ReGeo ISSN: 2177-3246

TECNOLOGIAS ASSISTIVAS DIGITAIS NA INCLUSÃO EDUCACIONAL DE ESTUDANTES AUTISTAS: EVIDÊNCIAS, DESAFIOS E CONDIÇÕES DE IMPLEMENTAÇÃO NA EDUCAÇÃO BÁSICA BRASILEIRA

DIGITAL ASSISTIVE TECHNOLOGIES FOR EDUCATIONAL INCLUSION OF AUTISTIC STUDENTS: EVIDENCE, CHALLENGES, AND IMPLEMENTATION CONDITIONS IN BRAZILIAN BASIC EDUCATION

TECNOLOGÍAS DE ASISTENCIA DIGITALES EN LA INCLUSIÓN EDUCATIVA DE ESTUDIANTES AUTISTAS: EVIDENCIAS, DESAFÍOS Y CONDICIONES DE IMPLEMENTACIÓN EN LA EDUCACIÓN BÁSICA BRASILEÑA

https://doi.org/10.56238/revgeov17n8-162

Data de submissão: 03/07/2026 **Data de publicação:** 17/08/2026

Felipe Menezes de Abreu
Graduando em Engenharia de Software
Instituição: Universidade do Estado do Pará (UEPA)
E-mail: Felipe.md.abreu@aluno.uepa.br

Maria Joselia Mendes das Chagas
Graduando em Engenharia de Software
Instituição: Universidade do Estado do Pará (UEPA)
E-mail: Maria.chagas@aluno.uepa.br

Paulo Pereira do Nascimento
Graduando em Engenharia de Software
Instituição: Universidade do Estado do Pará (UEPA)
E-mail: prof.cem@protonmail.com

Rosemary Maria Pimentel Coutinho
Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Instituição: Instituto Federal do Pará (IFPA)
E-mail: rosemary.coutinho@ifpa.edu.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-3444-1248

Vitória Nazaré Costa Seixas
Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Instituição: Universidade do Estado do Pará (UEPA)
E-mail: vitória.seixas@uepa.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-0716-3876

Elzelis Muller da Silva
Doutora em Engenharia de Recursos Naturais
Instituição: Universidade do Estado do Pará (UEPA)
E-mail: elzelis@uepa.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-6778-520X

Patrícia Danielle Lima de Lima
Doutora em Genética e Biologia Molecular
Instituição: Universidade do Estado do Pará (UEPA)
E-mail: patricia.lima@uepa.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-1068-2813

Wilker José Caminha dos Santos
Instituição: Universidade do Estado do Pará (UEPA)
E-mail: wilkercaminha@uepa.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-5265-583X

Thiago Nicolau Magalhães de Souza Conte
Instituição: Universidade do Estado do Pará (UEPA)
E-mail: thiagonconte@uepa.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-1288-366X

RESUMO
O crescimento acelerado das matrículas de estudantes autistas na educação básica brasileira amplia a responsabilidade dos sistemas de ensino de transformar acesso formal em participação, aprendizagem, comunicação e pertencimento. Este artigo analisa as contribuições, os limites e as condições de implementação das tecnologias assistivas digitais para a inclusão educacional de estudantes com transtorno do espectro autista, considerando o contexto normativo, pedagógico e infraestrutural brasileiro. Trata-se de pesquisa bibliográfica e documental, de abordagem quali-quantitativa, fundamentada na análise integrada de documentos normativos, indicadores educacionais nacionais e evidências científicas publicadas, prioritariamente, entre 2021 e 2025. A análise combinou estatística descritiva, comparação de indicadores educacionais e categorização temática das evidências. Os resultados evidenciam que, embora as matrículas de estudantes com TEA tenham mais que dobrado entre 2023 e 2025, passando de 636.202, em 2023, para 918.877, em 2024, e alcançando aproximadamente 1,30 milhão em 2025, a expansão da inclusão escolar não foi acompanhada pela ampliação proporcional dos serviços de apoio e da infraestrutura especializada. Em 2024, somente 41% do público da educação especial tinha acesso ao Atendimento Educacional Especializado e apenas 25,1% das escolas possuíam sala de recursos multifuncionais. A literatura aponta benefícios especialmente consistentes para a Comunicação Aumentativa e Alternativa, as agendas visuais digitais, a modelagem por vídeo, os aplicativos de apoio à autonomia e os ambientes virtuais estruturados, desde que integrados ao planejamento pedagógico e às necessidades individuais dos estudantes. Conclui-se que o potencial inclusivo das tecnologias assistivas digitais depende menos do recurso tecnológico em si do que de sua inserção em um ecossistema de acessibilidade, composto por avaliação pedagógica individualizada, integração curricular, formação docente, monitoramento contínuo, acessibilidade digital, proteção de dados e respeito à neurodiversidade.

