

CENTRO UNIVERSITÁRIO LA SALLE DO RIO DE JANEIRO

**FEELGAZE: UM EYE TRACKER ACESSÍVEL PARA PESSOAS COM
MOBILIDADE REDUZIDA**

Niterói, RJ

2025



Gabriel Gonçalves Soares

FEELGAZE: UM EYE TRACKER ACESSÍVEL PARA PESSOAS COM MOBILIDADE REDUZIDA

Relatório apresentado à 9ª FEMIC - Feira
Mineira de Iniciação Científica.

Orientação do Prof. Thiago Silva de Souza.

Niterói, RJ

2025



RESUMO

Este trabalho apresenta o FeelGaze, um sistema de rastreamento ocular de baixo custo voltado para pessoas com tetraplegia e outras condições de mobilidade severamente reduzidas. O objetivo principal foi criar uma alternativa acessível aos dispositivos comerciais de *eye tracking*, geralmente inacessíveis economicamente para grande parte da população. O sistema foi construído utilizando bibliotecas como MediaPipe para rastreamento facial e ocular, OpenCV para manipulação de imagem, e PyAutoGUI para interação automatizada com o sistema operacional. A interface foi sobreposta à tela principal, exibindo indicadores visuais de estado do clique, barra de progresso por fixação ocular e menu de configuração com ajustes personalizáveis de tempo de fixação e sensibilidade. As ações do sistema são ativadas por tempo de fixação do olhar ou por gestos, como a abertura da boca. A lógica implementada respeita princípios de usabilidade e acessibilidade digital, e a calibração é feita visualmente pelo próprio usuário, sem necessidade de auxílio externo. Os testes realizados demonstraram a funcionalidade estável do sistema em diferentes ambientes de iluminação e confirmaram que o objetivo de fornecer uma solução funcional, acessível e responsiva foi plenamente alcançado. O projeto contribui para a democratização do acesso a tecnologias assistivas e pode ser expandido futuramente para integração com sistemas de comunicação alternativa.

Palavras-chave: acessibilidade digital, rastreamento ocular, tecnologia assistiva, tetraplegia, usabilidade, inclusão.



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 JUSTIFICATIVA.....	7
3 OBJETIVO GERAL	8
4 METODOLOGIA	9
5 RESULTADOS OBTIDOS.....	12
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	16
REFERÊNCIAS.....	18



1 INTRODUÇÃO

A tecnologia assistiva tem desempenhado um papel fundamental na promoção da autonomia de pessoas com deficiências físicas severas, proporcionando meios alternativos de comunicação e interação com o ambiente digital. Em especial, indivíduos com tetraplegia enfrentam barreiras significativas ao utilizar dispositivos tradicionais como teclado e mouse. Nesse contexto, sistemas de rastreamento ocular (*eye tracking*) surgem como uma alternativa promissora, permitindo que ações sejam executadas com base na direção e no tempo de fixação do olhar do usuário. No entanto, o alto custo de dispositivos comerciais de *eye tracking*, como os da linha Tobii, torna seu acesso limitado, sobretudo em países em desenvolvimento (DALMAIJER, 2014).

O projeto FeelGaze foi idealizado com o objetivo de desenvolver uma solução acessível, de código aberto e de baixo custo, que permitisse a usuários com tetraplegia interagir com o computador utilizando apenas o olhar e gestos faciais simples, como a abertura da boca. O sistema foi implementado utilizando bibliotecas como o MediaPipe, para rastreamento facial e dos olhos, e o OpenCV, para processamento de imagem em tempo real. A lógica do sistema incorpora conceitos de interação humano-computador (*Human-Computer Interaction* – HCI), com foco em usabilidade e acessibilidade, respeitando parâmetros como tempo de fixação e zonas de ativação visual (KUMAR et al., 2007; POOLE; BALL, 2006).

Segundo Majaranta e Rähkä (2011), a interação baseada em *eye tracking* pode ser eficaz quando associada a elementos de interface visual que minimizem erros de ativação involuntária e quando ajustável às necessidades individuais do usuário. Dessa forma, o FeelGaze oferece uma interface minimalista sobreposta à tela do sistema operacional, com *feedback* visual constante e possibilidade de calibração personalizada. O usuário pode ativar o clique fixando o olhar em um ponto específico da tela e pode ativar e desativar o clique com um gesto facial, sem a necessidade de auxílio externo.

