

INSTITUTO FEDERAL

Sertão Pernambucano

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
SERTÃO PERNAMBUCANO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE INFORMÁTICA
SISTEMAS PARA INTERNET**

MÁRCIO MATHEUS DE SOUZA FERREIRA

**UM SISTEMA ABERTO PARA APLICAÇÃO DE PROVAS DE MÚLTIPLA
ESCOLHA COM SUPORTE DE RASTREAMENTO OCULAR ATRAVÉS DO
OPENCV**

SALGUEIRO

2021

MÁRCIO MATHEUS DE SOUZA FERREIRA

UM SISTEMA ABERTO PARA APLICAÇÃO DE PROVAS DE MÚLTIPLA
ESCOLHA COM SUPORTE DE RASTREAMENTO OCULAR ATRAVÉ DO
OPENCV

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Coordenação do curso de Informática do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Sertão Pernambucano, campus
Salgueiro, como requisito parcial à obtenção do
título de Tecnólogo em Sistemas para Internet.

Orientador(a): Prof. Marcelo Anderson Batista
dos Santos.

SALGUEIRO

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F383 Ferreira, Márcio Matheus de Souza.

Um sistema aberto para aplicação de provas de múltipla escolha com suporte de rastreamento ocular através do OPENCV / Márcio Matheus de Souza Ferreira. - Salgueiro, 2021.
24 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Sistemas para Internet) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Salgueiro, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Marcelo Anderson Batista dos Santos.

1. Tecnologia educacional. 2. Desenvolvimento de software. 3. tecnologia de visão computacional. 4. biblioteca OpenCV. I. Título.

CDD 371.334

MÁRCIO MATHEUS DE SOUZA FERREIRA

UM SISTEMA ABERTO PARA APLICAÇÃO DE PROVAS DE MÚLTIPLA
ESCOLHA COM SUPORTE DE RASTREAMENTO OCULAR ATRAVÉ DO
OPENCV

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Coordenação do curso de Informática do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Sertão Pernambucano, campus
Salgueiro, como requisito parcial à obtenção do
título de Tecnólogo em Sistemas para Internet.

Aprovado em 05 de abril de 2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Marcelo Anderson Batista dos Santos (IF Sertão PE)
Orientador

Prof. Leonardo Campello (IF Sertão PE)
Membro Interno

Prof. Francenila Souza (IF Sertão PE)
Membro Interno

SALGUEIRO

2021

Um Sistema Aberto para Aplicação de Provas de Múltipla Escolha com Suporte de Rastreamento Ocular através do OpenCV

Márcio Matheus de Souza Ferreira¹, Marcelo Anderson Batista dos Santos²

¹Sistemas para Internet – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sertão de Pernambuco (IF Sertão - PE)
Salgueiro - PE - Brasil

marcio.matheus@aluno.ifsertao-pe.edu.br, marcelo.santos@ifsertao-pe.edu.br

Abstract. *This work has the proposal of presenting software that can help people with motor disabilities in carrying out their activities and school evaluations, given that currently the most used methods for carrying out these activities depend on total or partial intervention by third parties, the software is committed to deliver more autonomy to these students, through computer vision technology with the OpenCV library and eye tracking, it is possible to develop the proposed software and present that it is only with the eyes that it is possible to answer multiple choice questions without the direct intervention of someone. The results obtained with the software were quite satisfactory, showing an assertiveness rate of 100% in the primary tests performed in an environment with adequate lighting.*

Resumo. *Este trabalho tem a proposta de apresentar uma software que pode auxiliar pessoas com deficiências motoras na realização de suas atividades e avaliações escolares, dado que atualmente os métodos mais utilizados para a realização dessas atividades depende de intervenção total ou parcial de terceiros, o software se compromete a entregar mais autonomia a esses alunos, através da tecnologia de visão computacional com a biblioteca OpenCV e o rastreamento ocular, pode-se desenvolver o software proposto e apresentar que apenas com os olhos é possível responder questões de múltipla escolha sem a intervenção direta de alguém. Os resultados obtidos com o software foram bastante satisfatórios, mostrando uma taxa de assertividade de 100% nos testes primários realizados em ambiente com iluminação adequada.*

1. Introdução

A deficiência consiste na falta ou diminuição de algumas funções, podendo essas serem físicas, cognitivas, mental, sensorial, emocional, de desenvolvimento, podendo também ocorrer em alguns casos as combinações de duas ou mais dessas, sendo essas classificadas como múltiplas deficiências, elas podem ser causadas por uma anomalia cromossômica, doenças congênitas adquiridas na gravidez, assim como também uso de álcool, tabaco ou drogas na gravidez, ou até mesmo acidentes. Essas deficiências impõem limitações, dificultando para pessoas que as possuem executarem tarefas corriqueiras do dia a dia.

Em um levantamento feito pela Organização Mundial de Saúde (OMS):

“Mais de um bilhão de pessoas vivem com algum tipo de deficiência, o que representa cerca de 15% da população mundial (com base nas estimativas de 2010 da população global). Isto representa um número maior que o

anteriormente estimado pela Organização Mundial da Saúde, datado de 1970, e que vislumbrava um número em torno de 10%. De acordo com a Pesquisa Mundial de Saúde, cerca de 785 milhões de pessoas (15,6%) com 15 anos ou mais vivem com algum tipo de deficiência. ” (OMS, 2011, p. 269)

Pode-se notar uma dificuldade sobre os profissionais da educação quando se trata da inclusão de pessoas com necessidades especiais no âmbito escolar (FARIAS, 2014), seja por não estar preparado para receber pessoas com algum tipo de deficiência ou por falta de recursos da instituição de ensino que nem sempre estão prontas para receber pessoas com necessidades especiais.

Uma dessas grandes dificuldades é refletida na aplicação de avaliações dentro de salas de aulas, segundo a Secretaria de Educação Especial (2006) os educadores não conseguem executar uma avaliação que torne prática e simples para o aluno com necessidades e para ele próprio. Como exemplo de um aluno com dificuldades motoras, dado que esse não consegue escrever ou ao menos assinalar questões, qual seria a melhor forma de aplicar uma avaliação?

Essas pessoas vivem a cada dia com a dificuldade de executar tarefas que para aqueles que não possuem nenhuma deficiência são consideradas simples, tarefas como subir uma escada ou até mesmo escovar os dentes pode se tornar desafiante a depender do tipo e o grau da deficiência que essa pessoa possui.

Considerando as dificuldades e necessidades surge a vontade de procurar alguma forma que possa tornar as vidas dessas pessoas melhores com autonomia em desenvolver e diminuir o nível de dificuldade em executar tarefas diárias. Ao observarmos os números apresentados podemos ver como é crescente a quantidade de pessoas com deficiência, pessoas que precisam de auxílio para se inserir em ambientes, se comunicar ou caminhar pela rua, porém com os avanços tecnológicos que temos a cada dia, tem-se investido em recursos para disponibilizar cada vez mais acessibilidade e melhoria de vida para pessoas com os diversos tipos de deficiência.

1.2. Justificativa

O presente trabalho se propõe a apresentar uma solução tecnológica, voltada para a área da tecnologia assistiva que pode auxiliar pessoas com deficiência motora a realizar uma atividade educacional que é a realização de avaliações de aprendizado através de questões de múltipla escolha, onde para essas pessoas não é algo tão simples de ser realizado, dado que em certos casos é necessária a intervenção parcial ou total de alguém junto ao aluno para que ele consiga realizar a avaliação.

