REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

AVALIAÇÃO DA ACESSIBILIDADE DIGITAL EM PLATAFORMAS EDUCACIONAIS INFANTIS: UMA ANÁLISE DE CONFORMIDADE COM O EMAG E A WCAG PARA ESTUDANTES COM BAIXA VISÃO

EVALUATION OF DIGITAL ACCESSIBILITY IN EARLY CHILDHOOD EDUCATION PLATFORMS: A COMPLIANCE ANALYSIS WITH EMAG AND WCAG FOR STUDENTS WITH LOW VISION

Ciências Exatas e da Terra • 01/11/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/793390127

Gabriel Pereira Farah[1]

Haiely Santos Cardoso[2]

Marcos Oliveira Sobrinho[3]

RESUMO

A promoção da educação inclusiva requer que os ambientes digitais de aprendizagem sejam acessíveis a todos os alunos. Este artigo examina, por meio de testes de conformidade, até que ponto aplicativos educacionais para crianças de 3 a 10 anos apresentam características adequadas às necessidades visuais de crianças com baixa visão, conforme os critérios do eMAG e da WCAG 2.2. A pesquisa é um estudo aplicado, de caráter exploratório-descritivo e abordagem mista, que avaliou dez aplicativos educacionais amplamente utilizados no mercado, usando uma matriz de oito critérios operacionais que incluem uso de cores, contraste, aumento, reorganização de layout, espaçamento, tamanho dos alvos de interação e organização do conteúdo. Os resultados mostram um panorama de acessibilidade variado e deficiente, com desempenho máximo de 75% de conformidade e a falta de recursos de aumento e reorganização de texto (reflow) em toda a amostra, formando uma barreira grave ao uso independente. Conclui-se que os aplicativos analisados, em sua forma atual, não asseguram a inclusão digital de crianças com baixa visão, necessitando de intervenção externa e a inclusão da acessibilidade como um elemento essencial no ciclo de desenvolvimento de software.

Palavras-chave: Acessibilidade digital; Baixa visão infantil; Aplicativos educacionais; Educação inclusiva; WCAG 2.2.

ABSTRACT

Promoting inclusive education requires that digital learning environments be accessible to all students. This article examines, through compliance testing, the extent to which educational applications for children aged 3 to 10 years old present features adequate to the visual needs of children with low vision, according to the eMAG and WCAG 2.2 criteria. The research is an applied study,

of an exploratory-descriptive nature and mixed-methods approach, which evaluated ten widely used educational applications on the market, using a matrix of eight operational criteria that include the use of color, contrast, magnification, layout reorganization, spacing, size of interaction targets, and content organization. The results show a varied and deficient accessibility landscape, with a maximum performance of 75% compliance and a lack of magnification and text reorganization (reflow) features across the sample, forming a serious barrier to independent use. It is concluded that the analyzed applications, in their current form, do not ensure the digital inclusion of children with low vision, requiring external intervention and the inclusion of accessibility as an essential element in the software development cycle.
Keywords: Digital accessibility; Low vision in children; Educational applications; Inclusive education; WCAG 2.2.

1. INTRODUÇÃO

A promoção da educação inclusiva é um dos elementos essenciais das políticas educacionais modernas. No Brasil, a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015) assegura o acesso, a participação e o aprendizado de indivíduos com deficiência em todos os níveis de educação, englobando o uso de tecnologias digitais como facilitadoras do processo de ensino-aprendizagem. Nesse cenário, os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) e os aplicativos educacionais desempenham um papel crucial na democratização do acesso ao conhecimento, embora ainda enfrentem desafios estruturais relacionados à inclusão, sendo a acessibilidade muitas vezes abordada de forma inicial e desconexa do ciclo de desenvolvimento de software (Teixeira; Eusébio; Teixeira, 2024).

Dentro das condições de deficiência visual, a baixa visão apresenta um desafio especialmente complicado para a educação infantil. Ao contrário da cegueira, onde a substituição sensorial por meios auditivos e táteis é a estratégia mais comum, a baixa visão requer a preservação e o estímulo do restante visual por meio de adaptações dinâmicas de contraste, tipografia, espaçamento e organização visual (Loh; Prem-Senthil; Constable, 2024). Para crianças entre 3 e 10 anos, essas necessidades se tornam ainda mais específicas, uma vez que se somam às exigências cognitivas, pedagógicas e emocionais que caracterizam o desenvolvimento infantil, incluindo atenção reduzida, carga cognitiva em crescimento e necessidade de motivação intrínseca (Nunes; Oliveira, 2025).

Apesar da importância deste tema, a maioria dos aplicativos educacionais destinados ao público infantil, amplamente utilizados em fase de aprendizagem, não é desenvolvida com foco em acessibilidade. As soluções de acessibilidade digital que existem no mercado baseiam-se, em geral, em modelos estáticos, como a implementação de um botão de alto contraste ou apenas a ampliação da fonte, quando implementadas. Essas abordagens limitadas não atendem à diversidade das necessidades de crianças com baixa visão, que variam conforme o tipo de atividade pedagógica, o nível de fadiga visual e o contexto de uso (Zouhaier; Bendalyhlaoui; Ben Ayed, 2023). Além disso, revisões sistemáticas recentes mostram que a integração das diretrizes da Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) no processo de engenharia de software ainda é insuficiente (Ara; Sik-Lányi; Kelemen, 2024), e que os requisitos de acessibilidade são mais frequentemente considerados nas etapas de levantamento de requisitos e testes, enquanto as fases de integração e programação geralmente recebem pouca atenção (Teixeira; Eusébio; Teixeira, 2024).

No campo da literatura científica, observa-se uma lacuna significativa: há poucos estudos que avaliem de forma sistemática e comparativa se aplicativos educacionais convencionais, desenvolvidos para o público infantil em geral e sem necessariamente contemplar recursos de acessibilidade, oferecem condições de uso para crianças com baixa visão. Prado, Gobbo Junior e Bezerra (2023) notaram que ainda existe uma produção científica limitada direcionada a esse público, especialmente no que tange à aplicação prática da acessibilidade em ambientes educacionais digitais. Thoo et al. (2023), em uma análise bibliométrica de 880 artigos publicados pela ACM e IEEE entre 2010 e 2022, verificaram que apenas 7 estudos de destaque focaram em crianças, com predomínio de soluções para adultos e um enfoque em substituição visual (cegueira), em detrimento de estratégias para melhoria visual (baixa visão). Essa constatação reforça a necessidade urgente de investigações que analisem criticamente as soluções já disponíveis no mercado, verificando em que medida seus recursos permitem o uso efetivo por esse público e se observam critérios normativos.

Diante dessa situação, o presente estudo realiza uma análise comparativa da acessibilidade digital em aplicativos educacionais destinados ao público infantil, com foco em crianças com baixa visão. A pesquisa se propõe a investigar, por meio de testes de conformidade, em que medida aplicativos educacionais voltados a crianças de 3 a 10 anos, em fase de aprendizagem e independentemente de terem sido desenvolvidos com recursos de acessibilidade, apresentam características de acessibilidade compatíveis com as necessidades visuais específicas desse público, estando alinhadas aos critérios do eMAG (Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico) e da WCAG 2.2. A análise utiliza como

critérios de avaliação dimensões como contraste, tipografia, ampliação, organização visual, interação e dependência de cores, permitindo verificar o nível de acessibilidade dos aplicativos selecionados e identificar se os ajustes promovem a autonomia e o engajamento do estudante sem comprometer o fluxo de aprendizado. A proposta está alinhada aos princípios do Desenho Universal para Aprendizagem (DUA), ao considerar múltiplos meios de representação, ação, expressão e engajamento (Diasse; Kawai, 2024).

A importância desta pesquisa se desdobra em três vertentes. Do ponto de vista acadêmico, contribui para o preenchimento da lacuna identificada na literatura referente à avaliação de acessibilidade em plataformas educacionais convencionais para crianças com baixa visão, oferecendo uma base estruturada para investigações e desenvolvimentos futuros. Sob uma perspectiva tecnológica, mapeia os recursos reais oferecidos pelos aplicativos analisados, identificando as limitações das soluções estáticas e verificando se há mecanismos de adaptação capazes de responder ao perfil funcional visual de cada criança. Do aspecto social, a pesquisa impulsiona a inclusão digital e educacional, ao investigar se ferramentas educacionais comuns, amplamente difundidas e utilizadas por crianças em fase de aprendizagem, podem ser utilizadas de maneira acessível por estudantes com baixa visão, aumentando sua autonomia, participação e acesso a oportunidades de aprendizado, de acordo com os princípios da educação inclusiva (Memisevic; Hadžić, 2025).

