



Domótica assistiva com controle ocular para inclusão de deficientes tetraplégicos

Felipe Barradas Sebastião*, Henrique Coelho dos Santos[†], Odair Moreira de Souza[‡] and Thiago Berticelli Lô[§]
Instituto Federal do Paraná - IFPR Cascavel
Cascavel, Paraná, Brasil

Email: febarradas13@gmail.com*; coelhovsk2007@gmail.com[†]; odair.desouza@ifpr.edu.br[‡], thiago.lo@ifpr.edu.br[§]

Abstract—About 12.5 million Brazilian people face daily challenges due to physical deficiencies. Consequently, these individuals have dependency which restrict personal autonomy, generating a bad life experience. Technology opens a way to improve the lives of these people, making it possible to do simple actions such as change a tv's channel. The advance of domotical technology allows the expansion of these tasks and more complex ones in an integrated way with low costs and easy use. Therefore it's possible to control and monitor an entire house. The objective of this project is to provide tetraplegics people a better quality of life that allows them to have autonomy in everyday tasks. This way, a software is being developed to integrate the movements of eyes with a residential devices interface. Using the programming language Python, the libraries OpenCV and Dlib, the detection of face points will be valuable for making a calculus to verify the status of the eye and send this data to a microcontroller that makes the required automation. Soon, people with severe paralysis would have personal autonomy and more life quality with a low cost.

Keywords—Assistive domotics, computer vision, image segmentation, tetraplegia.

Resumo—Cerca de 12,5 milhões de indivíduos no Brasil enfrentam desafios decorrentes de deficiências físicas. Consequentemente, estes indivíduos possuem dependências que restringem a autonomia pessoal gerando péssimas experiências de vida. A tecnologia abre caminho para melhorar a vida dessas pessoas, possibilitando ações, como uma simples tarefa de trocar o canal da televisão. O avanço de tecnologias, como a domótica, permitem a expansão dessas e de tarefas mais complexas de forma integrada, com baixo custo e fácil utilização. Então é possível realizar o controle e monitoramento completos de uma residência. O objetivo deste trabalho é proporcionar às pessoas com deficiências motoras severas uma melhora na qualidade de vida, que permita autonomia em tarefas cotidianas. Desta forma, está sendo desenvolvido um software para integração entre um movimento dos olhos com a interface de dispositivos na residência. Este software em desenvolvimento utiliza a linguagem de programação Python e as bibliotecas Dlib e OpenCV, que viabilizam o mapeamento de pontos faciais com os quais são realizados cálculos para verificação da situação dos olhos e enviados dados para um microcontrolador fazer a automação do serviço. Logo, pessoas com paralisias graves teriam autonomia pessoal e mais qualidade de vida com baixo custo.

Palavras-chave—Domótica assistiva, visão computacional, segmentação de imagens, tetraplegia.

I. INTRODUÇÃO

Com base no Censo 2010 há um considerável número de pessoas com deficiências físicas, que dependendo da gravidade e de suas condições, não têm autonomia pessoal para executar até mesmo tarefas simples do cotidiano. No Brasil quase 46 milhões de brasileiros, cerca de 24% da população, declarou ter algum grau de dificuldade, sendo que deste total mais de 12,5 milhões são deficientes físicos [1], englobando pessoas com paraplegia, tetraplegia, amputação, até qualquer alteração completa ou parcial em um ou mais segmentos do corpo humano, que resulta no comprometimento da mobilidade e da coordenação geral.

Essa limitação gera dependência que é uma condição difícil em uma sociedade tão tecnológica e rápida [2]. Em consequência, outras doenças podem surgir, tais como, depressão, ansiedade e outros transtornos mentais, que poderiam ser amenizados caso a independência das principais atividades diárias fossem asseguradas [3].

Essas pessoas são impactadas pela falta de aparelhos eletrônicos adaptados ou sistemas adaptativos integrados para a sua realidade, a qual compromete todo o corpo, por conta de uma lesão na medula espinhal, limitando até mesmo a fala do indivíduo, porém o movimento das pálpebras, geralmente é mantido. Grande parte da população brasileira com tetraplegia grave não vive de forma autônoma, tanto por questões financeiras quanto pela falta de inclusão tecnológica. Cerca de quatro milhões de brasileiros não possuem autonomia pessoal e a maioria destes não consegue adquirir um produto adequado [2].

