

Estado da publicação: O preprint não foi publicado em outro meio.

Tecnologias assistivas na educação para pessoas com deficiência visual: revisão sistemática de tendências e lacunas

André Ferreira Bento, Alison Roberto Panisson, Patricia Kellen Pereira

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.16906>

Submetido em: 2026-07-21

Postado em: 2026-07-27 (versão 2)

(AAAA-MM-DD)

Justificativa da versão: Ajustes na escrita de alguns trechos.

Tecnologias assistivas na educação para pessoas com deficiência visual: revisão sistemática de tendências e lacunas

Assistive technologies in education for visually impaired people: a systematic review of trends and gaps

André Ferreira Bento

Instituto Federal Catarinense. Sombrio, SC, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6455-4790>

Patricia Kellen Pereira

Instituto Federal Catarinense. Sombrio, SC, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9020-4741>

Alison Roberto Panisson

Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, SC, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9438-5508>

RESUMO

Este estudo analisa o uso de tecnologias assistivas para pessoas com deficiência visual no contexto educacional, a partir de uma revisão sistemática da literatura. Fundamentado no modelo social da deficiência e na acessibilidade como conceito multidimensional, o trabalho parte do pressuposto de que a inclusão envolve não apenas o acesso, mas também a permanência e a participação efetiva dos estudantes. Foram analisados 56 estudos publicados entre 2020 e 2025, organizados segundo dimensões da acessibilidade, contextos educacionais, tipos de tecnologias, impactos, métodos de avaliação e conclusões dos autores. Os resultados evidenciam a predominância de abordagens centradas nas dimensões instrumental e comunicacional, com foco no desenvolvimento de soluções tecnológicas, especialmente aplicações móveis, recursos multimodais e ferramentas digitais de apoio à aprendizagem. Observa-se, ainda, uma concentração significativa de estudos na Educação Especial e no Ensino Superior. Em contrapartida, as dimensões atitudinais e programáticas permanecem pouco exploradas, indicando lacunas importantes na literatura. Conclui-se que, apesar dos avanços tecnológicos, a acessibilidade ainda é tratada de forma predominantemente técnica, o que limita seu potencial transformador. Assim, destaca-se a necessidade de maior articulação entre tecnologias assistivas, práticas pedagógicas e políticas públicas, visando à consolidação de uma educação verdadeiramente inclusiva.

Palavras-chave:

Tecnologia assistiva; deficiência visual; acessibilidade; educação inclusiva.

ABSTRACT

This study analyzes the use of assistive technologies for visually impaired people in the educational context, based on a systematic literature review. Grounded in the social model of disability and accessibility as a multidimensional concept, the work assumes that inclusion

involves not only access, but also the permanence and effective participation of students. Fifty-six studies published between 2020 and 2025 were analyzed, organized according to dimensions of accessibility, educational contexts, types of technologies, impacts, evaluation methods, and authors' conclusions. The results show a predominance of approaches centered on the instrumental and communicational dimensions, focusing on the development of technological solutions, especially mobile applications, multimodal resources, and digital tools to support learning. A significant concentration of studies in Special Education and Higher Education is also observed. In contrast, attitudinal and programmatic dimensions remain underexplored, indicating important gaps in the literature. It is concluded that, despite technological advances, accessibility is still treated in a predominantly technical way, which limits its transformative potential. Thus, the need for greater coordination between assistive technologies, pedagogical practices, and public policies is highlighted, aiming at the consolidation of a truly inclusive education.

Keywords:

Assistive technology; visual impairment; accessibility; inclusive education.

INTRODUÇÃO

A percepção da deficiência no ambiente escolar migrou de uma perspectiva predominantemente clínica para uma abordagem fundamentada no modelo social. Nessa ótica, tanto a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015) quanto normas como a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 9050:2020 compreendem a deficiência como resultado da interação entre impedimentos físicos ou sensoriais e as diversas barreiras presentes na sociedade e nas instituições de ensino. Assim, Diniz, Barbosa e Santos (2009) argumentam que a inclusão deixa de representar um esforço de “correção” do estudante e passa a constituir uma responsabilidade coletiva de remoção das barreiras sociais, institucionais e tecnológicas.

Nesse cenário, Sehnem e Pavão (2019) e Mattje e Santos (2018) afirmam que a acessibilidade assume papel central na garantia do direito à educação, sendo compreendida como um conceito multidimensional que envolve não apenas o acesso físico, mas também dimensões comunicacionais, pedagógicas, atitudinais e programáticas. Para pessoas com deficiência visual, essa discussão ganha ainda mais relevância, uma vez que o acesso à informação e ao conteúdo educacional depende diretamente da mediação por tecnologias assistivas.

Apesar dos avanços normativos e do desenvolvimento crescente de soluções tecnológicas, observa-se que a acessibilidade ainda é frequentemente tratada sob uma perspectiva predominantemente técnica, centrada na disponibilização de ferramentas, sem a devida articulação com práticas pedagógicas, formação docente e políticas públicas estruturadas.

Diante desse contexto, este estudo parte da seguinte premissa: a efetivação da acessibilidade no contexto educacional não depende apenas da existência de tecnologias assistivas ou de políticas públicas isoladas, mas da integração entre esses elementos.

Assim, o objetivo desta pesquisa é analisar criticamente a produção científica sobre tecnologias assistivas voltadas para pessoas com deficiência visual no contexto educacional, buscando identificar tendências, lacunas e desafios, com ênfase na articulação entre dimensões tecnológicas, pedagógicas e institucionais.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Políticas públicas de educação inclusiva no Brasil

A compreensão contemporânea da deficiência, especialmente no campo educacional, tem se deslocado de uma perspectiva centrada no indivíduo para uma abordagem que considera as condições sociais como determinantes da exclusão. Esse movimento é fortalecido por marcos legais como a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015), que incorpora o modelo social ao reconhecer que as limitações não decorrem exclusivamente dos impedimentos, mas da interação com barreiras presentes no ambiente (BRASIL, 2015).

A partir dessa perspectiva, a acessibilidade passa a ser compreendida como elemento estruturante das políticas públicas, e não apenas como um conjunto de adaptações pontuais. Trata-se de garantir condições efetivas de participação, o que envolve tanto a organização dos sistemas educacionais quanto a disponibilidade de recursos e estratégias que atendam às diferentes necessidades dos estudantes.

Nesse sentido, a legislação brasileira estabelece parâmetros importantes ao definir a deficiência como resultado da interação entre impedimentos de longa duração e barreiras diversas, o que amplia o foco das políticas públicas para além do diagnóstico clínico (BRASIL, 2015). Essa definição orienta a formulação de ações mais abrangentes, voltadas à remoção de obstáculos que dificultam o acesso à educação, à informação e à participação social.

A categorização das deficiências, frequentemente utilizada para fins de planejamento e organização de políticas, contribui para identificar demandas específicas e orientar intervenções mais direcionadas. No entanto, sua relevância ultrapassa a dimensão classificatória, ao possibilitar a articulação entre diagnóstico, planejamento educacional e implementação de tecnologias assistivas adequadas às diferentes necessidades.

Modelo social da deficiência e educação inclusiva

A consolidação do modelo social da deficiência, defendido por Diniz (2012), representa um avanço significativo na forma de compreender os processos de inclusão educacional. Diferentemente do modelo biomédico, que prioriza a correção de déficits individuais, essa abordagem desloca a atenção para as barreiras que limitam a participação dos sujeitos nos diferentes espaços sociais.

Nesse contexto, a educação inclusiva passa a ser entendida como um compromisso com a equidade, e não apenas com a inserção de estudantes com deficiência em espaços regulares de ensino. Isso implica reconhecer que oferecer as mesmas condições para todos não garante, necessariamente, igualdade de participação. Ao contrário, torna-se fundamental considerar as especificidades de cada sujeito e promover estratégias que viabilizem sua permanência e aprendizagem.

O modelo biopsicossocial contribui para essa ampliação ao integrar dimensões biológicas, sociais e contextuais, permitindo uma análise mais complexa das condições que impactam a participação educacional. Instrumentos como a Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF), proposta pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2003), reforçam essa abordagem ao considerar não apenas as funções corporais, mas também os fatores ambientais e sociais que influenciam o desempenho dos indivíduos. Conforme discutido por Diniz (2012), essa perspectiva amplia a compreensão da deficiência ao integrar dimensões biológicas, sociais e contextuais na análise da participação das pessoas com deficiência.

A transição do modelo médico para o social exige que a deficiência seja compreendida não como uma patologia, mas como uma expressão da diversidade humana. Segundo Diniz, Barbosa e Santos (2009), essa condição tem sido historicamente tratada como uma desvantagem devido às barreiras impostas pela sociedade, o que reforça a necessidade de

práticas educacionais que promovam a equidade e a participação plena. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, 2019), a educação inclusiva pressupõe compreender as diferenças individuais como oportunidades para enriquecer os processos de aprendizagem e promover sistemas educacionais mais equitativos.

Acessibilidade como conceito multidimensional

No contexto educacional, a acessibilidade deve ser compreendida de forma ampliada, ultrapassando a ideia de adaptações físicas e incorporando diferentes dimensões que possibilitam a participação efetiva dos estudantes. A Lei Brasileira de Inclusão (BRASIL, 2015) estabelece uma concepção ampliada de acessibilidade, enquanto a ABNT NBR 9050:2020 (ABNT, 2020) apresenta diretrizes técnicas voltadas à promoção da acessibilidade em edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Em conjunto, esses referenciais reforçam a compreensão da acessibilidade como condição indispensável para garantir a participação plena das pessoas com deficiência.

A garantia do direito à educação, de acordo com Sassaki (2009), exige que a acessibilidade seja operacionalizada de forma transversal, não se limitando a adaptações físicas isoladas. Na literatura, essa condição é apresentada em múltiplas dimensões, que devem atuar de maneira articulada. Para fins analíticos desta revisão, as dimensões propostas por Sassaki (2009) foram agrupadas em dois conjuntos, com o objetivo de facilitar a sistematização e a análise dos estudos incluídos, sem que essa organização represente uma classificação originalmente proposta pelo autor:

- Dimensões técnicas: englobam as acessibilidades instrumental (recursos e TA), comunicacional (formatos de informação) e arquitetônica (espaço físico);
- Dimensões humanas e organizacionais: incluem as acessibilidades metodológica (estratégias de ensino), atitudinal (combate ao preconceito) e programática (normas e políticas institucionais).

Mais do que categorias isoladas, essas dimensões devem ser compreendidas de forma integrada. A acessibilidade arquitetônica garante o acesso físico aos espaços; a comunicacional assegura a circulação da informação em formatos adequados; a metodológica envolve estratégias de ensino inclusivas; a atitudinal refere-se à superação de preconceitos; a instrumental diz respeito ao uso de tecnologias assistivas; e a programática está relacionada ao conjunto de normas e políticas que sustentam essas práticas.

Essa abordagem multidimensional é fundamental para o campo educacional, pois evidencia que a inclusão não depende de uma única intervenção, mas de um conjunto articulado de ações que envolvem desde a estrutura institucional até as práticas pedagógicas cotidianas.

Deficiência visual no contexto educacional

Embora a legislação brasileira utilize critérios de acuidade visual para definir a deficiência (BRASIL, 2015), definições estritamente clínicas podem ser insuficientes no ambiente pedagógico. De acordo com Sehnem e Pavão (2019) e Mattje e Santos (2018), é necessário considerar como a interação entre a limitação sensorial e as barreiras do meio afeta a participação efetiva do aluno, exigindo estratégias que garantam o acesso real ao conhecimento.

Na área da educação, essa discussão ganha relevância ao evidenciar que a ausência ou limitação da visão não implica restrições cognitivas, mas demanda estratégias específicas para garantir o acesso ao conhecimento. Isso inclui a utilização de materiais acessíveis, tecnologias assistivas e práticas pedagógicas que considerem diferentes formas de percepção e aprendizagem.

Dessa forma, compreender a deficiência visual a partir de uma perspectiva ampliada é fundamental para analisar o papel das tecnologias assistivas no processo educativo, especialmente no que se refere à promoção da autonomia, do desempenho acadêmico e da inclusão social.