Mesmo a comunidade acadêmica discutindo arduamente diariamente sobre a mudança de paradigmas educacionais, dentre eles as formas de avaliação, ainda são utilizadas em ampla escala essa prática e forma de avaliar o conhecimento adquirido pelo aluno durante sua vida educacional com avaliações de múltipla escolha.

O objetivo do *software* desenvolvido é mostrar que apenas com o piscar de olhos alunos com deficiência motora podem vir a realizar suas avaliações sem a necessidade de uma intervenção constante de um educador ou de uma pessoa terceira junto a eles, o *software* proporciona um nível de autonomia onde eles podem responder suas avaliações sozinhos, e com um baixo custo, sem a necessidade de aquisição de equipamentos caros.

2. Estado da arte

2.1. Tecnologia Assistiva (TA)

Tecnologia assistiva é uma palavra que vem do inglês *Assistive Technology* e foi traduzida para o mais semelhante possível, já que a palavra assistiva não existe no dicionário português, assim como *assistive* não existe no dicionário inglês, porém foi um termo que surgiu em 1998 com a *Assistive Technology act* de 1998 que foi uma renovação de um elemento jurídico norte-americano lançado em 1988, esse elemento faz parte de um pacote de leis que institui direitos a cidadãos estadunidenses com deficiências e da base legal para o uso de fundos públicos para aquisição de recursos que facilitem ou deem independência a essas pessoas.

No Brasil o conceito de Tecnologia Assistiva foi definido pelo CAT como:

“Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de características interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social.” (Comitê de Ajudas Técnicas, 2007)

Desde sua criação, as mais diversas áreas de estudo vêm se aprofundando nessas tecnologias, podendo citar várias, como engenharia, computação, educação, dentre outras vem estudando e aprimorando técnicas e produtos que possam tornar possível o acesso de pessoas com deficiências a ambientes físicos e digitais de forma que elas se sintam menos ou que nem sintam o impacto da sua deficiência naquele ambiente no qual foi incluído com ajuda de determinado produto.

Se voltarmos nosso olhar no uso da TA apenas para a educação temos inúmeras aplicações já utilizadas para possibilitar pessoas com deficiências físicas, visuais, auditivas, intelectuais, dentre outras, assim como é possível observar na série de textos *Informática na Educação* publicado pela Sociedade Brasileira de Computação (SBC) através da sua Comissão Especial de Informática na Educação (CEIE) em 2019, em todo o trabalho são apresentadas variadas tecnologias já utilizadas no ensino brasileiro desde tecnologias mais complexas como sintetizador de voz em braile para que pessoas com deficiência visual possam utilizar computadores, até tecnologias simples como o suporte de lápis acoplado a mão como na figura 1 possibilitando que indivíduos com deficiências motoras possam escrever com mais facilidade.

Figura 1. Suporte de Lápis e Caneta para pessoas com deficiência motora.



Fonte: Instituto INE

Desde construtos simples como uma rampa de acesso, até uma prótese de um membro são tecnologias assistivas e a importância do estudo e avanço dessas tecnologias é de imenso valor social, pois ajudará cada vez mais o acesso a pessoas com deficiências a ter uma vida mais independente e com autonomia possível.

2.2. Rastreamento Ocular: O que é e sua evolução

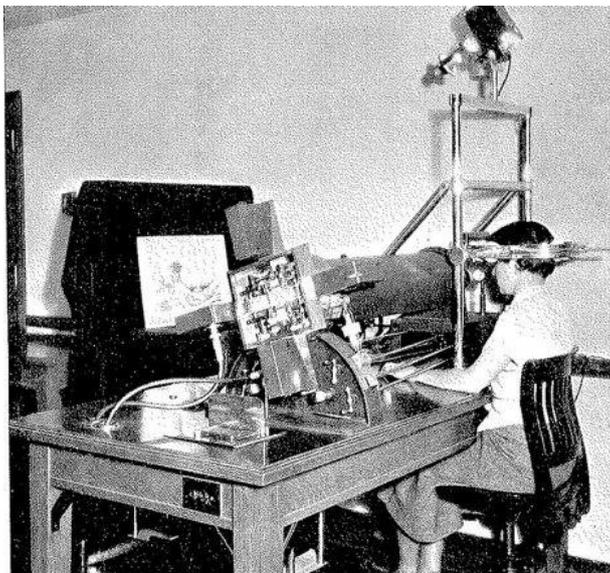
O rastreamento ocular como apresentado por Forster (2017) consiste em um método capaz de monitorar a posição relativa dos olhos durante um estímulo visual, como leitura, observação de imagens, dentre outros, com a finalidade de estudar a atenção visual de um indivíduo, permitindo assim determinar um ponto fixo para o qual você está olhando, por quanto tempo e a sequência que segue na exploração visual.

O primeiro rastreamento ocular conhecido foi feito em 1879 pelo oftalmologista francês Louis Émile Javal, onde o mesmo queria observar a reação do olho de seus pacientes durante a leitura, essa observação foi feita a olho nu sem uso de nenhum equipamento, como mostrou a *EyeSee* (2014).

Segundo a *EyeSee* (2014), já em 1908 o psicólogo Edmund Huey decidiu construir uma máquina altamente intrusiva para estudar sobre a psicologia durante a leitura, a máquina usava uma espécie de lente de contato onde o paciente as colocava e essas, vinham apenas com a abertura da pupila e eram fixas a uma espécie de ponteiro que ia apontando para onde eles olhavam enquanto realizavam leituras.

Em 1937, o psicólogo educacional, Guy Thomas Buswell usou feixes de luz que se refletiam nos olhos dos leitores e os gravava em filme. A pesquisa de Buswell indicou que existe uma diferença significativa entre a leitura oral e silenciosa, como mostrado pela *EyeSee* (2014).

Figura 2. Máquina usada por Buswell para fotografar o movimento dos olhos.



Fonte: EyeSee, 2014.

Ainda segundo a *EyeSee* (2014), foi durante as décadas de 1970 e 1980 que a tecnologia de rastreamento ocular começou a tomar impulso, na década de 70 os rastreadores se tornaram menos intrusivos e conseguiram agora determinar apenas o movimento dos olhos, ignorando o movimento da cabeça, quanto que na década de 80 o

aumento dos desempenhos dos computadores proporcionou os estudos de rastreamento com tempo real em vídeo. Ao início dos anos 2000 o rastreamento ocular começou a ser amplamente utilizado tanto por empresas como pelo ramo científico de modo a estudar desde reações a determinados produtos como a ajuda de um diagnóstico de doenças oftalmológicas.

Nos rastreadores oculares mais recentes, utilizam tecnologia de sensores infravermelhos de proximidade agregados a uma câmara de elevada resolução que permite rastrear a direção do foco visual, baseado num conceito denominado de Reação Pupilar Centro Corneal (PCCR), que consiste no sensor infravermelho disparar um raio no olho do usuário o que causa um padrão de reflexão nas córneas e à medida que o olho é movimentado as córneas mudam esse padrão de reflexão, então a câmara captura a imagem do olho e com auxílio dos reflexos infravermelhos consegue calcular com precisão para onde está o foco visual, como mostraram Okamoto e Furquim (2020).