Considerando que a autonomia é um direito na vida de todos os cidadãos, ela preserva a independência e proporciona a liberdade de escolhas. No passado, a falta de humanização com as pessoas com deficiência motora era um fator principal para o retrocesso social, então a busca de soluções para a liberdade delas não era tratada com a devida relevância. No entanto, em uma sociedade moderna essas pessoas devem ser incluídas para terem condições de igualdade, exercerem os direitos das liberdades fundamentais de acordo com a lei nº 13.147/2015 [4].

Com o avanço das tecnologias surgem as tecnologias domóticas que tem como objetivo controlar aparelhos eletrônicos de maneira autônoma em um sistema embarcado, casas inteligentes e dispositivos que



automatizam tarefas residenciais de forma remota, ou não, [5]. Assim, o termo domótica assistiva é a junção de áreas tecnológicas como a domótica e a assistiva, geraram diversas possibilidades para o melhoramento na vida de diversas pessoas com deficiências [6].

Quando se pauta a domótica assistiva para tetraplégicos deve-se lembrar que grande parte destes não possuem nenhuma movimentação corporal, devido a complicações na medula espinhal no nível do pescoço, portanto devem ser desenvolvidos sistemas específicos. Por conta do movimento das pálpebras não estar diretamente ligado à medula espinhal, uma parcela dessas pessoas conseguem piscar os olhos de maneira voluntária, assim esse movimento pode ser utilizado no desenvolvimento de tecnologias assistivas voltadas para a domótica.

Portanto, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema que permita a autonomia das pessoas tetraplégicas em tarefas residenciais comuns, como acionamento de lâmpadas, controle de televisores e outros acionamento de aparelhos eletrônicos, por meio do movimento das pálpebras. Para isso utilizou-se o processamento de imagens, envolvendo detecção facial e controle ocular.

O sistema analisa e envia dados do movimento das pálpebras do usuário, verificando as ações de piscar os olhos. Estas ações são combinadas a uma interface gráfica, constituída por menus, a qual envia comandos para um microcontrolador, que por sua vez, realiza os acionamentos elétricos.

II. TECNOLOGIA DOMÓTICA E DETECÇÃO FACIAL

A temática envolve os conceitos de tecnologia domótica, as principais aplicações e como ela influencia na automação de serviços domésticos, abordar o conceito de controle ocular, visando seu foco para auxílio de pessoas tetraplégicas, além de definir os algoritmos para a detecção facial.

A domótica é uma área da tecnologia que engloba diversas áreas, principalmente as que são relacionadas com automação, controle, segurança, poupança de energia e foco em funções para conveniências e conforto residencial [7]. Essa tecnologia é a integração de sistemas e dispositivos eletrônicos e eletromecânicos e pode ser controlada por dispositivos automatizados com placas microcontroladoras [5].

O método de detecção facial utilizada neste projeto foi definido por Viola e Jones [8], os quais utilizaram de métodos denominados Características de Haar que converte imagens para o tom de cinza em busca de padrões de bordas, linhas e centro denominadas *features Haar* para detecção de objetos e possivelmente faces [8][9]. Logo, foi utilizado o controle ocular, um meio de enviar informações com os olhos e as pálpebras.

Os trabalhos de [10][11][12] fornecem contexto e fundamentação para o controle ocular e detecção facial para pessoas com tetraplegia, entretanto o projeto em

desenvolvimento diferencia-se pelo fato de controlar placas microcontroladoras Arduino para domótica.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema em desenvolvimento é construído principalmente na linguagem de programação Python, fazendo uso das bibliotecas Dlib e OpenCV. Essas bibliotecas permitem o processamento de imagens, análise e mapeamento preciso de 68 pontos faciais na região facial do usuário, com destaque para a região dos olhos. Esse procedimento fornece informações detalhadas sobre a disposição dos pontos relacionados aos olhos, o que possibilita ao software calcular a Relação do Aspecto do Olho (EAR - *Eye Aspect Ratio*). Este indicador é utilizado para determinar o estado dos olhos, identificando se os mesmos se encontram abertos ou fechados. A partir desta verificação, e do tempo entre o fechar e abrir dos olhos, são determinados os eventos que determinado como “piscada curta” e “piscada longa”. Esses eventos são essenciais para a interação do usuário com a interface gráfica.

