

ACESSIBILIDADE DIGITAL E SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS PARA PCDS DOS MEMBROS SUPERIORES

Gregorie Rodrigues Amaral Santos¹

Julio Cesar Carou Felix de Lima²

Olinda Nogueira Paes Rizzo³

Resumo

Introdução

As pessoas com deficiência (PcDs) dos membros superiores enfrentam desafios significativos no acesso a diversas oportunidades sociais, educacionais e profissionais. No Brasil, cerca de 25% da população tem algum tipo de deficiência, e muitas delas são motoras, limitando a capacidade de uso de dispositivos eletrônicos e a interação com a tecnologia (IBGE, 2010). Essas limitações não apenas impactam a qualidade de vida dos indivíduos afetados, mas também contribuem para a exclusão social, conforme discutido por Bersch (2009). Em um cenário em que a tecnologia pode facilitar a inclusão, é crucial explorar intervenções que promovam a acessibilidade digital, especialmente para aqueles que não podem usar as mãos de maneira convencional. Nesse sentido, as tecnologias assistivas (TAs) emergem como soluções promissoras para mitigar essas barreiras. A implementação de ferramentas adaptativas pode efetivamente possibilitar a inclusão de PcDs dos membros superiores em ambientes digitais, proporcionando acesso a informações e serviços essenciais, como evidenciado no trabalho de Bird et al. (2020). A introdução de dispositivos que se adaptem às limitações físicas dessas pessoas é um passo vital para garantir que possam participar plenamente da sociedade, especialmente em áreas como educação e mercado de trabalho. A necessidade de de-

senvolver soluções que abarquem o uso de computação e ferramentas interativas específicas para PcDs com deficiência motora nos membros superiores se torna um ponto central da pesquisa em tecnologias assistivas. A proposta deste trabalho é desenvolver três soluções tecnológicas que visem aumentar a acessibilidade digital para PcDs com deficiências nos membros superiores: um mouse adaptado de baixo custo, um editor de texto personalizado e uma Interface Homem-Máquina (IHM) baseada em eletromiografia (EMG). O uso de sinais eletromiográficos no controle de interfaces apresenta um progresso significativo, conforme discutido por Samuel et al. (2019), permitindo que usuários afetados circundem suas limitações. A eficácia dessas ferramentas será avaliada por meio de testes de usabilidade realizados com PcDs, medindo sua eficácia e eficiência na promoção da inclusão digital. A escolha de abordar soluções tecnológicas para PcDs dos membros.

Objetivos

Apresentar soluções tecnológicas que promovam a acessibilidade digital para pessoas com deficiência dos membros superiores, contribuindo para sua inclusão social e sua autonomia em ambientes digitais. 1. Analisar as dificuldades enfrentadas por PcDs dos membros superiores na utilização de dispositivos tecnológicos, identificando as principais barreiras que limitam seu acesso à informação e à comunicação digital. 2. Apresentar tecnologias assis-

¹ Graduando em Engenharia de Computação da Universidade Santo Amaro, SP. E-mail: agregorie@estudante.unisa.br.

² Professor Mestre, Universidade Santo Amaro, SP. E-mail: jclima@prof.unisa.br.

³ Professora Mestra, Universidade Santo Amaro, SP. E-mail: orizzo@prof.unisa.br.

tivas específicas, como um mouse adaptado e uma interface homem-máquina, destacando como essas soluções podem facilitar a interação de PcDs com deficiências motoras em ambientes digitais. 3. Avaliar a eficácia das soluções propostas em contextos reais, realizando testes de usabilidade e coletando feedback dos usuários para aprimorar a funcionalidade e a acessibilidade das ferramentas desenvolvidas.

Metodologia

A metodologia deste trabalho será organizada em etapas, abordando as técnicas que serão utilizadas para atender aos objetivos gerais e específicos propostos. Esta seção é composta por três subitens principais: 1) descrição do estudo de caso; 2) importância do estudo de caso; e 3) etapas de análise e avaliação. Este tipo de abordagem é fundamental para garantir a plenitude da pesquisa e a inclusão das

vozes dos PcDs, como destacado por Junio et al. (2020).

Resultado e Discussão

A avaliação da eficácia das tecnologias assistivas desenvolvidas foi realizada por meio de testes de usabilidade que mediram, de forma detalhada, o desempenho de cada ferramenta implementada. O mouse adaptado, projetado com um design ergonômico e botões personalizáveis, demonstrou uma redução significativa no tempo necessário para realizar tarefas comuns, como enviar e-mails e editar documentos. Os resultados revelaram que os usuários conseguiram completar essas tarefas em uma média de 4 minutos, contra 10 minutos registrados no uso de mouses convencionais. A Tabela 9 apresenta uma comparação dos tempos de tarefa e das taxas de erro para cada tecnologia testada, evidenciando que, além do mouse adaptado, o editor de texto personali-

Tabela 9: Comparação de Desempenho das Tecnologias Assistivas

Ferramenta	Tempo Médio (min)	Taxa de Sucesso (%)	Taxa de Erro (%)
Mouse Adaptado	4,0	85	10
Editor de Texto Personalizado	5,2	76	12
Interface Homem-Máquina	6,0	82	8

Fonte: Autor (2025)

zado permitiu que 76% dos participantes realizassem suas atividades sem erros, enquanto a Interface Homem-Máquina alcançou uma taxa de sucesso de 82% na execução de comandos básicos.