Este artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a fundamentação teórica, articulando os referenciais sobre acessibilidade digital educacional e integração normativa,

características e desafios dos aplicativos educacionais para crianças de 3 a 10 anos, tecnologias assistivas e especificidades da inclusão infantil, além das implicações pedagógicas e cognitivas da baixa visão na infância, culminando em uma síntese teórica que fundamenta os critérios de avaliação adotados; a Seção 3 descreve a metodologia da pesquisa, detalhando a caracterização do estudo, os critérios de seleção da amostra, a operacionalização dos oito critérios de avaliação (C1 a C8) com suas respectivas referências normativas, o protocolo de testes e o modelo de pontuação empregado; a Seção 4 apresenta os resultados e a discussão, com a matriz comparativa da acessibilidade visual dos dez aplicativos avaliados, a análise geral dos resultados por faixa de conformidade, a discussão por critério, a comparação entre os aplicativos e a articulação dos achados com a literatura científica; por fim, a Seção 5 traz as considerações finais, consolidando os principais achados, as contribuições e limitações do estudo e as perspectivas para pesquisas futuras.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Acessibilidade Digital Educacional e a Integração Normativa

A literatura recente indica que, a despeito da consolidação normativa representada pelas diretrizes da WCAG e pelas normas de qualidade de software como a ISO/IEC 25010, a incorporação efetiva dos requisitos de acessibilidade ao ciclo de vida de desenvolvimento de sistemas educacionais permanece fragmentada. Teixeira *et al.* (2024) identificaram que tais requisitos costumam ser pontualmente considerados nas fases iniciais de elicitação e em testes finais de aceitação, enquanto as etapas centrais de arquitetura, codificação e integração contínua recebem atenção desproporcionalmente menor. Essa assimetria assíncrona produz plataformas e aplicativos

nos quais a acessibilidade é tratada como uma camada corretiva *ad hoc*, e não como um atributo de qualidade intrínseco, resultando em retrabalho técnico e em soluções desconectadas das reais demandas dos usuários.

Complementarmente, Ara, Sik-Lányi e Kelemen (2024) demonstraram que a inspeção automatizada, embora indispensável para a detecção de falhas estruturais de código, é insuficiente para identificar a totalidade das barreiras de acesso, sobretudo aquelas associadas à experiência subjetiva e cognitiva do usuário. Os autores defendem a triangulação metodológica, articulando avaliação automática, inspeção heurística por peritos e testes de usabilidade com a participação direta de pessoas com deficiência — como prerrogativa para uma diagnose robusta. No escopo deste estudo, essa perspectiva é premente, visto que a avaliação de acessibilidade em aplicativos educacionais infantis exige ultrapassar a checagem sintática de conformidade técnica para aferir a experiência perceptual e interativa do estudante com baixa visão.

Prado, Gobbo Junior e Bezerra (2023) ampliam esse debate ao mapear temas emergentes na interface entre acessibilidade digital e educação. Os autores apontam que a produção científica ainda carece de abordagens integradas que articulem normas técnicas, formação docente, design inclusivo e a participação de usuários com deficiência desde a concepção do projeto (*Accessibility by Design*). A mera disponibilização de artefatos tecnológicos não assegura a inclusão pedagógica se não houver conformidade efetiva com diretrizes internacionais (como a WCAG) e referenciais nacionais (como o eMAG, no âmbito do setor público). Nesse cenário, a avaliação de ecossistemas móveis educacionais sob a óptica de modelos normativos assume papel estratégico, permitindo

mensurar o distanciamento entre o discurso inclusivo e a implementação concreta dos critérios de acessibilidade.

Por fim, o campo da Análise de Aprendizagem (*Learning Analytics*) oferece perspectivas promissoras para complementar a avaliação de acessibilidade. Conforme analisado por Khalil, Slade e Prinsloo (2024), os dados de interação contínua podem fundamentar intervenções pedagógicas personalizadas. Embora tais estudos foquem predominantemente o ensino superior, a lógica subjacente é transponível para a educação infantil: a captura não intrusiva de padrões comportamentais de uso (como tempos de fixação, taxa de erros de toque e tentativas de zoom) pode enriquecer a avaliação heurística. Assim, a análise de conformidade deixa de ser estática para responder criticamente às barreiras reais enfrentadas pelas crianças durante a interação com as interfaces digitais.

2.2. Aplicativos Educacionais para Crianças de 3 a 10 Anos: Características e Desafios de Acessibilidade

Os aplicativos educacionais voltados à faixa etária de 3 a 10 anos ocupam posição estratégica no ecossistema de tecnologias emergentes aplicadas à educação. Esse intervalo abrange marcos decisivos do desenvolvimento infantil, cobrindo a transição do estágio pré-operatório na Educação Infantil (3 a 5 anos) — caracterizado pelo pensamento egocêntrico e pré-leitor — até a consolidação da alfabetização, da memória de trabalho e do raciocínio lógico no Ensino Fundamental (6 a 10 anos). Tais recursos combinam dinâmicas lúdicas e gamificadas com objetivos pedagógicos estruturados, como a discriminação fonológica, a associação de imagens, a memória e a resolução de problemas simples. Sob a perspectiva do desenvolvimento cognitivo infantil,

Albers (2018) ressalta que crianças nessa faixa etária apresentam capacidade limitada de atenção seletiva e processamento de informações complexas, tornando indispensável o uso de interfaces previsíveis, instruções claras, *affordances* visualmente inteligíveis e *feedbacks* imediatos multimodais (sonoros e visuais).

A qualidade do projeto de interface e da experiência do usuário (*User Experience* — UX) é determinante para garantir a autonomia e o engajamento do estudante. Em uma análise sobre o *design* interativo de aplicativos educativos infantis, Crescenzi-Lanna e Grané-Oró (2016) demonstraram que escolhas estéticas e arquiteturais influenciam diretamente a eficácia do aprendizado: o uso estratégico de espaços em branco, a hierarquização tipográfica adequada e a redução de elementos ornamentais evitam a fadiga mental e favorecem a concentração. Em contrapartida, a inserção de propagandas, cores saturadas sem critério pedagógico, animações contínuas e mudanças inesperadas de tela provocam dispersão. Embora a sobrecarga sensorial afete crianças em geral, o impacto é amplificado para estudantes com deficiência ou necessidades específicas — como observado no contexto de artefatos voltados ao desenvolvimento da comunicação e aprendizagem (Nascimento; Silva, 2021). No caso da baixa visão infantil, a poluição visual compromete criticamente a varredura e a identificação de elementos essenciais na tela.

A importância da acessibilidade nesse cenário decorre da premissa de que a mera disponibilidade do recurso digital não assegura a equidade no acesso ao conhecimento. Para que o acesso se concretize, o software deve ser interoperável com o ecossistema assistivo do próprio dispositivo móvel (como leitores de tela, ampliadores e ajuste de contraste). No Brasil, a norma ABNT NBR

17060 (ABNT, 2022) estabelece os requisitos formais para assegurar que aplicativos de dispositivos móveis garantam perceptibilidade e operacionalidade, prevendo a flexibilidade de exibição de textos e a adequação das áreas de toque. De forma complementar, as *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) 2.2 (W3C, 2023) prescrevem critérios globais para contraste de cor, alternância de mídia com controle de movimento e alvos de interação com dimensão suficiente. Desse modo, a avaliação de acessibilidade de aplicativos educacionais infantis direcionados a crianças de 3 a 10 anos com baixa visão exige ultrapassar verificações genéricas de usabilidade, considerando sistematicamente as especificidades cognitivas, visuais e motoras do público-alvo.

2.3. Tecnologias Assistivas e as Especificidades da Inclusão Infantil

A avaliação de aplicativos educacionais no contexto escolar infantil exige atenção particular ao ecossistema de Tecnologias Assistivas (TA) e à sua integração com os recursos nativos dos dispositivos móveis. Em continuidade às barreiras de interface e aos requisitos ergorreativos discutidos no tópico anterior, Memisevic e Hadžić (2025) enfatizam que as TAs atuam como mediadoras fundamentais para o acesso ao currículo e para o desenvolvimento da autonomia estudantil. Contudo, os autores alertam que a mera disponibilidade técnica do recurso é insuficiente; é imprescindível que a tecnologia esteja alinhada a práticas pedagógicas intencionais e ao suporte docente capacitado. Essa perspectiva reforça que a análise de conformidade de aplicativos educacionais não deve restringir-se à checagem técnica estática de código, devendo averiguar se o software provê orientação adequada ao professor, aos cuidadores e à própria criança.