Revisões recentes da literatura reforçam a importância de soluções de *eye tracking* de baixo custo como ferramenta inclusiva, especialmente em contextos educacionais, clínicos e domiciliares (RAKHMATULIN, 2020; ARBABI et al., 2017). Além disso, o uso de tecnologias livres e acessíveis, como as utilizadas no desenvolvimento do

FeelGaze, pode viabilizar sua aplicação em larga escala, permitindo a customização conforme o perfil de cada usuário.

Portanto, o presente relatório tem como finalidade apresentar a concepção, implementação e resultados alcançados com o desenvolvimento do FeelGaze, ressaltando sua viabilidade técnica, impacto social e potencial para promover inclusão digital a pessoas com severa limitação motora.

2 JUSTIFICATIVA

A crescente demanda por soluções tecnológicas inclusivas têm impulsionado o desenvolvimento de sistemas que visam garantir o acesso equitativo à informação e à comunicação digital. No entanto, ainda há uma lacuna significativa no mercado no que diz respeito a dispositivos assistivos acessíveis para pessoas com deficiências motoras severas, como a tetraplegia. A maioria dos sistemas de *eye tracking* disponíveis comercialmente apresenta custos elevados, dificultando sua adoção em larga escala, especialmente em regiões com menor investimento em tecnologia assistiva.

Nesse contexto, o desenvolvimento do projeto FeelGaze justifica-se por sua relevância na promoção da acessibilidade digital por meio de uma solução de baixo custo, baseada em software livre e componentes não proprietários. A proposta atende aos princípios da inclusão e da democratização da tecnologia, ao possibilitar que indivíduos com mobilidade reduzida interajam com dispositivos computacionais de forma autônoma, utilizando apenas o olhar e gestos faciais simples.

Além disso, o projeto contribui com a área de interação humano-computador (*Human-Computer Interaction* – HCI) ao aplicar e adaptar técnicas de detecção facial e ocular a partir de bibliotecas como MediaPipe e OpenCV, dentro de um contexto funcional e socialmente aplicável. Ao integrar funcionalidades como clique por fixação do olhar, sobreposição de interface, ativação e desativação do clique, o sistema se alinha com diretrizes modernas de usabilidade e personalização, promovendo uma experiência centrada no usuário.

Portanto, a pesquisa realizada apresenta relevância técnica, científica e social, pois oferece uma alternativa viável para ampliação do acesso digital a pessoas com severas limitações motoras, ao mesmo tempo em que reforça o papel da tecnologia como ferramenta de inclusão e equidade.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Desenvolver um sistema de rastreamento ocular de baixo custo que permita a interação com computadores por meio do olhar e de gestos faciais, com foco na acessibilidade digital de pessoas com tetraplegia ou severa limitação motora.

3.2 Objetivos específicos

- Implementar um sistema de detecção ocular utilizando bibliotecas de visão computacional como MediaPipe e OpenCV.
- Desenvolver uma interface visual sobreposta que permita o acionamento de cliques por fixação do olhar.
- Integrar um sistema de ativação por gesto facial (como abertura da boca) para ativação e desativação do clique.
- Criar um menu de calibração que permita ao usuário configurar parâmetros como tempo de fixação e sensibilidade do cursor.
- Garantir que todas as interações do sistema sejam feitas sem periféricos físicos, priorizando a autonomia do usuário.
- Validar a funcionalidade do sistema em diferentes condições de uso, assegurando sua viabilidade técnica e aplicabilidade social.

4 METODOLOGIA

O desenvolvimento do sistema FeelGaze foi conduzido de forma experimental, com base em métodos iterativos e validação contínua, utilizando bibliotecas de código aberto e técnicas de visão computacional. A metodologia adotada priorizou a acessibilidade, o baixo custo e a possibilidade de uso autônomo por pessoas com severa limitação motora.

4.1 Pesquisa e Planejamento

A primeira etapa consistiu na revisão bibliográfica sobre tecnologias assistivas baseadas em rastreamento ocular e suas aplicações em contexto de acessibilidade. Foram investigadas soluções comerciais, como os dispositivos da linha Tobii, e alternativas de baixo custo documentadas na literatura científica (DALMAIJER, 2014). Com base nessa análise, definiu-se a utilização das bibliotecas MediaPipe, para rastreamento facial, e OpenCV, para processamento de imagem.

