

## Comparação de tecnologias assistivas para tetraplegia: rastreamento de olhos e cabeça no uso de computadores

### RESUMO

Este artigo tem como proposta a avaliação de dois *softwares* para o uso de computadores por pessoas que possuem tetraplegia. Ambos os programas não necessitam de equipamento adicional e estão facilmente acessíveis ao público. A pesquisa buscou analisar os níveis de satisfação dos usuários ao realizar tarefas simples, bem como sua eficiência. Ao final, procurou-se estabelecer um parâmetro para discutir qual tecnologia é mais precisa e melhor empregada na realização dessas tarefas. A coleta de dados foi realizada com voluntários usuários de computadores não afetados pela enfermidade. Eles realizaram um cálculo no aplicativo de calculadora e uma navegação guiada em um site simulado. Após as tarefas, foram respondidos questionários sobre a satisfação, bem como foram coletados os dados referentes ao desempenho do voluntário. Os resultados demonstraram que o *software* que utiliza ambas as tecnologias de rastreamento são mais preciso e eficiente para o controle de computadores e realização de tarefas do que o outro que recorre apenas à tecnologia de rastreamento dos olhos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Rastreamento dos olhos. Rastreamento da cabeça. Tetraplegia. Tecnologia assistiva. Software.

**João Vitor Gazana**

Universidade Estadual Paulista  
(UNESP), Bauru, São Paulo, Brasil  
[joao.gazana@unesp.br](mailto:joao.gazana@unesp.br)

**Luiz Gustavo Souza da Silva**

Universidade Estadual Paulista  
(UNESP), Bauru, São Paulo, Brasil  
[lgs.silva@unesp.br](mailto:lgs.silva@unesp.br)

**Lucas Gabriel Vieira Soares**

Universidade Estadual Paulista  
(UNESP), Bauru, São Paulo, Brasil  
[lucas.soares@unesp.br](mailto:lucas.soares@unesp.br)

**Aline Darc Piculo dos Santos**

Universidade de São Paulo (USP),  
São Paulo, São Paulo, Brasil  
[alinedarc@usp.br](mailto:alinedarc@usp.br)

**Fausto Orsi Medola**

Universidade Estadual Paulista  
(UNESP), Bauru, São Paulo, Brasil  
[fausto.medola@unesp.br](mailto:fausto.medola@unesp.br)

## INTRODUÇÃO

Computadores tornaram-se a principal fonte de informação nas últimas décadas, a ponto de o acesso a tecnologias informativas influenciar significativamente as interações sociais e a maneira como os indivíduos se relacionam com o mundo (Winston, 1998). Nessa perspectiva, a capacidade de controlar essas tecnologias, seus mediadores e modulações, produz impactos na qualidade de vida (Caltenco *et al.*, 2012). É crucial garantir uma interação que favoreça uma relação satisfatória entre humano e computador (Viana M., 2019).

A perspectiva da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) permite compreender que tecnologias assistivas não são neutras ou meramente funcionais. Conforme Rosa, Freitas e Rosa (2020), para que uma tecnologia assistiva seja também uma tecnologia social, ela deve ser apropriável, acessível e atender às reais demandas dos usuários. A simples existência de dispositivos não assegura inclusão: é necessário que estejam inseridos em processos participativos, que levem em conta os contextos sociais e econômicos dos indivíduos com deficiência.

Embora a perspectiva CTS realce a neutralidade impossível das tecnologias, torna-se crucial compreender como as condições sociais moldam sua adoção. Estudos mostram que, mesmo quando disponíveis, muitas tecnologias assistivas são subutilizadas ou abandonadas devido a fatores como falta de treinamento, estigma e insuficiência de suporte social, situação observada em reabilitações de tetraplégicos no Brasil, com até 18 % de abandono dos dispositivos pós-alta (Almeida *et al.*, 2025). Esses achados reforçam a necessidade de olhar para a TA não só como ferramenta técnica, mas como entidade inserida em redes de relações sociais e políticas.

Essa relação é particularmente desafiadora quando o usuário enfrenta dificuldades para interagir devido a deficiências motoras, o que pode resultar em frustração e até na exclusão do uso dessas tecnologias, apesar de suas habilidades cognitivas, intelectuais e emocionais plenamente desenvolvidas, especialmente para indivíduos com tetraplegia (Viana M., 2019).

As principais barreiras enfrentadas por pessoas com tetraplegia ao interagir com um computador são o padrão teclado-mouse, que não atende às necessidades motoras desses usuários, e a baixa velocidade de entrada de dados ou comandos (Curtin, 1994).

Portanto, projetar interfaces que substituam esses dispositivos, utilizando fontes de entrada disponíveis para controle (como língua, olhos, voz, etc.), é necessário para facilitar o uso de computadores e outros equipamentos automatizados por pessoas com limitações físicas severas (Caltenco *et al.*, 2012).

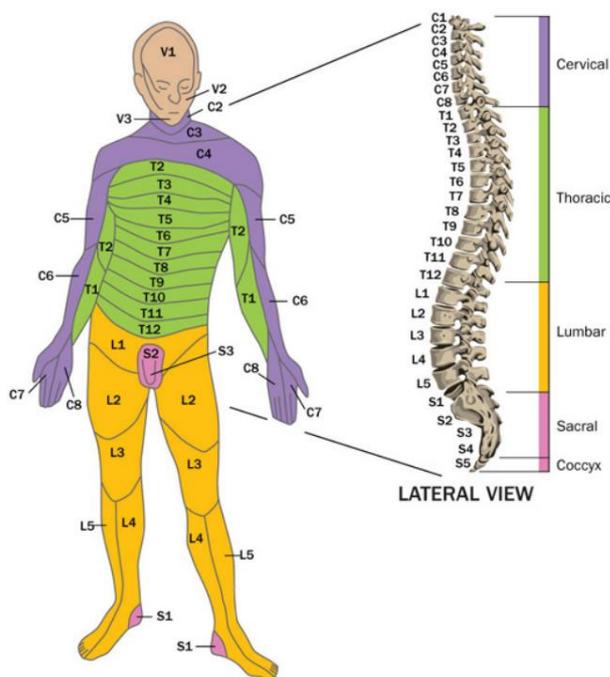
Diversas tecnologias foram destacadas para atender a esses propósitos; no entanto, aquelas que mais alcançaram sucesso e avanço, devido à usabilidade, preço e ao aumento da capacidade de processamento dos computadores pessoais, foram o rastreamento da posição dos olhos (*eye tracking*) e o rastreamento da posição da cabeça (*head tracking*) (Al-Rahayfeh; Faezipour, 2013).