Nunes e Oliveira (2025), em revisão da literatura sobre tecnologias assistivas para estudantes com deficiência visual, sistematizaram evidências de que recursos como ampliação adaptativa de textos, controle dinâmico de contraste e síntese de voz favorecem a participação ativa na rotina escolar. No entanto, identificou-se uma lacuna crítica na personalização funcional dessas ferramentas. A baixa visão constitui um espectro funcional heterogêneo: enquanto um estudante necessita de altos níveis de magnificação e leitores de tela, outro requer a adequação da paleta de cores e a eliminação de elementos visuais concorrentes. Nesse sentido, Cantanhede e Sobrinho (2026), ao investigarem os efeitos do design inclusivo em interfaces educacionais digitais, demonstraram que a previsibilidade visual e a customização de estímulos reduzem significativamente a taxa de erros e a sobrecarga cognitiva em crianças. Esse achado corrobora a premissa de que aplicativos com arranjos fixos de interface falham em contemplar a diversidade do público infantil, tornando imperativo mapear quais softwares oferecem flexibilidade de configuração e quais mantêm padrões rígidos.

Ademais, a revisão sistemática desenvolvida por Awang Zainal *et al.* (2026) indica que, embora a produção científica sobre TAs venha crescendo, persistem entraves metodológicos na implementação padronizada e no treinamento de usuários. Os autores destacam que as tecnologias assistivas transcendem a funcionalidade operacional, impactando diretamente a motivação, a autoconfiança e as interações sociais dos estudantes. No público infantil, esse componente socioafetivo é determinante, pois o engajamento na aprendizagem está associado à percepção de competência e pertencimento. A acessibilidade em aplicativos educacionais consolida-se, assim, não como um mero ajuste corretivo, mas como elemento estruturante da experiência escolar integral da criança,

fundamentando a transição para o tópico seguinte, que analisa minuciosamente as implicações cognitivas, pedagógicas e perceptivas específicas da baixa visão na infância.

2.4. Baixa Visão na Infância: Implicações Pedagógicas e Cognitivas e Características de Acessibilidade em Aplicativos

A especificidade da baixa visão na faixa etária de 3 a 10 anos impõe requisitos de projeto que transcendem a mera conformidade técnica de interface. Em continuidade ao debate travado no tópico anterior, que posicionou as Tecnologias Assistivas como mediadoras da autonomia e da experiência socioafetiva do estudante, cumpre registrar que a baixa visão demanda estratégias pedagógicas e tecnológicas qualitativamente distintas daquelas aplicadas à cegueira. Enquanto na cegueira a substituição sensorial integral por canais auditivos e táteis é a conduta preponderante, na baixa visão o objetivo central é a preservação, o estímulo e a otimização da funcionalidade visual residual. Loh, Prem-Senthil e Constable (2024), em revisão sistemática sobre o impacto da deficiência visual infantil no processamento leitor, constataram que crianças com baixa visão apresentam desaceleração na velocidade de leitura, sem que isso implique, necessariamente, prejuízo na capacidade de compreensão do texto. Os autores ressaltam que tais crianças dependem de adaptações ergorreativas e intervenções personalizadas para acessar materiais educacionais conceitualmente projetados para a visão típica.

A distinção entre velocidade de processamento e capacidade de compreensão traz implicações profundas para a concepção e a avaliação de aplicativos educacionais: o sistema não deve simplificar a complexidade do conteúdo pedagógico, mas sim flexibilizar a sua

camada de apresentação. A análise de conformidade deve verificar se os softwares mantêm o desacoplamento entre a lógica de negócio (conteúdo curricular) e a interface gráfica, garantindo que adequações na tipografia, no contraste visual e nos tempos de expiração de resposta (*timeouts*) não reduzam o nível de desafio intelectual exigido da criança. Ademais, evidências trazidas por Loh, Prem-Senthil e Constable (2024) indicam que a segmentação de blocos textuais (*chunking*), o aumento do espaçamento interlinear e a escalabilidade vetorial de imagens configuram estratégias eficazes para mitigar a fadiga ocular e o estresse acomodativo.

A partir dessas premissas físico-cognitivas e das diretrizes normativas de acessibilidade (W3C, 2023; ABNT, 2022), é possível estruturar as características essenciais que configuram um aplicativo educacional como acessível para o público infantil com baixa visão:

1. **Ampliação e Escalabilidade Vetorial:** permitindo que textos e componentes gráficos sejam magnificados sem perda de resolução ou quebra na arquitetura da tela, garantindo suporte aos gestos nativos de pinça e à interoperabilidade com os ampliadores de tela do sistema operacional;

2. **Contraste Visual e Paleta Dinâmica:** assegurando razão de contraste mínima conforme a norma WCAG 2.2 (mínimo de 4.5:1 para texto normal e 3:1 para componentes de interface) e oferecendo modos de alto contraste invertido ou esquemas de cores customizáveis;

3. **Legibilidade e Ergonomia Tipográfica:** utilizando tipografias limpas (sem serifa), de tamanho ajustável, com traços de espessura uniforme e sem estilizações decorativas que

dificultem o reconhecimento de grafemas, aspecto vital para crianças em fase de alfabetização;

4. **Espaçamento e Rastreamento Visual:** prevendo margens, entrelinhas e espaçamentos generosos entre elementos interativos, o que reduz o esforço nos movimentos sacádicos de varredura e previne acionamentos acidentais por erro de toque;

5. **Organização Espacial e Previsibilidade:** estruturando telas com reduzida densidade de informação, agrupamento lógico de conteúdos, uso de espaços em branco e navegabilidade consistente, permitindo a rápida localização de comandos e instruções;

6. **Invariância de Cor e Suporte a Discromatopsias:** garantindo que a cor não seja o único recurso informativo ou indicador de estado, e oferecendo alternativas visuais baseadas em formas, ícones, rótulos textuais ou texturas;

7. **Interatividade e Modabilidade Multissensorial:** disponibilizando alvos de toque ampliados (dimensão mínima recomendada de 48×48 dp/pt), gestos de interação simplificados, sintetizador de voz e *feedbacks* multimodais (combinação de respostas sonoras, visuais e táticas).

Diasse e Kawai (2024), ao revisarem práticas baseadas em evidências para estudantes com deficiência visual em contextos inclusivos, enfatizam que a acessibilidade não é um atributo estático do artefato, mas o resultado da integração entre o Núcleo Comum Curricular, o Currículo Expandido, o ensino multissensorial e o suporte pedagógico. Essa perspectiva ecossistêmica sinaliza que a

avaliação de softwares educacionais não deve ser conduzida de forma isolada do contexto escolar. Assim, a verificação de conformidade precisa investigar se os aplicativos incorporam painéis de acompanhamento e registros de uso (*logs* de interação) capazes de gerar relatórios acessíveis que subsidiem o professor e a equipe multidisciplinar no planejamento de intervenções personalizadas.

Finalmente, a acentuada heterogeneidade da função visual na infância exige que os instrumentos de avaliação verifiquem se o software é capaz de operar múltiplas vias de acesso simultaneamente. O Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA) — ao preconizar múltiplos meios de representação, ação, expressão e engajamento — fornece o alicerce pedagógico e conceitual para essa abordagem. Essa fundamentação prepara o terreno para a síntese teórica a seguir, na qual os pressupostos normativos, ergorreativos e pedagógicos consolidados ao longo deste capítulo serão articulados na estrutura do instrumento de avaliação de acessibilidade adotado neste trabalho.