4.2 Detecção Facial e Ocular

Utilizou-se a funcionalidade Face Mesh da biblioteca MediaPipe, que identifica 468 pontos na face, possibilitando localizar com precisão a região dos olhos. Com auxílio do OpenCV, foi implementado um sistema de segmentação da pupila, responsável por determinar a direção do olhar do usuário com base na posição relativa da íris.

Figura 1 – Identificação dos pontos da face do sistema FeelGaze.



Fonte: Autoria própria (2025).

4.3 Desenvolvimento da Interface Visual Sobreposta

Foi desenvolvida uma interface minimalista sobreposta à tela do sistema operacional, com elementos gráficos exibidos em tempo real. Essa interface apresenta:

- Indicador de estado de clique (“Clique Ativado/Desativado”);
- Barra de progresso circular no canto superior direito da tela, acionada por fixação ocular;
- Menu de ajustes centralizado, com opções de personalização do tempo de fixação e da sensibilidade do cursor.

A lógica de interação baseou-se em fixação prolongada do olhar, com temporização mínima de três segundos para evitar ativações acidentais.

4.4 Detecção de Gestos Faciais

Implementou-se um recurso adicional de controle por gestos, utilizando a abertura da boca como atalho para ativação e desativação do clique, com o objetivo de prevenir cliques acidentais. Esse mecanismo foi desenvolvido com base nos índices fornecidos pela MediaPipe, sendo ajustado para funcionar com confiabilidade em diferentes condições de iluminação e distância da câmera.

4.5 Sistema de Calibração Visual

Visando à personalização do sistema para diferentes usuários, foi criada uma interface de ajustes acessada por meio de fixação ocular no canto superior direito da tela. Após a fixação, é exibida uma barra de progresso circular. Ao término, o menu de ajustes é apresentado com campos configuráveis. As alterações são aplicadas com o clique no botão “Aplicar” e os valores são salvos automaticamente em um arquivo .json, para uso em sessões futuras.

4.6 Testes, Falhas e Ajustes

Foram conduzidos testes em diferentes ambientes de uso, com variações de iluminação, distância da câmera e presença de óculos. Durante essa fase, foram identificados e documentados erros, como ativações não intencionais do menu, falhas de detecção da pupila em câmeras de baixa resolução e imprecisão na posição do cursor. As correções envolveram ajustes nos limites de detecção e modificações na proporcionalidade da movimentação ocular.

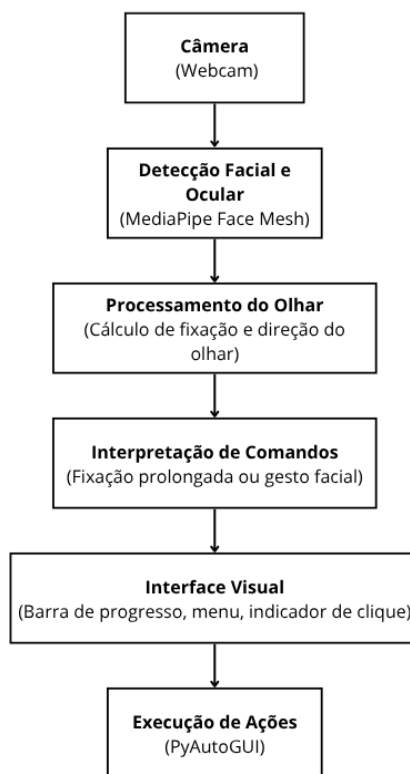
Todos os testes, acertos e falhas foram registrados no diário de bordo do projeto. As decisões tomadas foram baseadas na busca contínua por estabilidade, eficiência e conforto visual para o usuário final. O ciclo de testes permitiu refinar a interface, garantindo que o sistema fosse utilizável sem a necessidade de periféricos físicos e adaptável a diversos perfis de usuários (POOLE; BALL, 2006; RAKHMATULIN, 2020).

5 RESULTADOS OBTIDOS

O sistema FeelGaze apresentou resultados positivos em termos de funcionalidade, usabilidade e resposta em tempo real, cumprindo seu propósito de promover acessibilidade digital para pessoas com severa limitação motora. A arquitetura do sistema foi construída com base em módulos integrados que funcionam de forma autônoma, mas interdependente, garantindo uma experiência fluida para o usuário.

A Figura 2 apresenta o diagrama em blocos do sistema, descrevendo o fluxo geral de funcionamento desde a entrada da câmera até a execução da ação no sistema operacional. Cada bloco representa uma etapa do processo, incluindo a captação da imagem, o rastreamento ocular, a lógica de fixação, a exibição da interface e a realização do comando.