## A TETRAPLEGIA

A tetraplegia é uma condição neurológica caracterizada pela perda ou comprometimento da função motora e/ou sensorial nos quatro membros, resultante de uma lesão na medula espinhal (LM) a nível cervical (Germolus; Hirdler; Peterson, 2020; Fridén; Gohritz, 2015). Dessa forma, a condição acarreta um alto grau de dependência para a realização das atividades de vida diária (AVDs), que abrangem desde as mais básicas, como alimentação e higiene, até as mais complexas, como a mobilidade e a participação comunitária (Germolus; Hirdler; Peterson, 2020). Embora não exista um mapeamento preciso da incidência desta condição no Brasil, dados do IBGE (2010) indicam a existência de aproximadamente 3,7 milhões de pessoas com deficiência motora em nível grave.

Na visão clínica, o nível de funcionalidade muscular dos membros é afetado pela altura na qual a lesão ocorreu, sendo mais graves a partir das vértebras C2-C4 (Figura 1), onde a função muscular de todos os membros abaixo do pescoço é perdida, podendo ocorrer apenas o movimento do trapézio. Quando a lesão ocorre na vértebra C5 (Figura 1), ainda há o movimento de flexão dos cotovelos e abdução dos ombros; na C6 e C7 (Figura 1), ocorrem movimentos de flexão e extensão dos cotovelos e movimentos de extensão dos pulsos (Fridén; Gohritz, 2015).

Figura 1 - Lesões da coluna vertebral.



Fonte: Viana, M. (2019).

A restauração da função dos membros superiores, especialmente das mãos e braços, é classificada como a principal prioridade por indivíduos com tetraplegia (Hutmacher et al., 2025). Sendo assim, essa priorização, manifestada pelos próprios usuários, orienta os esforços de pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias assistivas (TA), com o objetivo de promover a inovação em áreas como

neuropróteses, membros robóticos e sistemas de rastreamento, como o *Eye Tracker*.

## TECNOLOGIA ASSISTIVA PARA O USO DE COMPUTADORES

A Tecnologia Assistiva (TA) emerge como um campo crucial para mitigar os desafios impostos pela tetraplegia. a TA pode ser entendida a partir de uma perspectiva funcional como qualquer tecnologia ou sistema que é utilizado para aumentar, manter ou melhorar as capacidades dos indivíduos que fazem o uso (Collins et al., 2023; Sartoretto; Bersch 2023), e que tem como objetivos melhorar a independência e a qualidade de vida das pessoas (Hogetop; Santarosa, 2002; Sartoretto; Bersch 2023). Para uma pessoa com tetraplegia, a TA vai muito além de uma simples compensação funcional; ela atua como um catalisador para a reconquista da autonomia, um facilitador da participação social e um instrumento para a melhoria do bem-estar subjetivo, incluindo autoestima, senso de realização e qualidade de vida geral (Wäckerlin *et al.*, 2020).

Quando o assunto é o uso de ferramentas eletrônicas, como computadores, muitos são os desafios encontrados ao buscar adaptações de uso para usuários com grave deficiência motora; entretanto, diversas tecnologias surgiram no mercado com a intenção de promover acessibilidade. No entanto, muitas dessas falham em proporcionar uma interação eficiente. Conforme Almeida et al. (2025), o abandono de tecnologias assistivas no pós-reabilitação ainda é alto, o que revela que o sucesso da TA não depende apenas da eficiência técnica, mas também de fatores sociais como suporte, adaptação à rotina e expectativas culturais.

Tais aspectos devem ser considerados no desenvolvimento e avaliação de interfaces. Caltenco, Struijk e Breidegard (2010) descrevem que as poucas soluções disponíveis no mercado acabam sendo muito específicas para um tipo particular de usuário ou muito generalistas e pouco precisas. Também é importante destacar que a quantidade de funcionalidades propostas em uma solução aumenta o grau de dificuldade associado à sua utilização (Caltenco *et al.*, 2012).

No entanto, a simples oferta de dispositivos não garante sua permanência no dia a dia dos usuários. Pesquisas com pacientes tetraplégicos revelam que as taxas de abandono de tecnologias voltadas à acessibilidade de computador podem ultrapassar 15 %, principalmente pelas barreiras de adaptação e pela falta de acompanhamento pós-distribuição. Assim, o desenvolvimento de interfaces deve contemplar estratégias de treinamento, suporte contínuo e envolvimento comunitário, assegurando que a TA cumpra seu papel de promover inclusão efetiva (Almeida *et al.*, 2025).

De acordo com Viana, M. (2019), é crucial obter a maneira mais natural de interação possível com a interface, utilizando atributos que melhor se adequem à situação de perda motora.

Construir interfaces de computador que sejam simples e o menos especializadas possível (problema de complexidade), mas ainda capazes de operar eficientemente e com uma

quantidade suficiente de funções (problema de ambiguidade), é um desafio que pode possibilitar aos usuários tetraplégicos a capacidade de controlar um computador tão eficientemente quanto um usuário com capacidade física normal pode fazê-lo com um mouse e teclado padrão (Caltenco; Struijk; Breidegard, 2010).