Tecnologia assistiva: conceitos e tipologias

Mais do que meros dispositivos, a tecnologia assistiva consolida-se como um ecossistema composto por serviços e recursos destinados a potencializar a autonomia e a participação de estudantes com deficiência. No caso da deficiência visual, essa mediação técnica é o que permite converter conteúdos visuais em estímulos táteis ou sonoros, garantindo que a limitação sensorial não se transforme em uma barreira cognitiva para a aprendizagem (BERSCH; TONOLLI, 2006).

No contexto educacional, essas tecnologias assumem um papel central ao viabilizar o acesso à informação e ao conhecimento, especialmente para estudantes com deficiência visual. Isso inclui desde recursos tradicionais, como o sistema Braille, até soluções digitais mais recentes, como leitores de tela, aplicativos móveis, sistemas de navegação e ferramentas baseadas em inteligência artificial.

Autores destacam que a tecnologia assistiva não deve ser compreendida apenas como um conjunto de dispositivos, mas como parte de um processo mais amplo que envolve práticas pedagógicas, formação docente e organização institucional (SOARES et al., 2017; BASTOS et al., 2023). Nesse sentido, sua efetividade depende não apenas da disponibilidade dos recursos, mas da forma como são integrados ao contexto educacional. Se a deficiência resulta da interação entre impedimentos e barreiras, conforme o modelo social apresentado por Diniz (2012), a tecnologia assistiva constitui, na perspectiva de Bersch e Tonolli (2006), um instrumento fundamental para a remoção dessas barreiras e para a promoção da inclusão.

Para fins analíticos, as tecnologias assistivas podem ser organizadas em categorias relacionadas ao seu uso, como tecnologias de acesso à informação, de mobilidade, de comunicação e de apoio educacional. Essa categorização contribui para a sistematização dos estudos analisados nesta revisão, permitindo identificar tendências, lacunas e potencialidades no desenvolvimento e aplicação dessas tecnologias.

METODOLOGIA

Para a realização desta revisão sistemática, foram seguidas as diretrizes do PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (PAGE et al., 2021). O objetivo do estudo foi analisar a produção científica sobre tecnologias assistivas voltadas às pessoas com deficiência visual no contexto educacional e como a literatura vem discutindo e abordando esse tópico. Para tal, foi utilizada a estratégia SPIDER para definição dos seguintes aspectos (Cooke; Smith; Booth, 2012): Amostra (S), Fenômeno de Interesse (PI), Desenho (D), Avaliação (E) e Tipo de Pesquisa (R). Essa estratégia é útil para revisões sistemáticas que envolvem estudos que se diferenciam quanto aos delineamentos metodológicos adotados e às estratégias de intervenção empregadas. A seguir, cada aspecto da estratégia é detalhado no Quadro 1:

Quadro 1. Estrutura da Estratégia SPIDER

Componente	Definição do escopo
Fontes	Artigos, anais e capítulos revisados por pares, em português e inglês, disponíveis online.
S (Amostra)	Produções sobre o uso de Tecnologias Assistivas por estudantes com cegueira ou baixa visão.
PI (Fenômeno)	Implementação e desenvolvimento de recursos técnicos para o suporte pedagógico à deficiência visual.
D (Desenho)	Investigações pautadas em métodos qualitativos, quantitativos ou de natureza discursiva.
E (Avaliação)	Impacto da integração entre ferramentas tecnológicas e as dimensões da acessibilidade escolar.
R (Pesquisa)	Estudos primários envolvendo delineamentos experimentais, práticos ou empíricos na educação.

As seguintes questões de pesquisa foram utilizadas para identificar os pontos a serem discutidos nesse artigo:

- (QP1) Qual(is) dimensão(ões) da acessibilidade é(são) abordada(s) no artigo?
- (QP2) Qual categoria educacional?
- (QP3) Qual(is) tecnologia(s) assistiva(s) é(são) proposta(s)?
- (QP4) Qual(is) impacto(s) é(são) reportado(s) em relação ao uso dessas tecnologias?
- (QP5) Quais métodos foram utilizados para avaliar o impacto das tecnologias assistivas para pessoas com deficiência visual?
- (QP6) Quais foram as conclusões dos autores acerca do benefício das tecnologias em acessibilidade para pessoas com deficiência visual?
- (QP7) Que sugestões os autores fazem em relação à inclusão de tecnologias no contexto de políticas públicas de educação?

Bases Seleccionadas

Três bases de dados foram utilizadas neste estudo, cada uma selecionada com base em sua relevância para o tema da pesquisa. Especificamente, focamos em bases que estavam mais alinhadas com o escopo do estudo e que apresentavam um histórico comprovado de retorno de um número significativo de trabalhos relevantes. O objetivo foi garantir acesso à literatura mais abrangente e atualizada sobre o tema, a fim de realizar uma análise completa. Nesse sentido, as bases selecionadas foram fundamentais para fornecer as informações necessárias à condução da revisão. As bases examinadas foram: Web of Science, Scopus e SciELO. A literatura cinzenta não foi considerada neste estudo.

Critérios Adotados e Procedimentos de Seleção

Este estudo adotou uma abordagem de busca criteriosa, utilizando três bases de dados eletrônicas (ver Seção Bases de Dados) para identificar artigos científicos relevantes sobre políticas públicas e acessibilidade.

Após a etapa de busca, procedeu-se a um processo de seleção em duas fases. Primeiramente, realizou-se a análise dos títulos, resumos e palavras-chave dos artigos, com o objetivo de identificar estudos potencialmente relevantes. Em seguida, os estudos que não atendiam aos critérios de inclusão foram excluídos da análise. Nos casos em que havia incerteza durante a avaliação inicial, foi realizada uma segunda avaliação com a leitura completa do texto, permitindo determinar se o estudo estava dentro do escopo desta revisão de literatura. A elegibilidade ou não dos artigos está descrita no Quadro 2.

Quadro 2. Elegibilidade dos Estudos para a RSL

Fases	Parâmetros de Elegibilidade (Inclusão)	Motivos para Descarte (Exclusão)
Triagem Inicial	Presença de descritores da busca no título	Produções com extensão textual inferior a 4 páginas
	Publicações veiculadas exclusivamente em periódicos científicos	Artigos oriundos de workshops ou eventos menores
	Identificação de termos-chave no resumo ou palavras-chave	Incompatibilidade temática com o escopo definido
Análise de Conteúdo	Estudos focados em recursos de TA para cegos ou baixa visão no ensino	Inadequação ao objetivo central da revisão
	Trabalhos que forneçam subsídios para responder às Questões de Pesquisa (QPs)	Textos que não abordam especificamente a tecnologia assistiva para o público visual no campo educacional

Adotou-se como critério de exclusão a não inclusão de produções com extensão inferior a quatro páginas, considerando que esse tipo de publicação frequentemente apresenta descrição insuficiente dos procedimentos metodológicos, dos resultados e das evidências analisadas, comprometendo a extração padronizada dos dados necessários para esta revisão sistemática.

Em todas as bases de dados, foi utilizada a seguinte string de busca com os seguintes termos-chave: (acessibilidade OR inclusão OR accessibility OR inclusion) AND ("tecnologi* assistiva*" OR "assistive technolog*" OR software OR dispositiv* OR application OR device) AND ("deficiência visual" OR cegueira OR "baixa visão" OR "pessoa cega" OR cego OR cega OR "visual impairment" OR "visually impaired" OR blindness OR "blind people" OR "low vision") AND (educação OR educacional OR ensino OR education OR educational OR teaching).

Vale destacar que esta string de busca foi elaborada para localizar artigos que utilizam sinônimos de tecnologias assistivas no contexto de acessibilidade educacional, mas que também inclui especificamente o conceito de "pessoa com deficiência visual", que é o foco de interesse deste estudo.

Resultados da Seleção dos Estudos

O processo de seleção iniciou com 547 artigos, sendo 196 provenientes da base Web of Science (WoS), 339 da Scopus e 12 da SciELO. Dentre esses, 148 artigos foram removidos por duplicidade. Dos 399 artigos restantes, 288 foram excluídos na etapa inicial por não atenderem aos critérios de seleção. Embora a estratégia de busca tenha contemplado diferentes tipos de publicações científicas, como artigos, anais de eventos e capítulos de livros, conforme definido no protocolo de busca (Quadro 1), após a leitura preliminar optou-se por restringir a análise aos artigos publicados em periódicos científicos (journal articles). Essa decisão foi adotada para aumentar a comparabilidade metodológica entre os estudos e

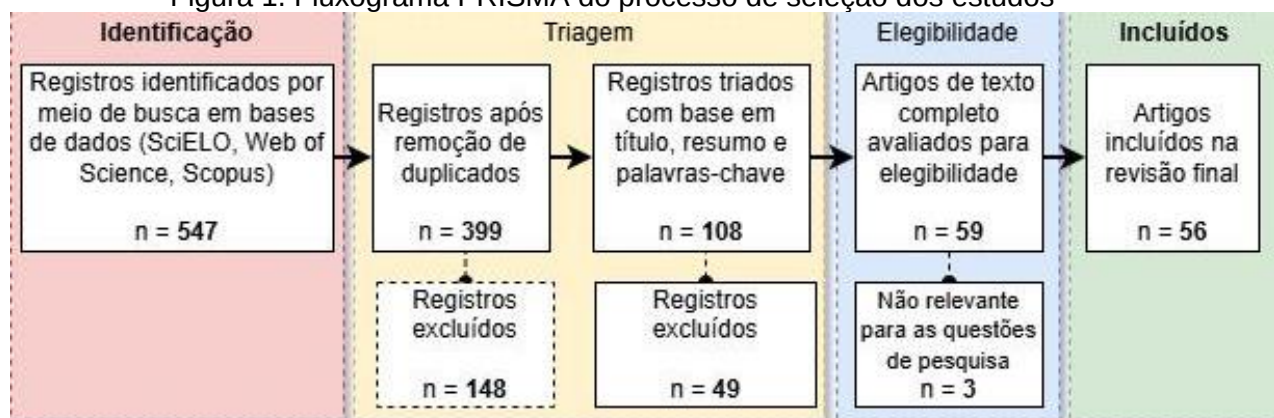
assegurar maior uniformidade quanto aos processos de avaliação por pares e à qualidade das evidências analisadas. Na etapa de triagem, dois revisores atuaram de forma independente, sendo cada um responsável pela leitura dos títulos e resumos dos artigos selecionados.

A revisão foi conduzida de forma cega, com o uso da ferramenta Rayyan (OUZZANI et al., 2016), visando reduzir a influência de vieses individuais no processo de seleção. Após essa etapa, o anonimato foi removido para possibilitar a comparação das decisões entre os pesquisadores. Estabeleceram-se, então, critérios de consenso: artigos com maior número de votos para inclusão foram encaminhados para leitura na íntegra, enquanto aqueles com predominância de exclusão foram descartados. Nos casos de discordância, realizou-se discussão entre os revisores até a definição de uma decisão final. Ao término desse processo, 59 artigos foram selecionados para leitura completa e posteriormente categorizados em seção específica.

Com o conjunto final de 59 artigos para leitura completa, os pesquisadores procederam com a leitura e respostas às perguntas previamente definidas. Nessa etapa da pesquisa, participaram dois pesquisadores. Após a leitura, 2 artigos foram excluídos por estarem fora do escopo e, por fim, 1 por não estar disponível gratuitamente online.

A Figura 1 apresenta o diagrama PRISMA da revisão sistemática, ilustrando o processo de elegibilidade e seleção dos estudos.