A interface gráfica foi desenvolvida utilizando a biblioteca PySimpleGUI [13], com foco na simplicidade e facilidade de uso. Ela apresenta menus de controle que o usuário pode navegar usando o evento de “piscada curta”. Quando o usuário encontra a ação que deseja, seja para entrar em um submenu ou executar uma operação, ele realiza uma “piscada longa” para realizar a ação, de forma análoga ao click do mouse.

Neste contexto, se a ação envolve um acionamento de um dispositivo eletrônico, o sistema estabelece a comunicação com um microcontrolador conectado a uma porta USB do microcomputador para executar a ação desejada.

O microcontrolador utilizado é o ATmega328P, que faz parte da placa de prototipagem eletrônica Arduino UNO. Este hardware embarcado tem a função de receber os comandos provenientes da interface gráfica e efetuar o controle do dispositivo eletrônico selecionado. Para realizar a interface elétrica com os dispositivos foram empregados módulos relês, os quais permitem o acionamento de aparelhos conectados à rede elétrica. Adicionalmente, para o controle de dispositivos que normalmente utilizam controles remotos, como televisores e aparelhos de ar-condicionado, foram utilizados LEDs emissores de infravermelho, possibilitando o controle desses dispositivos de forma remota.

Na Figura 1 apresenta-se o gráfico das situações dos olhos em dois momentos. A primeira situação ocorre quando os olhos estão abertos, o que resulta em um valor EAR maior que 0,23. A segunda situação, por outro lado, ocorre quando os olhos estão fechados, resultando em um valor EAR menor que 0,23.

O processo que leva à identificação dos eventos de “piscada curta” e “piscada longa” até o acionamento dos dispositivos, é composto por várias etapas, que estão ilustradas de forma detalhada no fluxograma da Figura 2.

O processo começa com a captura da imagem proveniente da câmera. Em seguida, cada quadro é



convertido para escala de cinza, otimizando o processamento das etapas subsequentes.

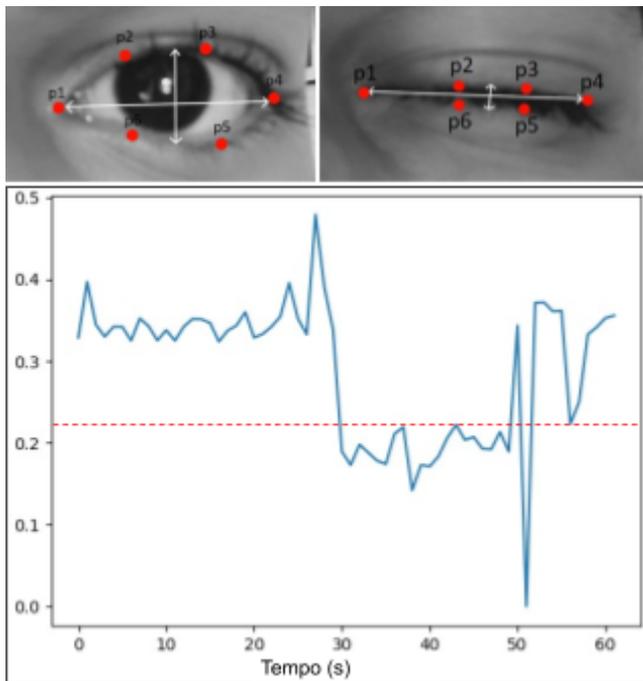


Fig. 1 - Pontos oculares e gráfico do EAR ao longo do tempo, ilustrando diferentes situações. Fonte: autoria própria

Para determinar a face mais relevante na imagem, foi calculada a distância entre as extremidades do rosto. Isso possibilitou a identificação da face mais próxima do dispositivo de captura de imagem, que foi, então, selecionada para análise ocular. O próximo passo foi realizar o cálculo do EAR (Eq. 1) a essa imagem contendo a face selecionada.

$$EAR = \frac{\|p2 - p6\| + \|p3 - p5\|}{2\|p1 - p4\|} \quad \text{Eq. (1)}$$

Para determinar a face mais relevante na imagem, foi calculada a distância entre as extremidades do rosto. Isso possibilitou a identificação da face mais próxima do dispositivo de captura de imagem, que foi, então, selecionada para análise ocular. O próximo passo foi realizar o cálculo do EAR (Eq. 1) a essa imagem contendo a face selecionada.