Com base neste cenário, diferentes tecnologias foram desenvolvidas para atender às demandas impostas pela tetraplegia e auxiliar os usuários afetados por ela, incluindo *joysticks* de mão (que funcionam apenas para lesões C6 e C7), controles acionados por bochecha e boca, *switches*, reconhecimento de voz e varetas para boca. No entanto, as tecnologias que mais se destacaram nos estudos de satisfação e eficiência foram o rastreamento dos olhos e o rastreamento da cabeça (Caltenco *et al.*, 2012).

### Rastreamento de olho e cabeça (*eye/head tracking*) para tecnologia assistiva

O rastreamento da cabeça (*head tracking*) para o controle de interface computacional é uma tecnologia que utiliza a imagem de um dispositivo de câmera, comumente atrelado ao computador como uma webcam e através de um algoritmo faz a conversão dessa imagem em visão computacional, formando assim um modelo capaz de projetar em um ponto médio central a posição desejada do ponteiro (Al-Rahayfeh; Faezipour, 2013), essa tecnologia é visto como uma ótima opção para a utilização por usuários tetraplégicos visto que movimentos dos pescoço são mantidos (Viana M., 2019).

Estudos recentes exploraram o uso da tecnologia do head tracking para controle da navegação em computadores. Sistemas de mouse virtual usando movimentos faciais detectados por webcams foram criados para auxiliar usuarios com mobilidade limitada no controle de interfaces de computador (Goulart e Buiatti, 2025). Essas tecnologias têm se mostrado promissoras no aumento da independência e acessibilidade para indivíduos com deficiências motoras, com estudos relatando respostas rápidas de aprendizagem e implementação bem-sucedida em vários cenários, incluindo ambientes educacionais (Silva *et al.*, 2019).

O rastreamento dos olhos (*eye tracking*), por sua vez, pode funcionar de diversas maneiras, para o uso deste estudo e levando em conta a condição de menor custo possível ao usuário, as principais tecnologias que utilizam a webcam comumente já presente nos computadores funcionam de maneira similar à *head tacking*, porém com diferenças crucias em qual é o ponto de referência a ser mesurado, podendo ser posição relativa da pupila, posição relativa da íris e posição dos olhos em relação à boca.(Al-Rahayfeh; Faezipour, 2013).

Essas tecnologias também podem uso compartilhado a depender do software em uso, estudo de Sidenmark e Gellersen (2019) demonstram que uso dessas tecnologias em conjunto pode ser muito mais eficiente e eficaz na realização de tarefas do que uso individual.

Além da eficiência em tarefas pontuais, o uso de *eye/head tracking* impacta diretamente a participação social dos usuários com tetraplegia. Kubiak & Sklar

(2023) demonstraram que indivíduos que combinam internet e tecnologia assistiva apresentam até 2,7 vezes mais chances de integração em atividades comunitárias, embora desigualdades raciais e econômicas ainda limitem esse efeito. Esse panorama sinaliza que as soluções técnicas devem ser acompanhadas de políticas de democratização de acesso à TA e conectividade.

Contudo, o desempenho de ambas as tecnologias é limitado por fatores como qualidade da câmera, iluminação do ambiente e processamento tais fatores podem ser decisivos para uma boa interação (Halder; Takano; Kansaku, 2018). Outros fatores como curva de aprendizagem e aceitação da tecnologia também podem influenciar no desempenho ao interagir com a interface de um computador (Lupu *et al.*, 2017).

Tendo como base a formulação descrita, esse estudo tem como objetivo investigar qual dessas tecnologias de fácil acesso ao público (*eye tracking e head tracking*) tem uma melhor taxa de satisfação entre os usuários e uma maior taxa de eficiência ao realizar tarefas simples em um computador.

## METODOLOGIA

### Características do estudo

O presente estudo adota uma abordagem exploratória e experimental, com natureza transversal e quantitativa. Consiste na simulação de atividades em computadores por meio de programas que permitem o uso através de movimentos dos olhos e do rosto, destinados principalmente a pessoas com limitações motoras, como a tetraplegia. Vale ressaltar que o estudo foi conduzido com voluntários sem restrições motoras, a fim de simular a eficácia dos softwares escolhidos nas condições propostas. Para tanto, avaliamos a interação desses voluntários com os softwares, destacando a importância da usabilidade e eficiência em cenários semelhantes aos enfrentados por usuários com limitações motoras.

### Participantes

Para o trabalho, participaram 20 indivíduos, voluntários e, em suma maioria, estudantes da Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” (Unesp) do campus de Bauru.

Os critérios de inclusão para a participação na pesquisa foram: (i) ter idade superior a 18 anos; (ii) ter escolaridade mínima de nível fundamental; (iii) ter conhecimento e familiaridade com o uso de computadores; (iv) ter noções básicas de navegação na internet; (v) não fazer uso de óculos (uma vez que os programas utilizados não leem bem os comandos devido os reflexos causados pelas lentes).

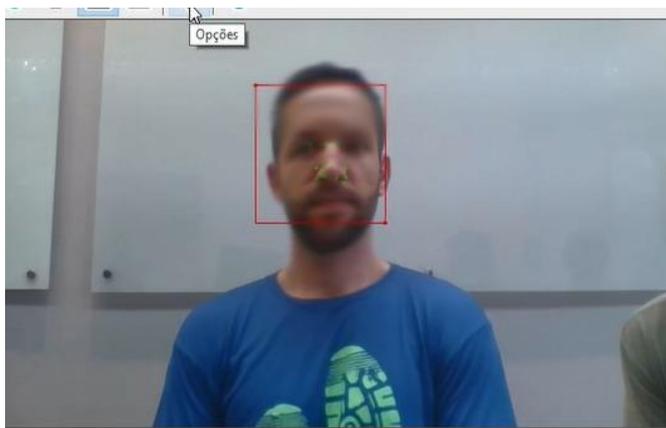
### Procedimentos experimentais

O objetivo desta pesquisa foi comparar a usabilidade e eficiência de três softwares destinados a possibilitar a utilização e execução de tarefas no computador por meio de movimentos dos olhos e da cabeça. Os dados foram

obtidos por meio da simulação de atividades, utilizando os programas *Enable Viacam* (*eViacam*), que captura os movimentos da cabeça e dos olhos (Figura 2), e o *GazePointer* em conjunto com o *OptiKey Mouse* (Figura 3). Os softwares foram utilizados em conjunto, sendo o primeiro um *eye tracker* que permite ao mouse seguir o caminho dos olhos, enquanto o segundo possibilita as ações de cliques por meio de uma barra de tarefas adicionada à tela do computador.