Figura 2 – Diagrama em blocos do sistema FeelGaze



Fonte: Autoria própria (2025).

A detecção facial foi implementada utilizando a biblioteca MediaPipe, que identifica com precisão os pontos da face, incluindo os olhos e a boca. A partir desses dados, o sistema identifica o movimento do olhar e calcula sua posição relativa na tela. Separadamente, o módulo de detecção de gestos analisa a abertura da boca para ativar comandos adicionais, como a ativação e desativação do clique. Esses módulos funcionam paralelamente e interagem com a camada visual.

A Figura 3 apresenta o fluxo de funcionamento da execução do clique por fixação ocular, mostrando a sequência entre a detecção do olhar fixo, o tempo de espera e a execução do clique.

Figura 3 – Fluxo de execução do clique via fixação do olhar.



Fonte: Autoria própria (2025).

Para garantir controle adicional, foi implementado um gesto de abertura bucal como atalho para funcionalidades de ativação e desativação do clique. A Figura 4 ilustra esse processo, destacando o reconhecimento do gesto e sua vinculação ao comando.

Figura 4 – Gesto facial de abertura da boca como comando de ativação e desativação do clique



Fonte: Autoria própria (2025).

Outro resultado importante foi a criação de um menu de calibração visual acessível com o olhar. Ao fixar por três segundos o olhar no canto superior direito da tela, o usuário aciona uma barra de progresso e, em seguida, o menu de ajustes é exibido. Este menu permite alterar o tempo de fixação e a sensibilidade do cursor, garantindo uma adaptação personalizada. A Figura 5 apresenta a interface desenvolvida.

Figura 5 – Interface de calibração visual com tempo de fixação e sensibilidade do cursor

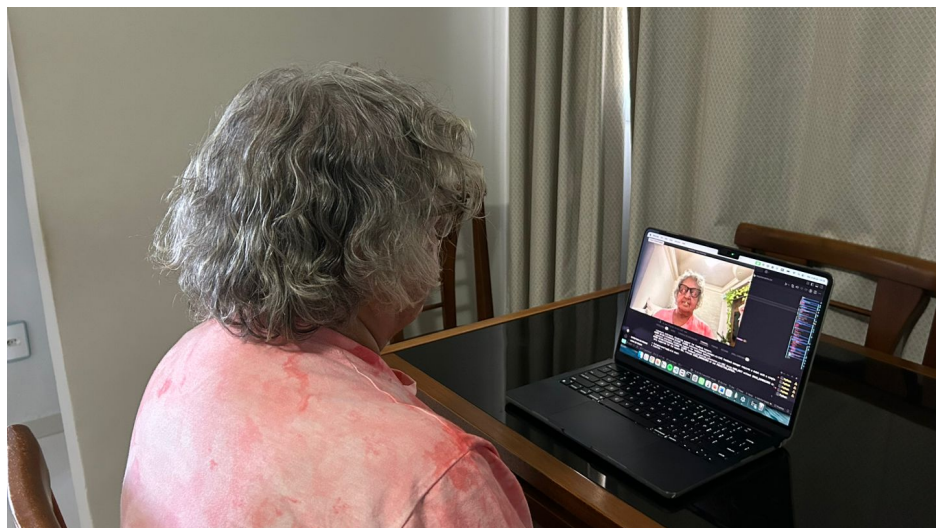


Fonte: Autoria própria (2025)

Todos os módulos foram testados em diferentes ambientes, com variação de iluminação, distância da câmera e uso com e sem óculos. A precisão da detecção ocular se mostrou adequada em ambientes com iluminação moderada, e o gesto facial foi bem reconhecido em condições controladas. Ajustes finos foram necessários nos limiares de detecção para evitar falsos positivos e garantir estabilidade.

A validação prática foi realizada com usuários simulando limitações motoras, e o sistema demonstrou viabilidade de uso contínuo. A Figura 5 mostra um teste prático do sistema em execução, com a interface ativa e o usuário interagindo com sucesso.

Figura 5 – Teste prático do sistema FeelGaze em ambiente real de uso



Fonte: Autoria própria (2025)



Os resultados obtidos indicam que o FeelGaze é funcional, responsivo e acessível, cumprindo o papel de uma alternativa viável a sistemas comerciais de alto custo, com potencial de expansão para outras aplicações assistivas.



