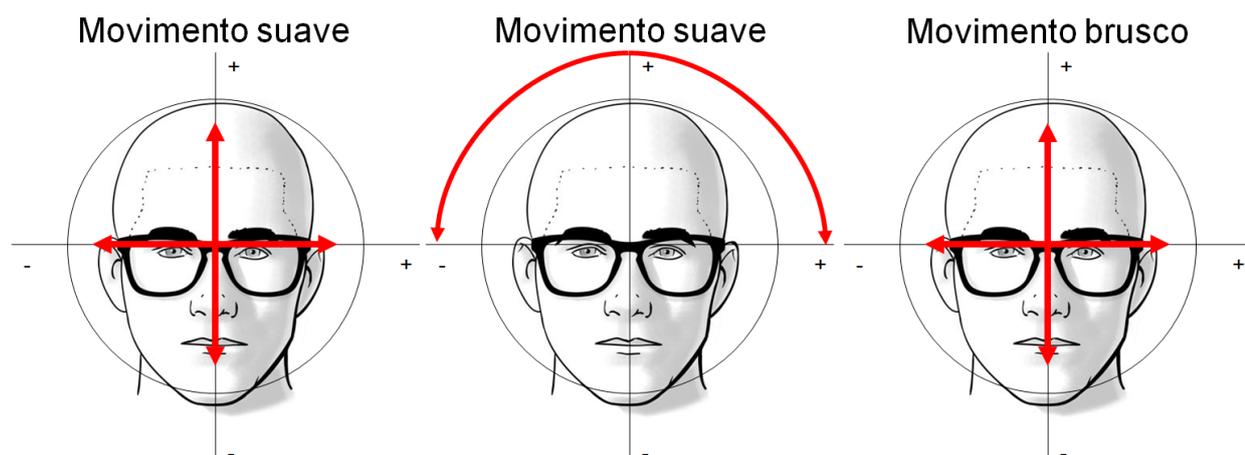


figura 6. Análise dos movimentos da cabeça.

A movimentação do cursor exige ações suaves para potencializar a precisão do dispositivo. Já em relação a inclinação da cabeça, deve ser um



movimento delicado para praticar ações como clicar com os botões direito e esquerdo do *mouse*.

O botão esquerdo pode ser utilizado a partir de cliques simples ou duplos, portanto definimos limites para diferenciá-los, onde o ângulo de inclinação para realizar um clique simples será menor que para o clique duplo. Analogamente, o botão direito utiliza a mesma estratégia, porém só lida com o clique simples. A Figura 06 apresenta a estratégia utilizada para lidar com estas ações.

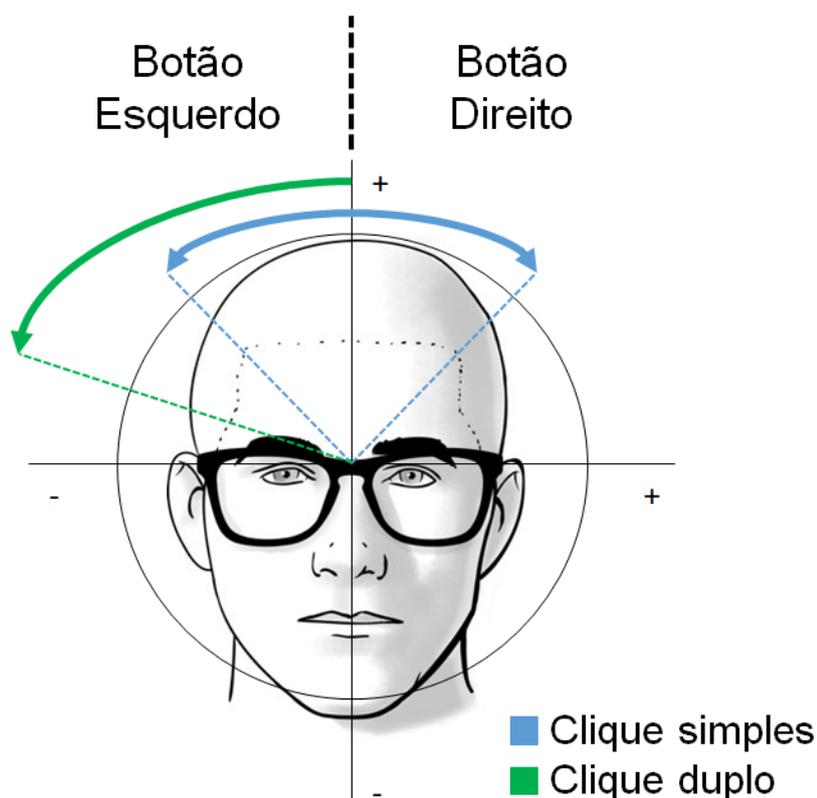


figura 7. Análise das ações de clicar.