Para participar da pesquisa, todos os voluntários assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que continha as informações necessárias sobre o procedimento. Além disso, foi assinado um termo específico de autorização para uso de imagem, permitindo a utilização das capturas geradas durante a pesquisa exclusivamente para fins acadêmicos e de divulgação científica. Após a assinatura, os participantes foram posicionados em frente ao computador, com a câmera na altura dos olhos e a webcam perpendicular ao local de apoio. Em seguida, foi feita a apresentação dos softwares.

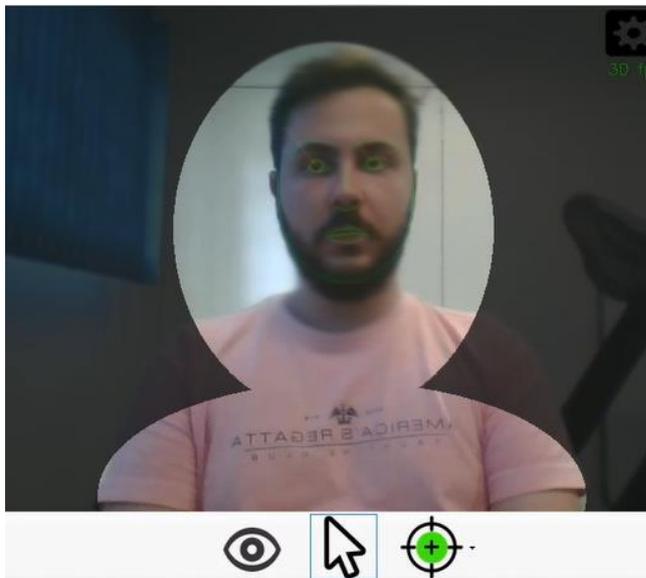
Figura 2 - Software *eViacam*, detecção da cabeça e ocular



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Cada participante teve 5 minutos de familiarização com cada programa antes do procedimento, incluindo uma explicação sobre o funcionamento das ferramentas e a realização da calibração dos softwares. Após a familiarização, a ordem dos programas para as tarefas foi randomizada pelo site *random.org*, onde o número 1 representava o software *eViacam* e o número 2 representava o conjunto *GazePointer+OptiKey Mouse*.

Figura 3 - Software GazerPointer, detecção ocular



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Durante todo o processo, houve registro da tela do computador através do programa *OBS Studio*, visando um controle preciso das atividades de cada participante. A simulação consistiu em duas atividades de diferentes complexidades: uma envolvendo uma operação matemática com a calculadora do *Windows*, e outra exigindo o acesso a uma página de notícias da *internet*, procurar e acessar uma matéria pré-definida.

Ao final das atividades, os participantes preencheram uma escala de Likert (Jebb; Ng; Tay, 2021), avaliando a facilidade de utilização, eficácia e precisão dos programas. Isso possibilitou a mensuração da diferença de percepção dos usuários em relação a cada software.

### ANÁLISE DE DADOS

Os resultados foram coletados por meio de um questionário estruturado, onde as respostas foram mensuradas por uma escala de *Likert*. Foram avaliados três domínios: a facilidade de utilização dos *softwares*, a eficácia comparativa ao *mouse* convencional e a precisão dos movimentos dos programas. Os dados foram pontuados em uma escala de 1 a 5 e, em seguida, tabulados em uma planilha para análise estatística.

Além disso, outros dados, como idade dos participantes, gênero e escolaridade, foram obtidos e separados para uma análise geral dos participantes. Os dados tabulados foram submetidos a análises estatísticas utilizando o *software JASP (Jeffreys's Amazing Statistics Program)*, uma ferramenta de código aberto.

## ANÁLISE ESTATÍSTICA

O nível de significância adotado foi de 0,05, e o tratamento estatístico foi conduzido utilizando o software JASP. A estatística descritiva foi aplicada, utilizando a mediana e o desvio padrão.

Dadas as características discretas das notas fornecidas pelos avaliadores, a comparação entre os softwares foi realizada por meio do teste de *Wilcoxon Signed-Rank* (BLAIR; HIGGINS, 1985). Os resultados foram interpretados com base nos valores de p e intervalos de confiança, fornecendo insights sobre as diferenças entre os programas. Todas as análises foram conduzidas seguindo padrões éticos, garantindo a confidencialidade e a integridade dos dados coletados.

## RESULTADOS

O perfil dos participantes é fundamental para contextualizar os resultados da pesquisa. Participaram do estudo um total de 20 indivíduos com idades entre 15 e 64 anos, sendo a maioria, um total de 16, com idades entre 20 e 29 anos. Em relação aos dados demográficos dos participantes, 50% eram mulheres e 50% homens, com apenas 2 participantes possuindo escolaridade mínima de ensino médio, enquanto os demais se enquadram no ensino superior e pós-graduação.