Palavras-chave: Transtorno do Espectro Autista. Tecnologia Assistiva. Educação Inclusiva. Comunicação Aumentativa e Alternativa. Educação Básica.

ABSTRACT
The rapid growth in the enrollment of autistic students in Brazilian basic education increases the responsibility of education systems to transform formal access into participation, learning, communication, and belonging. This article analyzes the contributions, limitations, and implementation conditions of digital assistive technologies for the educational inclusion of students with autism spectrum disorder, considering the Brazilian normative, pedagogical, and infrastructural

context. This bibliographic and documentary study adopts a qualitative and quantitative approach and is based on the integrated analysis of normative documents, national educational indicators, and scientific evidence published primarily between 2021 and 2025. The analysis combined descriptive statistics, comparison of educational indicators, and thematic categorization of the evidence. The results indicate that, although enrollments of students with ASD more than doubled between 2023 and 2025, rising from 636,202 in 2023 to 918,877 in 2024 and reaching approximately 1.30 million in 2025, the expansion of school inclusion was not accompanied by a proportional increase in support services and specialized infrastructure. In 2024, only 41% of special education students had access to Specialized Educational Assistance, and only 25.1% of schools had multifunctional resource rooms. The literature indicates particularly consistent benefits for Augmentative and Alternative Communication, digital visual schedules, video modeling, applications supporting autonomy, and structured virtual environments, provided they are integrated into educational planning and students' individual needs. It is concluded that the inclusive potential of digital assistive technologies depends less on the technological resource itself than on its integration into an accessibility ecosystem composed of individualized educational assessment, curricular integration, teacher training, continuous monitoring, digital accessibility, data protection, and respect for neurodiversity.

Keywords: Autism Spectrum Disorder. Assistive Technology. Inclusive Education. Augmentative and Alternative Communication. Basic Education.

RESUMEN

El crecimiento acelerado de las matrículas de estudiantes autistas en la educación básica brasileña amplía la responsabilidad de los sistemas educativos de transformar el acceso formal en participación, aprendizaje, comunicación y pertenencia. Este artículo analiza las contribuciones, los límites y las condiciones de implementación de las tecnologías asistivas digitales para la inclusión educativa de estudiantes con trastorno del espectro autista, considerando el contexto normativo, pedagógico e infraestructural brasileño. Se trata de una investigación bibliográfica y documental, de abordaje cuali-cuantitativo, fundamentada en el análisis integrado de documentos normativos, indicadores educacionales nacionales y evidencias científicas publicadas, prioritariamente, entre 2021 y 2025. El análisis combinó estadística descriptiva, comparación de indicadores educacionales y categorización temática de las evidencias. Los resultados evidencian que, aunque las matrículas de estudiantes con TEA se han más que duplicado entre 2023 y 2025, pasando de 636.202, en 2023, para 918.877, en 2024, y alcanzando aproximadamente 1,30 millones en 2025, la expansión de la inclusión escolar no fue acompañada por la ampliación proporcional de los servicios de apoyo y de la infraestructura especializada. En 2024, solamente 41% del público de la educación especial tenía acceso a la Atención Educativa Especializada y apenas 25,1% de las escuelas poseían sala de recursos multifuncionales. La literatura señala beneficios especialmente consistentes para la Comunicación Aumentativa y Alternativa, las agendas visuales digitales, el modelado por video, las aplicaciones de apoyo a la autonomía y los ambientes virtuales estructurados, siempre que estén integrados a la planificación pedagógica y a las necesidades individuales de los estudiantes. Se concluye que el potencial inclusivo de las tecnologías asistivas digitales depende menos del recurso tecnológico en sí que de su inserción en un ecosistema de accesibilidad, compuesto por evaluación pedagógica individualizada, integración curricular, formación docente, monitoreo continuo, accesibilidad digital, protección de datos y respeto a la neurodiversidad.