Esses resultados fornecem evidências sólidas de que as soluções assistivas não apenas melhoram a acessibilidade, mas também aumentam a eficiência e a produtividade dos usuários. A análise das métricas de usabilidade destaca a importância do design centrado no usuário, que considera as limitações específicas enfrentadas por pessoas com deficiência dos membros superiores. A integração de funcionalidades como comandos de voz no editor de texto e a capacidade da IHM de interpretar sinais musculares demonstram um avanço

significativo na interação digital, indicando que essas tecnologias têm o potencial de transformar a experiência dos usuários e promover a inclusão digital de forma mais ampla. A análise dos dados coletados durante os testes de usabilidade trouxe à tona percepções valiosas sobre a experiência dos usuários com as tecnologias assistivas desenvolvidas. Os participantes foram convidados a avaliar cada ferramenta em termos de facilidade de uso, funcionalidade e eficácia, resultando em um feedback construtivo em várias áreas. A Tabela 10 resume as porcentagens de satisfação dos usuários para cada um desses critérios, onde o mouse adaptado obteve uma satisfação geral de 87%, seguido pelo editor de texto personalizado com 82% e pela Interface Homem-

Máquina que alcançou 78%. Esses números indicam que, embora as tecnologias tenham sido bem recebidas, ainda existem oportunida-

des de aprimoramento, principalmente na IHM, onde os usuários mencionaram desafios de configuração inicial e a necessidade de

Tabela 10: Opinião dos Usuários sobre Ferramentas Assistivas

Ferramenta	Facilidade de Uso (%)	Funcionalidade (%)	Eficácia (%)
Mouse Adaptado	87	85	90
Editor de Texto Personalizado	82	80	84
Interface Homem-Máquina	78	75	80

Fonte: Autor (2025)

uma calibração mais precisa para diferentes níveis de atividade muscular.

Além disso, as sugestões dos usuários fornecem uma direção clara para futuras atualizações e desenvolvimento de novas funcionalidades. Muitos usuários expressaram o desejo de personalizações adicionais, como a configuração de teclas de atalho no editor de texto e melhorias na responsividade da IHM em relação aos sinais musculares. Essa demanda sublinha a importância de um design que não apenas atenda às necessidades atuais dos PCDs, mas que também se adapte às suas preferências e feedback contínuo. Através dessa interação, fica evidente que um ciclo de desenvolvimento orientado pelo usuário é fundamental para criar soluções assistivas que sejam verdadeiramente eficazes e inclusivas, alinhando-se com as necessidades emergen-

tes dessa população. As implicações dos resultados obtidos na pesquisa sobre as tecnologias assistivas desenvolvidas revelam um potencial significativo para promover a inclusão digital de pessoas com deficiência dos membros superiores. Ao proporcionar ferramentas como o mouse adaptado, o editor de texto personalizado e a Interface Homem-Máquina, as inovações apresentadas não apenas aumentam a acessibilidade, mas também empoderam os usuários ao melhorar sua autonomia nas interações com dispositivos digitais. A Tabela 11 ilustra o impacto positivo dessas tecnologias na frequência de uso de diferentes plataformas digitais pelos PCDs, mostrando que 85% dos participantes começaram a usar plataformas de comunicação e redes sociais com mais regularidade após a implementação dessas ferramentas, ao passo que 78% relataram um aumento na confiança para participar ativamente em ambientes digitais. Esses da-

Tabela 11: Impacto das Tecnologias Assistivas na Inclusão Digital

Plataforma	Uso Antes (%)	Uso Depois (%)	Aumento de Confiança (%)
Redes Sociais	40	78	80
E-mails	50	85	75
Plataformas de Aprendizado	30	70	82

Fonte: Autor (2025)

dos evidenciam que a acessibilidade tecnológica é fundamental para a inclusão social e a participação ativa de PcDs na sociedade.

A relevância das práticas de design inclusivo torna-se evidente quando se considera a necessidade de um comprometimento contínuo da indústria tecnológica em desenvolver e adaptar soluções que atendam a todas as necessidades dos usuários. As tecnologias assistivas não devem ser vistas como soluções pontuais, mas como parte de um compromisso mais amplo para integrar PcDs em todos os aspectos da vida digital. Essa abordagem requer uma compreensão profunda das limitações enfrentadas por esses usuários, além de um processo colaborativo que envolva feedback constante e iterações baseadas nas experiências reais deles. Assim, ao adotar um modelo centrado no usuário, a indústria pode não apenas melhorar suas ofertas de produtos, mas também contribuir para a igualdade de oportunidades e a construção de uma sociedade mais inclusiva, onde as barreiras à participação digital sejam constantemente desmanteladas..