Atualmente o rastreamento ocular é utilizado em ampla escala por empresas de análise comportamental, empresas de divulgação e marketing para analisarem os dados de visão dos usuários de determinados produtos e serviços e tentarem achar um padrão que fique fácil agrandar a maior parte dos usuários visualmente, fazendo assim com que esses usuários interajam e comprem cada vez mais aquele produto ou serviço, como exemplo temos empresas que utilizam raios infravermelhos em prateleiras de supermercados para verificar quais os padrões de organização de produtos são mais confortáveis para os clientes, assim eles conseguem fazer um mapeamento com os dados coletados e definem qual a melhor estratégia para cada prateleira vender mais determinados produtos.

2.3. Tecnologias Assistivas (TA) e Rastreamento Ocular: Oportunidades e Desafios

Com os avanços tecnológicos alcançados no decorrer dos anos e cada vez mais o público acadêmico se preocupando com a acessibilidade de pessoas com deficiências, novas tecnologias surgem com o intuito de ajudar essas pessoas a reduzirem as dificuldades impostas por suas deficiências físicas e mentais.

Dentre tantas tecnologias chegamos ao uso do rastreamento ocular com as TA's, esse tipo de uso tecnológico traz um amplo leque de possibilidades de construção de ferramentas e produtos que podem ser entregues à sociedade trazendo um certo nível de normalidade a pessoas com dificuldades físicas ou mentais.

Assim como é muito utilizada uma frase da antiga diretora do Centro Nacional de Apoio para Pessoas com Deficiência da IBM, Mary Pat Radabaugh “Para as pessoas sem deficiência a tecnologia torna as coisas mais fáceis. Para as pessoas com deficiência a tecnologia torna as coisas possíveis. ”, e é devido a pensamentos como esses que temos hoje várias ferramentas que possibilitam cada vez mais pessoas com as mais diversas deficiências viver de forma autônoma, sem a necessidade de ajuda direta de outras pessoas.

Com o passar do tempo tornou-se possível compactar as tecnologias que antes atingiam proporções prediais para caber na palma da mão, vários equipamentos físicos de rastreamento ocular puderam ser produzidos, como exemplos de óculos e tarjas captadoras, todas com minúsculas câmeras embutidas para captação dos movimentos, e com essa inclusão ainda mais oportunidades surgem.

Como exemplo podemos fazer uma breve suposição onde, uma cidade está querendo implantar novas rampas de acesso a cadeirantes e pessoas com mobilidades debilitadas, para isso a equipe responsável decide adquirir óculos de rastreamento ocular, e chama 10 pessoas com mobilidades debilitadas da cidade para um experimento.

Eles colocam os óculos nessas pessoas e pedem para elas usarem esses por 1 semana enquanto estiverem a transitar pelas ruas da cidade, 1 semana depois eles recolhem os óculos e fazem uma análise dos dados captados. Através dos dados eles podem cruzar as informações de cada um dos participantes e analisar quais pontos eles mais observaram durante as suas voltas pela cidade e assim decidir onde colocar cada rampa de acesso.

Com esse exemplo pode-se ver que além de minimizar o tempo de tomada de decisão da equipe de implantação das rampas é aumentada a assertividade das localidades para melhor colocação da rampa, sendo que agora eles têm dados reais de pessoas que passam por essa dificuldade que é a falta das rampas no dia a dia, sendo assim é possível obter com mais precisão um resultado satisfatório para a população com mobilidades debilitadas, em geral, naquela cidade.

Esse é um simples exemplo para a rápida compreensão do uso desse tipo de tecnologia para a melhoria de vida de pessoas com deficiência, podendo torná-los até certo ponto, totalmente independentes em suas atividades cotidianas.

Porém, essa tecnologia ainda carrega consigo alguns desafios a serem superados quando falamos de implementação dessas soluções, de início temos um certo grau de dificuldade em realizar o rastreamento, dado que depende de várias variáveis o grau de precisão dessa captação, podemos citar como exemplo se uma pessoa estiver em um ambiente muito escuro, isso pode diminuir a precisão de leitura do dispositivo utilizado.

Outro fator de grande importância é a qualidade da câmera que faz a captura, a depender da câmera que captará a imagem a ser rastreada, a iluminação do ambiente onde o usuário está tem que ser bem distribuída, assim como a distância entre o olho do usuário e a câmera também pode se tornar um problema a depender da qualidade da mesma.

Mais um fator de grande impacto é a inclinação da cabeça, quando falamos de pessoas com deficiências motoras ficar com a cabeça em uma inclinação que fique de fácil reconhecimento da câmera não é tão fácil sem a ajuda de um suporte apropriado.

A maioria das dificuldades encontradas no uso dessas tecnologias podem ser resumidas em uma dificuldade financeira, já que a maior parte dessas dificuldades dependem da qualidade da câmera o que leva a compra ou produção de um equipamento com qualidade elevada e conseqüentemente com seu preço elevado, sendo assim ainda é difícil achar no mercado um produto voltado para rastreamento ocular com um baixo custo e uma qualidade razoável.

2.4. Trabalhos relacionados às Tecnologias Assistivas e ao Rastreamento Ocular

No trabalho desenvolvido por Fernandes et al. (2018) mostra que em uma parceria entre o Centro Estadual de Prevenção e Reabilitação da Pessoa com Deficiência Cepred a Universidade Federal da Bahia - UFBA/ Instituto de Física e o Instituto de Psicologia

dessa mesma universidade foi realizado um estudo do uso de rastreamento ocular para auxílio na reabilitação auditiva para pessoas com múltiplas deficiências.

Onde foi criado um Software que auxilia profissionais da saúde a identificar o grau ou existência de deficiência auditiva em pessoas com múltiplas deficiências, o referido software conta com um banco de dados de 244 imagens divididas em módulos que vão de entrevistas sociais até intervenções psicológicas.

Segundo o trabalho publicado o sistema apresenta imagens na tela e com o auxílio de profissionais de saúde eles vão estimulando perguntas ao paciente e com o rastreamento ocular o mesmo consegue responder na tela do computador com polegar para cima correspondente a sim e polegar para baixo correspondente a não.

Em outro artigo publicado pela revista Gestão e Tecnologias de Projetos da USP de Merino et al. (2018) foi feita uma pesquisa com os óculos do *eye tracking* da SensoMotoric Instruments sendo usados por um cadeirante e um usuário de prótese na perna, onde eles pediram para ambos os usuários dos óculos andassem dentro de alguns prédios da cidade de São Paulo.

Após um certo período pegara as imagens capturadas pelos óculos e as mesmas foram analisadas com o software BeGaze que é responsável por analisar e mostrar a sequência de caminhos que os olhos fazem durante o uso dos óculos, e com os resultados da análise, chegaram a uma conclusão que a falta de informações visuais nos prédios da cidade dificultam a locomoção dentro dos mesmos, sendo assim esse tipo de tecnologia poderia ser usado para melhorar os projetos de construção civil e arquitetônicos dando maior relevância ao público com deficiências.

Outra pesquisa realizada por Silva (2019) fez a construção da estrutura de um óculo e acoplou no mesmo uma câmera HD LifeCam-6000 com leds infravermelhos para captação da imagem em ambientes mais escuros, esse equipamento montado por ele possibilita com a ajuda de alguns *softwares* como a plataforma *Open Source Pupil Labs* para fazer a calibração e rastreamento ocular, permitindo o usuário a manipular o computador apenas com os olhos.

2.5. Inclusão e Avaliação de pessoas com deficiência motora severa dentro da sala de aula

A Declaração de Salamanca destaca a “necessidade de oferecer educação igualitária para todas as crianças e adolescentes com deficiências a partir de escolas mais inclusivas” (UNESCO, 1994). Como resultado, “a implementação de escolas inclusivas tem sido uma meta em muitos países” (LEYSER, Kirk, 2004).