6 CONCLUSÕES

O desenvolvimento do sistema *FeelGaze* demonstrou a viabilidade técnica e funcional de criar uma ferramenta de rastreamento ocular acessível, com foco em promover a inclusão digital de pessoas com severa limitação motora. Desde a concepção da ideia até a fase final de testes, o projeto seguiu um percurso orientado por objetivos claros e etapas metodológicas bem definidas.

O objetivo geral, de construir um sistema de interação com o computador por meio do olhar e gestos faciais, foi plenamente alcançado. A implementação da detecção facial com a biblioteca MediaPipe e o processamento de imagem com OpenCV permitiu criar um módulo estável de rastreamento ocular. Os testes demonstraram que a detecção da posição do olhar funciona com precisão satisfatória, principalmente em ambientes com boa iluminação.

Entre os objetivos específicos, a construção da interface visual foi concluída com sucesso. O sistema conta com elementos gráficos sobrepostos à tela, como o indicador de clique, a barra de progresso por fixação e o menu de ajustes. O menu permite que o usuário personalize o tempo de fixação e a sensibilidade do cursor, e os valores são armazenados entre sessões. Essa funcionalidade contribui diretamente para a adaptabilidade do sistema a diferentes perfis de usuários.

Outro objetivo atingido foi a implementação de um atalho por gesto facial, utilizando a abertura da boca para ativação e desativação do clique. Durante os testes iniciais, foram identificadas dificuldades relacionadas à detecção do gesto em ambientes com iluminação reduzida. A solução adotada foi o ajuste dos limiares de ativação e a filtragem de ruído na análise dos pontos faciais, o que permitiu maior confiabilidade do comando.

Também foram enfrentados desafios com relação à ativação acidental do menu de configurações quando o usuário desviava o olhar para o canto superior da tela. Para resolver esse problema, foi inserida uma barra de progresso que exige fixação contínua por três segundos, evitando ativações involuntárias. Além disso, houve desafios relacionados a cliques acidentais como por exemplo ao assistir um vídeo em sites como “YouTube.com”, como solução foi implementado o sistema de ativação e desativação do clique por meio da abertura da boca.

De forma geral, o sistema *FeelGaze* cumpriu todos os objetivos propostos e demonstrou potencial de aplicação real, especialmente em contextos onde soluções comerciais não são economicamente viáveis. A modularidade do projeto permite sua evolução futura, com a integração de novos comandos, ampliação da compatibilidade com diferentes sistemas e adaptação a outras deficiências.

O projeto contribui para o campo das tecnologias assistivas ao apresentar uma solução funcional, de baixo custo, e centrada nas necessidades do usuário. Ainda que tenham sido identificadas limitações, o processo de desenvolvimento e validação mostrou-se consistente com a proposta inicial e reforça a importância da pesquisa científica como ferramenta de transformação social e inclusão tecnológica.



REFERÊNCIAS

- ARBABI, A. et al. A low cost non-wearable gaze detection system based on infrared image processing. *arXiv*, 2017. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1709.04390>. Acesso em: 05 jan. 2025.
- DALMAIJER, E. S. Is the low-cost EyeTribe eye tracker any good for research? *PeerJ Preprints*, 2014. Disponível em: <https://peerj.com/preprints/585/>. Acesso em: 11 abril 2025.
- KUMAR, M. et al. Designing gaze-based interfaces for assistive technology. In: *Proceedings of the 2007 conference on Human factors in computing systems - CHI '07*. ACM, 2007. p. 1681–1684. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1240624.1240710>. Acesso em: 11 abril 2025.
- MAJARANTA, P.; RÄIHÄ, K. J. Eye tracking and eye-based human-computer interaction. In: MAJARANTA, P. et al. *Advances in physiological computing*. London: Springer, 2011. p. 39-65.
- POOLE, A.; BALL, L. J. Eye tracking in human-computer interaction and usability research: current status and future prospects. In: GAO, J. (ed.). *Encyclopedia of Human-Computer Interaction*. Pennsylvania: IGI Global, 2006. p. 211–219.
- RAKHMATULIN, I. A review of the low-cost eye-tracking systems for 2010–2020. *arXiv*, 2020. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2012.05438>. Acesso em: 07 jan. 2025.
- W3C – WORLD WIDE WEB CONSORTIUM. *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. Recomendação oficial, 2018. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>. Acesso em: 03 maio. 2025.