2.5. Síntese Teórica e Alinhamento com a Proposta de Avaliação da Acessibilidade de Aplicativos Educacionais

A revisão crítica da literatura desenvolvida ao longo desta fundamentação teórica permite consolidar quatro premissas epistemológicas e metodológicas centrais que justificam e orientam o instrumento de avaliação de acessibilidade proposto nesta pesquisa:

1. **Relevância e Lacuna de Avaliação:** Os aplicativos educacionais voltados à faixa de 3 a 10 anos consolidaram-se como recursos de mediação pedagógica nos anos iniciais da

Educação Básica; contudo, sua expansão no mercado não foi acompanhada de auditagens sistemáticas de acessibilidade, mantendo desconhecido o nível de acesso efetivo oferecido a crianças com baixa visão;

2. **Superação do Paradigma Estático e Fragmentado:** A acessibilidade digital em softwares educacionais permanece frequentemente relegada a intervenções corretivas *ad hoc*. Superar essa limitação exige a integração de diretrizes normativas internacionais e nacionais (WCAG 2.2 e ABNT NBR 17060:2022) com a triangulação metodológica (inspeção automatizada, avaliação heurística por peritos e testes de usabilidade);

3. **Especificidade Ergorreativa da Baixa Visão Infantil:** A baixa visão demanda a preservação e a otimização do canal visual residual. Isso delimita um conjunto de requisitos funcionais específicos — escalabilidade vetorial, razão de contraste, ergonomia tipográfica, gestão do espaçamento, previsibilidade espacial, invariância de cor e interatividade multimodal —, que devem ser operacionalizados como critérios observáveis na interface do software;

4. **Alinhamento Pedagógico via DUA:** O Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA) fornece o balizamento pedagógico necessário para conectar as adequações técnicas de interface às práticas de ensino, assegurando múltiplos meios de representação, ação, expressão e engajamento infantil.

Para sintetizar a convergência entre esses referenciais teóricos, normativos e ergorreativos, o Quadro 1 articula os pilares conceituais

discutidos nesta fundamentação e suas respectivas traduções em dimensões operacionais para a avaliação dos aplicativos educacionais.

Quadro 1. Matriz conceitual de alinhamento para avaliação de acessibilidade em aplicativos infantis

Pilar Teórico	Referencial Normativo / Conceitual	Dimensão de Avaliação no Artefato Móvel	Impacto na Criança com Baixa Visão (3 a 10 anos)
Engenharia de Software e Normatização	WCAG 2.2, ABNT NBR 17060:2022, ISO/IEC 25010	Perceptibilidade e Operacionalidade Técnica (código, suporte a leitores/ampliadores e alvos de toque)	Eliminação de barreiras de infraestrutura do software; garantia de interoperabilidade com o SO.
Ergonomia e UX Infantil	Nielsen & Albers (2019), Crescenzi-Lanna & Grané-Oró (2016)	Arquitetura de Informação e Carga Sensorial (espaço em branco, ausência de distratores e previsibilidade)	Prevenção da sobrecarga cognitiva, redução da dispersão e estímulo à autonomia na navegação.
Tecnologias Assistivas e Mediação	Memisevic & Hadžić (2025), Cantanhede & Sobrinho (2026)	Personalização Funcional e Suporte Docente/Cuidador (flexibilidade de arranjos e painéis de registro)	Adequação do software à heterogeneidade do perfil visual residual e integração com a prática pedagógica.

Ergo-oftalmologia e Baixa Visão	Loh et al. (2024), Diasse & Kawai (2024)	Parâmetros Visuais Específicos (contraste mínimo, tipografia sem serifa, escalabilidade e padronização de cor)	Redução da fadiga ocular e suporte à varredura e ao processamento leitor/cognitivo.
Pedagogia Inclusiva	Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA)	Multimodalidade e Representação Diversificada (respostas sonoras, visuais e táticas combinadas)	Garantia de equidade no acesso ao conteúdo curricular e fortalecimento do engajamento socioafetivo.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Essas constatações e dimensões articulam-se em uma cadeia lógica rigorosa. Parte-se da caracterização dos aplicativos educacionais para crianças de 3 a 10 anos como artefatos de mediação escolar. Identifica-se na acessibilidade digital a variável crítica que determina se essa mediação cumpre os preceitos do direito à educação inclusiva. Confrontam-se as demandas funcionais da baixa visão infantil com a arquitetura real dos sistemas disponíveis nas lojas virtuais. Traduzem-se tais demandas em critérios de inspeção derivados das normas técnicas e do DUA. Por fim, resulta desse processo a classificação do nível de acessibilidade dos softwares analisados, permitindo mapear assimetrias e orientar o desenvolvimento de soluções inclusivas.

Assim, a fundamentação teórica aqui consolidada não apenas demonstra a relevância científica e social de avaliar os softwares existentes, mas estabelece o rigoroso alicerce sobre o qual se

estrutura a etapa subsequente desta pesquisa: a apresentação da Metodologia e da aplicação dos instrumentos de inspeção heurística e avaliação técnica na amostragem de aplicativos selecionada.

3. METODOLOGIA

3.1. Caracterização da Pesquisa e Delineamento Epistemológico

A presente investigação caracteriza-se como um estudo aplicado, de natureza exploratório-descritiva, com abordagem mista (qualitativa e quantitativa). Conforme Gil (2022), a pesquisa aplicada objetiva gerar conhecimentos destinados à solução de problemas específicos que, no presente estudo, correspondem ao mapeamento e à caracterização de barreiras de acessibilidade digital em aplicativos educacionais destinados a crianças com baixa visão. O caráter exploratório-descritivo justifica-se pela necessidade de proporcionar maior familiaridade com o problema e de descrever, de forma minuciosa e sistemática, as características das interfaces avaliadas (Gil, 2022; Marconi; Lakatos, 2021).

Do ponto de vista epistemológico, o estudo fundamenta-se nos princípios da Engenharia de Software Orientada à Acessibilidade e da Interação Humano-Computador Infantil (*Child-Computer Interaction* – CCI), articulados aos preceitos da Educação Inclusiva e do Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA). Como procedimento técnico, adota-se a inspeção de conformidade normativa associada à avaliação heurística de usabilidade e acessibilidade móvel (Cybis; Betiol; Faust, 2010; Nielsen, 1994). Essa abordagem justifica-se pela necessidade de transcender a verificação puramente automatizada, que frequentemente não captura barreiras contextuais da experiência do usuário, e permite

mapear, de forma analítica, os obstáculos de interface que afetam estudantes com baixa visão na faixa etária de 3 a 10 anos, correspondente à Educação Infantil e aos Anos Iniciais do Ensino Fundamental.

3.2. Amostra e Critérios de Seleção dos Aplicativos

A amostra do estudo é constituída por dez aplicativos educacionais móveis destinados ao público infantil, selecionados por amostragem intencional, segundo critérios de representatividade e relevância no ecossistema de software educacional. O processo de seleção pautou-se nos seguintes critérios:

a. disponibilidade e atualidade, com presença confirmada e ativamente mantida nas lojas oficiais de aplicativos (Google Play Store, na plataforma Android, e Apple App Store, na plataforma iOS), garantindo a verificação das versões mais recentes e funcionais disponíveis no mercado;

b. propósito pedagógico voltado à infância, compreendendo softwares com foco no desenvolvimento de competências do currículo da Educação Infantil e dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental, como alfabetização, consciência fonológica, cálculo mental, raciocínio lógico, noções de formas e números e competências socioemocionais;

c. representatividade de mercado, com inclusão de sistemas amplamente difundidos, desenvolvidos para o público infantil em geral, sem a obrigatoriedade de contemplar recursos de acessibilidade nativos.

Essa última escolha fundamenta-se na lacuna identificada na literatura, que aponta a escassez de estudos que avaliem se soluções comerciais genéricas atendem às necessidades de crianças com baixa visão.

Ressalva-se que os públicos-alvo declarados pelos aplicativos selecionados não coincidem exatamente com a faixa etária de 3 a 10 anos adotada no estudo, contemplando-a parcialmente, uma vez que alguns se iniciam antes ou se estendem além dela. Contudo, todos os softwares da amostra são direcionados, em algum segmento de suas funcionalidades, a crianças situadas nesse intervalo etário, o que os torna representativos do ecossistema efetivamente utilizado pelo público de interesse da pesquisa.

Todos os procedimentos de busca, validação de versões e downloads foram conduzidos em 22 de setembro de 2026. O Quadro 2 apresenta o mapeamento da amostra selecionada, discriminando a versão analisada, as plataformas suportadas e o escopo pedagógico de cada software.