Quando o software detecta que o olho do usuário está fechado, ele registra o tempo durante o qual permaneceu nesse estado até ser aberto novamente, o que pode gerar os eventos de "piscada curta" ou "piscada longa". Esses eventos são então processados na interface gráfica, possibilitando a interação do usuário.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O projeto encontra-se no final do desenvolvimento, os procedimentos de captura da imagem, detecção facial, seleção da face principal, marcação dos pontos faciais,

obtenção da área de interesse (olhos), cálculo dos EAR e identificação da ação de piscar os olhos já são realizados.

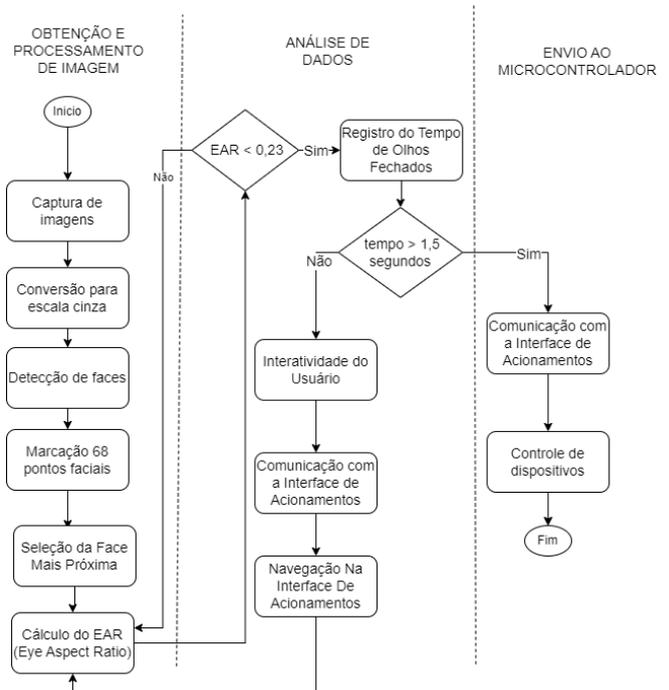


Fig. 2 - Fluxograma das etapas do processo de controle doméstico. Fonte: autoria própria.

Também desenvolveu-se uma interface gráfica (Figura 3) que apresenta o painel de funcionalidades de interação, nesta interface foram implementados os controles de acionamentos dos dispositivos eletroeletrônicos. Nesta etapa o protótipo de acionamento é formado pela placa Arduino e o módulo relê, sendo possível interpretar as mensagens e realizar os acionamentos.

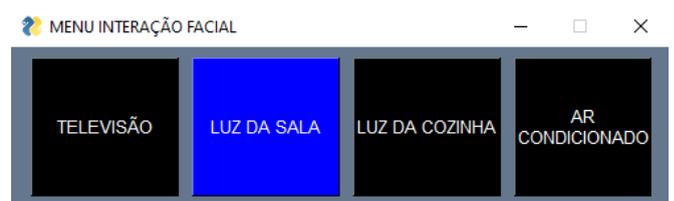


Fig. 3 - Menu de interação (2º item selecionado). Fonte: autoria própria.

Utilizou-se um computador com processador i5 de 2.00GHz e 8Gb de ram e uma câmera (Full HD 1080p) para testes iniciais com aproximadamente 50 pessoas, sem nenhuma deficiência corporal. Neste teste piloto, em um contexto de apresentação do projeto para estudantes do ensino médio, os participantes conseguiram interagir com o sistema, mudando os botões da interface utilizando os olhos, entretanto, fatores que dificultaram o controle foram a variação da dimensão dos olhos, mais especificamente os candidatos com pouca abertura das pálpebras, e a luminosidade local. Para minimizar estes problemas,



planeja-se nas próximas etapas, uma fase de parametrização e personalização dos algoritmos para adaptação para cada usuário e ambiente. Ressalta-se que esse teste foi piloto e que novos testes de usabilidade com análise estatísticas serão realizados. Além disso, planeja-se realizar testes com pessoas com deficiência motora severa, visando as melhorias necessárias no sistema para melhor adaptação, usabilidade e levantamento de novas funcionalidades.

V. CONCLUSÕES

Este trabalho tem como base a integração da Tecnologia Assistiva, Domótica e Visualização Computacional, denominada de Domótica Assistiva como propósito de permitir que pessoas com tetraplegia controlem dispositivos eletrônicos, utilizando as pálpebras, proporcionando-lhes maior independência e melhor qualidade de vida.