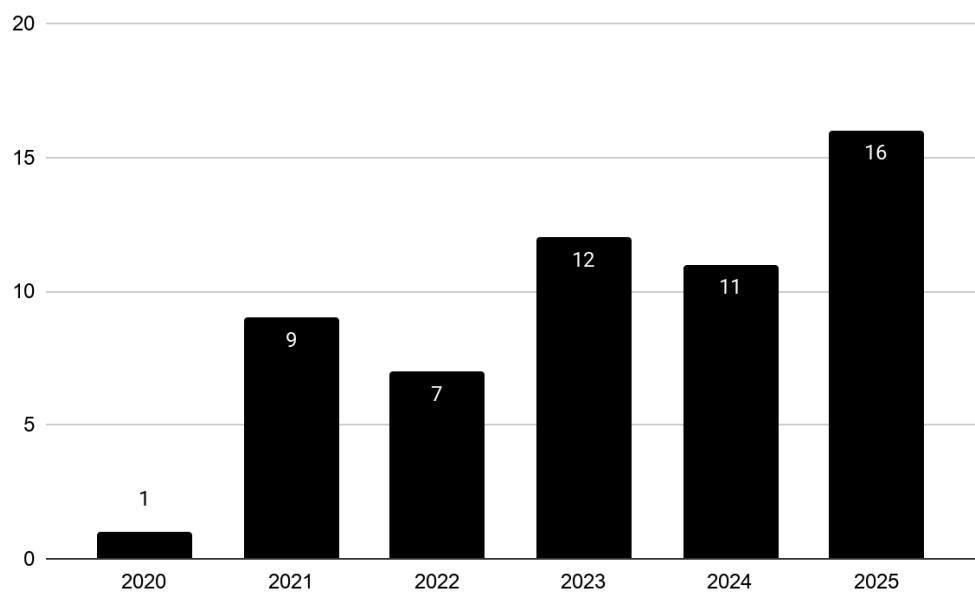
Figura 1. Fluxograma PRISMA do processo de seleção dos estudos



Artigos selecionados

Ao final, 56 artigos foram incluídos neste estudo. Os estudos selecionados foram publicados entre 2020 e 2025, observa-se um crescimento das publicações sobre o tema. A Figura 2 apresenta a distribuição dos artigos selecionados por anos.

Figura 2. Número de artigos publicados por ano



RESULTADOS

Para organizar e dar maior clareza à análise dos estudos selecionados, foi elaborado um quadro contendo a identificação numérica, os títulos e as respectivas referências dos artigos incluídos na revisão. Essa organização permite uma visualização mais estruturada do conjunto de estudos analisados e facilita o acompanhamento das evidências ao longo das seções de resultados. A partir do Quadro 3, cada estudo passa a ser referenciado por um identificador numérico, o que contribui para tornar a apresentação dos achados mais objetiva, fluida e rastreável, especialmente nas análises categóricas realizadas nas questões de pesquisa subsequentes.

Quadro 3. Artigos analisados

ID	Título	Referência
1	Health education technologies for people with visual impairment: integrative review	(Aguiar et al., 2022)
2	Auditive navigation system for visually impaired individuals in indoor spaces using augmented reality	(Alfonso-Díaz et al., 2023)
3	ExamVoice: Innovative solutions for improving exam accessibility for blind and visually impaired students in Saudi Arabia	(Al-Eidarous et al., 2024)
4	Towards Spatial Awareness: Real-Time Sensory Augmentation with Smart Glasses for Visually Impaired Individuals	(Aloui, 2025)
5	Contribution of 3D modelling and printing to learning in primary schools: a case study with visually impaired students from an inclusive Biology classroom	(Anđić et al., 2024)
6	An experiment using the graphic variable color and the see color code on isarithmic maps accessible to blind and normally sighted people	(Araújo et al., 2021)

7	Observation and Improvement of Mobile-Assisted Learning of Students with Visual Impairment: An Action-Research Study	(Ayaz, 2023)
8	An educational dialogue system for visually impaired people	(Balestrucci et al., 2024)
9	A Smart Service System for Spatial Intelligence and Onboard Navigation for Individuals with Visual Impairment (VIS4ION Thailand): Study protocol of a randomized controlled trial of visually impaired students at the Ratchasuda College	(Beheshti et al., 2023)
10	WAYVision: A hybrid deep learning approach for recognizing handwritten Kannada Braille using wavelet transformation and attention based YOLOv5	(BJ; Saketh, 2025)
11	Recursos de acessibilidade e o uso dos dispositivos móveis como tecnologia assistiva por pessoas com baixa visão	(Borges; Mendes, 2021)
12	Inclusive education: Implementation of a mobile application for blind students	(Boza-Chua et al., 2021)
13	Assistive Technology for Inclusive Education: A Single-Case Study of a Child with Spastic Tetraplegia, Visual and Motor Disabilities in Ecuador	(Campoverde-Molina et al., 2025)
14	A multimodal approach to data analysis in astronomy: SONOUNO applications in photometry and spectroscopy	(Casado; García, 2024)
15	Enabling Education of Children with Visual Impairment in Schools through Assistive Technology	(Chanana et al., 2022)
16	3D printing for teaching and exploration in astronomy for individuals with blindness/visual impairment: textured representations of imagery	(Christian et al., 2025)
17	QR code labels and audio commentaries for commonly used chemistry laboratory apparatus: an assisted learning experience for visually impaired students	(Dabke et al., 2021)
18	As contribuições da tecnologia assistiva Dosvox para professores em formação inicial: intermediando práticas tecnológicas inclusivas	(de Fátima Alvaristo; Santinello, 2021)
19	Accessible bar charts through textual description templates	(de Oliveira et al., 2023)
20	Modular 3-D-printed education tool for blind and visually impaired students oriented to net structures	(Domínguez-Reyes et al., 2022)
21	Multimodality as universality: Designing inclusive accessibility to graphical information	(Doore et al., 2023)
22	Alternative audio-graphic method for presenting structural information in mathematical graphs designed for low-vision users	(Dzierzgowska et al., 2025)
23	Measuring the impact of large language models on academic success and quality of life among students with visual disability: An assistive technology perspective	(Elshaer et al., 2025a)

24	Sustainable AI solutions for empowering visually impaired students: The role of assistive technologies in academic success	(Elshaer et al., 2025b)
25	Bridging to possible: Empowering visually impaired students through assistive technology rehabilitative training to become better students and future employees	(Elshemy et al., 2025)
26	3D-printed models for optimizing tactile Braille & shape display	(Etezzad et al., 2024)
27	Accessible mathematics: Representation of functions through sound and touch	(Gatto et al., 2024)
28	Jogo de tabuleiro sobre drogas psicoativas para pessoas com deficiência visual	(Grimaldi et al., 2022)
29	AI-Powered Chatbots for Enhancing Accessibility in Higher Education-Design and Implementation	(Horvat et al., 2025)
30	Empowering Individuals With Visual Impairment: A Digital Braille Solution for Learning the Urdu Language	(Jabeen; Rashid, 2025)
31	Assistive Technologies: Resources For Visually And Hearing Impaired People	(Lima et al., 2023)
32	Enhancing blind-dumb assistance through a self-powered tactile sensor-based Braille typing system	(Liu et al., 2023)
33	Matuto, Magbasa, Maglaro: Learning to read braille through play	(Lopez et al., 2021)
34	"Why are there so many steps?": Improving Access to Blind and Low Vision Music Learning through Personal Adaptations and Future Design Ideas	(Lu et al., 2023)
35	An alternative audio-tactile method of presenting structural information contained in mathematical drawings adapted to the needs of the blind	(Maćkowski et al., 2023)
36	Exploring tactile identification accuracy through advanced braille embossers: The dynamic combination of dot density and dot elevation	(Martos et al., 2024)
37	A survey of orientation and mobility specialist's use of telepractice during COVID-19	(McCarthy et al., 2022)
38	Academic barriers that prevent the inclusion of learners with visual impairment in Ethiopian mainstream schools	(Negash; Gasa, 2022)
39	Assistive technologies to access print resources for students with visual impairment: Implications for accommodations in high stakes assessments	(Nisbet, 2020)
40	Development, application, and evaluation of tools based on virtual and augmented realities for inclusive teaching and learning of cell membranes	(Panzera-Gonçalves; Oliveira, 2025)
41	Bidirectional Braille-Speech Communication System for Deafblind Students	(Pérez-Aguirre et al., 2024)
42	Exploring the role of generative AI in higher education: Semi-structured interviews with students with disabilities	(Pirrès et al., 2025)

43	Technological barriers: a limiting factor in the accessibility of people with disabilities	(Porte; Trindade, 2021)
44	Edge-IoT and MLLMs for Education and Scene Understanding: Assisting Vision and Hearing-Impaired Individuals	(Raif et al., 2025)
45	Development of Counseling Sites with Digital Accessibility Features for the Blind and Visually Impaired Students	(Rakhmawati; Dewanto, 2025)
46	An iot braille display towards assisting visually impaired students in mexico	(Ramos-García et al., 2022)
47	The FlexiBoard: Tangible and Tactile Graphics for People with Vision Impairments	(Raynal et al., 2024)
48	Presentation voice descriptor using generative AI as a learning aid for visually impaired learners	(Renjith; Prajisha, 2025)
49	A virtual reality platform to simulate orientation and mobility training for the visually impaired	(Ricci et al., 2023)
50	Braille versus automated reading: a comparative analysis of two assistive technologies through an interactionist perspective	(Romualdo; Valdevieso, 2021)
51	Enhancing math education for visually impaired students: Alternative text implementation in LATEX, MathJax, MathML and LAMBDA	(Rossi; Fornaro, 2024)
52	Jogo sobre calorimetria com audiodescrição e braile para inclusão: relato de experiência	(Santos; Nunes, 2021)
53	Anyone Can Learn Universal Design: An Interdisciplinary Course Centered around Blindness and Visual Impairment	(Stone; Brown, 2023)
54	Bridging the gap of graphical information accessibility in education with multimodal touchscreens among students with blindness and low vision	(Tennison et al., 2023)
55	Eyeland: A visually-impaired accessible English learning application using a design-based research framework	(Villalba et al., 2024)
56	An activity theory-based exploration of “Eyeland”, a task-based serious game for EFL visually impaired students	(Villalba et al., 2025)

QP1 - Qual(is) dimensão(ões) da acessibilidade é(são) abordada(s) no artigo?

Com o objetivo de compreender quais dimensões da acessibilidade têm sido mais recorrentes na literatura analisada, os estudos foram organizados a partir das dimensões adotadas nesta pesquisa. O Quadro 4 apresenta essa distribuição, permitindo observar a predominância de determinadas abordagens, como a acessibilidade instrumental, comunicacional e metodológica, sem desconsiderar outras dimensões igualmente relevantes, como a atitudinal, arquitetônica e programática.

Destaca-se que diversos estudos contemplam mais de uma categoria simultaneamente, o que reforça a compreensão de que a acessibilidade, no contexto educacional, não se restringe a um único eixo, mas configura-se como um fenômeno multidimensional, articulado à garantia de acesso, permanência e participação dos estudantes.

Quadro 4. Distribuição de artigos por categoria de acessibilidade

Categoria de Acessibilidade	ID dos Artigos	Quantitativo
Instrumental	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56	51 (91,1%)
Comunicacional	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 54, 55, 56	50 (89,3%)
Metodológica	5, 6, 9, 14, 15, 18, 20, 22, 31, 34, 37, 38, 40, 42, 49, 53, 55, 56	18 (32,1%)
Atitudinal	18, 38, 49, 53	4 (7,1%)
Arquitetônica	38	1 (1,8%)
Programática	39	1 (1,8%)

Os resultados indicam que a maioria dos estudos se concentra na acessibilidade instrumental, presente em 91,1% dos artigos analisados. Esse achado evidencia uma predominância de abordagens voltadas ao desenvolvimento de ferramentas, dispositivos e recursos tecnológicos destinados a viabilizar o acesso ao conteúdo e às atividades educacionais, refletindo uma tendência consolidada na literatura da área.

Em seguida, destaca-se a acessibilidade comunicacional, presente em 89,3% dos estudos. Essa dimensão envolve os recursos que possibilitam a conversão da informação em formatos acessíveis, como áudio, braille, descrições e interfaces adaptadas. Na prática, os resultados indicam que a disponibilização de tecnologias, por si só, não garante a acessibilidade, sendo fundamental que a informação seja apresentada de forma compreensível ao usuário.

A acessibilidade metodológica aparece com um percentual bem menor, 32,1%, mas ainda assim relevante. Nessa categoria, os autores discutem como as tecnologias são incorporadas ao processo de ensino, com adaptações pedagógicas, estratégias de mediação e reorganização das práticas educacionais. Isso sugere que existe um movimento, ainda que mais tímido, de ir além da ferramenta e pensar no uso dela dentro do contexto educacional.

Já as acessibilidades atitudinal, arquitetônica e programática aparecem com baixa frequência, a atitudinal surge em apenas 7,1% dos estudos e está relacionada principalmente à mudança de percepção sobre a deficiência, redução de preconceitos e formação de profissionais mais preparados. A arquitetônica aparece em um único estudo, apontando limitações físicas das instituições, e a programática também aparece uma única vez, ligada a adaptações em processos avaliativos.