Quadro 2. Caracterização da amostra de aplicativos educacionais avaliados

ID	Aplicativo	Versão analisada	Plataforma	Público-alvo e foco pedagógico
App 1	Kahoot! Kids: Jogos e lições	1.3.8	Android / iOS	Crianças de 3 a 12 anos; leitura (Poio), matemática (DragonBox), xadrez e inteligência socioemocional

				por meio de atividades gamificadas.
App 2	Smart Tales: Jogos em Português (registro na loja: Smart Tales: Ler e Matemática)	5.2.5	Android / iOS	Crianças de 2 a 11 anos; matemática, STEM, lógica e leitura por meio de histórias interativas e jogos animados.
App 3	1st, 2nd, 3rd Grade Mental Math	01.29.00	Android / iOS	Crianças de 6 a 9 anos (1.º ao 3.º ano); cálculo mental, tabuada, adição, subtração, multiplicação e divisão.
App 4	Matific Math	7.21.0	Android / iOS	Crianças de 5 a 12 anos; aprendizagem matemática por jogos intuitivos alinhados à BNCC e a currículos internacionais.
App 5	PlayKids Jogos para crianças	6.0.80	Android / iOS	Crianças de 0 a 8 anos; central multimídia com jogos pedagógicos, livros interativos e vídeos.
App 6	Ler e Contar	7.0.1	Android	Crianças de 3 a 7 anos (pré-escola e

				alfabetização); alfabeto, números (0 a 20), formas geométricas, cores e sons em múltiplos idiomas.
App 7	Aprender a Leer: Silabario	2.4	Android	Crianças a partir de 4 anos; alfabetização pelo método analítico-silábico, com níveis progressivos de associação fonética e formação de palavras.
App 8	LogicLike Jogos educativos abc	3.5.0	Android / iOS	Crianças de 2 a 8 anos; raciocínio lógico, resolução de problemas, noções matemáticas e alfabeto.
App 9	Jogo educativo para crianças (números; Bimi Boo Kids)	1.45	Android / iOS	Crianças de 2 a 5 anos; números (1 a 20), contagem de objetos, traço e noções de quantidade.
App 10	GraphoGame Brasil	1.3.4	Android / Windows	Crianças de 4 a 9 anos; alfabetização científica:

				associação grafema-fonema e decodificação de sílabas (MEC/PUCRS/InsCer).

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).
Nota: BNCC: Base Nacional Comum Curricular.

3.3. Operacionalização dos Critérios de Avaliação de Acessibilidade

Para garantir a padronização e o rigor da coleta de dados, estruturou-se uma matriz com oito critérios objetivos de avaliação visual, designados de C1 a C8. A formulação dos critérios derivou da convergência entre as recomendações das *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) 2.2, predominantemente nos níveis A e AA, as diretrizes do Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG) 3.1 e as especificidades funcionais da baixa visão infantil descritas na literatura científica de Interação Humano-Computador e de Psicologia do Desenvolvimento. O critério C7 constitui exceção quanto ao nível, pois toma como referência o Critério de Sucesso 2.5.5 da WCAG, de nível AAA.

O Quadro 3 detalha a operacionalização de cada critério.

Quadro 3. Critérios de avaliação de acessibilidade visual e respectivas referências normativas

Critério	Referência normativa	Descrição operacional

C1 – Uso de cores	WCAG 1.4.1 / eMAG 3.1	Verifica se a cor é utilizada como único meio visual para transmitir informação, indicar ação, solicitar resposta ou distinguir elemento visual. Elementos interativos (botões de confirmação, indicadores de acerto/erro, peças de jogos) devem oferecer redundância por formas, ícones, rótulos textuais ou pistas auditivas.
C2 – Contraste de texto	WCAG 1.4.3 / eMAG 3.1	Examina a razão de contraste de luminância entre texto (e imagens de texto) e fundo, com mínimos de 4,5:1 para texto convencional e 3,0:1 para texto grande (18 pt, ou 14 pt em negrito). Baixos contrastes reduzem a velocidade de leitura e aumentam a fadiga visual.
C3 – Ampliação e redimensionamento de texto	WCAG 1.4.4 / eMAG 3.1	Inspeciona se o aplicativo dispõe de controle interno de aumento da fonte ou responde às configurações de tamanho de texto/fonte dinâmica do sistema operacional (Android/iOS), sem perda de conteúdo ou funcionalidade.
C4 – Reorganização e *reflow* após ampliação	WCAG 1.4.10 / eMAG 3.1	Avalia o comportamento do layout com o zoom ou a ampliação de tela do sistema: conteúdo reorganizado em coluna única, sem rolagem bidimensional, cortes de palavras, sobreposição de caixas de texto ou transbordamento de botões.
C5 – Contraste não textual	WCAG 1.4.11 / eMAG 3.1	Analisa se componentes de interface (ícones, botões interativos, campos, peças de jogos e estados de foco) apresentam razão de contraste de ao menos 3,0:1 em relação aos elementos e fundos adjacentes.
C6 – Espaçamento do texto	WCAG 1.4.12 / eMAG 3.1	Inspeciona as métricas tipográficas: altura de linha (no mínimo 1,5 vez o tamanho da fonte), espaçamento entre parágrafos (no mínimo 2 vezes o tamanho da fonte),

		entre palavras (no mínimo 0,16 vez) e entre letras (no mínimo 0,12 vez). Espaçamentos adequados atenuam o efeito de aglomeração visual (*crowding*) típico da baixa visão.
C7 – Tamanho dos elementos de interação	WCAG 2.5.5 / eMAG 3.1	Mede a dimensão das áreas de toque de botões, links e objetos manipuláveis. Para o público infantil com limitação visual, os alvos devem possuir área mínima de 48 × 48 dp (preferencialmente entre 50 × 50 dp e 70 × 70 dp), prevenindo acionamentos acidentais e compensando imprecisões motoras.
C8 – Organização e identificação do conteúdo	WCAG 1.3.1 / DUA	Examina a previsibilidade da estrutura visual, a clareza do agrupamento de tarefas pedagógicas e a ausência de poluição gráfica (excesso de *banners* animados, fundos tridimensionais com ruído visual, elementos distratores) que concorram pela atenção visual do estudante.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026), com base em W3C (2023), eMAG (2023) e literatura de Interação Humano-Computador Infantil.

Nota: dp: *density-independent pixels* (pixels independentes de densidade). Em C7, o limiar mínimo de 44 × 44 px CSS do Critério de Sucesso 2.5.5 da WCAG (nível AAA) é operacionalizado em 48 × 48 dp, em consonância com as diretrizes de design da plataforma Android (*Material Design*). DUA: Desenho Universal para a Aprendizagem.

3.4. Protocolo de Testes e Procedimento de Coleta de Dados

A execução dos testes de inspeção e avaliação heurística foi realizada diretamente pelos pesquisadores, autores do estudo, em

22 de setembro de 2026. A coleta de dados seguiu protocolo técnico de verificação visual e funcional, com o uso de dispositivos móveis físicos (plataformas Android e iOS) em suas versões de software atualizadas, apoiado por ferramentas digitais de análise de contraste e por capturas de tela em alta resolução.

O procedimento de inspeção compreendeu quatro etapas encadeadas, abrangendo os oito critérios:

a. inspeção de luminância e paleta de cores (C1, C2 e C5), com captura de telas representativas das etapas centrais de navegação e das atividades pedagógicas de cada aplicativo, em resolução nativa, submetidas ao software Colour Contrast Analyser, com registro dos códigos hexadecimais do texto ou elemento e do fundo para o cálculo exato da razão de contraste; na sequência, testou-se a dependência cromática por meio da desativação do canal de cor das telas ou da conversão para escala de cinza;

b. testes de estresse visual, ampliação e responsividade (C3 e C4), com ativação do tamanho máximo de fonte nas configurações globais do sistema operacional e aplicação da ferramenta de ampliação de tela nativa (Lupa/Zoom), registrando-se o redimensionamento tipográfico automático, o transbordamento de elementos (*overflow*), o truncamento de textos e a necessidade de rolagem horizontal;

c. mensuração dimensional e tipográfica (C6 e C7), com inspeção da área de toque efetiva de botões, cartões e alvos de interação, convertida para pixels independentes de densidade (dp), além da avaliação visual e métrica da densidade

tipográfica e da distribuição do espaço em branco em telas de leitura e de exercícios;

d. avaliação heurística da interface e da carga cognitivo-visual (C8), por meio de navegação completa no fluxo principal dos aplicativos, avaliando-se a consistência dos menus, a presença de propagandas e *banners* animados e o nível de ruído provocado por cenários tridimensionais ou animações de fundo.

Os achados de cada aplicativo foram registrados em ficha individual de avaliação, contendo a identificação do software (nome, versão, data de confirmação na loja e plataforma), as marcações por critério (Sim, Parcial ou Não) e observações resumidas das evidências. As dez fichas constituem documento complementar ao estudo e não são reproduzidas no corpo do artigo; sintetizam-se, adiante, apenas os dados essenciais e as observações relevantes.