Palabras clave: Trastorno del Espectro Autista. Tecnología Asistiva. Educación Inclusiva. Comunicación Aumentativa y Alternativa. Educación Básica.

1 INTRODUÇÃO

A inclusão escolar de estudantes autistas tornou-se uma das questões mais relevantes da educação brasileira contemporânea. O debate já não pode permanecer restrito à matrícula ou à presença física em classes comuns. A expansão do acesso exige que as redes de ensino assegurem condições efetivas de comunicação, participação curricular, interação social, autorregulação, avaliação e desenvolvimento da autonomia. Em tal cenário, as tecnologias assistivas digitais apresentam-se como instrumentos capazes de reduzir barreiras, ampliar formas de expressão e organizar ambientes de aprendizagem mais previsíveis, acessíveis e responsivos às necessidades individuais dos estudantes. Seu valor, contudo, não decorre da novidade do equipamento ou do aplicativo, mas da relação entre as características do estudante, a finalidade pedagógica, o contexto de uso e a qualidade da mediação humana.

A Constituição Federal estabelece a educação como direito de todos e dever do Estado e da família, orientada pelo pleno desenvolvimento da pessoa, pelo exercício da cidadania e pela qualificação para o trabalho (BRASIL, 1988). A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional define a educação especial como modalidade oferecida preferencialmente na rede regular de ensino e prevê serviços de apoio especializado quando necessários (BRASIL, 1996). Para as pessoas autistas, a Lei nº 12.764/2012 representou marco decisivo ao instituir a Política Nacional de Proteção dos Direitos da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista e reconhecer a pessoa com TEA como pessoa com deficiência para todos os efeitos legais (BRASIL, 2012).

A Lei Brasileira de Inclusão aprofundou esse paradigma ao deslocar o foco exclusivo das características individuais para a interação entre impedimentos e barreiras sociais, comunicacionais, tecnológicas, arquitetônicas e atitudinais. No campo educacional, a legislação determina a oferta de sistema inclusivo em todos os níveis, a adoção de medidas individualizadas e coletivas, o uso de recursos de acessibilidade e a realização de adaptações razoáveis (BRASIL, 2015). Mais recentemente, o Decreto nº 12.686/2025, com alterações promovidas pelo Decreto nº 12.773/2025, instituiu a Política Nacional de Educação Especial Inclusiva e reafirmou que estudantes com deficiência, TEA e altas habilidades ou superdotação devem ser incluídos em classes e escolas comuns, com os apoios necessários à participação, permanência e aprendizagem (BRASIL, 2025).

A dimensão do desafio é demonstrada pelos dados educacionais. O Censo Escolar registrou 636.202 matrículas de estudantes com TEA em 2023, 918.877 em 2024 e aproximadamente 1.298.637 em 2025 (INEP, 2026). O crescimento entre 2023 e 2024 foi de 44,4%, enquanto a variação acumulada de 2023 a 2025 superou 104%. Esses números não devem ser interpretados automaticamente como aumento biológico equivalente da prevalência. Eles também expressam ampliação do reconhecimento

diagnóstico, mudanças nos registros administrativos, maior procura por direitos, ingresso de estudantes anteriormente invisibilizados e atualização das categorias utilizadas pelo Censo Escolar.

Embora a presença em classes comuns tenha avançado, os indicadores de suporte permanecem insuficientes. Em 2024, 92,6% das matrículas do público da educação especial estavam em classes comuns, mas apenas 41% desses estudantes acessavam o Atendimento Educacional Especializado. No mesmo ano, somente 25,1% das escolas brasileiras possuíam sala de recursos multifuncionais e 54,8% dispunham de banheiro adequado ao uso de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida (TODOS PELA EDUCAÇÃO, 2025). Assim, a ampliação quantitativa das matrículas convive com limitações de infraestrutura, formação profissional, conectividade, planejamento individualizado e articulação entre sala comum, AEE, família e serviços intersetoriais. Esse descompasso evidencia que o principal desafio da educação inclusiva deixou de ser apenas garantir o acesso à escola e passou a concentrar-se na criação de condições efetivas para assegurar participação, aprendizagem, comunicação e permanência com qualidade.