De forma geral, os achados evidenciam um desequilíbrio significativo na forma como a acessibilidade tem sido abordada na produção científica. Observa-se uma ênfase predominante nas dimensões instrumental e comunicacional, em detrimento de aspectos estruturais, institucionais e atitudinais. Esse movimento sugere que a acessibilidade ainda vem sendo tratada majoritariamente como uma questão técnica, centrada no desenvolvimento de ferramentas, e não como um processo complexo, que envolve transformações pedagógicas, organizacionais e culturais no âmbito educacional.

Tal cenário aponta para uma limitação importante no campo, uma vez que o avanço tecnológico, quando não articulado a mudanças estruturais, tende a produzir soluções pontuais, com impacto restrito e pouca sustentabilidade no longo prazo.

QP2 - Qual categoria educacional?

Com o objetivo de identificar em quais contextos educacionais os estudos estão concentrados, foi realizada a categorização dos artigos conforme o nível ou área de atuação educacional abordada. O Quadro 5 apresenta essa distribuição, permitindo visualizar se as pesquisas estão mais voltadas à educação básica, ensino superior, educação especial ou outros contextos específicos. É importante destacar que alguns estudos contemplam mais de uma categoria, especialmente quando tratam de práticas inclusivas ou tecnologias aplicáveis a diferentes níveis de ensino, o que reforça o caráter transversal da acessibilidade no campo educacional. As categorias foram definidas a partir do contexto predominante abordado em cada estudo. Assim, classificaram-se como "Educação Especial" os estudos cujo foco principal estava em serviços, recursos ou práticas voltadas especificamente ao público da educação especial, enquanto "Educação Inclusiva" foi utilizada para os estudos que abordavam processos de inclusão de estudantes com deficiência em contextos educacionais regulares ou inclusivos.

Quadro 5. Distribuição de artigos por categoria educacional

Categoria Educacional	ID dos Artigos	Quantitativo
Educação Especial	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56	55 (98,2%)
Educação Inclusiva	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 19, 20, 21, 23, 24, 28, 30, 31, 36, 38, 40, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 52, 55, 56	33 (58,9%)
Ensino Superior	2, 3, 4, 6, 8, 9, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 29, 31, 34, 36, 40, 42, 43, 45, 48, 51, 53	26 (46,4%)
Ensino Básico	5, 6, 15, 16, 22, 26, 31, 35, 36, 38, 39, 43, 48, 50, 51, 52, 54, 55, 56	19 (33,9%)
STEM	8, 20, 21, 22, 27, 36, 47, 51, 54	9 (16,1%)
Ensino de Línguas	30, 50, 55, 56	4 (7,1%)
Educação em Saúde	1, 28	2 (3,6%)
Orientação e Mobilidade	37, 49	2 (3,6%)
Educação Infantil	12, 33	2 (3,6%)
Cursos Livres / Formação não formal	16, 34	2 (3,6%)
Reabilitação Profissional	25	1 (1,8%)

Os resultados mostram, de forma consistente, que a maior parte dos estudos está concentrada na Educação Especial, presente em praticamente toda a amostra, com 98,2% dos artigos. Isso indica que a produção científica ainda está fortemente vinculada ao campo da deficiência, muitas vezes tratando a tecnologia como um recurso específico para esse

público, e não necessariamente como algo integrado de forma mais ampla ao sistema educacional.

Na sequência, aparece a Educação Inclusiva, presente em 58,9% dos estudos. Esse resultado sugere um movimento mais alinhado à perspectiva da inclusão no ensino regular, embora esse enfoque ainda não seja predominante na literatura analisada.

O Ensino Superior também tem um peso importante, aparecendo em 46,4% dos estudos. Isso sugere que muitas dessas tecnologias estão sendo desenvolvidas ou testadas em ambientes universitários, que acabam funcionando como espaços de experimentação e validação. O Ensino Básico, representado neste estudo pelos níveis de Ensino Fundamental e Ensino Médio, aparece em 33,9% dos estudos. Esse resultado merece atenção, pois os achados sugerem que ainda há desafios para a consolidação de práticas inclusivas nessas etapas de ensino, considerando sua importância na garantia do direito à educação e no desenvolvimento das trajetórias educacionais dos estudantes.

As áreas de STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) aparecem em 16,1% dos estudos, mostrando um interesse crescente em garantir acessibilidade em áreas tradicionalmente mais excludentes, como matemática, física e computação. Ainda assim, o percentual indica que há bastante espaço para avanço.

Outras categorias aparecem de forma bem mais pontual, como educação em saúde, orientação e mobilidade, educação infantil e cursos livres, todas com baixa representatividade. Os resultados indicam que certos contextos educacionais ainda são pouco explorados pela literatura, mesmo sendo extremamente relevantes para a vida das pessoas com deficiência visual.

Destaca-se também o número reduzido de estudos voltados à reabilitação profissional, que aparecem de forma quase residual. Considerando o cenário atual, especialmente diante do crescimento do ensino online, os achados sugerem uma lacuna na produção científica relacionada ao desenvolvimento e à avaliação de tecnologias assistivas voltadas à reabilitação profissional de pessoas com deficiência visual.

De forma geral, os resultados indicam que a produção científica ainda está significativamente concentrada em contextos específicos, especialmente na Educação Especial e no Ensino Superior. Ao mesmo tempo, há uma presença menor de estudos voltados para outras etapas e modalidades de ensino, o que sugere a necessidade de ampliar o olhar para uma inclusão mais transversal ao longo de toda a trajetória educacional.

QP3 - Qual(is) tecnologia(s) assistiva(s) é(são) proposta(s)

A análise dos estudos mostra uma ampla diversidade de tecnologias voltadas à acessibilidade para pessoas com deficiência visual. Mais do que soluções isoladas, observa-se um conjunto de abordagens que se complementam e dialogam entre si. O Quadro 6 demonstra essa diversidade de tecnologias e suas respectivas frequências. As categorias tecnológicas foram definidas com base na principal característica ou abordagem predominante de cada estudo. Nos casos em que as soluções integravam tecnologias assistivas convencionais a recursos tecnológicos complementares, os estudos foram classificados na categoria "Tecnologias assistivas tradicionais e combinadas".

Quadro 6. Tecnologia proposta

Categoria de tecnologia	ID dos Artigos	Quantitativo
Aplicativos móveis e sistemas baseados em smartphone	2, 3, 4, 7, 11, 12, 17, 19, 22, 27, 30, 33, 34, 48, 55, 56	16 (28,6%)
Tecnologias táteis e Braille (dispositivos físicos)	1, 6, 13, 20, 26, 30, 32, 33, 36, 46, 51, 53	12 (21,4%)

Tecnologias multimodais (áudio + tátil + visual)	1, 14, 21, 22, 27, 34, 35, 47, 54	9 (16,1%)
Inteligência Artificial e LLMs	23, 24, 29, 41, 42, 44, 48	7 (12,5%)
Impressão 3D e modelos físicos acessíveis	5, 15, 16, 20, 25, 53	6 (10,7%)
Acessibilidade digital e adaptação de conteúdo	8, 19, 36, 39, 45, 51	6 (10,7%)
Plataformas educacionais e ambientes digitais	8, 21, 25, 37, 45	5 (8,9%)
Sistemas embarcados, vestíveis e IoT	4, 9, 32, 41, 44	5 (8,9%)
Tecnologias assistivas tradicionais e combinadas	1, 15, 31, 43, 50	5 (8,9%)
Jogos educativos e gamificação	28, 52, 55, 56	4 (7,1%)
Realidade Virtual (VR) e Aumentada (AR)	3, 40, 49	3 (5,4%)
Ausência de proposta tecnológica (análise/revisão)	38	1 (1,8%)

Os resultados mostram que a maior parte dos estudos está concentrada no desenvolvimento de aplicações móveis e soluções baseadas em smartphones, presentes em 28,6% dos artigos analisados. Esse resultado sugere uma tendência consistente de centralizar as tecnologias assistivas em dispositivos já amplamente disponíveis, o que facilita o acesso e amplia o potencial de uso no cotidiano dos estudantes.

Na sequência, aparecem as tecnologias táteis e dispositivos em Braille, representando 21,4% dos estudos. Esses trabalhos demonstram que, apesar dos avanços digitais, o recurso tátil continua sendo fundamental, especialmente quando associado a novas abordagens tecnológicas, como displays atualizáveis, dispositivos interativos e materiais físicos mais sofisticados.

Destaca-se a presença significativa de tecnologias multimodais, identificadas em 16,1% dos estudos. Nesses casos, a combinação de áudio, tato e, em alguns casos, elementos visuais aparece como estratégia central para ampliar a compreensão e reduzir a sobrecarga cognitiva, indicando que a integração sensorial tem sido um caminho importante para a inclusão.

As tecnologias baseadas em inteligência artificial aparecem em 12,5% dos estudos, mostrando um crescimento relevante, principalmente com o uso de assistentes virtuais, *chatbots* e modelos de linguagem. Ainda assim, os próprios estudos apontam que essas soluções, embora promissoras, ainda enfrentam limitações, especialmente relacionadas à precisão e à adaptação às necessidades específicas dos usuários cegos.

As categorias relacionadas à impressão 3D e à acessibilidade digital aparecem com o mesmo percentual, 10,7%. No primeiro caso, destaca-se a produção de materiais físicos acessíveis, enquanto no segundo há um foco maior na adaptação de conteúdos digitais, como textos, gráficos e interfaces compatíveis com leitores de tela.

Outras categorias, como plataformas educacionais, tecnologias vestíveis, tecnologias assistivas tradicionais e ambientes digitais estruturados, aparecem com percentuais entre 5,4% e 8,9%. Embora menos frequentes, essas abordagens indicam uma diversificação das soluções e mostram que a inclusão não depende de uma única tecnologia, mas de um conjunto articulado de recursos.

Por fim, apenas um estudo não propõe diretamente uma tecnologia, focando na identificação de necessidades e lacunas, o que representa 1,8% da amostra. Esse dado sugere que a literatura tem priorizado fortemente o desenvolvimento de soluções práticas, em vez de apenas análises teóricas.

De forma geral, os resultados evidenciam que o campo está avançando principalmente na criação de tecnologias aplicadas, com destaque para soluções móveis, multimodais e de baixo custo, enquanto outras dimensões, como integração sistêmica e padronização, aparecem de forma mais dispersa.

QP4 - Qual(is) impacto(s) é(são) reportado(s) em relação ao uso dessas tecnologias?

Para compreender de forma mais aprofundada os efeitos da inserção de tecnologias no contexto da deficiência visual, este estudo organizou as evidências encontradas na literatura em categorias de impacto, considerando tanto os resultados esperados quanto aqueles efetivamente reportados pelos autores. O Quadro 7 apresenta essa sistematização, evidenciando como as tecnologias assistivas têm influenciado diferentes dimensões da vida das pessoas com deficiência visual, incluindo aspectos relacionados à autonomia, aprendizagem, inclusão social e qualidade de vida. Cabe destacar que um mesmo estudo pode apresentar múltiplos impactos, o que reforça o caráter multifacetado dessas tecnologias no contexto educacional e social.

Quadro 7. Impacto esperado

Impacto esperado	ID dos Artigos	Quantitativo
Autonomia, independência e qualidade de vida	1, 2, 3, 4, 7, 9, 11, 13, 15, 19, 20, 22, 23, 24, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 52, 56	29 (51,8%)
Aprendizagem, desempenho acadêmico e cognição	5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 30, 33, 35, 36, 40, 48, 50, 54, 55, 56	23 (41,1%)
Inclusão social e educacional	1, 2, 6, 9, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 24, 25, 28, 29, 31, 36, 38, 43, 46, 47, 52	21 (37,5%)
Acesso à informação e conteúdos	1, 6, 19, 26, 27, 29, 32, 38, 42, 46, 47	11 (19,6%)
Engajamento, motivação e experiência do usuário	8, 11, 16, 35, 40, 45, 48, 54, 56	9 (16,1%)
Redução de barreiras e equidade	12, 26, 31, 38, 39, 43, 46	7 (12,5%)
Comunicação e interação social	5, 14, 18, 20, 41, 52	6 (10,7%)
Saúde, bem-estar e segurança	1, 9, 49	3 (5,4%)

Os resultados mostram que o impacto mais recorrente das tecnologias está diretamente relacionado à autonomia e independência das pessoas com deficiência visual, presente em 51,8% dos estudos. De forma geral, as tecnologias são descritas como ferramentas que permitem ao usuário realizar atividades sem depender de terceiros, seja no acesso à informação, na realização de tarefas acadêmicas ou na mobilidade em ambientes físicos e digitais.