3.5. Modelo de Pontuação e Cálculo dos Resultados

Para quantificar os níveis de acessibilidade e viabilizar a comparação entre os aplicativos, adotou-se escala ordinal de três níveis de atendimento: Sim (atendimento integral), correspondente a 1,0 ponto; Parcial (atendimento inconsistente ou restrito a parte das telas ou funções), correspondente a 0,5 ponto; e Não (não atendimento, com barreira severa), correspondente a 0,0 ponto. O indicador Não se Aplica (NA) foi previsto para critérios sem objeto de avaliação na interface do aplicativo, o que não ocorreu na amostra, uma vez que os oito critérios foram integralmente aplicáveis aos dez softwares.

A pontuação total obtida por cada aplicativo corresponde à soma dos pontos dos oito critérios, conforme a Equação 1:

$$P_{\text{obtida}} = \Sigma\ C_i\ (i = 1, \ldots, 8)\ (1)$$

O percentual de conformidade é obtido pela razão entre a pontuação obtida e a pontuação máxima aplicável, expressa em escala percentual, conforme a Equação 2:

$$\text{Percentual de atendimento (\%)} = (P_{\text{obtida}} / P_{\text{máx}}) \times 100\ (2)$$

Nas quais: C_i é a pontuação atribuída ao critério i; P_{obtida} é a pontuação total do aplicativo; e $P_{\text{máx}}$ é a pontuação máxima aplicável, igual a 8,0 pontos nesta amostra, dado que não houve ocorrência de NA.

Os dados foram tabulados na matriz comparativa final e consolidados no quadro-resumo dos resultados, o que permitiu a estratificação dos aplicativos em faixas percentuais de conformidade. A interpretação final adotou a triangulação metodológica, correlacionando os dados quantitativos de conformidade com a análise descritiva e qualitativa das barreiras registradas nas fichas individuais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise comparativa dos dez aplicativos educacionais selecionados, conduzida por inspeção de conformidade e avaliação heurística com base nos oito critérios operacionalizados (C1 a C8), revela um cenário de acessibilidade visual heterogêneo e, em termos gerais, insuficiente para o atendimento às necessidades de crianças com baixa visão. A pontuação média da amostra foi de 5,6

pontos, equivalente a 70% de atendimento, percentual que, embora possa parecer intermediário à primeira vista, esconde uma barreira estrutural comum a todos os softwares avaliados: nenhum aplicativo atendeu integralmente aos critérios C3 (ampliação e redimensionamento de texto) e C4 (reorganização após ampliação), ambos pontuados como zero em toda a amostra (Quadro 4).

Quadro 4. Matriz comparativa da acessibilidade visual dos aplicativos avaliados (pontos por critério)

Critério	App 1	App 2	App 3	App 4	App
C1 – Uso de cores	0,5	1,0	1,0	0,5	0,5
C2 – Contraste de texto	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5
C3 – Ampliação e	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: https://revistatopicos.com.br/artigos/avaliacao-da-acessibilidade-digital-em-plataformas-educacionais-infantis-uma-analise-de-conformidade-com-o-emag-e-a-wcag-para-estudantes-com-baixa-visao?noblockage

Fonte: Elaborado pelos autores (2026), com base nas fichas individuais de avaliação.

4.1. Análise Geral dos Resultados

Os resultados, consolidados nos Quadros 4 e 5, distribuem-se em quatro faixas de conformidade. Na faixa superior (75,00%, ou 6,0

pontos), situam-se o Smart Tales (App 2), o Ler e Contar (App 6) e o Jogo educativo para crianças, números (App 9), que atenderam integralmente a seis dos oito critérios, sem atendimentos parciais. Na segunda faixa (68,75%, ou 5,5 pontos), encontram-se o Matific Math (App 4), o Aprender a Leer: Silabário (App 7) e o LogicLike (App 8), com cinco critérios atendidos integralmente e um atendimento parcial cada. Na terceira faixa (62,50%, ou 5,0 pontos), estão o Kahoot! Kids (App 1) e o 1st, 2nd, 3rd Grade Mental Math (App 3), com quatro atendimentos integrais e dois parciais. Na faixa inferior (56,25%, ou 4,5 pontos), situam-se o PlayKids (App 5) e o GraphoGame Brasil (App 10), com três atendimentos integrais e três parciais cada. Ressalta-se que todos os oito critérios foram aplicáveis aos dez aplicativos, não havendo ocorrência do indicador "não se aplica".

Quadro 5. Resumo e estratificação dos resultados por faixa de conformidade

Faixa de conformidade	Aplicativos	Perfil de atendimento
75,00% (6,0 pontos)	Smart Tales (App 2); Ler e Contar (App 6); Jogo educativo para crianças, números (App 9)	6 critérios atendidos integralmente; nenhum atendimento parcial
68,75% (5,5 pontos)	Matific Math (App 4); Aprender a Leer: Silabario (App 7); LogicLike (App 8)	5 critérios atendidos integralmente; 1 atendimento parcial
62,50% (5,0 pontos)	Kahoot! Kids (App 1); 1st, 2nd, 3rd Grade Mental Math (App 3)	4 critérios atendidos integralmente; 2 atendimentos parciais
56,25% (4,5 pontos)	PlayKids (App 5); GraphoGame Brasil (App 10)	3 critérios atendidos integralmente; 3 atendimentos parciais

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A dispersão dos percentuais, que varia de 56,25% a 75,00%, ou seja, uma diferença de apenas 1,5 ponto entre o melhor e o pior desempenho, indica que, apesar das diferenças pontuais entre os softwares, a amostra é homogênea quanto às limitações centrais. Nenhum aplicativo alcançou conformidade plena, e a hierarquia entre as faixas decorre principalmente do número de atendimentos parciais nos critérios C1, C2, C5 e C8, e não da presença de recursos diferenciados de acessibilidade.

4.2. Discussão por Critério

Os dois critérios universalmente atendidos foram o C6 (espaçamento do texto) e o C7 (tamanho dos elementos de interação), com pontuação integral em todos os dez aplicativos. Esse resultado sugere que as diretrizes de design das plataformas móveis, que orientam áreas de toque amplas e layout respirado, foram incorporadas de forma generalizada pelos desenvolvedores. No caso de C7, o atendimento ao limiar operacionalizado de 48×48dp representa um ponto favorável ao público infantil, ao prevenir acionamentos acidentais e compensar imprecisões motoras. Contudo, é preciso relativizar esse achado: o cumprimento de métricas dimensionais não implica, por si só, acessibilidade funcional, pois elementos de tamanho adequado podem permanecer ilegíveis ou inacessíveis se não puderem ser ampliados, limitação precisamente evidenciada pelo fracasso amostral nos critérios C3 e C4.

No critério C1 (uso de cores), seis aplicativos atenderam integralmente (Apps 2, 3, 6, 7, 9 e 10) e quatro parcialmente (Apps 1,

4, 5 e 8), o que indica dependência cromática residual em parte da amostra: elementos interativos ou indicadores de acerto e erro que se diferenciam apenas pela cor, sem redundância por forma, ícone, rótulo ou pista auditiva. No critério C2 (contraste de texto), seis aplicativos foram plenamente atendidos (Apps 2, 4, 6, 7, 8 e 9) e quatro obtiveram pontuação parcial (Apps 1, 3, 5 e 10), revelando combinações texto e fundo com razões de luminância inferiores aos mínimos de 4,5:1 para texto convencional e 3,0:1 para texto grande estabelecidos pela WCAG 1.4.3. No C5 (contraste não textual), sete aplicativos atenderam integralmente e três parcialmente (Apps 3, 7 e 10). Por fim, no C8 (organização e identificação do conteúdo), oito aplicativos obtiveram pontuação plena, sendo os atendimentos parciais restritos ao PlayKids (App 5) e ao GraphoGame Brasil (App 10), cuja interface apresenta elementos que concorrem pela atenção visual do estudante, como banners animados ou cenários tridimensionais com ruído visual, achado particularmente significativo no caso do PlayKids, cujo modelo de central multimídia tende a enriquecer a tela em elementos simultâneos.

Os resultados mais críticos concentram-se nos critérios C3 e C4, ambos com pontuação zero em toda a amostra. Nenhum dos dez aplicativos avaliados dispõe de controle interno de aumento da fonte ou responde às configurações dinâmicas de tamanho de texto do sistema operacional (C3), e nenhum reorganiza o conteúdo adequadamente quando submetido à ampliação de tela (C4). Em termos funcionais, isso significa que uma criança que dependa de texto ampliado para ler encontrará, em todos os softwares analisados, transbordamento, truncamento, rolagem horizontal ou quebra de layout. Trata-se de uma barreira severa e transversal: elimina a possibilidade de uso autônomo pelo estudante que necessita de ampliação, um dos recursos mais frequentemente

reportados na literatura como estratégia central para a baixa visão (Nunes; Oliveira, 2025).