A literatura científica reconhece que pessoas autistas constituem um grupo heterogêneo. Necessidades de apoio, repertórios comunicativos, perfis sensoriais, interesses, habilidades acadêmicas e formas de interação variam significativamente. Uma solução tecnológica funcional para um estudante pode ser irrelevante, invasiva ou sobrecarregante para outro. Por essa razão, não existe uma tecnologia universal para o autismo. A decisão pedagógica deve partir de avaliação contextual, escuta do estudante e da família, observação das barreiras concretas e definição de resultados mensuráveis. A tecnologia é adequada quando aumenta a participação e a autonomia; é inadequada quando apenas controla comportamentos, substitui relações ou impõe padrões de normalização.

Estudos de síntese apontam crescimento da produção científica sobre tecnologias educativas e assistivas para crianças autistas, mas também revelam dispersão temática, forte concentração internacional e baixa representatividade brasileira. Batista *et al.* (2024) localizaram 120 referências, das quais 81 integraram análise bibliométrica, verificando pico de publicações em 2022 e necessidade de ampliar pesquisas nacionais. Entretanto, a principal limitação identificada na literatura não reside apenas na reduzida produção brasileira, mas também na predominância de estudos que analisam tecnologias assistivas de forma isolada ou focalizam recursos específicos, sem integrar evidências científicas, indicadores educacionais, condições institucionais e diretrizes para sua implementação nas escolas públicas brasileiras. Essa fragmentação dificulta compreender em que circunstâncias as tecnologias assistivas efetivamente promovem inclusão educacional e quais fatores condicionam sua eficácia nos diferentes contextos escolares. Essa lacuna é particularmente relevante em um país

marcado por desigualdades regionais, escolas rurais e ribeirinhas, conectividade irregular, dependência de equipamentos pessoais e descontinuidade de políticas de formação docente.

Além das condições materiais, a inclusão envolve a experiência subjetiva de pertencer à escola. A síntese qualitativa de Horgan, Kenny e Flynn (2023), baseada em estudos com jovens autistas em escolas comuns, evidencia desafios relacionados a sobrecarga sensorial, bullying, ansiedade, imprevisibilidade, incompreensão de professores e baixa participação dos próprios estudantes nas decisões que lhes dizem respeito. Tais achados lembram que uma escola tecnologicamente equipada ainda pode ser excludente. Recursos digitais somente adquirem valor inclusivo quando inseridos em cultura institucional anticapacitista, colaborativa e comprometida com a voz do estudante.

Embora existam revisões sobre tecnologias assistivas voltadas às pessoas autistas, permanecem escassos estudos que articulem, de forma integrada, o marco normativo brasileiro, os indicadores educacionais mais recentes, as evidências científicas disponíveis e as condições pedagógicas, institucionais e éticas necessárias à implementação dessas tecnologias na educação básica. Essa integração é particularmente relevante para subsidiar gestores, professores e formuladores de políticas públicas na tomada de decisões fundamentadas em evidências e adaptadas à realidade das redes de ensino brasileiras.