Os movimentos bruscos são caracterizados por uma alta variação na leitura do sensor para um dado eixo em um curto espaço de tempo. Os movimentos rotacionais horizontais servem para a ativação/desativação do teclado virtual, permitindo que o usuário seja capaz de escrever mensagens. Já os movimentos rotacionais verticais, por sua vez, servem para acionar o *scroll* ativando a barra de rolagem para cima ou para baixo, possibilitando uma melhor navegação em uma página e/ou em um documento. Estes movimentos apenas são ativados pelo dispositivo a partir do momento em que o usuário retorna sua cabeça para a posição inicial. A Figura 07 ilustra estes movimentos.

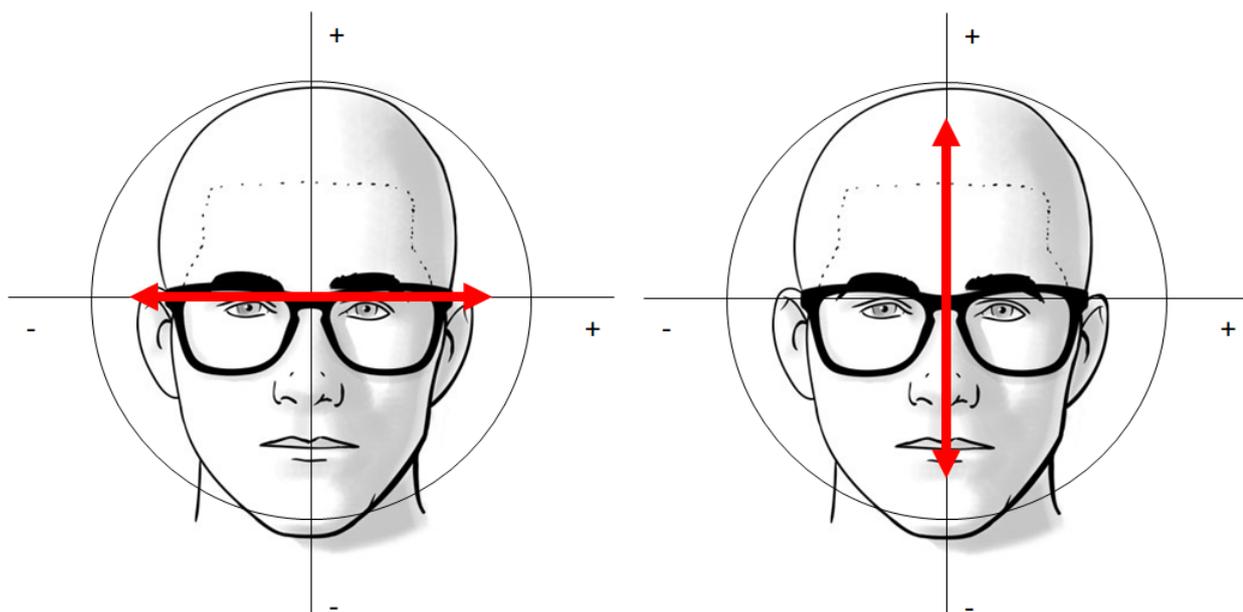


figura 8.  
Movimentos  
rotacionais bruscos  
horizontais e  
verticais.

#### TAAPETE V1

Esta versão é mais portátil e mais barata, visto que utiliza somente o Módulo de Acelerômetro e Giroscópio e um Arduino Leonardo. Neste protótipo são dispostas funções de movimentar o cursor, clicar, ativar do *scroll* e teclado virtual. A Figura 08 ilustra o dispositivo.



figura 9.  
TAAPETE v1.

#### TAAPETE V2



Esta versão apresenta todas as funcionalidades encontradas no TAAPETE v1, diferenciando-se apenas pelo meio de comunicação entre os óculos do usuário e o computador, que ocorre a partir do uso de radiofrequência. A Figura 09 ilustra o dispositivo.



figura 10.  
TAAPETE v2.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os protótipos desenvolvidos se mostraram capazes de possibilitar a utilização de um computador a partir da movimentação da cabeça, de forma fácil e prática. Assim, o projeto promove inclusão social digital de forma autônoma, segura e independente por meio de um dispositivo de tecnologia assistiva que possui baixo custo.