Na sequência, aparece a melhoria da aprendizagem e no desempenho acadêmico, com 41,1% dos estudos. Aqui os autores destacam ganhos como melhor compreensão de conteúdos, redução da carga cognitiva, aumento da retenção de informações e possibilidade de acompanhar o ritmo da turma. Em muitos casos, os estudos reportam desempenho equivalente ou superior ao observado nas estratégias de ensino ou recursos utilizados para comparação em cada investigação.

A inclusão social e educacional também se destaca, presente em 37,5% dos artigos, as tecnologias contribuem para reduzir a exclusão, permitindo maior participação em

atividades escolares, laboratoriais e até profissionais, esse aspecto aparece muito ligado à sensação de pertencimento e igualdade entre alunos com e sem deficiência.

Outro ponto importante é o acesso à informação, citado em 19,6% dos estudos. As tecnologias permitem que conteúdos que anteriormente eram inacessíveis, como gráficos, mapas, textos digitais e dados científicos passem a ser compreendidos por meio de diferentes formas, como áudio, tato e multimodalidade.

Além disso, aparecem impactos relacionados ao engajamento e à motivação dos alunos, indicando que o uso dessas tecnologias tende a tornar o processo de aprendizagem mais interessante e participativo. Isso se conecta também com melhorias na qualidade de vida e bem-estar, especialmente quando há aumento da autonomia e redução da dependência.

Alguns estudos também destacam a redução de barreiras estruturais e educacionais, mostrando que as tecnologias ajudam a enfrentar desigualdades históricas, no entanto, esse ponto aparece acompanhado de uma leitura crítica, já que ainda existem limitações importantes, como falta de acessibilidade em sistemas, baixa adoção institucional e dependência da formação docente.

De forma geral, os resultados indicam que as tecnologias assistivas têm um impacto amplo e positivo, que vai além do aprendizado; elas influenciam diretamente a autonomia, a participação social e a qualidade de vida. Ao mesmo tempo, deixam evidente que o potencial dessas tecnologias ainda não é totalmente alcançado, principalmente por questões estruturais e institucionais que continuam limitando sua implementação em larga escala.

QP5 - Quais métodos foram utilizados para avaliar o impacto das tecnologias assistivas para pessoas com deficiência visual?

Com o objetivo de compreender como os estudos avaliaram o impacto das tecnologias assistivas, foram analisados os métodos utilizados pelos autores para validar suas propostas. O Quadro 8 apresenta essa sistematização, evidenciando as principais abordagens metodológicas adotadas, como testes de usabilidade, experimentos controlados, entrevistas e questionários. Considera-se que um mesmo estudo pode utilizar mais de um método de avaliação, o que demonstra a busca por análises mais completas, que combinam diferentes formas de mensurar o impacto das tecnologias na vida das pessoas com deficiência visual.

Quadro 8. Distribuição de artigos por método de avaliação

Método	ID dos Artigos	Quantitativo
Testes de usabilidade / interação com usuários	3, 6, 13, 14, 16, 17, 19, 22, 26, 27, 30, 33, 35, 36, 48	15 (26,8%)
Questionários / escalas padronizadas (Likert, SUS, NASA-TLX, QoL, etc.)	3, 8, 9, 22, 23, 24, 27, 30, 35, 37, 39, 40, 48	13 (23,2%)
Entrevistas (semiestruturadas, abertas, etc.)	5, 7, 11, 14, 16, 17, 19, 25, 26, 34, 38, 48	12 (21,4%)
Experimentos controlados / testes quantitativos	4, 8, 10, 21, 22, 30, 35, 36, 48	9 (16,1%)
Estudos de caso / aplicação prática	5, 11, 18, 20, 48	5 (8,9%)
Grupos focais	9, 14, 25, 38, 48	5 (8,9%)
Observação / análise comportamental	7, 16, 17, 48	4 (7,1%)

Testes técnicos (acurácia, latência, desempenho computacional)	4, 10, 32, 44	4 (7,1%)
Pré e pós-testes (avaliação de aprendizagem)	5, 21, 25, 28	4 (7,1%)
Revisão de literatura / estudos secundários	1, 29, 31, 43	4 (7,1%)
Modelagem estatística avançada (PLS-SEM, ANOVA, etc.)	22, 23, 24, 30, 36	5 (8,9%)
Co-design / design participativo	17, 33, 48	3 (5,4%)
Auditoria de acessibilidade / testes com leitores de tela	38, 39	2 (3,6%)
Telemetria / métricas de navegação (GPS, sensores, etc.)	4, 9, 48	3 (5,4%)

Os resultados mostram que a avaliação do impacto das tecnologias assistivas ocorre, principalmente, por meio de métodos aplicados diretamente com usuários, com destaque para os testes de usabilidade, presentes em 26,8% dos estudos. Isso indica uma preocupação dos pesquisadores em observar, na prática, como as pessoas com deficiência visual interagem com as tecnologias, considerando aspectos como facilidade de uso, eficiência e experiência do usuário.

Na sequência, aparecem os questionários e escalas padronizadas, utilizados em 23,2% dos estudos. Esses instrumentos são frequentemente aplicados para medir percepção de usabilidade, satisfação, carga cognitiva e qualidade de vida, trazendo uma dimensão mais subjetiva, mas ainda assim estruturada, da experiência dos usuários.

As entrevistas também têm um papel importante; presentes em 21,4% dos estudos, elas permitem compreender com mais profundidade as experiências individuais, dificuldades e percepções dos participantes, complementando os dados quantitativos com análises mais interpretativas.

Os experimentos controlados aparecem em 16,1% dos estudos, geralmente com foco em medir desempenho, tempo de execução de tarefas, acurácia e comparação entre diferentes abordagens. Esse tipo de método reforça a validade técnica das soluções propostas.

Outros métodos aparecem com menor frequência, como estudos de caso, grupos focais e observação direta, que ajudam a contextualizar o uso das tecnologias em situações reais. Também se destacam os testes técnicos, voltados à validação de desempenho computacional, e os pré e pós-testes, utilizados principalmente para medir os ganhos de aprendizagem.

Além disso, alguns estudos utilizam modelagens estatísticas mais avançadas, como PLS-SEM e ANOVA, indicando um esforço em analisar relações mais complexas entre variáveis, como uso da tecnologia, desempenho acadêmico e qualidade de vida.

De forma geral, os resultados mostram que há uma predominância de abordagens mistas, combinando métodos quantitativos e qualitativos. Isso reforça que a avaliação de impacto das tecnologias assistivas não se limita apenas ao desempenho técnico, mas envolve também aspectos subjetivos, sociais e educacionais.

QP6 - Quais foram as conclusões dos autores acerca do benefício das tecnologias em acessibilidade para pessoas com deficiência visual?

Com o objetivo de compreender como a literatura tem avaliado os benefícios das tecnologias assistivas para pessoas com deficiência visual, foram analisadas as conclusões apresentadas nos estudos selecionados. O Quadro 9 reúne essa sistematização, organizando os principais efeitos identificados, como ganhos em autonomia, aprendizagem, inclusão e qualidade de vida. Considera-se que um mesmo artigo pode apresentar múltiplas conclusões, o que evidencia que os impactos dessas tecnologias não se restringem a uma única dimensão, mas se manifestam de forma integrada no contexto educacional e social.

Quadro 9. Distribuição sobre as conclusões de benefícios

Benefícios identificados	ID dos Artigos	Quantitativo
Efetividade na aprendizagem e desempenho acadêmico	1, 7, 13, 17, 22, 25, 28, 40, 48, 52, 55, 56	12 (21,4%)
Promoção da inclusão e equidade educacional/social	2, 3, 9, 12, 15, 17, 29, 32, 41, 44	10 (17,9%)
Aumento da autonomia e independência do usuário	4, 9, 11, 21, 30, 35, 41, 45	8 (14,3%)
Viabilidade e custo-benefício das tecnologias	13, 16, 17, 28, 30, 46	6 (10,7%)
Multimodalidade e ampliação sensorial	1, 14, 27, 33, 34, 54	6 (10,7%)
Limitações técnicas e necessidade de melhorias	5, 8, 23, 33, 36, 42	6 (10,7%)
Importância da mediação pedagógica e formação	7, 18, 25, 31, 37	5 (8,9%)
Inovação tecnológica e potencial transformador	2, 10, 24, 29, 32, 39	6 (10,7%)
Acessibilidade digital e equivalência de acesso	8, 19, 39, 51	4 (7,1%)
Interação social e colaboração	14, 21, 34, 53	4 (7,1%)
Experiência do usuário, engajamento e usabilidade	16, 27, 36, 48, 54	5 (8,9%)
Barreiras estruturais e institucionais	31, 38, 43	3 (5,4%)
Complementaridade entre tecnologias (não substituição)	50, 55	2 (3,6%)

Os resultados mostram que a principal contribuição das tecnologias assistivas está diretamente ligada à melhoria da aprendizagem e do desempenho acadêmico, aparecendo em 21,4% dos estudos. Os autores destacam que essas tecnologias ajudam a tornar conteúdos complexos mais compreensíveis, reduzem o esforço cognitivo e ampliam as possibilidades de participação dos estudantes nas atividades educacionais.

Logo em seguida, aparece a promoção da inclusão e da equidade, presente em 17,9% dos artigos. Aqui observa-se que as tecnologias não são vistas apenas como ferramentas de apoio, mas como elementos essenciais para garantir o direito à educação, especialmente em contextos onde ainda existem barreiras estruturais importantes.

Outro ponto que apresenta elevada frequência é o aumento da autonomia dos estudantes, identificado em 14,3% dos estudos. Muitas tecnologias permitem que o aluno acesse conteúdos, navegue em ambientes digitais e realize atividades de forma mais independente, o que impacta diretamente na autoestima e na participação social.

As categorias relacionadas à viabilidade econômica, multimodalidade e inovação tecnológica aparecem com percentuais semelhantes, em torno de 10,7%. Isso evidencia que há uma preocupação constante em desenvolver soluções que não apenas funcionem bem, mas que também sejam acessíveis financeiramente e capazes de explorar diferentes sentidos, como tato e audição, para ampliar a experiência de aprendizagem.

Destaca-se o fato de que vários estudos apontam limitações importantes. Em 10,7% dos casos, os autores destacam problemas como baixa precisão, necessidade de ajustes técnicos ou limitações no uso de inteligência artificial. Isso sugere que, apesar dos avanços, ainda existe um caminho relevante de aprimoramento.

A mediação pedagógica e a formação de professores aparecem em 8,9% dos estudos, reforçando uma ideia recorrente na literatura. Os resultados sugerem que a utilização isolada das tecnologias assistivas não é suficiente para garantir processos inclusivos efetivos. Quando essas tecnologias são integradas a práticas pedagógicas planejadas e acompanhadas por profissionais devidamente capacitados, os resultados tendem a ser mais consistentes.

Outras dimensões, como acessibilidade digital, interação social e engajamento, aparecem com menor frequência, mas continuam sendo importantes. Elas mostram que o impacto das tecnologias vai além do acesso ao conteúdo, influenciando também a forma como os estudantes interagem, se motivam e constroem conhecimento.

Por fim, ainda que em menor número, alguns estudos evidenciam barreiras institucionais e estruturais, como falta de investimento, ausência de políticas adequadas e dificuldades de implementação. Isso reforça que o desafio da acessibilidade não é apenas tecnológico, mas também político e organizacional.

De modo geral, os resultados indicam que as tecnologias assistivas têm um papel relevante e positivo na educação de pessoas com deficiência visual, especialmente quando combinam acessibilidade, viabilidade prática e integração com o contexto educacional.

QP7 - Que sugestões os autores fazem em relação à inclusão de tecnologias no contexto de políticas públicas de educação?

Com o objetivo de identificar os encaminhamentos propostos pela literatura para o avanço da inclusão tecnológica no contexto educacional, foram analisadas as sugestões apresentadas pelos autores dos estudos selecionados. O Quadro 10 reúne essa sistematização, evidenciando as principais recomendações relacionadas à implementação, ampliação e qualificação do uso de tecnologias assistivas, bem como à necessidade de formação, financiamento e organização institucional. É importante destacar que um mesmo artigo pode apresentar mais de uma sugestão, o que reforça a complexidade do tema e a necessidade de ações articuladas para a efetiva promoção da inclusão.

Quadro 10. Distribuição de artigos por sugestões dos autores

Sugestões identificadas	ID dos Artigos	Quantitativo
Formação docente e capacitação profissional	1, 7, 11, 18, 22, 25, 31, 34, 38, 42, 43, 51, 54, 56	14 (25%)
Integração curricular das tecnologias	3, 6, 10, 16, 22, 25, 30, 35, 50, 51, 55, 56	12 (21,4%)
Financiamento, infraestrutura e investimento público	5, 9, 11, 24, 31, 33, 37, 38, 41, 43, 46	11 (19,6%)
Tecnologias acessíveis e de baixo custo	13, 17, 21, 26, 30, 33, 40, 41, 46, 49, 55	11 (19,6%)

Acessibilidade digital e padronização (WCAG, materiais acessíveis)	8, 19, 22, 36, 39, 45, 51	7 (12,5%)
Políticas institucionais e governança da inclusão	2, 8, 12, 18, 31, 37, 42	7 (12,5%)
Desenho Universal e design centrado no usuário	6, 13, 36, 44, 54	5 (8,9%)
Inovação tecnológica e desenvolvimento de novas soluções	1, 10, 15, 29, 32, 47	6 (10,7%)
Multimodalidade e recursos sensoriais	14, 16, 48	3 (5,4%)
Parcerias, colaboração e articulação intersetorial	27, 29, 44	3 (5,4%)

Os resultados mostram que a principal recomendação dos estudos está relacionada à formação docente e à capacitação profissional, presente em 25% dos artigos analisados. Isso aparece de forma consistente na literatura. A literatura aponta que não basta disponibilizar tecnologia. Sem preparo adequado, tanto de professores quanto de outros profissionais envolvidos, o potencial dessas ferramentas acaba sendo subutilizado.

Logo em seguida, aparece a integração das tecnologias ao currículo, com 21,4%. Aqui a discussão vai além do uso pontual de recursos. Os estudos defendem que as tecnologias assistivas precisam fazer parte do processo pedagógico de forma estruturada, especialmente em áreas como STEM, para garantir que os estudantes tenham acesso real ao conhecimento e não apenas adaptações superficiais.

As categorias relacionadas a financiamento, infraestrutura e também ao uso de tecnologias acessíveis e de baixo custo aparecem com o mesmo peso, 19,6%. Isso revela uma preocupação importante com a viabilidade prática das propostas. Muitos estudos reconhecem que, sem investimento público e sem soluções economicamente acessíveis, a inclusão acaba ficando restrita a contextos específicos.

A acessibilidade digital e a padronização técnica aparecem em 12,5% dos estudos. Os autores destacam a importância de seguir diretrizes como o WCAG e garantir que materiais, plataformas e avaliações sejam realmente acessíveis. Os estudos analisados ressaltam que esse aspecto constitui um requisito essencial para a efetivação da acessibilidade, embora sua implementação ainda seja apontada como insuficiente em diferentes contextos educacionais.

As políticas institucionais e a governança da inclusão também aparecem com 12,5%. Nesse caso, os estudos reforçam a necessidade de diretrizes mais claras, consistentes e obrigatórias, tanto em universidades quanto em sistemas de ensino. Ainda é um campo que aparece menos desenvolvido quando comparado ao avanço tecnológico.

Outras categorias, como desenho universal, inovação tecnológica, multimodalidade e parcerias intersetoriais, aparecem com menor frequência, mas ajudam a complementar o cenário. Elas mostram que a inclusão depende de uma combinação de fatores, desde o desenvolvimento de soluções até a forma como essas soluções são pensadas, implementadas e sustentadas.

De forma geral, os resultados indicam que a literatura não está focada apenas em criar tecnologias, mas em discutir como essas tecnologias podem, de fato, ser incorporadas às políticas públicas de educação. Observa-se uma preocupação recorrente com aspectos relacionados à formação, ao financiamento e à integração curricular, indicando um avanço na compreensão de que a inclusão envolve não apenas recursos tecnológicos, mas também dimensões estruturais e institucionais.

DISCUSSÃO

Os resultados desta revisão evidenciam que as tecnologias assistivas têm desempenhado um papel relevante na ampliação do acesso à educação para pessoas com deficiência visual, atuando como mediadoras fundamentais para a autonomia, o desempenho acadêmico e a inclusão social. À luz do modelo social da deficiência, essas tecnologias funcionam como instrumentos de mitigação do conflito entre impedimentos sensoriais e barreiras do ambiente.

No entanto, a análise revela que esse avanço ocorre de forma desigual, com predominância de abordagens centradas em soluções estritamente tecnológicas, em detrimento das dimensões estruturais e institucionais que garantem a permanência e a participação efetiva do estudante.

A concentração dos estudos nas dimensões instrumental (91,1%) e comunicacional (89,3%), aliada à baixa incidência de abordagens atitudinais (7,1%), programáticas (1,8%) e arquitetônicas (1,8%), indica que a acessibilidade ainda é tratada sob uma perspectiva predominantemente tecnocêntrica.

Conforme fundamentado no conceito de acessibilidade multidimensional, essa visão técnica isolada é insuficiente, pois a efetividade da TA depende de sua articulação com a formação docente, a integração curricular e políticas públicas que removam barreiras pedagógicas e sociais.

Além disso, a predominância de pesquisas no âmbito da Educação Especial (98,2%) e do Ensino Superior (46,4%) sugere menor aproximação da perspectiva de educação inclusiva transversal, evidenciando uma lacuna importante na educação básica. Essa concentração sugere que as inovações permanecem em espaços de experimentação acadêmica, sem ampla incorporação nos níveis de ensino em que a inclusão deveria ser consolidada de forma contínua.

Outro aspecto relevante diz respeito à avaliação de impactos. Embora os estudos foquem na experiência do usuário e na usabilidade, ainda são escassas investigações que adotem perspectivas sistêmicas ou fundamentadas no modelo biopsicossocial para analisar os efeitos das tecnologias assistivas em longo prazo e em contextos educacionais reais. Sem essa perspectiva sistêmica, torna-se difícil assegurar a sustentabilidade e a equidade dessas soluções no sistema educacional público.

As conclusões dos estudos convergem para um ponto central: a tecnologia, isoladamente, não é suficiente para garantir a inclusão. A efetividade das tecnologias assistivas depende de sua articulação com práticas pedagógicas, formação docente e políticas públicas consistentes. Essa compreensão é reforçada pelas recomendações dos autores, que destacam a importância de investir em capacitação profissional, integração curricular e fortalecimento institucional.

Diante desse cenário, conclui-se que o avanço da acessibilidade não pode ser reduzido a um desafio tecnológico, mas deve ser compreendido como uma questão estrutural, pedagógica e política. As tecnologias assistivas devem ser integradas a um conjunto de estratégias que envolva a capacitação profissional (citada por 25% dos autores) e o fortalecimento da governança institucional.

Por fim, destaca-se a urgência de pesquisas que ampliem o foco para além do "recurso técnico" e integrem dimensões atitudinais e programáticas, garantindo que a tecnologia não seja apenas um paliativo, mas um direito efetivado em contextos diversos. Somente a partir dessa articulação será possível construir uma educação que não apenas ofereça acesso, mas assegure a participação plena e equitativa de todos os estudantes, respeitando a diversidade humana em sua totalidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão sistemática permitiu caracterizar o panorama recente da produção científica sobre tecnologias assistivas voltadas às pessoas com deficiência visual no contexto educacional, identificando as principais tendências, abordagens, impactos e lacunas presentes na literatura publicada entre 2020 e 2025. Os resultados evidenciam que as tecnologias assistivas têm desempenhado papel relevante na ampliação do acesso à educação, contribuindo especialmente para a autonomia, o desempenho acadêmico e a inclusão social. Ao mesmo tempo, demonstram que a produção científica permanece concentrada em abordagens predominantemente tecnológicas, com menor atenção às dimensões pedagógicas, institucionais e políticas necessárias para a consolidação de uma educação verdadeiramente inclusiva.

Como principal contribuição, esta revisão oferece uma sistematização abrangente da literatura recente, organizada a partir das dimensões da acessibilidade, das categorias educacionais, das tecnologias propostas, dos impactos reportados, dos métodos de avaliação, das conclusões dos estudos e das recomendações relacionadas às políticas públicas de educação. Essa organização permite compreender não apenas os avanços alcançados, mas também as lacunas que ainda limitam a implementação efetiva das tecnologias assistivas em diferentes contextos educacionais.

Esta revisão apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. A busca foi realizada em três bases de dados eletrônicas (Web of Science, Scopus e SciELO), contemplando artigos publicados em português e inglês no período de 2020 a 2025. Além disso, a literatura cinzenta não foi incluída no processo de busca. Embora essas delimitações tenham sido definidas para garantir maior consistência metodológica e qualidade das evidências analisadas, é possível que estudos relevantes publicados em outras bases, idiomas ou formatos não tenham sido contemplados. Dessa forma, os resultados devem ser interpretados considerando o escopo adotado nesta revisão.

Diante desse cenário, recomenda-se que pesquisas futuras ampliem a investigação para outros contextos educacionais, especialmente a educação básica, e desenvolvam estudos longitudinais capazes de avaliar os impactos das tecnologias assistivas em condições reais de implementação. Também se mostra relevante ampliar as investigações sobre aspectos atitudinais, programáticos e institucionais da acessibilidade, bem como sobre estratégias de formação docente, governança da inclusão e avaliação da efetividade das políticas públicas voltadas à educação inclusiva.

Conclui-se, portanto, que o avanço da acessibilidade educacional para pessoas com deficiência visual depende da integração entre inovação tecnológica, práticas pedagógicas inclusivas, formação profissional e políticas públicas consistentes. Nesse contexto, as tecnologias assistivas devem ser compreendidas não como soluções isoladas, mas como componentes de um processo mais amplo de transformação educacional, voltado à garantia do acesso, da permanência, da participação e da aprendizagem em condições de equidade.

Agradecimentos

Este projeto recebeu apoio parcial da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC), por meio dos Editais nº 18/2024 e nº 57/2025. Os autores também agradecem ao Instituto Federal Catarinense (IFC) pelo apoio institucional, incluindo a concessão de afastamento para qualificação com remuneração durante o desenvolvimento da pesquisa.

Declaração de contribuição dos autores

Declaração de contribuição dos autores

Autor 1 – Curadoria de dados, análise formal, obtenção de financiamento (Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina – FAPESC, Edital nº 18/2024), investigação, metodologia, administração do projeto, escrita – rascunho original, escrita – revisão e edição.

Autora 2 – Conceitualização, investigação, análise formal, obtenção de financiamento (Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina – FAPESC, Edital nº 57/2025), metodologia, escrita – rascunho original, escrita – revisão e edição.

Autor 3 – Curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração do projeto e supervisão.

Declaração de conflito de interesse

Os autores declaram que não há conflito de interesse.

Declaração de disponibilidade de dados da pesquisa

Todo o conjunto de dados de apoio aos resultados deste estudo foi publicado no próprio artigo.