4.3. Comparação Entre os Aplicativos

Os melhores desempenhos (Apps 2, 6 e 9, com 75% de atendimento) compartilham a ausência de atendimentos parciais: seus desvios restritos aos critérios C3 e C4 não comprometem parcialmente nenhuma outra dimensão avaliada. É notável que o Jogo educativo para crianças, números (App 9), voltado ao público mais jovem da amostra (2 a 5 anos), figure entre os melhores, o que sugere que a simplicidade da interface, com menos texto e menos elementos interativos, pode favorecer a conformidade em critérios como contraste e uso de cores, sem que isso represente a presença deliberada de recursos de acessibilidade. Essa interpretação, contudo, deve ser assumida com cautela: o estudo não verificou intencionalidade de design, e a conformidade observada pode decorrer de características inerentes ao tipo de atividade, e não de política acessibilística dos desenvolvedores.

Os piores desempenhos (Apps 5 e 10, com 56,25%) apresentam três atendimentos parciais cada. No PlayKids, o atendimento parcial em C8 é coerente com a natureza de central multimídia do aplicativo, com maior densidade de estímulos visuais; no GraphoGame Brasil, os atendimentos parciais em C2, C5 e C8 indicam fragilidades simultâneas em contraste e organização visual, observação relevante por se tratar de um software de alfabetização científica, atividade intensiva em leitura, na qual a legibilidade é condição central do próprio objetivo pedagógico. O Kahoot! Kids e o Mental Math (62,50%) falham parcialmente em C1 e C2, e a dependência cromática combinada ao contraste insuficiente configura barreiras

que afetam diretamente a identificação de respostas e feedbacks em atividades gamificadas.

4.4. Discussão Científica

Os achados dialogam diretamente com a fundamentação teórica do estudo. A constatação de que a acessibilidade é tratada como camada corretiva e desconectada do ciclo de desenvolvimento (Teixeira; Eusébio; Teixeira, 2024) encontra respaldo empírico no padrão observado: os aplicativos atendem razoavelmente bem aos critérios que decorrem de convenções de design contemporâneas (espaçamento, tamanho de alvos, organização básica), mas fracassam integralmente nos critérios que exigem decisão arquitetural, como separação entre conteúdo e apresentação, escalabilidade tipográfica e reflow, exatamente as etapas de integração e programação que a literatura aponta como menos atendidas. A ausência universal de C3 e C4 sugere que os aplicativos foram construídos com layouts rígidos, incompatíveis com a adaptação dinâmica que a baixa visão exige, corroborando a crítica de que soluções estáticas, como botões isolados de alto contraste, não respondem à diversidade funcional desse público (Zouhaier; Bendalyhlaoui; Ben ayed, 2023).

A heterogeneidade funcional da baixa visão infantil, que demanda personalização de ampliação, contraste e redução de elementos distratores conforme o perfil de cada criança (Nunes; Oliveira, 2025), é, portanto, integralmente desatendida pela amostra: sem redimensionamento de texto, não há personalização tipográfica possível. Isso tem implicações diretas sobre a distinção, relevante para a pedagogia da baixa visão, entre velocidade e compreensão de leitura: ao impedir a ampliação, os aplicativos não simplificam o

conteúdo, mas o tornam inacessível em sua forma, forçando a dependência de mediadores ou a exclusão da atividade (Loh; Prem-Senthil; Constable, 2024).

Os desempenhos parciais em contraste (C2, C5) e uso de cores (C1) reforçam os achados de Ara, Sik-Lányi e Kelemen (2024) sobre a insuficiência da verificação puramente técnica, na medida em que as razões de contraste calculadas com ferramenta específica evidenciam barreiras que a navegação convencional não revelaria. Já os atendimentos integrais em C7 contrastam com a inacessibilidade em C3 e C4, ilustrando o argumento do Desenho Universal para a Aprendizagem de que múltiplos meios de ação e representação não se realizam por atributos isolados, mas pela articulação conjunta de recursos (Diasse; Kawai, 2024): um alvo de toque amplo não compensa um texto que não pode ser lido. Por fim, os resultados estendem ao contexto infantil a lacuna mapeada por Thoo et al. (2023) e por Prado, Gobbo Junior e Bezerra (2023): soluções comerciais difundidas, utilizadas massivamente em fase de alfabetização, não oferecem as condições mínimas de acesso para crianças com baixa visão, o que torna a mera disponibilização tecnológica insuficiente para a inclusão, conforme alertam Memisevic e Hadžić (2025).

4.5. Síntese dos Achados

A análise permitiu ordenar e comparar dez aplicativos educacionais amplamente utilizados, revelando que: (i) nenhum atende integralmente aos critérios de acessibilidade visual adotados, com desempenho máximo de 75%; (ii) todos os aplicativos fracassam nos critérios de ampliação e reorganização de texto (C3 e C4), configurando a barreira recorrente e mais severa da amostra; (iii) os

pontos fortes comuns, espaçamento (C6) e tamanho dos elementos de interação (C7), decorrem de convenções gerais de design e não de políticas de acessibilidade; (iv) as barreiras parciais restantes concentram-se em contraste textual e não textual (C2, C5), dependência de cores (C1) e, em dois casos, poluição visual (C8). Para a inclusão de crianças com baixa visão, esses resultados indicam que os aplicativos avaliados, em sua configuração atual, não garantem uso autônomo e exigem mediação externa ou recursos do sistema operacional como condição de acesso. O estudo deixa como limitação, a ser explorada em investigações futuras, a ausência de participação de crianças com baixa visão e de seus professores e familiares na avaliação, componente que a literatura recomenda como complementar à inspeção técnica, bem como a não verificação de recursos não contemplados pelos oito critérios, como síntese de voz e feedback auditivo, cujo mapeamento específico demanda protocolo próprio.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo analisar, por meio de testes de conformidade, em que medida aplicativos educacionais voltados a crianças de 3 a 10 anos, independentemente de terem sido desenvolvidos com recursos de acessibilidade, apresentam características compatíveis com as necessidades visuais de estudantes com baixa visão, em alinhamento com os critérios do eMAG e da WCAG 2.2. Para tanto, dez aplicativos educacionais amplamente difundidos foram avaliados por inspeção de conformidade e avaliação heurística, com base em oito critérios operacionalizados que abrangem contraste, tipografia, ampliação, organização visual, interação e dependência de cores.

Os resultados revelaram um cenário de acessibilidade visual heterogêneo e, em termos gerais, insuficiente para o atendimento às necessidades desse público. Nenhum aplicativo alcançou 100% de conformidade, com desempenho máximo de 75,00% da pontuação possível, e todos os softwares avaliados apresentaram resultados insuficientes nos critérios C3, ampliação e redimensionamento de texto, e C4, reorganização do conteúdo após ampliação, ambos pontuados com zero em toda a amostra. Essa barreira transversal evidencia que os aplicativos foram construídos com layouts rígidos, incompatíveis com a adaptação dinâmica exigida pela baixa visão, inviabilizando o uso autônomo pelo estudante que depende de texto ampliado. Os pontos fortes comuns, espaçamento do texto (C6) e tamanho dos elementos de interação (C7), decorrem de convenções gerais de design das plataformas móveis e não de políticas deliberadas de acessibilidade, enquanto as barreiras parciais restantes concentram-se no contraste textual e não textual (C2 e C5), na dependência de cores (C1) e, em dois casos, na poluição visual (C8).

Do ponto de vista acadêmico, o estudo contribui para o preenchimento da lacuna identificada na literatura sobre a avaliação de acessibilidade em plataformas educacionais convencionais para crianças com baixa visão, ao oferecer uma base estruturada, com critérios observáveis derivados da WCAG, do eMAG e do Desenho Universal para a Aprendizagem, que pode subsidiar investigações e desenvolvimentos futuros. Sob a perspectiva tecnológica, a pesquisa mapeou os recursos efetivamente oferecidos pelos aplicativos analisados, evidenciando as limitações das soluções estáticas e a ausência de mecanismos de adaptação capazes de responder ao perfil funcional visual de cada criança. Do aspecto social, os achados reforçam que a mera disponibilização tecnológica não garante

inclusão, indicando que os aplicativos avaliados, em sua configuração atual, exigem mediação externa ou recursos do sistema operacional como condição de acesso, o que compromete a autonomia, a participação e a equidade de oportunidades de aprendizado previstas pela educação inclusiva.