A tabela abaixo apresenta um resumo estatístico das avaliações para as tecnologias assistivas *eViacam* e *GazePointer* combinado com *OptiKey Mouse* (Tabela 1), conforme avaliado pelos participantes. Os dados incluem a mediana, desvio padrão, e os valores mínimos e máximos para cada um dos três domínios de avaliação dos *softwares*. As avaliações foram conduzidas por meio de três perguntas idênticas para cada software. A p1 indagava sobre o nível de dificuldade na utilização do programa, com opções de 1 (muito fácil) a 5 (muito difícil). A p2 questionava quão difícil foi realizar a tarefa utilizando o *software* em comparação a um mouse convencional, com opções de 1 (muito fácil) a 5 (muito difícil). Por fim, a p3 abordava quão precisos os indivíduos consideraram os comandos dados no software, com opções de 1 (nada preciso) a 5 (muito preciso).

A tabela oferece uma visão clara das tendências centrais e da variabilidade nas respostas dos participantes, sendo essencial para a interpretação dos resultados comparativos subsequentes.

Tabela 1 - Estatísticas Descritivas das Avaliações do Software Assistivo *Eviacam* e *Gazepointer* com *Optikeymouse*

Estatística descritivas

	Eviacam_p1	Eviacam_p2	Eviacam_p3	Gazepointer+optikeymouse_p1	Gazepointer+optikeymouse_p2	Gazepointer+optikeymouse_p3
Válidos	20	20	20	20	20	20
Ausentes	0	0	0	0	0	0
Mediana	2.500	3.000	4.000	5.000	5.000	1.500
Desvio Padrão	0.759	0.968	0.745	0.410	0.308	0.681
Mínimo	1.000	1.000	2.000	4.000	4.000	1.000
Máximo	4.000	5.000	5.000	5.000	5.000	3.000

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

O estudo comparou duas tecnologias assistivas, *eViacam* e *GazePointer* combinado com *OptiKey Mouse*, por meio da avaliação dos mesmos participantes. Utilizando o teste de *Wilcoxon* de sinais, os resultados foram analisados em três dimensões: facilidade de utilização, eficácia comparativa ao mouse convencional e precisão dos comandos. Os dados estatísticos, apresentados na Tabela 2, refletem as diferenças significativas entre as tecnologias nos domínios especificados, seguindo a ordem mencionada anteriormente.

Tabela 2 - Análise Teste T Pareado dos respectivos domínios avaliados

Amostras Pareadas, Teste T

Measure 1	Measure 2	W	Z	df	p
Eviacam_p1	Gazepointer+optikeymouse_p1	0.000	-3.920		< .001
Eviacam_p2	Gazepointer+optikeymouse_p2	0.000	-3.823		< .001
Eviacam_p3	Gazepointer+optikeymouse_p3	0.000	3.920		< .001

Note. *Wilcoxon signed-rank test.*

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

No aspecto da dificuldade de utilização, observaram-se diferenças significativas na percepção entre os dois *softwares* ( $W = 0$ ,  $p < 0.001$ ). Este resultado indica que os participantes consistentemente encontraram um programa mais fácil de usar em comparação com o outro; neste caso, a polaridade da pergunta foi tal que uma pontuação maior refletia uma maior dificuldade de uso. Assim, identificou-se que o *GazePointer* combinado com o *OptiKey Mouse* teve uma percepção maior de dificuldade na utilização. Na Figura 4, é possível analisar o gráfico que demonstra a média das respostas na primeira pergunta.

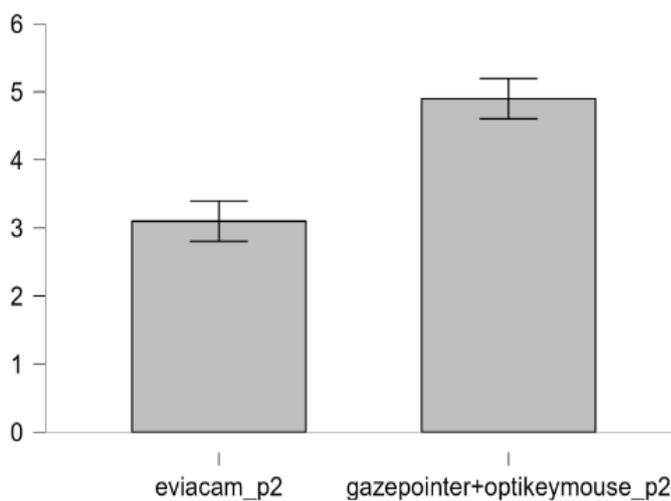
Figura 4 – Média das respostas para percepção de dificuldade



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Na segunda pergunta, a análise revelou diferenças significativas na dificuldade de realizar tarefas nos *softwares* em comparação com um mouse convencional ( $W = 0, p < 0.001$ ). A polaridade da pergunta indicava que, quanto maior a pontuação, maior a dificuldade de utilização em comparação com um mouse convencional. Na Figura 5, podemos observar a média de respostas para cada *software*.

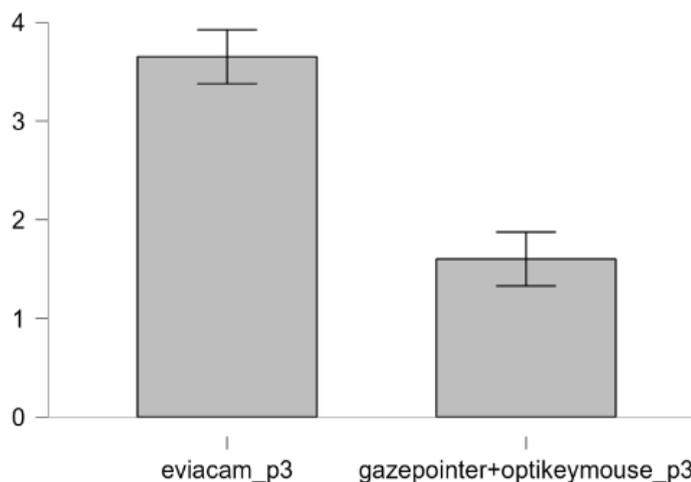
Figura 5- Média das respostas para comparação a um mouse convencional



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Por fim, houve uma diferença significativa na precisão dos comandos entre os softwares ( $W = 0$ ,  $p < 0.001$ ), indicando uma preferência dos participantes pelo programa *eViacam* em termos de precisão de comando. Dado que a polaridade da pergunta indicava que, quanto maior a pontuação, mais precisos eram os comandos, é possível identificar com clareza na Figura 6 a média de respostas para ambos os *softwares*.