Atualmente o Brasil tem leis que defendem a inclusão de pessoas com deficiência no âmbito educacional, como exemplo temos a política nacional de educação especial que surgiu em 1994, que desafia as escolas a desenvolverem um programa de aprendizagem centrado no educando priorizando a educação daqueles com necessidades especiais.

Contudo, ainda com todas as discussões sobre a inclusão de pessoas com necessidades especiais na escola ainda não é fácil conseguir dar um suporte total e igualitário para os mais variados tipos de deficiência que um aluno pode ter, e nem sempre os educadores estão preparados para lidar com essas variadas diferenças.

Ainda na Declaração de Salamanca ela diz que “Cada criança tem características, interesses, capacidades e necessidades de aprendizagem que lhe são próprias.” (UNESCO, 1994), sendo assim não se pode ministrar aulas, ou aplicar avaliações igualmente para todos, o educando tem que aprender a se moldar a cada aluno e tentar passar o conhecimento e aplicar as avaliações de forma que seja única para cada aluno e de forma que torne simples para ele aprender e realizar determinada atividade.

3. Soluções para Rastreamento Ocular e Seus Custos

Algumas tecnologias já disponíveis no mercado possibilitam o uso do rastreamento ocular para interação com computadores é o exemplo do GP3 desenvolvido pela empresa Gazepoint, um dispositivo compacto ocupando 32 cm x 4,5 cm x 4 cm e pesando apenas 250 gramas, que possibilita apenas com o movimento dos olhos que uma pessoa com limitações físicas consiga acessar sites, e usar o computador.

Figura 3. Dispositivo GP3 desenvolvido pela empresa Gazepoint.



Fonte: EyeComTec.com.

Outro modelo comercializado é o Eye Trib Tracker diferente do apresentado anteriormente este também possui compatibilidade com *tablets*, celulares e outros centros de mídia além de computadores, criado pela empresa The Eye Tribe que adquirida pelo Facebook/Oculus em dezembro de 2016, o dispositivo tem um modelo menor, medindo apenas 20 cm x 1,9 cm x 1,9 cm e pesando apenas 70 gramas.

Figura 4. Dispositivo Eye Tribe Tracker desenvolvido pela empresa The Eye Tribe.



Fonte: EyeComTec.com.

Ambas as tecnologias apresentadas trabalham com o mesmo modelo de negócio, ambas tem uma câmera para captura de imagem e sensores infravermelhos para controle de movimentação ocular, ambos trabalham com um tamanho máximo de tela de 24”, porém a precisão de rastreamento do dispositivo é superior ao segundo conforme informe dos próprios fabricantes, o primeiro possibilita rastreamento mesmo que o usuário tenha uma inclinação de até 15 cm com a cabeça, enquanto o primeiro o usuário tem que estar com a visão alinhada ao monitor completamente para que o dispositivo consiga um bom resultado.

A Tobii, empresa sueca focado no desenvolvimento de tecnologias para rastreamento ocular é uma empresa com inúmeros produtos na área, como exemplo se pode citar os óculos para jogos em realidade virtual como é o caso do produto VR4 apresentado na figura 5.

Outro produto de rastreamento ocular e também voltado aos jogos como o anterior é o Tobii Eye Tracker 5, este apresentado na figura 6 pode rastrear movimentos dos olhos e da cabeça de modo a gerar dados que são analisados pelo *software* proprietário e te dar dicas de como melhorar nos jogos, ainda é capaz também de controlar alguns jogos eletrônicos compatíveis com o modelo da empresa.

Figura 5. Tobii VR4 óculos de rastreamento para realidade virtual.



Fonte: vr.Tobii.com.

Figura 6. Tobii Eye Tracker 5, equipamento de rastreamento ocular e da cabeça.



Fonte: Amazon.com.br.

A Tobii ainda conta com equipamentos no ramo de marketing com análises de UX, análise de organização de produtos em prateleiras e produção de rótulos com óculos que captam e rastreiam cada passo do olhar dos usuários, atendendo com essas tecnologias grandes multinacionais como exemplo da Toyota, Unilever e P&G.

Uma grande aquisição da Tobii foi a norte-americana DynaVox em 2014, uma empresa fundada ainda como um projeto de uma estudante da *Carnegie Mellon University*, o objetivo dela era ajudar na comunicação de uma jovem com paralisia cerebral.

Como seu início já fora dedicada às tecnologias assistivas a Tobii a incorporou a divisão de tecnologias assistivas e através dessa lançou produtos capazes de ajudar pessoas ao redor do mundo, como exemplos desses produtos temos o PCEye, este aparelho tem a função de se conectar a um computador permitindo total controle do mesmo apenas com o movimento dos olhos.

Figura 7. PCEye da Tobii Dynavox.



Fonte: Tobiidynavox.com.

Outro produto da Tobii que pode ser citado é o EyeMobile Plus que é uma base para tablets com Windows 10, e com seus sensores combinam o rastreamento ocular com o reconhecimento de fala, interruptores, bateria e infravermelho para permitir o uso de tablets sem precisar tocar neles.

Figura 8. EyeMobile Plus da Tobii Dynavox.



Fonte: Tobiidynavox.com.

Não só *hardwares*, mas também vários *softwares* são desenvolvidos com o objetivo de ajudar pessoas com as mais diversas deficiências a terem uma vida com mais autonomia possível, para exemplos destes temos ainda da própria Tobii o Windows Control que substitui 100% o mouse e teclado, e com os *hardwares* da empresa permitem total manipulação de um computador com Windows 10.

Podemos citar também o GazeViewer que faz o rastreamento ocular e mostra os dados filmados em um mapa de calor mostrando para onde o usuário olhou a maior parte do tempo, e quais os caminhos ele percorreu em seu campo de visão.

A EyeComTec uma empresa voltada apenas ao desenvolvimento de tecnologias assistivas tem alguns *softwares* de rastreamento ocular como é o caso do ECT Tracker que captura o movimento dos olhos e os estados aberto, fechado ou apenas um olho aberto para realizar controles básicos como digitação.

O ECT Keyboard que é um programa com uma matriz de texto que permite com o ECT Tracker que usuários com habilidades motoras debilitadas possam digitar textos, a EyeComTec traz junto dos seus *softwares* sempre 3 categorias de pacotes, um gratuito para uso de apenas um usuário, porém com algumas funcionalidades inativas, o uso comercial custando 80,00 Euros para ser utilizado por médicos em tratamentos de comorbidades específicas e a utilização por parceiro que é permitido para comercialização em qualquer área, porém com valor a ser combinado com o setor comercial da empresa.

Já os *softwares* da Tobii que oferecem um maior controle sobre os dispositivos contam também com um preço bem mais elevado, até mesmo pelo fato da empresa já ter seu nome estabelecido no mercado e ser utilizada como referência na área em que atua. O Windows Control citado anteriormente é vendido com uma licença de 649,00 Euros sendo que já vem incluso um dispositivo de rastreamento ocular da empresa podendo ser o PCEye plus ou o PCEye Mini, já o GazeViewer traz uma licença de compra única no valor de 299,00 Euros.