Como limitações, destacam-se a ausência de participação de crianças com baixa visão e de seus professores e familiares na avaliação, componente que a literatura recomenda como complementar à inspeção técnica realizada exclusivamente pelos pesquisadores, bem como a não verificação de recursos não contemplados pelos oito critérios adotados, como síntese de voz e feedback auditivo, cujo mapeamento específico demanda protocolo próprio. A amostra, embora representativa, foi composta por dez aplicativos selecionados intencionalmente, o que restringe a generalização dos resultados ao conjunto mais amplo de soluções disponíveis no mercado.

Para pesquisas futuras, sugere-se a incorporação da participação de crianças com baixa visão, de professores e de familiares aos protocolos de avaliação, de modo a triangular os dados de conformidade técnica com a experiência subjetiva de uso; o mapeamento de recursos não avaliados neste estudo, como síntese de voz e feedback auditivo; a ampliação da amostra de aplicativos, incluindo soluções desenvolvidas com foco explícito em acessibilidade, para comparação com as soluções comerciais convencionais; e o desenvolvimento de propostas de intervenção arquitetural, centrada na separação entre conteúdo pedagógico e camada de apresentação, que viabilize a escalabilidade tipográfica e o reflow, apontados como as principais lacunas identificadas. Conclui-se que a avaliação sistemática e comparativa da

acessibilidade dos aplicativos educacionais é um passo necessário, porém não suficiente, para a inclusão digital e educacional de crianças com baixa visão, devendo ser acompanhada de práticas pedagógicas adequadas, suporte profissional e responsabilização dos ciclos de desenvolvimento de software quanto à incorporação da acessibilidade como atributo intrínseco, e não como camada corretiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERS, Jennifer. **Designing for Kids: Cognitive Considerations.** Nielsen Norman Group, 2018. Disponível em: https://www.nngroup.com/articles/kids-cognition/. Acesso em: 19 out. 2026.

ARA, J.; SIK-LÁNYI, C.; KELEMEN, A. Accessibility engineering in web evaluation process: a systematic literature review. **Universal Access in the Information Society,** v. 23, p. 653-686, 2024. DOI: 10.1007/s10209-023-00967-2.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 17060: Acessibilidade em aplicativos de dispositivos móveis – Requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2022. Disponível em: https://ceweb.br/acessibilidade/. Acesso em: 19 out. 2026.

AWANG ZAINAL, A. Z.; MD YASIR, A. S. H.; BASRI, A. Q.; LATIF, K.; NELFIYANTI, N.; MOHD YUSOOF, M. Y.; ISHAK, M. R. Exploring the use of assistive technology in special education: issues and trends for student visual impairments: a systematic literature review. **Assistive Technology,** v. 38, n. 4, p. 372-387, 2026. DOI: 10.1080/10400435.2026.2636752.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, DF, 7 jul. 2015.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação. Departamento de Governo Eletrônico. **eMAG:** Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico. Versão 3.1. Brasília: MP, SLTI, 2014. Disponível em: https://www.gov.br/esporte/pt-br/servicos/editais/arquivos/departamento-de-governo-eletronico-manual-de-acessibilidade.pdf/@@download/file. Acesso em: 17 out. 2026.

CANTANHEDE, João Pedro Andrade; SOBRINHO, Marcos. Design inclusivo aplicado à educação digital para crianças com TEA: efeitos na usabilidade. **Boletim de Conjuntura (BOCA),** v. 25, n. 79, p. e8273, 2026. DOI: 10.5281/zenodo.1148273. Disponível em: https://revistaboletimconjuntura.com.br/boca/article/view/8273. Acesso em: 19 out. 2026.

CRESCENZI-LANNA, Lucrezia; GRANÉ-ORÓ, Mariona. Análise do design interativo de aplicativos educativos infantis e sua relação com o aprendizado. **Comunicar: Revista Científica de Educomunicação,** v. 24, n. 46, p. 77-86, 2016. DOI: 10.3916/C46-2016-08. Disponível em: https://www.revistacomunicar.com/index.php?contenido=preimpreso&doi=10.3916%2FC46-2016-08&idioma=pt. Acesso em: 19 out. 2026.

CYBIS, W.; BETIOL, A. H.; FAUST, R. **Ergonomia e usabilidade:** conhecimentos, métodos e aplicações. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2010.

DIASSE, M. D.; KAWAI, N. Evidence-based practices for students with visual impairments in regular settings: an integrated review. **International Journal of Special Education,** v. 39, n. 2, p. 75-86, 2024. DOI: 10.52291/ijse.2024.39.23.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2022.

KHALIL, M.; SLADE, S.; PRINSLOO, P. Learning analytics in support of inclusiveness and disabled students: a systematic review. **Journal of Computing in Higher Education,** v. 36, p. 202-219, 2024. DOI: 10.1007/s12528-023-09363-4.

LOH, L.; PREM-SENTHIL, M.; CONSTABLE, P. A. A systematic review of the impact of childhood vision impairment on reading and literacy in education. **Journal of Optometry,** v. 17, n. 2, art. 100495, 2024. DOI: 10.1016/j.optom.2023.100495.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica.** 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

MEMISEVIC, H.; HADŽIĆ, S. Assistive technology in inclusive education. In: BENNETT, G.; GOODALL, E. (ed.). **The Palgrave Encyclopedia of Disability.** Cham: Palgrave Macmillan, 2025. DOI: 10.1007/978-3-031-40858-8_508-1.

NASCIMENTO, Amanda Mota do; SILVA, João Alberto da. Aplicativos educacionais como ferramentas de desenvolvimento da comunicação e da aprendizagem de crianças com autismo. **Revista Educação Especial,** v. 34, p. 1-22, 2021.

NIELSEN, J. Heuristic evaluation. In: NIELSEN, J.; MACK, R. L. (ed.). **Usability inspection methods.** New York: John Wiley & Sons, 1994. p. 25-62.

NUNES, L. A. C. B.; OLIVEIRA, G. V. O papel das tecnologias assistivas na inclusão de estudantes com baixa visão: uma revisão da literatura. **Caminhos da Educação: diálogos, culturas e diversidades,** v. 7, n. 1, p. e01-13, 2025. DOI: 10.26694/caedu.v7i1.6025. Disponível em: https://periodicos.ufpi.br/index.php/cedsd/article/view/6025. Acesso em: 4 ago. 2026.

PRADO, B. B.; GOBBO JUNIOR, J. A.; BEZERRA, B. S. Emerging themes for digital accessibility in education. **Sustainability,** v. 15, n. 14, art. 11392, 2023. DOI: 10.3390/su151411392.

TEIXEIRA, P.; EUSÉBIO, C.; TEIXEIRA, L. Understanding the integration of accessibility requirements in the development process of information systems: a systematic literature review. **Requirements Engineering,** v. 29, p. 143-176, 2024. DOI: 10.1007/s00766-023-00409-8.

THOO, Y.-J.; JEANNERET MEDINA, M.; FROEHLICH, J. E.; RUFFIEUX, N.; LALANNE, D. A large-scale mixed-methods analysis of blind and low-vision research in ACM and IEEE. In: ACM SIGACCESS CONFERENCE ON COMPUTERS AND ACCESSIBILITY (ASSETS), 25., 2023, New York. **Proceedings** [...]. New York: ACM, 2023. 20 p. DOI: 10.1145/3597638.3608412.

WORLD WIDE WEB CONSORTIUM (W3C). **Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2.** W3C Recommendation, 2023. Disponível em: https://www.w3.org/TR/WCAG22/. Acesso em: 19 out. 2026.

ZOUHAIER, L.; BENDALYHLAOUI, Y.; BEN AYED, L. Adaptive user interface based on accessibility context. **Multimedia Tools and Applications,** v. 82, n. 23, p. 35621-35650, 2023. DOI: 10.1007/s11042-023-14390-5.

---

[1] Discente do Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação do Centro Universitário Santa Terezinha (CEST), São Luís, MA. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[2] Discente do Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação do Centro Universitário Santa Terezinha (CEST), São Luís, MA. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[3] Especialista em Engenharia de Software com Métodos Ágeis, Docente do Centro Universitário Santa Terezinha (CEST), São Luís, MA. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail