

UMA FERRAMENTA PARA O ENSINO DE MAPAS DE KARNAUGH PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: CONCEPÇÃO E DESIGN DE UMA INTERFACE DE USUÁRIO TANGÍVEL

ANA CAROLINA N. KONRADT¹; SANTIAGO DEL VALLE A. MARTINEZ²; DÉCIO LUVIER NETO³; LAURA QUEVEDO JURGINA⁴; GUILHERME TOMASCHEWSKI NETTO⁵; LEOMAR SOARES DA ROSA JR.⁶

¹*Universidade Federal de Pelotas – ana.cnk@inf.ufpel.edu.br*

²*Universidade Federal de Pelotas – santiago.dvam@inf.ufpel.edu.br*

³*Universidade Federal de Pelotas – decio.luvier@ufpel.edu.br*

⁴*Universidade Federal de Pelotas – lqjurgina@inf.ufpel.edu.br*

⁵*Universidade Federal de Pelotas – guilherme.netto@inf.ufpel.edu.br*

⁶*Universidade Federal de Pelotas – leomarjr@inf.ufpel.edu.br*

1. INTRODUÇÃO

A educação inclusiva para pessoas com deficiência visual é um fator crucial para promover igualdade de oportunidades. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a falta de acessibilidade em ambientes educacionais contribui para a ampliação das desigualdades sociais, afetando milhões de indivíduos ao redor do mundo (WHO, 2019). No Brasil, aproximadamente 18,6 milhões de pessoas apresentam algum tipo de deficiência, das quais 3,1% relatam algum grau de deficiência visual (IBGE, 2023). Apesar de alguns avanços, apenas 15% dos jovens com deficiência, entre 18 e 24 anos, estão matriculados no ensino superior, em comparação com 25% dos jovens sem deficiência (IBGE, 2023). Esses números revelam uma lacuna significativa no acesso à educação para esse público, particularmente em áreas que exigem métodos visuais para a compreensão de conceitos, como o estudo de circuitos lógicos digitais.

De acordo com VEITCH (1952) e KARNAUGH (1953), o Mapa de Karnaugh é uma ferramenta gráfica amplamente utilizada para simplificar expressões booleanas e otimizar circuitos lógicos. No entanto, devido à sua dependência de representações visuais, o uso desta ferramenta pode se tornar um grande desafio para estudantes com deficiência visual. Nesse cenário, surgem as Interfaces de Usuário Tangíveis (TUI), que transformam ambientes digitais em objetos físicos manipuláveis, permitindo uma interação mais direta e intuitiva (ISHII; ULLMER, 1997). Vários estudos têm demonstrado o potencial das TUIs no ensino de ciências e matemática, especialmente para estudantes cegos (BUEHLER et al., 2019).

O presente trabalho propõe a criação de uma interface tangível para ensinar Mapas de Karnaugh a estudantes com deficiência visual, utilizando a metodologia de Design Thinking. O processo de pesquisa e design é detalhado nas próximas seções, seguido por uma análise do protótipo desenvolvido e das etapas futuras.

2. METODOLOGIA

A realização desse trabalho deu-se através da metodologia de Design Thinking, que é uma abordagem criativa e colaborativa voltada para a solução de problemas complexos (BROWN, 2009). Suas etapas incluem empatia, definição, ideação, prototipagem e teste, garantindo que a solução desenvolvida seja centrada nas necessidades dos usuários. Essa metodologia é especialmente adequada para o desenvolvimento de tecnologias assistivas, pois coloca o usuário final no centro do processo de design.

2.1 EMPATIA

A fase de empatia envolveu uma revisão sistemática da literatura para identificar soluções tecnológicas usadas no ensino de pessoas com deficiência visual. A revisão incluiu bases como SBC Open Library, Elsevier, IEEE e ACM, utilizando termos relacionados a TUIs e educação para deficientes visuais. Foram considerados estudos de 2019 a 2024 que exploram interfaces tangíveis voltadas para a educação de pessoas cegas (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007).

A análise revelou que a maioria das TUIs desenvolvidas para deficientes visuais utiliza feedback auditivo e tecnologias acessíveis, como impressão 3D. No entanto, a maioria dessas ferramentas é voltada para crianças em idade pré-escolar e ensino fundamental, deixando uma lacuna significativa no ensino superior.

2.2 DEFINIÇÃO

Com base na revisão da literatura, o problema foi claramente definido: há uma carência de ferramentas acessíveis e eficazes para o ensino de lógica digital a estudantes com deficiência visual. O dispositivo TUI a ser desenvolvido deve ser acessível, permitindo a manipulação tátil de conceitos lógicos complexos sem a necessidade de assistência constante.