Figura 6 - Média das respostas para precisão de comandos nos softwares



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

## DISCUSSÃO

Os resultados desta pesquisa estão alinhados com a literatura existente, que enfatiza a importância da usabilidade e precisão nas tecnologias assistivas. A facilidade de uso, frequentemente citada como fator crítico para a adoção de TAs, é corroborada pelos resultados obtidos (Goodman; Tiene; Luft, 2002). Do ponto de vista CTS, os resultados não apenas apontam diferenças técnicas entre softwares, mas também espelham dinâmicas sociais de adoção. Conforme Rosa, Freitas e Rosa (2020), quando a TA é apropriável e co-criada com usuários, seu impacto social se amplia; porém, sem essa co-construção, corre-se o risco de reforçar desigualdades existentes.

A perspectiva de apropriação tecnológica é um fator essencial para diferenciar as tecnologias assistivas que são apenas funcionais daquelas que se configuram como tecnologias sociais. De acordo com Rosa, Freitas e Rosa (2020), para que uma tecnologia assistiva (TA) seja também considerada uma tecnologia social, ela precisa permitir a apropriação pelo usuário, ser voltada às suas necessidades em detrimento das exigências de mercado e promover a democratização do conhecimento associado ao seu uso.

A preferência por um dos *softwares* em termos de facilidade de uso e eficácia em comparação com ferramentas convencionais pode influenciar futuras recomendações de design e seleção de tecnologia assistiva, conforme destacado por Halder, Takano e Kansaku (2018) em seu estudo sobre métodos de controle em tecnologias assistivas.

A tecnologia assistiva, ao ser incorporada à vida diária, modifica os limites tradicionais entre capacidade e deficiência. Oliveira et al. (2019) destacam que, ao mediar a comunicação, o trabalho e o lazer, a TA redefine o que se entende por autonomia funcional e participação social, demandando novos parâmetros para compreender a deficiência na sociedade tecnológica.

Nesse sentido, o entendimento da deficiência deve ser ampliado para, além de incorporar o conceito de funcionalidade da OMS, considerar os modelos de compreensão sociotécnica. A partir da perspectiva de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), as tecnologias assistivas devem ser compreendidas como produtos de uma construção social que envolve múltiplos saberes — científicos, empíricos e intuitivos — e não apenas como soluções técnicas neutras (Gomes Filho, 2023).

Segundo Al-Rahayfeh e Faezipour (2013), os movimentos dos olhos e da cabeça são menos afetados por deficiências, tornando as ferramentas de tecnologia assistiva com foco no rastreamento ocular e detecção dos movimentos da cabeça as mais utilizadas como alternativas de interface. Os resultados desta pesquisa indicaram que o *software* que utiliza a abordagem de detecção do movimento da cabeça em conjunto com o rastreamento ocular foi mais preciso e gerou menos dificuldades para os participantes. A precisão dos comandos é igualmente crucial, especialmente em contextos nos quais os usuários dependem dessas tecnologias para tarefas diárias essenciais.

Al-Rahayfeh e Faezipour (2013) discutem a relevância do rastreamento ocular e detecção de movimentos da cabeça em conjunto, destacando que o movimento da cabeça, por ser natural e simples, acaba gerando resultados mais eficazes na interação e comunicação. O estudo de Sidenmark e Gellersen (2019) analisou algumas opções de rastreamento em atividades no computador, e, assim como esta pesquisa, os participantes indicaram maior eficácia e precisão em programas que combinam o rastreamento dos olhos e da cabeça.

Embora os movimentos da cabeça exijam mais esforço e energia do que os movimentos dos olhos, a precisão e controle são superiores. Isso se deve ao fato de que a técnica de utilizar o olhar em conjunto com o movimento da cabeça permite que o usuário finalize ou trave uma tarefa com a cabeça enquanto já inicia o próximo movimento com os olhos, seguido pelo movimento completo (SIDENMARK; GELLERSEN, 2019). Dessa forma, a preferência dos participantes por um *software* específico neste aspecto pode indicar uma direção para futuras melhorias em tecnologias assistivas.

A preferência dos participantes pelo *software* que utiliza como parâmetro a movimentação da cabeça com os olhos pode ser definida pelo nível de complexidade e grau de dificuldade de aprendizado. Outro ponto é que a curva de aprendizado do programa pode ser mais íngreme. Ou seja, a necessidade de dominar o controle dos movimentos dos olhos é maior do que quando combinado com os movimentos da cabeça, o que pode ter sido um obstáculo significativo para alguns participantes, levando à frustração e desistência.

A taxa de desistência no uso de tecnologias assistivas reforça um aspecto por vezes negligenciado em seu design: a acessibilidade não se limita às funcionalidades do produto, mas abrange também a curva de aprendizagem e a incorporação social da tecnologia. Conforme apontam Bastos et al. (2023), a acessibilidade digital e tecnológica encontra barreiras quando as especificidades

das deficiências e as condições reais de uso, que são frequentemente determinadas por fatores socioeconômicos e educacionais, são desconsideradas.

Um aspecto observado durante a pesquisa foi a taxa de desistência de participantes ao interagir com um dos softwares assistivos em avaliação. A desistência pode ser atribuída a múltiplos fatores, incluindo o grau de dificuldade de aprendizado e a complexidade na utilização das ferramentas. O nível de conforto e a familiaridade prévia com a tecnologia assistiva são cruciais para a persistência do usuário. Consequentemente, a ergonomia do sistema e a intuitividade da interface podem ter desempenhado um papel significativo, impactando diretamente a eficiência e a satisfação do usuário, levando a uma preferência pelo software que apresenta uma curva de aprendizado menos íngreme e uma experiência de uso mais fluida.