Por causa das restrições devido à pandemia de Covid-19, a pesquisa ainda não foi submetida ao Conselho de Ética, visto que o distanciamento social inviabiliza os testes seguros junto ao público-alvo. Contudo, assim que haja melhores condições sanitárias, pretende-se efetuar a submissão ao Conselho para, futuramente, mediante aprovação, serem realizados testes em pessoas acometidas por tetraplegia, com o objetivo de que seja observada a usabilidade dos protótipos e, com isso, os dispositivos possam ser aprimorados.

Produtos similares existentes no mercado possuem valor de aquisição muito elevado. Um exemplo é o *GlassOuse*, que no Brasil chega a custar R\$ 6.120,00, dispositivo semelhante ao TAAPETE v2 que se comunica com o computador a partir de *bluetooth* e utiliza a mordida como meio de ativação dos cliques. Outro exemplo é o *IntegraMouse Plus*, que no Brasil



custa em torno de R\$ 13.840,00, controla tanto os movimentos do cursor quanto os cliques por meios de ativação bucal. As versões do TAAPETE possuem preços variando entre R\$ 81,63 e R\$ 144,99. Dessa forma, é evidente o baixo custo dos dispositivos.

Estes dados dão indícios de que o alto valor de aquisição dos produtos já existentes no mercado voltados para pessoas acometidas por tetraplegia se deve ao baixo índice de pacientes com esta paralisia. A baixa demanda não atrai altos investimentos no mercado financeiro e, assim, o campo de pesquisa se torna bastante limitado.

As versões do TAAPETE independem do uso de qualquer *software*, utilizando somente hardware e os protótipos, por sua vez, se mostraram bastante eficientes quando utilizados nos sistemas operacionais *Windows*, *Linux*, *MacOS*, *iOS* e *Android*. Além disso, demonstraram bom desempenho em computadores *desktop*, *notebooks*, *tablets* e *smartphones*.

Os dispositivos apresentados neste trabalho podem facilmente ser expandidos para atender pessoas com limitações semelhantes, substituindo os óculos por uma tiara ou fones de ouvido e as funções de clicar por meio de outros métodos de ativação, como a contração muscular, respiração ou até mesmo o piscar dos olhos.

Objetivamos com esse projeto :

- Desenvolver tecnologia assistiva;
- Promover inclusão social digital;
- Facilitar o cotidiano dos pacientes com tetraplegia;
- Oportunizar autonomia e independência destas pessoas;
- Criar sistemas tecnológicos financeiramente viáveis;
- Ampliar as habilidades de pessoas que sofrem esta limitação;
- Potencializar a usabilidade e acessibilidade de sistemas como o proposto;
- Detectar possíveis ampliações e aplicações para sistemas semelhantes ao que será elaborado neste projeto.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALDASSIN, V.; LORENZO, C.; HELENA, E. S. Tecnologia assistiva e qualidade de vida na tetraplegia: abordagem bioética. **Revista Bioética**, vol. 26, nº 4, Brasília/DF, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/33672>>. Acesso em: 26 de abr. de 2020.



- BANZI, M. **Getting Started with Arduino**. 2ª edição. Califórnia: O'Reilly, 2011. Disponível em: <[http://phylab.fudan.edu.cn/lib/exe/fetch.php?media=yuandi:arduino:getting\\_started\\_with\\_arduino\\_v2.pdf](http://phylab.fudan.edu.cn/lib/exe/fetch.php?media=yuandi:arduino:getting_started_with_arduino_v2.pdf)>. Acesso em: 30 de abr. de 2020.
- BRASIL, LEI 10.098, DE 19 DEZEMBRO DE 2000. **Normais gerais e critérios básicos para promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/lei10098.pdf>>. Acesso em: 21 de abr. 2020.
- BRASIL, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 27 de abr. 2020.
- BRASIL, DECRETO 7.612, DE 17 DE NOVEMBRO DE 2011. **Plano Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência – Plano Viver sem Limite**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2011/Decreto/D7612.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Decreto/D7612.htm)>. Acesso em: 20 de mar. 2020.
- BRASIL, LEI 13.146, DE 06 DE JULHO DE 2015. **Estatuto da Pessoa com Deficiência**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm)>. Acesso em: 22 de abr. 2020.
- Delfino, L. O. M.; “DESENVOLVENDO TECNOLOGIA ASSISTIVA A PARTIR DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS”, publicado na Revista Práxis: saberes da extensão, João Pessoa, v. 5, n. 9, p. 40-48, maio/ago., 2017 Acesso em: 16 de jun. 2021.
- MACIEL, M. R. C. **Portadores de deficiência: a questão da inclusão social**. São Paulo: Perspectiva, vol. 14, nº 2, p. 1-6, São Paulo/SP, 2000. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-88392000000200008-&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-88392000000200008-&script=sci_arttext)>. Acesso em: 10 de mar. 2020.
- MÂNGIA, E.; MURAMOTO, M.; LANCMAN, S. Classificação Internacional de Funcionalidade e Incapacidade e Saúde (CIF): processo de elaboração e debate sobre a questão da incapacidade. **Revista de Terapia Ocupacional da Universidade de São Paulo**, vol. 19, nº 2, p. 121-130, São Paulo/SP, 2008. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rto/article/view/14037>>. Acesso em: 02 de mar. 2020.
- MARCHI, J. A.; SILVA, R. H. DA; MAI, L. D. O cuidado domiciliar a indivíduo com tetraplegia: um relato de experiência. **Ciência, Cuidado e Saúde**, vol. 11, nº 1, p. 202-209, Maringá/PR, 2012. Disponível em: <<http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/CiencCuidSaude/article/view/18879>>. Acesso em: 28 de mai. 2020.