Nos *hardwares* da mesma empresa, os apresentados voltados ao rastreamento ocular com relação às tecnologias assistivas citados custam o PCEye 1.249,00 Euros incluindo o software para funcionamento do produto, enquanto o EyeMobile Plus custa 4.345,00 Euros apenas a base, sendo que no site da empresa eles disponibilizam também a versão já com um tablet Microsoft Surface Pro custando 5.345,00 Euros essa segunda opção.

A apresentação desse tipo de dispositivo nos deixa esperançosos em como estamos evoluindo nessa área específica, porém algumas dificuldades ainda são encontradas, ao começar em adquirir esse tipo de dispositivo, no Brasil nenhum dos dispositivos apresentados se encontram disponíveis localmente, e em pesquisa de mercado o único produto com uso de tecnologia de rastreamento ocular encontrada no mercado brasileiro foi o Tobii Eye Tracker 4C.

Esse que ainda pode ser apontado como uma opção após a inclusão no Windows 10 ao suporte nativo de rastreamento ocular utilizando o referenciado dispositivo, o mesmo pode ser encontrado no mercado em uma média de preço de 2.600 Reais, o que nos mostra a maior dificuldade que é o custo.

Como podemos observar os *softwares* da EyeComTec tem um custo baixo, chegando a ter licenças até mesmo gratuitas, porém com limitações e os da Tobii que tem

um alto nível de disponibilidade de recursos tem preços impraticáveis no mercado local, já em relação aos primeiros dispositivos apresentados podemos encontrar o GP3 da Gazepoint que custa entre U\$ 995 à U\$ 1495, enquanto o Eye Trib Tracker custa U\$ 99, a depender da cotação do dólar são preços impraticáveis para uma grande parte da população brasileira pelo menos, isso sem contar com os custos de transporte e importação.

O que pode ser observado até o momento é que apesar de ser uma área de pesquisa muito procurada e com um cunho social de enorme impacto para trazer contribuição e melhoria a vida de milhões de pessoas, os custos dessas tecnologias ainda são bastante elevados, talvez possivelmente pela qualidade dos equipamentos para captura de vídeo que tem que ser usada para obter um grande nível de precisão, ou seja, até mesmo pela complexidade que é oferecer os serviços oferecidos atualmente utilizando essa tecnologia, mais são preços que a depender da localidade e da situação financeira são impraticáveis e se tornam impossíveis de serem adquiridas amplamente.

4. Metodologia

Neste trabalho foi utilizado a pesquisa exploratória, de modo a estudar tecnologias que pudessem proporcionar a implementação de um *software* que pudesse melhorar a vida de alunos com deficiência motora na hora de responder questionários de múltipla escolha, também foi utilizado do método comparativo para mostrar alguns trabalhos que já apresentam algumas soluções assistivas, através do procedimento das pesquisas foram identificadas tecnologias potencialmente capazes de realizar a proposta inicial, as tecnologias utilizadas foram o OpenCV com a linguagem de programação Python, a biblioteca Dlib e o ambiente de desenvolvimento, Anaconda.

A escolha do OpenCV foi dada a vários fatores, podemos destacar que, ele é de licença livre para uso comercial e educacional, conta com suporte para mais de 4 linguagens, tem compatibilidade com os principais sistemas operacionais sendo eles Linux, Windows e MacOS, levando ainda em consideração que a biblioteca é otimizada e pode aproveitar o processamento multi-core, e tem vasta documentação e utilização, sendo registrados mais de 6 milhões de *downloads*.

4.1. OpenCV

Segundo a descrição constante no próprio site, o OpenCV (Open Source Computer Vision Library) é uma biblioteca de visão computacional *open source* multiplataforma. Foi desenvolvida em meados dos anos 2000 pela empresa Intel. O OpenCV reúne todos os recursos necessários para realizar as mais variadas aplicações de visão computacional, abrangendo: aquisição / obtenção de imagens de câmeras digitais, tratamento e processamento de imagens, estáticas e vídeo, e algoritmos de Inteligência Artificial, a biblioteca ainda conta com controle de mouse e teclado, filtros de imagem, calibração de câmera e mais de 350 algoritmos de visão computacional.

A biblioteca é licenciada pela Berkeley Software Distribution (BSD), e está disponível para qualquer pessoa utilizar e modificar seu código. A mesma foi desenvolvida em C/C++, porém dá suporte a linguagens como Java, Python e Visual Basic.

4.2. Dlib

Dlib é um kit de ferramentas C++ moderno contendo algoritmos de aprendizado de máquina e ferramentas para a criação de *software* complexo em C++ para resolver problemas reais. É usado na indústria e na academia em uma ampla variedade de domínios, incluindo robótica, dispositivos incorporados, telefones celulares e grandes ambientes de computação de alto desempenho. O licenciamento de código aberto do Dlib permite que você o use em qualquer aplicativo gratuitamente, como é descrito no seu site.

4.3. Linguagem de Programação Python

Python é uma linguagem de programação interpretada, interativa e com suporte a orientação a objetos. Ela incorpora módulos de digitação dinâmica, exceções, tipos de dados dinâmicos de alto nível e classes. A linguagem Python combina um elevado poder de processamento com sintaxe muito clara. Possui interfaces para várias chamadas e bibliotecas do sistema, bem como para vários sistemas de janelas, e é extensível em C ou C++. Também pode ser utilizada como idioma de extensão para aplicativos que precisam de uma interface programável.

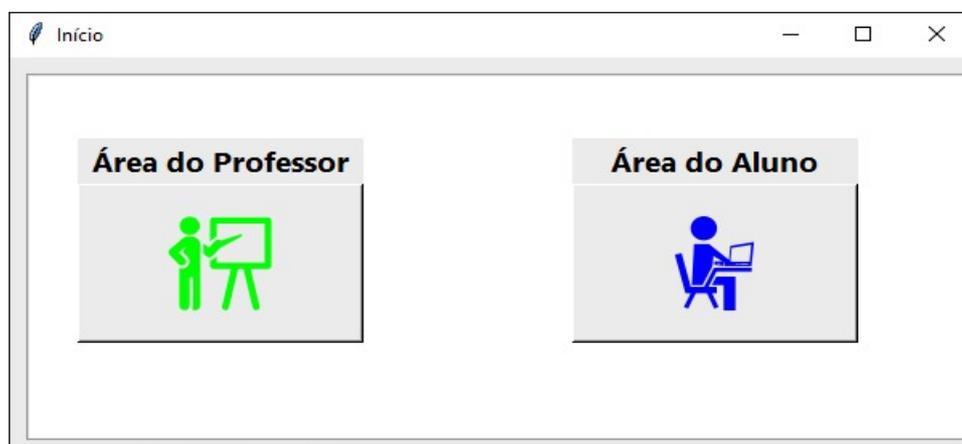
5. Estudo de caso: Respondendo questões de múltipla escolha com OpenCV

5.1. Descrição do Software

O *software* foi pensado para ter o menor custo possível, por isso na sua construção não foi utilizada nenhuma tecnologia de custo muito elevado como será mostrado a seguir. Além das tecnologias já citadas anteriormente de Softwares foi também utilizado para desenvolvimento e testes um notebook com um processador Core I5, 8 GB de memória RAM e 1Tb de memória interna, a câmera utilizada para captação de imagem e rastreamento ocular foi a do próprio equipamento que é uma webcam VGA integrada de 720 *pixels*.

O sistema foi desenvolvido com uma interface amigável e de simples compreensão, tanto para o educador que utilizará para cadastrar as questões como para o educando que irá respondê-las. Iremos aqui criar dois fluxos simples de uso para mostrar a simplicidade do sistema. Ao abrir o *software* teremos a tela inicial onde consta com dois botões para escolha de entrada como professor ou aluno, como mostra a figura 8.