Declaração de uso de IA

Durante a elaboração do manuscrito, foram utilizadas ferramentas de inteligência artificial generativa como apoio complementar à organização e qualificação do texto. A ferramenta ChatGPT contribuiu na revisão ortográfica, aprimoramento da redação acadêmica e reorganização de informações. Já o NotebookLM foi utilizado na extração e sistematização de dados dos estudos analisados, bem como na identificação de lacunas na literatura. Ressalta-se que o uso dessas ferramentas teve caráter assistivo, não substituindo a análise crítica, a interpretação dos resultados ou a responsabilidade intelectual dos autores.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2020). Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos – NBR 9050:2020. <https://www.confea.org.br/midias/acessibilidade_abnt_2022.pdf>. Acesso em: 15/12/2025.
- AGUIAR, Adriana S. C. de; ALMEIDA, Paulo C. de; GRIMALDI, Monaliza R. M.; GUIMARÃES, Fernanda J. (2022). Health education technologies for people with visual impairment: integrative review. *Texto & Contexto-Enfermagem*, 31, e20210236. <<https://doi.org/10.1590/1980-265x-tce-2021-0236en>>

AL-EIDAROUS, Walla; ALSIYAMI, Aeshah; ALJABRI, Malak; ALQETHAMI, Sara; ALMUTANNI, Badriah. (2024). ExamVoice: Innovative solutions for improving exam accessibility for blind and visually impaired students in Saudi Arabia. *Applied Sciences*, 14(19), 8813. <<https://doi.org/10.3390/app14198813>>

ALOUI, Nadia. (2025). Towards spatial awareness: Real-time sensory augmentation with smart glasses for visually impaired individuals. *Electronics*, 14(17), 3365. <<https://doi.org/10.3390/electronics14173365>>

ALVARISTO, Eliziane de Fátima; SANTINELLO, Jamile. (2021). As contribuições da tecnologia assistiva Dosvox para professores em formação inicial: intermediando práticas tecnológicas inclusivas. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, 3086-3105. <<https://doi.org/10.21723/riae.v16iesp.4.15600>>

ANDIĆ, Branko; LAVICZA, Zsolt; ULBRICH, Eva; CVJETIĆANIN, Stanko; PETROVIĆ, Filip; MARIČIĆ, Mirjana. (2024). Contribution of 3D modelling and printing to learning in primary schools: a case study with visually impaired students from an inclusive Biology classroom. *Journal of Biological Education*, 58(4), 795–811. <<https://doi.org/10.1080/00219266.2022.2118352>>

ARAÚJO, Niédja S. D.; AMORIM, Fabrício R.; ANTUNES, Amanda P.; MARCHI, Sandra R.; SCHMIDT, Marcio A. R.; ANDRADE, Andrea F.; DELAZARI, Luciene S. (2021). An experiment using the graphic variable color and the see color code on isarithmic maps accessible to blind and normally sighted people. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 27, e2021006. <<https://doi.org/10.1590/s1982-21702021000100006>>

AYAZ, Barış (2023). Observation and improvement of mobile-assisted learning of students with visual impairment: An action-research study. *Education and Science*, 48(214), 17-39. <<https://doi.org/10.15390/eb.2023.11626>>

BALESTRUCCI, Pier F.; DI NUOVO, Elisa; SANGUINETTI, Manuela; ANSELMA, Luca; BERNAREGGI, Cristian; MAZZEI, Alessandro (2024). An educational dialogue system for visually impaired people. *IEEE Access*, 12, 150502–150519. <<https://doi.org/10.1109/access.2024.3479883>>

BEHESHTI, Mahya; NAEIMI, Tahereh; HUDSON, Todd E.; FENG, Chen; MONGKOLWAT, Pattanasak; RIEWPAIBOON, Wachara; SEIPLE, William; VEDANTHAN, Rajesh; RIZZO, John R. (2023). A Smart Service System for Spatial Intelligence and Onboard Navigation for Individuals with Visual Impairment (VIS4ION Thailand): Study protocol of a randomized controlled trial of visually impaired students at the Ratchasuda College, Thailand. *Trials*, 24(1), 169. <<https://doi.org/10.1186/s13063-023-07173-8>>

BENEDETTI, Carla; HORVATH Júnior, Miguel (2024). A proteção da pessoa com deficiência como ação afirmativa de inclusão. *Revista Internacional Consinter de Direito*, 10(18), 763–784. <<https://doi.org/10.19135/revista.consinter.00018.35>>

BIPIN NAIR, B. J.; NIRANJAN; SAKETH, P.; SHOBHA RANI, N. (2025). WAYVision: A hybrid deep learning approach for recognizing handwritten Kannada Braille using wavelet transformation and attention based YOLOv5. *MethodsX*, 15, 103440. <<https://doi.org/10.1016/j.mex.2025.103440>>

BRASIL. (2010). Coletânea de textos sobre políticas públicas (Vol. 1). Escola Nacional de Administração Pública (ENAP). Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/3132/1/Coletanea_pp_v1.pdf>. Acesso em: 14/12/2025.

BRASIL. Lei nº 13.146 de 06 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência. Brasília, 2015. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: 12/10/2025.

BRASIL. Ministério dos Direitos Humanos e da Cidadania. (2025). MDHC apresenta ações estratégicas para a efetivação dos direitos das pessoas com deficiência. Disponível em: <https://www.gov.br/mdh/pt-br/assuntos/noticias/2025/julho/mdhc-apresenta-acoes-estrategicas-para-a-efetivacao-dos-direitos-das-pessoas-com-deficiencia>. Acesso em: 14/12/2025.

BORGES, Wanessa F.; MENDES, Eniceia G. (2021). Recursos de acessibilidade e o uso dos dispositivos móveis como tecnologia assistiva por pessoas com baixa visão. *Revista Brasileira de Educação Especial*, 27. <https://doi.org/10.1590/1980-54702021v27e0036>

BOZA-CHUA, Alejandro; GABRIEL-GONZALES, Karen; ANDRADE-ARENAS, Laberiano (2021). Inclusive education: Implementation of a mobile application for blind students. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(11), 785-795. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0121189>

CAMPOVERDE-MOLINA, Milton; COBOS-TORRES, Juan C.; LUJÁN-MORA, Sergio; ORTIZ-ALVAREZ, Carlos P.; PALOMEQUE-ZAMBRANO, Eugenio E. (2025). Assistive technology for inclusive education: A single-case study of a child with spastic tetraplegia, visual and motor disabilities in Ecuador. *International Journal of Online & Biomedical Engineering*, 21(11). <https://doi.org/10.3991/ijoe.v21i11.56109>

CASADO, Johanna; GARCÍA, B. (2024). A multimodal approach to data analysis in astronomy: SonoUno applications in photometry and spectroscopy. *RAS Techniques and Instruments*, 3(1), 625-635. <https://doi.org/10.1093/rasti/rzae042>

CHANANA, Arti B.; SHUKLA, Neetu M.; RAO, P. V. M. (2022). Enabling education of children with visual impairment in schools through assistive technology. *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 13. <https://doi.org/10.47750/pnr.2022.13.s06.220>

CHRISTIAN, Carol A.; NOTA, Antonella; GRICE, Noreen; MADURA, Thomas; HURD, David (2025). 3D printing for teaching and exploration in astronomy for individuals with blindness/visual impairment: textured representations of imagery. *International Journal of Science Education*, Part B, 15(2), 304-324. <https://doi.org/10.1080/21548455.2024.2394906>

COOKE, Alison; SMITH, Debbie; BOOTH, Andrew (2012). Beyond PICO: The SPIDER tool for qualitative evidence synthesis. *Qualitative Health Research*, 22(10), 1435–1443. <https://doi.org/10.1177/1049732312452938>

DABKE, Rajeev B.; HARRELL, Mary; MELAKU, Samuel; RAY, Lydia; TURNER, Hannah (2021). QR code labels and audio commentaries for commonly used chemistry laboratory apparatus: an assisted learning experience for visually impaired students. *Journal of Chemical Education*, 98(10), 3395-3399. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00058>

DIAZ, Edwin A.; RODRÍGUEZ-SUÁREZ, César A.; ELISEO, Maria A. (2023). Auditive navigation system for visually impaired individuals in indoor spaces using augmented reality. *Revista Facultad de Ingeniería*, 32(66). <https://doi.org/10.19053/uptc.01211129.v32.n66.2023.16242>

DINIZ, Debora. O que é deficiência. São Paulo: *Brasiliense*, 2007. 79 p. (Primeiros passos; 324). ISBN 9788511001075.

DINIZ, Debora; BARBOSA, Livia; SANTOS, Wederson Rufino dos. Deficiência, direitos humanos e justiça. *Sur - Revista Internacional de Direitos Humanos*, São Paulo, v. 6, n. 11, p. 64–77, dez. 2009. <<https://doi.org/10.1590/S1806-64452009000200004>>
DOMÍNGUEZ-REYES, Raúl; MORENO, Lourdes; MUÑOZ-SÁNCHEZ, Antonio; MEZCUA, Beatriz R.; SAVOINI, Beatriz (2022). Modular 3-D-printed education tool for blind and visually impaired students oriented to net structures. *IEEE Transactions on Education*, 66(1), 55-61. <<https://doi.org/10.1109/te.2022.3183244>>

DOORE, Stacy A.; DIMMEL, Justin; KAPLAN, Toni M.; GUENTHER, Benjamin A.; GIUDICE, Nicholas A. (2023, April). Multimodality as universality: Designing inclusive accessibility to graphical information. In *Frontiers in Education* (Vol. 8, p. 1071759). Frontiers Media SA. <<https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1071759>>

DZIERZGOWSKA, Ewa; MAĆKOWSKI, Michał; KAWULOK, Mateusz; BRZOZA, Piotr; MAĆKOWSKA, Stella; SPINCZYK, D. (2025). Alternative audio-graphic method for presenting structural information in mathematical graphs designed for low-vision users. *Scientific Reports*, 15(1), 21972. <<https://doi.org/10.1038/s41598-025-07710-2>>

ELSHAER, Ibrahim A.; ALNAJDI, Sameer M.; SALEM, Mostafa A. (2025a). Measuring the impact of large language models on academic success and quality of life among students with visual disability: An assistive technology perspective. *Bioengineering*, 12(10), 1056. <<https://doi.org/10.3390/bioengineering12101056>>

ELSHAER, Ibrahim A.; ALNAJDI, Sameer M.; SALEM, Mostafa A. (2025b). Sustainable AI solutions for empowering visually impaired students: The role of assistive technologies in academic success. *Sustainability*, 17(12), 5609. <<https://doi.org/10.3390/su17125609>>

ELSHEMY, Radwa; ALZHRANI, Fahad; FAWZY, Shereen; ALMASOUDI, Fahad; MOUSSA, Yasser; ELSAYED, Mohamed (2025). Bridging to possible: Empowering visually impaired students through assistive technology rehabilitative training to become better students and future employees. *Edelweiss Applied Science and Technology*, 9(4), 1160-1175. <<https://doi.org/10.55214/25768484.v9i4.6190>>

ETEZAD, Maryam; JOSHI, Rajeev; ALEXANDER, Robert; CIBRIAN, Franceli L. (2024). 3D-printed models for optimizing tactile Braille & shape display. *IEEE Transactions on Haptics*, 17(4), 782-793. <<https://doi.org/10.1109/toh.2024.3433582>>

GATTO, Salvatore; GAGGI, Ombretta; GROSSET, Luca; FOVINO, Lucrezia G. N. (2024). Accessible mathematics: Representation of functions through sound and touch. *IEEE Access*, 12, 121552-121569. <<https://doi.org/10.1109/access.2024.3448509>>

GRIMALDI, Monaliza R. M.; AGUIAR, Adriana S. C. D.; ALMEIDA, Paulo C. D.; LIMA, Morgama M. N.; ROSCOCHE, Kariane G. C.; OLIVEIRA, Paula M. P. D.; SOARES Francisco M. M.; PAGLIUCA, Lorita M. F. (2022). Jogo de tabuleiro sobre drogas psicoativas para pessoas com deficiência visual. *Acta Paulista de Enfermagem*, 35, eAPE0305345. <<https://doi.org/10.37689/acta-ape/2022ao0305345>>

HORVAT, Sven; HORVAT, Tomislav; HAVAŠ, Ladislav; CRČIČ, Dražen (2025). AI-powered chatbots for enhancing accessibility in higher education-design and implementation. *Elektrotehnikski Vestnik*, 92(1/2), 61-67. Disponível em: <<https://ev.fe.uni-lj.si/1-2-2025/Horvat.pdf>>. Acesso em: 14/12/2025.