Monk, S. **Programação com Arduino >>começando com sketches**. Porto Alegre, RS: BOOKMAN EDITORA LTDA, 2013.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **A inclusão social e os direitos das pessoas com deficiência no Brasil: Uma agenda de desenvolvimento pós-2015**. Disponível em: <[https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/07/UN\\_Position\\_PaperPeople\\_with\\_Disabilities.pdf](https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/07/UN_Position_PaperPeople_with_Disabilities.pdf)>. Acesso em: 29 de abr. 2020.

THE INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO 9241-11: Ergonomics of human-system interaction**. Disponível em: <<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-2:v1:en>>. Acesso em: 23 de abr. 2020.

VECHIATO, F. L.; VIDOTTI, S. A. B. G. Recomendações de usabilidade e de acessibilidade em projetos de ambientes informacionais digitais para idosos. **Tendências da Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação**, v. 5, n. 1, p. 1-23, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/114755>>. Acesso em: 25 de mai. 2020.

José, Marcelo Archanjo. **Interface humano-computador controlada pelo lábio / M.A. José. -- versão corr. -- São Paulo, 2014. 120 p.** Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos. Acesso em: 15 de jun. 2021.

DA SILVA, Marcelo, M.; Muniz, Pedro, H. G.; Oliveira, Francisco, C. de M. B.; Silva, Lidiane C.; Soares, Éder F; **Dispositivo vestível para auxiliar alunos tetraplégicos em ambientes escolares**. Anais do VIII Workshop de Desafios da Computação aplicada à Educação (DesafIE 2019). Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/desafie/article/download/12184/12049/>. Acesso em: 14 de jun. 2021.



#### ÁLVARO DA SILVA COUTO VASQUES

É técnico em agropecuária pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFBaiano), Campus Valença. Possui premiações de relevância no âmbito nacional (FEBRACE) e internacional (Regeneron ISEF, EICCIE) pelo trabalho desenvolvido com tecnologias assistiva.

#### LEANDRO SILVA TEIXEIRA

É doutorando em Matemática Aplicada pela Universidade Estadual de Campinas (em andamento). Mestre em Matemática pela Universidade Federal da Bahia (2014). Possui graduação em Matemática pela Universidade Federal da Bahia (2008). Atualmente, é professor do ensino básico técnico e tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano. Propôs a criação do curso de pós-graduação Lato sensu Especialização em ensino de Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus Valença.

#### GUSTAVO DE ARAÚJO SABRY

Atualmente trabalha como docente no Instituto Federal Baiano (2013). Possui Doutorado em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2020), Mestrado em Sistemas e Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2012) e Graduação em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2009). Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Algoritmos Experimentais, Pesquisa Operacional, Otimização Combinatória, Metaheurísticas, Robótica e Automação.

Essa pesquisa foi desenvolvida no Instituto Federal Baiano - Campus Valença com apoio financeiro do edital PIBIX/PROEX - Programa Institucional de Bolsa de Extensão 2019 realizado no campus, Conecta Telecom - Provedor de Internet e Ótica D'Paula.

submetido  
23.06.2020

reapresentado  
17.06.2021

aprovado  
18.08.2021

**Contribuição de autoria.** Álvaro da Silva Couto Vasques: elaboração do estudo, desenvolvimento dos dispositivos, investigação de dados, do levantamento bibliográfico e da redação do artigo. Gustavo de Araújo Sabry e Leandro Silva Teixeira: orientação das etapas, revisão do manuscrito e da edição do artigo.

**Licença de uso.** Este artigo está licenciado sob a Licença Creative Commons CC-BY. Com essa licença você pode compartilhar, adaptar, criar para qualquer fim, desde que atribua a autoria da obra.