Figura 8. Tela inicial do software.



Fonte: Reprodução própria.

Seguindo o primeiro fluxo do sistema e assumindo que nosso primeiro usuário é um educador então podemos simular a entrada para um cadastro prévio das questões que serão respondidas pelo aluno, clicando no botão “Área do Professor” o mesmo será levado para a próxima tela.

Figura 9. Área do Professor.



Fonte: Reprodução própria.

Nesta tela o professor tem duas opções, a de realizar o cadastro das questões que o aluno será submetido a responder, ou a de corrigir questões anteriores dos alunos que utilizam o *software*, seguindo o fluxo proposto anteriormente caso o professor venha a clicar em “Cadastrar Questões” o mesmo será então redirecionado para a tela de cadastro.

Figura 10. Cadastro de Questões.

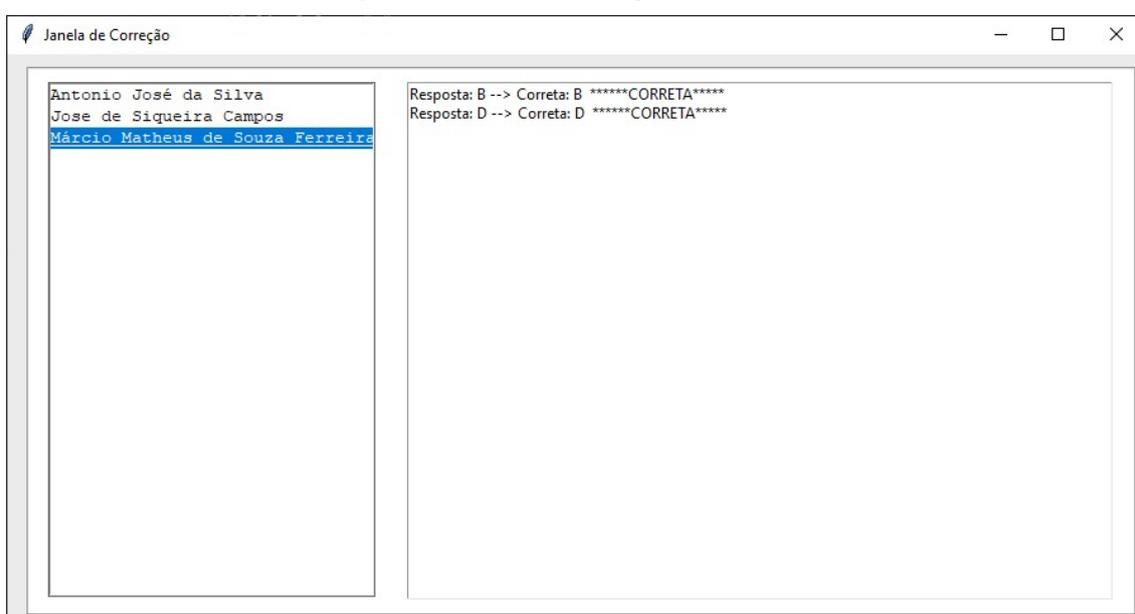
A imagem mostra uma janela de software com o título "Cadastro de Questões". No topo da janela, há ícones para minimizar, maximizar e fechar. O conteúdo principal da janela é um formulário com os seguintes elementos: um campo de texto rotulado "Questão?" com o valor "Questão de Teste"; cinco campos de texto rotulados "Alternativa A:", "Alternativa B", "Alternativa C", "Alternativa D" e "Alternativa E", cada um com o valor correspondente; e uma seção rotulada "Qual a alternativa correta?" com cinco botões de rádio rotulados "A", "B", "C", "D" e "E", onde o botão "B" está selecionado. No canto inferior direito da janela, há um botão verde rotulado "Cadastrar".

Fonte: Reprodução própria.

Nesse momento o professor preenche no campo questão a pergunta e indica abaixo as 5 possíveis alternativas que a pergunta tem, sendo essas explicitamente marcadas de A à E, finalizando essa parte a próxima etapa é indicar qual das alternativas é a correta para que o sistema saiba dizer se o aluno acertou ou errou a questão na tela de correção, para finalizar basta clicar em cadastrar e a questão é cadastrada e a tela limpa para que possam ser cadastradas mais questões se necessário.

Ao voltar para a tela “Área do Professor”, caso algum aluno já tenha realizado antes a resposta de algum questionário e o professor queira ver a correção destas questões, basta ele clicar no botão “Corrigir Questões” e o mesmo será redirecionado para a tela de correção.

Figura 11. Janela de correção de Questões.



Fonte: Reprodução própria.

Quando entra na tela de correção é possível ver o nome de todos os alunos que já responderam o questionário e ao clicar em cima do nome do aluno abrirá ao lado a alternativa escolhida pelo aluno, seguido da alternativa que o professor indicou como correta na hora do cadastro da questão, e logo após vem a indicação expressa se a questão está correta ou errada, facilitando assim a correção do professor.

Encerrando assim o fluxo partindo da premissa que o usuário é um educador, se for assumido que o usuário seja um educando a simulação passa a ser a apresentada a seguir.

Ao voltar à tela “Início” representada na Figura 9 e clicando no botão “Área do Aluno” será aberta a tela mostrada na figura 12.

Figura 12. Área do aluno onde serão respondidas as questões.

Área do Aluno

Nome do Aluno:
Aluno de Teste

Questão:
Na segurança da informação, quando um usuário digita a sua senha ou passa o seu crachá para o sistema conferir a sua identidade, está sendo empregado o princípio da:

A) confidencialidade.

B) integridade.

C) disponibilidade.

D) autenticidade.

E) irretratabilidade (não repúdio).

Fonte: Reprodução própria.

Nessa tela o professor indicará no campo “Nome do Aluno:” o nome do aluno que irá responder às questões, clicando no botão “Iniciar Avaliação” a câmera do dispositivo será acionada e a questão aparecerá na tela com suas respectivas alternativas, a cada três segundos uma alternativa diferente é marcada indicando que o educando pode escolher aquela alternativa.

Quando o aluno decidir qual alternativa ele acha correta basta fechar os olhos por dois segundos e a alternativa será selecionada, o sistema assinala a escolha do aluno como verde e irá emitir um som de uma gota de água indicando que o usuário pode abrir os olhos.

Ao abrir os olhos durante os próximos dois segundos ele poderá ver marcada de verde a alternativa escolhida por ele e o sistema limpará a tela mostrando a próxima questão. Ao finalizar de responder o questionário será emitida uma mensagem na tela informando que chegou ao fim, e a tela de respostas fechará automaticamente.