O custo acessível da placa Arduino e dos dispositivos utilizados torna a inclusão dessas pessoas uma possibilidade economicamente viável. Além disso, o processo é simplificado e pode ser personalizado de acordo com as necessidades individuais dos usuários.

O sistema é de código aberto, o que significa que está livre para modificações e pode servir de inspiração para outros projetos. Os códigos desenvolvidos se encontram no GitHub a partir do link seguinte: <<https://github.com/Barradas13/DomoticaAssistiva>>.

Ao fim deste projeto, almeja-se disponibilizar uma solução acessível, de custo reduzido e personalizável, contribuindo assim para a construção de um mundo mais inclusivo e igualitário para os deficientes tetraplégicos.

REFERÊNCIAS

- [1] IBGEeduca, “IBGE - Educa | Jovens”, IBGE Educa Jovens. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/20551-pessoas-com-deficiencia.html>. Acessado: 16 de setembro de 2023
- [2] Baldassin, Valéria, et al. “Tecnologia assistiva e qualidade de vida na tetraplegia: abordagem bioética”. Revista Bioética, vol. 26, no 4, dezembro de 2018, p. 574–86. DOI. doi.org/10.1590/1983-80422018264276.
- [3] Piedade, Ana Filipa dos Santos. Qualidade de vida e expectativas futuras: perspectiva de vida de tetraplégicos com suporte ventilatório de longa duração. 2012. masterThesis. repositorio.ul.pt, <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/6576>.
- [4] BRASIL, “Lei no 13.146, de 6 de julho de 2015”, Institui a lei brasileira de inclusão da pessoa com deficiência. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm. [Acessado: 11 de outubro de 2023]
- [5] De Souza Lima, Vinicius, et al. Implementação De Uma Automação Residencial Utilizando Arduino Uno. 2017. DOI. org, <https://doi.org/10.19146/pibic-2017-77965>.
- [6] Conte, Elaine, et al. “Tecnologia Assistiva, DIREITOS HUMANOS E EDUCAÇÃO INCLUSIVA: UMA NOVA SENSIBILIDADE”. Educação em Revista, vol. 33, no 0, setembro de 2017. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1590/0102-4698163600>.
- [7] Wanzeler, Tiago, et al. “Desenvolvimento de um sistema de automação residencial de baixo custo aliado ao conceito de Internet das Coisas (IoT)”. Anais de XXXIV Simpósio Brasileiro de Telecomunicações, Sociedade Brasileira de Telecomunicações, 2016. DOI. doi.org/10.14209/sbrt.2016.176.
- [8] Planells Lerma, Joaquín. Implementación del algoritmo de detección facial de Viola-Jones. 2010. Universitat Politècnica de València, Proyecto/Trabajo fin de carrera/grado. riunet.upv.es, <https://riunet.upv.es/handle/10251/8774>.
- [9] Sharma, S., et al. “FAREC — CNN based efficient face recognition technique using Dlib”. 2016 International Conference on Advanced Communication Control and Computing Technologies (ICACCCT), 2016, p. 192–95. IEEE Xplore, doi.org/10.1109/ICACCCT.2016.7831628.
- [10] “IoT Based Smart Home for Paralyzed Patients through Eye Blink”. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, vol. 10, no 2, abril de 2021, p. 1408–17. DOI. doi.org/10.30534/ijatcse/2021/1291022021.
- [11] Siddiqui, Sadique Adnan, et al. “Multi-Modal Depth Estimation Using Convolutional Neural Networks”. 2020 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR), IEEE, 2020, p. 354–59. DOI. doi.org/10.1109/SSRR50563.2020.9292608.
- [12] Acharjee, Jashaswimalya, e Suman Deb. “Identification of Significant Eye Blink for Tangible Human Computer Interaction”. 2021 International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE), IEEE, 2021, p. 179–83. DOI., doi.org/10.1109/ICACITE51222.2021.9404595.
- [13] Organization, Sdiwc. “A brief demonstration of some Python GUI libraries”. The 8th International Conference on Informatics and Applications (ICIA2019), janeiro de 2019. www.academia.edu, https://www.academia.edu/40239313/A_brief_demonstration_of_some_Python_GUI_libraries.