2.3 IDEAÇÃO

A fase de ideação explorou várias alternativas de design. Optou-se por um dispositivo que utiliza botões táteis organizados em uma matriz, representando as células de um Mapa de Karnaugh. A tecnologia de impressão 3D foi escolhida pela sua flexibilidade e precisão na criação de protótipos acessíveis.

2.4 PROTOTIPAGEM

O protótipo foi construído utilizando botões táteis que representam os valores lógicos no Mapa de Karnaugh. O feedback auditivo foi implementado para validar a correção das expressões lógicas, enquanto uma matriz de LEDs foi utilizada para fornecer feedback visual adicional, auxiliando estudantes com baixa visão e educadores. A Figura 1 apresenta o protótipo em construção.

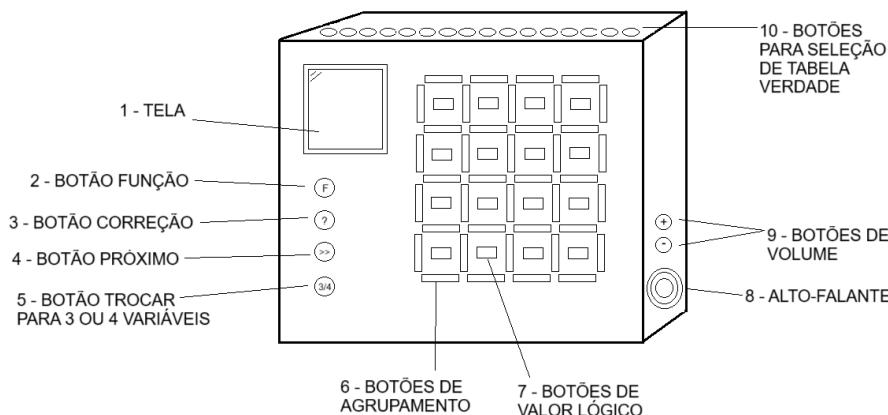


Figura 1 - Protótipo em construção.

2.5 TESTES

Os testes de usabilidade envolverão estudantes cegos, e as métricas de avaliação incluirão eficiência de uso, ergonomia e compreensão dos conceitos lógicos. Após a análise dos resultados, o design será ajustado para otimizar a experiência do usuário. Posteriormente, um estudo controlado comparará o desempenho dos alunos que utilizam o dispositivo TUI com aqueles que utilizam métodos tradicionais de ensino.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interface desenvolvida permitirá a manipulação direta de Mapas de Karnaugh, oferecendo uma experiência de aprendizado mais inclusiva para estudantes com deficiência visual. A elaboração do protótipo incluiu a escolha de materiais e tecnologias que garantem acessibilidade e interatividade, com especial atenção à ergonomia dos botões táteis. Os testes preliminares indicaram a eficácia do feedback tático na compreensão dos conceitos abordados, embora melhorias possam ser necessárias.

Espera-se que o dispositivo aumente a compreensão de conceitos abstratos e promova maior autonomia no estudo da lógica digital. Os testes de usabilidade fornecerão feedback crucial para ajustes finais antes da validação experimental em larga escala.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou a concepção de uma TUI voltada para o ensino de Mapas de Karnaugh a estudantes com deficiência visual. A aplicação da metodologia de Design Thinking permitiu a criação de um protótipo acessível e funcional. As próximas etapas incluem testes de usabilidade e um estudo controlado, que avaliará a eficácia do dispositivo em ambientes educacionais. A TUI desenvolvida tem o potencial de contribuir significativamente para a inclusão de estudantes cegos no ensino de lógica digital, fornecendo uma solução inovadora e adaptada às suas necessidades.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROWN, T. (2009). *Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation*. Harper Business, New York.
- BUEHLER, E., HURST, A., and HOFMANN, M. (2019). "Making accessibility: Inclusive 3D printing for children with visual impairments." *ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS)*, 12(3):1–28.
- IBGE (2023). "Pessoas com deficiência têm menor acesso à educação, ao trabalho e à renda". Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37317-pessoas-com-deficiencia-tem-menor-acesso-a-educacao-ao-trabalho-e-a-renda>
- ISHII, H. AND ULLMER, B. (1997). "Tangible bits: Beyond pixels." *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing systems*, pp. 234–241.
- KARNAUGH, M. (1953). "The map method for synthesis of combinational logic circuits." *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers, Part I: Communication and Electronics*, 72(9):593–599.
- KITCHENHAM, B. AND CHARTERS, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. EBSE Technical Report.
- VEITCH, E. W. (1952). "A chart method for simplifying truth functions." *Proceedings of the ACM National Meeting*, pp. 127–133.
- World Health Organization (2019). *World Report on Vision*. Disponível em: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/328717/9789241516570-eng.pdf?sequence=18>