Considerações Finais

A seção de conclusão do presente trabalho visa consolidar as principais descobertas e reflexões acerca das tecnologias assistivas desenvolvidas. Os objetivos propostos foram alcançados com sucesso, evidenciando a eficácia do mouse adaptado, do editor de texto personalizado e da Interface Homem-Máquina na melhoria da acessibilidade e interação digital para pessoas com deficiência dos membros superiores. A análise dos dados coletados demonstrou que as ferramentas não apenas trouxeram melhorias na experiência do usuário, mas também foram capazes de promover um aumento significativo na autonomia e confiança no uso das tecnologias digitais, destacando assim a relevância do design inclusivo. As principais contribuições deste trabalho para a área de estudo incluem a validação das tecnologias assistivas como instrumentos eficazes para a inclusão digital de PcDs, além da ênfase na importância de um desenvolvimento centrado no usuário. As métricas de usabilidade

de e feedback coletados durante os testes fornecem um recurso valioso para futuras pesquisas e projetos, reforçando a necessidade de um olhar atento às especificidades das necessidades de diferentes grupos de usuários. O estudo também oferece um modelo prático que pode ser replicado para outras inovações tecnológicas voltadas para a acessibilidade, contribuindo para o avanço das práticas de design inclusivo e inovação digital. Entretanto, ainda há diversas áreas que merecem ser exploradas em investigações futuras. Por exemplo, estudos que envolvam uma amostra maior e mais diversificada de PcDs podem oferecer uma compreensão mais aprofundada sobre as diferentes necessidades e preferências nos contextos de uso. Além disso, a integração de novas tecnologias, como inteligência artificial e machine learning, nas ferramentas assistivas pode abrir novos horizontes de acessibilidade e personalização, sendo um campo fértil para futuras pesquisas que potencialmente podem revolucionar a experiência do usuário. Por fim, alguns aspectos do trabalho podem ser aprimorados. A inclusão de uma análise qualitativa mais aprofundada das experiências dos usuários poderia complementar os dados quantitativos já coletados, proporcionando um panorama mais rico e complexo das interações com as tecnologias assistivas. Adicionalmente, é fundamental que os processos de desenvolvimento e teste sejam contínuos, permitindo que as ferramentas evoluam em resposta às mudanças nas necessidades dos usuários e às inovações tecnológicas. Esses esforços conjuntos não apenas fortalecerão o campo das tecnologias assistivas, mas também contribuirão para uma sociedade mais inclusiva e acessível para todos.

Palavras-chave

Inclusão; Tecnologia; Usabilidade; Intereração; Deficiência.

Referências

BERSCH, R. d. C. R. Design de um serviço de tecnologia assistiva em escolas públicas. 2009.

Bird, J. J.; Kobylarz, J.; Faria, D. R.; Ekárt, A.; Ribeiro, E. P. Cross-domain mlp and cnn transfer learning for biological signal processing: Eeg and emg. v. 8, p. 54789–54801, 2020.

IBGE. Censo demográfico 2010. IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. BRASIL. Lei n° 13.146, de 6 de julho de 2015. Instituto brasileiro de inclusão da pessoa com deficiência. Diário Oficial da União, 2015.

DC, O.; YU, J. EMG-based hand gesture classification by scale average wavelet transform and CNN. International Conference on Control Robot System Society, p. 533-538, 2019.

FANG, S.; HUSSEIN, A. F.; RAMKUMAR, S.; DHANALAKSHMI, K. S.; EMAYAVARAMBAN, G. Prospects of electrooculography in human-computer interface based neural rehabilitation for neural repair patients. v. 7, p. 25506–25515, 2019.

JUNIO, J. V.; LIMA, B. A.; SOUZA, R. E. Interface homem-máquina como tecnologia assistiva: limites e possibilidades. In: Congresso Brasileiro de Ciencias da Computação. Anais do Congresso Brasileiro de Ciências da Computação , 2020. p. 1-5. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3834919>, 05 out de 2025.

PATEL, A.; RAMSAY, J.; IMTIAZ, M.; LU, Y. Emg-based human machine interface control. In: IEEE. 2019 12th International Conference on Human System Interaction (HSI). [S.I.], 2019. p. 127–131.

Samuel, O. W.; Asogbon, M. G.; Geng, Y.; Al-Timemy, A. H.; Pirbhulal, S.; Ji, N.; Chen, S.; Fang, P.; Li, G. Intelligent emg pattern recognition control method for upper-limb multifunctional prostheses: Advances, current challenges,

and future prospects. v. 7, p. 10150–10165, 2019.