Nesse contexto, a perspectiva CTS contribui para que a ergonomia e a interface sejam compreendidas não apenas como atributos técnicos, mas como mediadores da autonomia e da participação social do usuário. Conforme discutido por Pereira et al. (2023), o valor de uma tecnologia assistiva está diretamente relacionado à sua capacidade de inserir o indivíduo em práticas cotidianas significativas, promovendo não apenas a acessibilidade, mas também a cidadania.

Conforme discutido por Lupu et al. (2017), a adequação das *webcams* para as ferramentas sugeridas no estudo e as diferenças específicas entre os equipamentos usados, notebooks e softwares, podem ser fatores cruciais na experiência do usuário. Apesar dessas limitações, os resultados indicam que programas que combinam o rastreamento da cabeça com o rastreamento ocular são mais eficientes e precisos, sendo considerados mais fáceis para o uso e realização de atividades em computadores.

## CONCLUSÃO

O presente estudo explorou a eficiência e usabilidade de softwares de tecnologia assistiva, focalizando diferentes técnicas de rastreamento. Com base nas respostas coletadas, conclui-se que os programas que empregam o rastreamento ocular em conjunto com o movimento da cabeça são percebidos como mais fáceis de usar e oferecem maior precisão nas respostas aos movimentos. Esses resultados contribuem com *insights* valiosos para o aprimoramento de tecnologias assistivas, visando a eficácia e facilidade de uso.

Contudo, mais do que uma questão de performance técnica, a adoção sustentável de tecnologias assistivas deve ser entendida como um fenômeno sociotécnico. Sob a ótica da abordagem CTS, os achados deste estudo reforçam que a eficácia de uma TA depende diretamente de sua apropriação social, ou seja, de quanto ela é compreendida, aceita, adaptada e integrada ao cotidiano pelos próprios usuários. Nesse sentido, a experiência de uso demonstrou que aspectos como curva de aprendizado, familiaridade com os dispositivos e suporte contínuo são tão determinantes quanto a precisão dos comandos.

Estudos mostram que a ausência dessas ações pode levar ao subuso ou abandono dos sistemas, mesmo em países com políticas de reabilitação avançadas. Portanto, recomenda-se que futuros programas de inclusão integrem não apenas treinamento contínuo, apoio psicológico e monitoramento comunitário, mas também processos participativos desde a concepção da

tecnologia, garantindo que a TA cumpra seu papel transformador na vida das pessoas com tetraplegia.

Diante dos resultados, reafirma-se que o desenvolvimento e implementação de tecnologias assistivas devem ser pautados não apenas pela viabilidade técnica, mas também por princípios de equidade e inclusão social. As políticas públicas, por sua vez, devem ir além da simples oferta de dispositivos, assegurando a criação de ambientes propícios ao uso, o fornecimento de apoio técnico contínuo e a promoção de uma cultura de inclusão tecnológica. Portanto, o impacto positivo das tecnologias assistivas depende da articulação entre ciência, tecnologia e sociedade, uma perspectiva que posiciona o protagonismo do usuário no centro do processo decisório.

## Comparison of Assistive Technologies for Tetraplegia: Eye and Head Tracking in Computer Use

### ABSTRACT

This article proposes the evaluation of two software programs for the use of computers by people with quadriplegia. Both programs are not visible from additional equipment and are easily accessible to the public. The research sought to analyze users' satisfaction levels when performing simple tasks, as well as their efficiency. In the end, try to establish a parameter to discuss which technology is most accurate and best used to carry out these tasks. Data collection was carried out with volunteer computer users who were not affected by illness. They performed a calculation on the calculator app and guided navigation on a simulated website. After the tasks, questionnaires about satisfaction were answered, as well as data regarding the volunteer's performance were collected. The results demonstrated that the software that uses both tracking technologies is more accurate and efficient for controlling computers and carrying out tasks than the other that uses only eye tracking technology.

**KEYWORDS:** Eye tracking. Head tracking. Tetraplegia. Assistive technology. Software.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001., e da Fundação de Amparo à pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Agradecemos ao Laboratório de Ergonomia e Interfaces por ceder o espaço para a realização do estudo, bem como o Prof. Dr. Fausto Orsi e Prof. Dr<sup>a</sup>. Aline Darc Piculo dos Santos, por orientarem o trabalho realizados. Também agradecemos à Universidade Estadual Paulista (UNESP) e todos seus funcionários pela estrutura concedida para pesquisas científicas no estado de São Paulo.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. B. S. et al. Assistive technology in spinal cord injury rehabilitation: use or non-use? Understanding what happens post-discharge in tetraplegic individuals at a rehabilitation centre in Northeast Brazil. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, p. 1–11, 2 mar. 2025.

AL-RAHAYFEH, A.; FAEZIPOUR, M. Eye tracking and head movement detection: A state-of-art survey. **IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine**, v. 1, p. 11–22, 2013.

BASTOS, L. A.; CORDEIRO, D. C. A.; ZAGHENI, A. L. et al. As pessoas com deficiência e a acessibilidade digital nos dias de hoje no Brasil . **Rev. Tecnol. Soc .**, Curitiba, v. 19, n. 5 8 , p. 212 228 , out dez ., 2023. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/16170>

BLAIR, R. C.; HIGGINS, J. J. Comparison of the Power of the Paired Samples t Test to That of Wilcoxon's Signed-Ranks Test Under Various Population Shapes, **Psychological Bulletin**. [s.l: s.n.].

CALTENCO, H. A. et al. Understanding Computer Users With Tetraplegia: Survey of Assistive Technology Users. **International Journal of Human-Computer Interaction**, v. 28, n. 4, p. 258–268, abr. 2012.

CALTENCO, H. A.; STRUIJK, A.; BREIDEGARD, B. TongueWise: Tongue-Computer Interface Software for People with Tetraplegia. **32nd Annual International Conference of the IEEE EMBS**. Anais...2010.