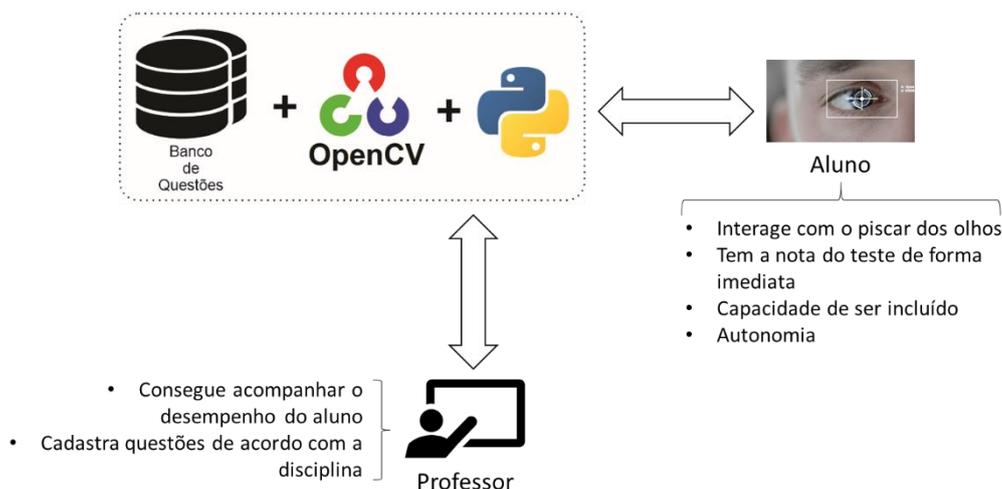
Esses são os dois fluxos possíveis de funcionamento do sistema proposto, um de uso por parte do educador e outro do educando. Analisando a descrição e as imagens acima pode-se perceber que o programa não tem dificuldades impostas, todas as funcionalidades são de simples execução, foi pensado dessa forma para proporcionar às pessoas com deficiências motoras a possibilidade de realizar uma prova ou atividade de múltipla escolha sem a necessidade de uma intervenção direta de alguém, ou constante supervisão. O Software consegue entregar às pessoas com certos tipos de deficiência a autonomia necessária para a realização de uma avaliação escolar tradicional.

5.2. Visão Geral

Na figura 13 temos uma visão geral do funcionamento da solução proposta. Os dois principais atores do sistema são professor e aluno. O aluno consegue responder uma prova

elaborada pelo professor apenas com o piscar dos olhos sem a necessidade de um dispositivo acionador acoplado a qualquer parte de seu corpo.

Figura 13. Visão geral de funcionamento do sistema.



Fonte: Reprodução própria.

Podemos citar como vantagens da aplicação representada na figura 13. Ferramenta gratuita e de código aberto; permite a fácil correção das questões pelo professor; baixo custo, pois é necessário apenas um notebook; auxílio para o professor encontrar os tópicos aos quais o aluno tem maior dificuldade em aprender; utiliza o rastreamento ocular para interação, não sendo necessário uso de teclado, mouse, ou qualquer outra forma de interação por parte do aluno.

5.3. Código Fonte

Na figura 14 é mostrado um trecho do código realizado para fazer o rastreamento ocular. De início temos a função `midpoint()` que serve para calcular com base nas coordenadas dos pontos 1 e 2 da parte superior do olho e os pontos 4 e 5 da parte inferior e retornar as coordenadas do centro do olho tanto na parte superior como inferior.

Logo após temos a função `get_blinking_ratio()` cujo objetivo é pegar as coordenadas do olho e calcular se o mesmo se encontra aberto ou fechado, ela inicia desenhando uma linha horizontal de um lado a outro do olho e depois uma linha vertical, sendo que a vertical é desenhada com o retorno das coordenadas fornecidas pela função `midpoint()`, com as linhas vertical e horizontal ele verifica a largura de ambas e divide a horizontal pela vertical e com esse valor retornado é que saberemos se o olho está aberto ou fechado.

A próxima função chamada de `camera()` é responsável pela captura da imagem e processamento geral do rastreamento ocular. Ela inicia com a chamada a classe `cv2` do OpenCV e passando o parâmetro 0 indica a chamada da câmera do notebook, esse 0 representa a porta onde a câmera está instalada.

A partir daí será chamada a biblioteca `dlib` para pegar os pontos frontais da face por frame capturado e novamente a biblioteca `dlib` para fazer a leitura de um arquivo que contém todas as coordenadas do rosto humano mapeadas.

Então entramos em um laço *while* que irá iterar enquanto a tela estiver aberta, dentro do *while* um frame irá receber as imagens capturadas pela câmera e efetuará a conversão em uma escala cinza, diminuindo a matriz da imagem para um menor custo de processamento. Uma variável *faces* recebe os frames capturados pela câmera detectando o rosto e esses frames são passados em um laço de repetição *for* para iteração dos pontos detectados, que no nosso caso precisamos apenas dos olhos.

No laço de repetição *for* a variável *landmarks* recebe todos os frames em cinza e o *array* de coordenadas do rosto e passa para o método *get_blinking_ratio* com as coordenadas do arquivo já configurado e dos frames recebidos pela câmera. A variável *blinking_ratio* então recebe o cálculo da soma das aberturas do olho esquerdo mais o olho direito e divide por 2, o valor retornado é condizente a quão fechado o olho está, quanto maior for o valor mais sensível se torna o critério, como estamos trabalhando com uma câmera de baixa resolução um critério muito fino como 5 pode tornar o programa muito propício a erro, por isso utilizamos o critério 9 para garantir que os olhos estão realmente fechados.

A partir daí é feita a detecção da questão que estava selecionada no momento e o salvamento da resposta do aluno.

Figura 14. Código Fonte com uso do OpenCV.

```
def midpoint(p1 ,p2):
    return int((p1.x + p2.x)/2), int((p1.y + p2.y)/2)

def get_blinking_ratio(eye_points, facial_landmarks):
    left_point = (facial_landmarks.part(eye_points[0]).x, facial_landmarks.part(eye_points[0]).y)
    right_point = (facial_landmarks.part(eye_points[3]).x, facial_landmarks.part(eye_points[3]).y)
    center_top = midpoint(facial_landmarks.part(eye_points[1]), facial_landmarks.part(eye_points[2]))
    center_bottom = midpoint(facial_landmarks.part(eye_points[5]), facial_landmarks.part(eye_points[4]))

    hor_line_lenght = hypot((left_point[0] - right_point[0]), (left_point[1] - right_point[1]))
    ver_line_lenght = hypot((center_top[0] - center_bottom[0]), (center_top[1] - center_bottom[1]))

    ratio = hor_line_lenght / ver_line_lenght

    return ratio

def camera():
    cap = cv2.VideoCapture(0)
    detector = dlib.get_frontal_face_detector()
    predictor = dlib.shape_predictor("shape_predictor_68_face_landmarks.dat")

    while evento:
        _, frame = cap.read()
        gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
        faces = detector(gray)

        for face in faces:
            landmarks = predictor(gray, face)
            left_eye_ratio = get_blinking_ratio([36, 37, 38, 39, 40, 41], landmarks)
            right_eye_ratio = get_blinking_ratio([42, 43, 44, 45, 46, 47], landmarks)
            blinking_ratio = (left_eye_ratio + right_eye_ratio) / 2

            if blinking_ratio > 9:
```

Fonte: Reprodução própria.

5.4. Teste de Eficiência

Foram efetuados quarenta testes em ambientes e situações diferentes para verificar a viabilidade da utilização do software. Cada teste foi efetuado com dez perguntas onde o pesquisador previamente já sabia as respostas, e pôde-se testar nas seguintes condições: em um ambiente bem iluminado com luz natural, um ambiente com iluminação artificial,

um ambiente pouco iluminado tanto artificialmente como com luz natural. Todas as condições de teste foram feitas com e sem óculos de grau, e cada uma das condições foram testadas cinco vezes.

O software se mostrou mais eficiente em um ambiente com iluminação natural e em ambiente bem iluminado, devido à qualidade da câmera a imagem fica nítida nessa condição de ambiente o que torna o rastreamento e a leitura dos olhos mais fácil, a assertividade foi de 100% em todos os testes executados nessas condições.