JABEEN, Farzana; RASHID, Mehvish (2025). Empowering individuals with visual impairment: A digital Braille solution for learning the Urdu language. *IEEE Access*. <<https://doi.org/10.1109/access.2025.3598856>>

LIMA, Letícia A. A. D.; CAVAZZANI, André L. M.; SILVA, Marcus V. G. D. (2023). Assistive technologies: Resources for visually and hearing impaired people. *Revista Práxis Educacional*, 19(50). <<https://doi.org/10.22481/praxisedu.v19i50.11455>>

LIU, Wenqiu; YU, Wu; LI, Kecen; ZHOU, Siyuan; WANG, Qi; YU, Hua (2023). Enhancing blind-dumb assistance through a self-powered tactile sensor-based Braille typing system. *Nano Energy*, 116, 108795. <<https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2023.108795>>

LOPEZ, Rhianne M.; PINDER, Shane D.; DAVIES, Claire C. (2021). Matuto, Magbasa, Maglaro: Learning to read Braille through play. *Assistive Technology*, 33(5), 246–254. <<https://doi.org/10.1080/10400435.2019.1619633>>

LU, Leon; COCHRANE, Karen A.; KANG, Jin; GIROUARD, Audrey (2023). “Why are there so many steps?”: Improving access to blind and low vision music learning through personal adaptations and future design ideas. *ACM Transactions on Accessible Computing*, 16(3), 1-20. <<https://doi.org/10.1145/3615663>>

MACIEL, Marcio P.; BORGES, Ronan E.; MELO, Sandro C. (2023). Pessoas com deficiência: Práticas espaciais, políticas públicas e abarreamento do espaço urbano em Barra do Garças (MT). *Revista da ANPEGE*, 18(37). <<https://doi.org/10.5418/ra2022.v18i37.16295>>

MAĆKOWSKI, Michał; KAWULOK, Mateusz; BRZOZA, Piotr; JANCZY, Marcei; SPINCZYK, Dominik (2023). An alternative audio-tactile method of presenting structural information contained in mathematical drawings adapted to the needs of the blind. *Applied Sciences*, 13(17), 9989. <<https://doi.org/10.3390/app13179989>>

MARTOS, Aineias; KOUROUPETROGLOU, Georgios; ARGYROPOULOS, Vassilios; PAPADOPOULOS, Konstantinos (2024). Exploring tactile identification accuracy through advanced Braille embossers: The dynamic combination of dot density and dot elevation. *Education and Information Technologies*, 29(18), 25333-25352. <<https://doi.org/10.1007/s10639-024-12840-7>>

MATTJE, Emerson T.; SANTOS, Everton R. (2018). A pessoa com deficiência na política pública do programa nacional de acesso ao ensino técnico e emprego (PRONATEC/Viver sem Limite). *Revista Práxis*, 2, 173–194. <<https://doi.org/10.25112/rpr.v2i0.1565>>

MCCARTHY, Tessa; GRIFFIN-SHIRLEY, Nora; SIFFERMANN, Eileen (2022). A survey of orientation and mobility specialist's use of telepractice during COVID-19. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 116(6), 784-793. <<https://doi.org/10.1177/0145482x221142869>>

NEGASH, Kahsay H.; GASA, Velisiwe (2022). Academic barriers that prevent the inclusion of learners with visual impairment in Ethiopian mainstream schools. *Sage Open*, 12(2), 21582440221089934. <<https://doi.org/10.1177/21582440221089934>>

NISBET, Paul D. (2020). Assistive technologies to access print resources for students with visual impairment: Implications for accommodations in high stakes assessments. *British Journal of Visual Impairment*, 38(2), 222-247. <<https://doi.org/10.1177/0264619619899678>>

OLIVEIRA, Cynthia L. T. de; SILVA, Alan T. de A.; MORAIS, Jefferson M. de; MOTA, Marcelle P. (2023). Accessible bar charts through textual description templates. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 29(1), 1–18. <<https://doi.org/10.5753/jbcs.2023.2301>>

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF). São Paulo: EDUSP, 2003.

OUZZANI, Mourad; HAMMADY, Hossam; FEDOROWICZ, Zbys; ELMAGARMID, Ahmed. Rayyan—a web and mobile app for systematic review. *Systematic Reviews*, London, v. 5, n. 1, p. 210, 2016. <<https://doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>>

PAGE, Matthew J.; MCKENZIE, Joanne E.; BOSSUYT, Patrick M.; BOUTRON, Isabelle; HOFFMANN, Tammy C.; MULROW, Cynthia D.; SHAMSEER, Larissa; TETZLAFF, Jennifer M.; AKL, Elie A.; BRENNAN, Sue E.; CHOU, Roger; GLANVILLE, Julie; GRIMSHAW, Jeremy M.; HRÓBJARTSSON, Asbjørn; LALU, Manoj M.; LI, Tianjing; LODER, Elizabeth W.; MAYO-WILSON, Evan; MCDONALD, Steve; ... MOHER, David (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <<https://doi.org/10.1136/bmj.n71>>

PANZERA-GONÇALVES, Júlio; OLIVEIRA, Cleida A. (2025). Development, application, and evaluation of tools based on virtual and augmented realities for inclusive teaching and learning of cell membranes. *Anatomical Sciences Education*, 18(5), 462-484. <<https://doi.org/10.1002/ase.70024>>

PÉREZ-AGUIRRE, Ana P.; MORALES-PÉREZ, Iván A.; GÓMEZ-MERCADO, Jorge A.; GUTIÉRREZ-MARTÍNEZ, Rodrigo A.; MATEHUALA-MORAN, Iván; FUENTES-ALVAREZ, Rubén (2024). Bidirectional Braille-speech communication system for deafblind students. *Journal on Efficiency and Responsibility in Education and Science*, 17(2), 164-177. <<https://doi.org/10.7160/eriesj.2024.170206>>

PIERRÈS, Oriane; DARVISHY, Alireza; CHRISTEN, Markus (2025). Exploring the role of generative AI in higher education: Semi-structured interviews with students with disabilities. *Education and Information Technologies*, 30(7), 8923-8952. <<https://doi.org/10.1007/s10639-024-13134-8>>

PORTE, Marcelo D. S.; TRINDADE, José D. R. (2021). Technological barriers: a limiting factor in the accessibility of people with disabilities. *Texto Livre*, 14, e32563. <<https://doi.org/10.35699/1983-3652.2021.32563>>

RAIF, Mourad; CHAIBI, Hasna; QUADAR, Nordine; EL RHARRAS, Abdessamad; SAADANE, Rachid (2025). Edge-IoT and MLLMs for education and scene understanding: Assisting vision and hearing-impaired individuals. *IEEE Internet of Things Magazine*, 8(4), 30-36. <<https://doi.org/10.1109/iotm.001.2400202>>

RAKHMATWATI, Dini; DEWANTO, Febrian M. (2025). Development of counseling sites with digital accessibility features for the blind and visually impaired students. *Advance Sustainable Science Engineering and Technology*, 7(1), 02501014-02501014. <<https://doi.org/10.26877/asset.v7i1.1157>>

RAMOS-GARCÍA, Oscar. I.; VUELVAS-ALVARADO, Anuar. A.; OSORIO-PÉREZ, Néstor. A.; RUIZ-TORRES, Miguel Á.; ESTRADA-GONZÁLEZ, Fermín; GAYTAN-LUGO, Laura. S.; FAJARDO-FLORES, Silvia B.; SANTANA-MANCILLA, Pedro C. (2022). An IoT Braille display towards assisting visually impaired students in Mexico. *Engineering Proceedings*, 27(1), 11. <<https://doi.org/10.3390/ecsa-9-13194>>

RAYNAL, Mathieu; DUCASSE, Julie; MACÉ, Marc J. M.; ORIOLA, Bernard; JOUFFRAIS, Christophe (2024). The FlexiBoard: Tangible and tactile graphics for people with vision impairments. *Multimodal Technologies and Interaction*, 8(3), 2–27. <<https://doi.org/10.3390/mti8030017>>

RENJITH, P. R.; PRAJESHA, T. M. (2025). Presentation voice descriptor using generative AI as a learning aid for visually impaired learners. *Journal on Multimodal User Interfaces*, 19(4), 323-330. <<https://doi.org/10.1007/s12193-025-00459-y>>

RICCI, Fabiana S.; BOLDINI, Alain; BEHESHTI, Mahya; RIZZO, John R.; PORFIRI, Maurizio (2023). A virtual reality platform to simulate orientation and mobility training for the visually impaired. *Virtual Reality*, 27(2), 797-814. <<https://doi.org/10.1007/s10055-022-00691-x>>

ROMUALDO, Edson C.; VALDEVIESO, Gabriela D. S. M. (2021). Braille versus automated reading: a comparative analysis of two assistive technologies through an interactionist perspective/Leitura em braile versus leitura automática: uma análise comparativa entre duas tecnologias assistivas a luz da perspectiva interacionista. *Acta Scientiarum. Language and Culture*, 43(2). <<https://doi.org/10.4025/actascilangcult.v43i2.55012>>

ROSSI, Giampaolo; FORNARO, Claudio (2024). Enhancing math education for visually impaired students: Alternative text implementation in LATEX, MathJax, MathML and LAMBDA. *Communications in Applied and Industrial Mathematics*, 15(2), 44-59. <<https://doi.org/10.2478/caim-2024-0012>>

SANTOS, Bianca M.; NUNES, Ingrath N. D. C. (2021). Jogo sobre calorimetria com audiodescrição e braile para inclusão: relato de experiência. *Revista de enseñanza de la física*, 33(1), 71-80. Disponível em: <<https://www.scielo.org.ar/pdf/redef/v33n1/2250-6101-redef-33-01-71.pdf>>. Acesso em: 08/10/2025.

SASSAKI, Romeu K. (2009). Inclusão: Acessibilidade no lazer, trabalho e educação. *Revista Nacional de Reabilitação (Reação)*. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/webby/up/211/o/SASSAKI_-_Acessibilidade.pdf?14732033>. Acesso em: 13/12/2025.

SEHNEM, Cristian E.; PAVÃO, Sílvia M. de O. (2019). Políticas inclusivas para pessoas com deficiência no Brasil. *REGAE: Revista de Gestão e Avaliação Educacional*, 1(1), 1–10. <<https://doi.org/10.5902/2318133834984>>

STONE, Brian W.; BROWN, Deana (2023). Anyone can learn universal design: An interdisciplinary course centered around blindness and visual impairment. *Journal of Postsecondary Education and Disability*, 36(1), 65-74. Disponível em: <<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1434985.pdf>>. Acesso em: 09/10/2025.

TENNISON, Jennifer L.; GOSWAMI, Spondita; HAIRSTON, Jesse R.; DREWS, Paul Merlin; SMITH, Derrick W.; GIUDICE, Nicholas A.; STEFIK, Andreas; GORLEWICZ, Jenna L. (2023). Bridging the gap of graphical information accessibility in education with multimodal touchscreens among students with blindness and low vision. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 117(6), 453-466. <<https://doi.org/10.1177/0145482x231217496>>

UNESCO. A guide for ensuring inclusion and equity in education. Paris: UNESCO, 2019.

VILLALBA, Karen; JIMENO, Miguel; ROBLES, Heydy; VERGARA, Leonardo; SINNING, Camilo; LIZCANO, Leonardo; HURTADO Breyner; NIETO, Wilson (2024). Eyeland: A visually-impaired accessible English learning application using a design-based research framework. *IEEE Access*, 12, 142275-142290. <<https://doi.org/10.1109/access.2024.3444741>>

VILLALBA, Karen; ROBLES, Heydy.; JIMENO, Miguel; DELGADO-CAÑAS, Martha C.; PEREZ, Adriana; QUINTERO, Francisco (2025). An activity theory-based exploration of “Eyeland”, a task-based serious game for EFL visually impaired students. *PeerJ Computer Science*, 11, e2631. <<https://doi.org/10.7717/peerj-cs.2631>>

Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que os dados, aplicativos e outros conteúdos subjacentes ao manuscrito estão referenciados.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa, quando aplicável, estão descritas no manuscrito.
- Os autores declaram que uma vez que um manuscrito é postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo só poderá ser retirado mediante pedido à Secretaria Editorial do SciELO Preprints, que afixará um aviso de retratação no seu lugar.
- Os autores concordam que o manuscrito aprovado será disponibilizado sob licença [Creative Commons CC-BY](#).
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores e declaração de conflito de interesses estão incluídas de maneira explícita e em seções específicas do manuscrito.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints ou publicado em um periódico.
- Caso o manuscrito esteja em processo de avaliação ou sendo preparado para publicação mas ainda não publicado por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.
- O autor submissor declara que todos os autores do manuscrito concordam com a submissão ao SciELO Preprints.