COLLINS, T. L.; CARDELLA, A.; GORDON, S. The Impact of Assistive Technology on Quality of Life of Home-Dwelling People with Parkinson's Disease. **Home Healthc Now**, 41, n. 4, p. 214–220, Jul–Aug 01 2023.

CURTIN, M. Technology for People with Tetraplegia, Part 1: Accessing Computers. **British Journal of Occupational Therapy**, v. 57, n. 10, p. 376–380, 1994.

FRIDÉN, J.; GOHRITZ, A. Tetraplegia Management Update. **The Journal of Hand Surgery**, v. 40, n. 12, p. 2489–2500, 1 dez. 2015.

GERMOLUS, B.; HIRDLER, A.; PETERSON, M. **Assistive technology and in-home use for individuals with tetraplegia**. [s.l.] University of North Dakota, 2020.

GOMES FILHO, A. C. Tecnologia Assistiva, ajuda técnica ou tecnologias assistivas: evolução dos termos e formação de conceito no Brasil no período de 1988 a 2018 **Rev. Tecnol. Soc.**, Curitiba, v. 19, n. 57, p. 206-224, jul./set., 2023. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/15850>

GOODMAN, G.; TIENE, D.; LUFT, P. Adoption of Assistive Technology for computer access among college students with disabilities. **Disability and Rehabilitation**, v. 24, n. 1–3, p. 80–92, 10 jan. 2002.

GOULART, R. F.; BUIATTI, R. C. Uso da visão computacional para desenvolver mouse virtual e controlar movimentos capturados pela webcam. **REVISTA DELOS**, [S. l.], v. 18, n. 67, p. e5075, 2025. DOI: 10.55905/rdelosv18.n67-084

HALDER, S.; TAKANO, K.; KANSAKU, K. Comparison of Four Control Methods for a Five-Choice Assistive Technology. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 12, 6 jun. 2018.

HOGETOP, L.; SANTAROSA, L. Tecnologias assistivas: viabilizando a acessibilidade ao potencial individual. *Informática na educação: teoria & prática*, 5, n. 2, 11/16 2002.

HUTMACHER, N. et al. Identification of needs for an assistive robotic arm in individuals with tetraplegia: a mixed-methods approach. **Journal of neuroengineering and rehabilitation**, v. 22, n. 1, p. 113, 2025.

IBGE. Cartilha do censo 2010: pessoas com deficiência. Brasília: SDH-PR/SNPD, 2010.

JEBB, A. T.; NG, V.; TAY, L. A Review of Key Likert Scale Development Advances: 1995–2019. **Frontiers in Psychology**, Frontiers Media S.A., , 4 maio 2021.

KUBIAK, S.; SKLAR, E. Racial and Ethnic Disparities of Social Participation After Tetraplegia Injury: A Regression Analysis. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 104, n. 6, p. 863–871, jun. 2023.

LUPU, R. G. et al. Eye Tracking User Interface for Internet Access Used in Assistive Technology. **6th IEEE International Conference on E-Health and Bioengineering** . Anais...2017.

OLIVEIRA, D. C. A.; BORGES, J. A. D. S.; ALVES, F. E. D. O. D. S. Deficiência e tecnologia assistiva: um olhar para a sociedade. **Revista Scientiarum Historia**, v. 2, p. 8, 13 dez. 2019.

PEREIRA, G. de Q.; FRANCISCO, A. C. de; RENAUX, D. P. B. et al. Ferramentas de tecnologia assistiva para aquisição de conhecimento do deficiente visual: uma revisão narrativa. **Rev. Tecnol. Soc.**, Curitiba, v. 19, n. 57, p. 164-182, jul./set., 2023. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/15823>

ROSA, M. A. B. F. D.; FREITAS, C. C. G.; ROSA, V. F. D. Tecnologia assistiva e tecnologia social: análise dos limites da relação entre ambas. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 16, n. 40, p. 1, 2 mar. 2020.

SARTORETTO, M. L.; BERSCH, R. Assistiva - Tecnologia e Educação. 2023. Disponível em: <https://www.assistiva.com.br/tassistiva.html>. Acesso em: 14/07/2025.

SIDENMARK, L.; GELLERSEN, H. Eye & Head: Synergetic eye and head movement for gaze pointing and selection. **UIST 2019 - Proceedings of the 32nd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology**. Anais...Association for Computing Machinery, Inc, 17 out. 2019.

SILVA, M. M. DA et al. **Dispositivo vestível para auxiliar alunos tetraplégicos em ambientes escolares**. Anais do Workshop de Desafios da Computação aplicada à Educação (DesafIE! 2019). **Anais**. Sociedade Brasileira de Computação - SBC, 2019. . Acesso em: 14 jul. 2025

VIANA M., S. Interface humano-computador baseada em visão computacional: uma solução para pessoas com tetraplegia. **Campinas: Universidade Estadual de Campinas**, 2019.

WÄCKERLIN, S. et al. Need and availability of assistive devices to compensate for impaired hand function of individuals with tetraplegia. **The journal of spinal cord medicine**, v. 43, n. 1, p. 77–87, 2020.

WINSTON, B. **Media Technology and Society**. 1st. ed. London: Routledge, 1998.

**Recebido:** 28/03/2024

**Aprovado:** 22/07/2025

**DOI:** 10.3895/rts.v21n65.18344

**Como citar:**

GAZANA, João Vitor; SILVA, Luiz Gustavo Souza; SOARES, Lucas Gabriel Vieira; SANTOS, Aline Darc Piculo dos; MEDOLA, Fausto. Comparação de tecnologias assistivas para tetraplegia: rastreamento de olhos e cabeça no uso de computadores. **Rev. Technol. Soc.**, Curitiba, v. 21, n. 65, p.97-115, jul./set., 2025. Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/18344>

Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