Em ambientes com iluminação artificial bem iluminado o resultado também foi bastante consistente, mostrou uma assertividade de 90%, sendo que foi percebido que caso a iluminação esteja diretamente focada no rosto o rastreamento tende a ter mais precisão, já se a iluminação for espalha por todo o ambiente essa tende a cair um pouco devido à imagem que escurece.

Em ambiente com pouca iluminação o resultado não foi satisfatório, tendo nesse ambiente caído a taxa de assertividade para 40%, sendo essa taxa variável a depender de quão pouco iluminado está o ambiente, não havendo diferença se com luz natural ou artificial.

Todos os testes feitos com óculos de grau se provou pouco eficiente, principalmente se a luz ambiente causar algum reflexo nas lentes dos óculos o que impossibilita para a câmera captar os olhos, ou em alguns casos ele tarda a verificar que os olhos estão fechados deixando a taxa de assertividade abaixo de 50% no geral dos testes feitos com óculos.

Os testes foram executados com o próprio pesquisador, pois inicialmente não haveria tempo disponível para a avaliação e a aprovação do conselho de ética, com a finalidade de conseguir a liberação dos testes com pessoas que tenham necessidades reais.

6. Considerações Finais

Neste trabalho foi desenvolvido um software que com o método de rastreamento ocular pode responder perguntas de múltipla escolha previamente cadastradas, com a finalidade de auxiliar alunos com deficiência desde a educação básica até o ensino superior a realizar suas atividade e avaliações de modo mais simples e rápido, sem a necessidade de uma supervisão.

A pesquisa tem um cunho social muito importante dados os números de pessoas com deficiência que não têm acesso ao ensino, a ferramenta pode facilitar o acesso dessas pessoas à escola, dado o fato da facilidade que ela permite em relação à resposta de questionários. Para meu crescimento pessoal o trabalho me proporcionou o conhecimento de novas tecnologias e o melhor entendimento sobre como funciona o rastreamento ocular e as tecnologias assistivas e como esses dois em conjunto podem vir a ajudar milhões de pessoas.

Baseado em um teste realizado comigo mesmo, onde foram cadastradas dez questões prévias as quais eu já sabia as respostas, o programa se mostrou eficaz quando se trata de resolver o problema proposto, o mesmo consegue uma assertividade satisfatória de 100% quando utilizado em um ambiente bem iluminado e sem a presença de óculos no rosto do estudante, considerando que foi utilizado uma câmera VGA de notebook como instrumento de teste já que a proposta era desenvolver um produto com o menor custo possível.

Uma dificuldade encontrada pelo programa é apenas no momento de fazer a leitura em ambientes escuros, pois devido à qualidade da câmera não é possível localizar a posição dos olhos assim como não é possível identificar se os mesmos estão abertos ou fechados.

É de relevante importância continuar com a pesquisa a testar com diferentes categorias de câmera e ir calibrando a precisão do sistema visto que com imagens de melhor qualidade a precisão do rastreamento pode aumentar exponencialmente.

Referências

INSTITUTO INE disponível em:
<https://www.institutoine.com.br/imagessistema/_5ee4ed1faca6d.webp>. Acesso em 15 fev. 2021.

EYECOMTEC.COM disponível em:
<https://eyecomtec.com/img/EyeComTec.Com_LAZgroup_Tech_img18_Gazepoint_GP3_Eye_Tracker.jpg>. Acesso em 15 fev. 2021.

EYECOMTEC.COM disponível em:
<https://eyecomtec.com/img/EyeComTec.Com_LAZgroup_Tech_img04_Eye_Tribe_Tracker_Module.jpg>. Acesso em 15 fev. 2021.

TOBII.COM disponível em:
<<https://vr.tobii.com/wp-content/uploads/2019/05/oem-product-qualcomm.png>>. Acesso em 15 fev. 2021.

AMAZON.COM disponível em:
<https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/615pTffNC4L._AC_SL1500_.jpg>. Acesso em 16/02/2021.

TOBII.DYNAVOX.COM disponível em:
<<https://i.shgcdn.com/d1402793-5fc9-4d34-9c35-484aa9b9de9e/-/format/auto/-/preview/3000x3000/-/quality/lighter/>> Acesso em 16 fev. 2021.

TOBII.DYNAVOX.COM disponível em:
<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRIIdDE3NV_lgmITLg-2iY947GE19KbeU_4Mp_4eOBcYgL4Lrcuf7jabafYgGPIDKTNcL7o&usqp=CAU>. Acesso em 16 fev. 2021.

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO ESPECIAL. Avaliação para identificação das necessidades educacionais especiais. 2006. Disponível em:
<http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/avaliacao.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2021

FARIAS, Karoline Bonardo Insegurança do professor em relação à inclusão. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão Escolar e Coordenação Pedagógica, Escola Superior Verbo Jurídico, Santana, 2014. Disponível em:
<https://monografias.brasilecola.uol.com.br/educacao/a-inseguranca-professor-quanto-inclusao.htm>. Acesso em: 01 mar. 2021.

SARTORETTO, Mara Lúcia; BERSCH, Rita. Tecnologia Assistiva. Assistive, 10 mar. 2020. Disponível em: <https://www.assistiva.com.br/tassistiva.html>. Acesso em: 18 fev. 2021.

EYEESEE. Eye Tracking Through History. Medium, 20 maio 2014. Disponível em: <https://medium.com/@eyesee/eye-tracking-through-history-b2e5c7029443>. Acesso em: 18 fev. 2021.

SILVA, Fernando Eduardo. Recurso de Tecnologia Assistiva Vestível para Rastreamento do Olhar. 8 fev. 2019.

FERNANDES, K. C. de S.; et al. Software de rastreamento ocular adaptado para reabilitação auditiva de pessoas com múltiplas deficiências no SUS. Comunicação em Ciências da Saúde, 2018. Disponível em: <http://www.escs.edu.br/revistaccs/index.php/comunicacaoemcienciasdasaude/article/view/128>. Acesso em: 18 fev. 2021.

MERINO, G. S. A. D.; et al. O foco da atenção visual em pessoas com deficiência motora através do Eye tracking: uma experiência em ambiente construído público. Gestão & Tecnologia de Projetos, 2018. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaoodeprojetos/article/view/146091>. Acesso em: 18 fev. 2021.

FORSTER, Renê. Aspectos da utilização do rastreamento ocular na pesquisa psicolinguística. DELTA, jun. 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-44502017000200609&lng=en&nrm=iso. Acesso em 20 fev. 2021.

SANTANA, Eder Manoel de. Condução de cadeira de rodas usando rastreamento ocular por imagem. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.651>. Acesso em 21 fev. 2021.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. Relatório Mundial Sobre a Deficiência. 2011. Disponível Em: <https://apps.who.int/>. Acesso em 22 fev. 2021.

UOL disponível em: <https://educacao.uol.com.br/noticias/2014/09/23/cerca-de-140-mil-criancas-com-deficiencia-estao-fora-da-escola.htm?cmpid=copiaecola>. Acesso em 01 mar. 2021.

OPENCV disponível em: <https://www.opencv.org>. Acesso em 01 mar. 2021

DLIB disponível em: <https://www.dlib.net>. Acesso em 01 mar. 2021

PYTHON disponível em: <https://www.python.org>. Acesso em 01 mar. 2021