Diante desse contexto, formula-se a seguinte questão de pesquisa: de que modo as tecnologias assistivas digitais podem contribuir para a inclusão educacional de estudantes autistas na educação básica brasileira, e quais condições pedagógicas, éticas e institucionais são necessárias para que seu uso produza participação e aprendizagem? A resposta exige integrar legislação, dados de matrícula, evidências científicas e análise crítica das condições reais das escolas. Nesse sentido, este artigo busca preencher essa lacuna ao reunir e interpretar essas diferentes dimensões em um único modelo analítico, permitindo compreender não apenas quais tecnologias apresentam evidências favoráveis, mas principalmente em que condições elas contribuem para uma inclusão educacional efetiva. O artigo sustenta que a tecnologia pode ampliar comunicação, previsibilidade, acesso curricular e autonomia, porém seus efeitos dependem de planejamento individualizado, formação docente, infraestrutura, avaliação contínua e governança ética. Parte-se da compreensão de que as tecnologias assistivas digitais não constituem soluções autônomas para a inclusão, mas componentes de um ecossistema de acessibilidade educacional, cuja efetividade depende da articulação entre avaliação funcional, currículo, formação docente, infraestrutura, governança tecnológica, monitoramento contínuo e participação ativa dos próprios estudantes.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar as contribuições, os limites e as condições de implementação das tecnologias assistivas digitais para a inclusão educacional de estudantes autistas na educação básica brasileira, integrando evidências científicas, indicadores educacionais e o marco normativo nacional, de modo a compreender em que condições esses recursos efetivamente favorecem a participação, a aprendizagem e a autonomia dos estudantes.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- examinar a evolução recente das matrículas de estudantes com TEA e relacioná-la aos indicadores de acesso ao Atendimento Educacional Especializado e à infraestrutura inclusiva;
- identificar as principais categorias de tecnologias assistivas digitais utilizadas para comunicação, organização da rotina, acesso curricular, desenvolvimento de habilidades sociais e promoção da autonomia;
- sistematizar evidências sobre benefícios, limitações e riscos associados à Comunicação Aumentativa e Alternativa, aos recursos visuais, à modelagem por vídeo, aos aplicativos móveis e à realidade virtual, considerando suas aplicações no contexto da educação básica brasileira;
- discutir critérios pedagógicos, éticos e institucionais para a seleção, a implementação e a avaliação de tecnologias no contexto escolar;
- propor uma matriz analítica para implementação e monitoramento de tecnologias assistivas digitais, aplicável às redes de ensino, com foco em avaliação funcional, participação do estudante, formação docente, proteção de dados e monitoramento de resultados.

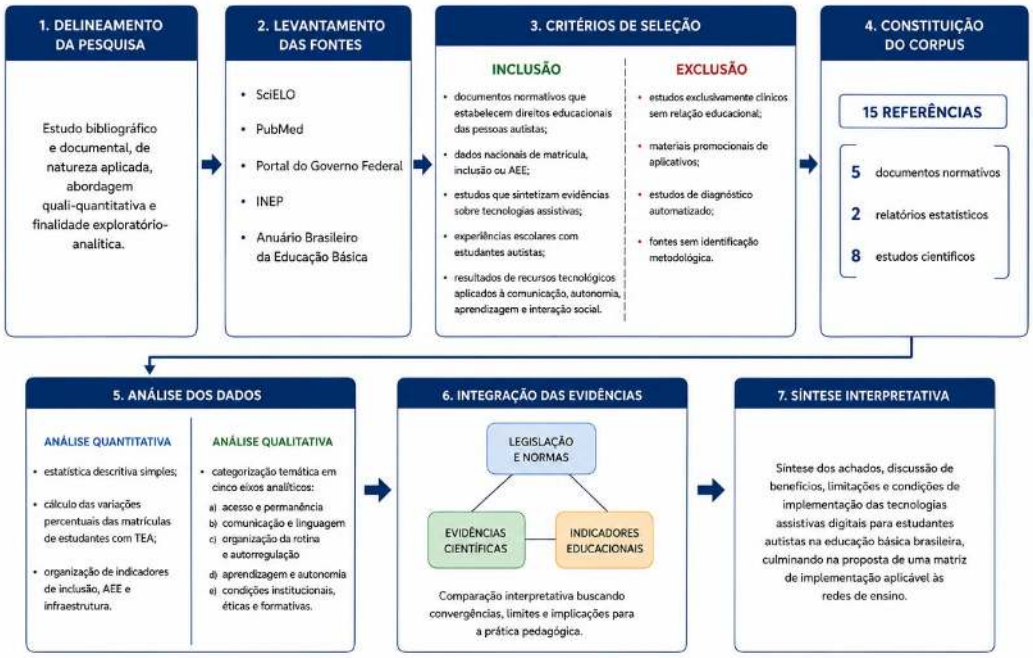
3 METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como estudo bibliográfico e documental, de natureza aplicada, abordagem quali-quantitativa e finalidade exploratório-analítica. A dimensão bibliográfica reuniu estudos científicos sobre tecnologias assistivas e educacionais destinadas a pessoas autistas. Essa estratégia metodológica foi adotada por permitir a integração entre evidências científicas, documentos normativos e indicadores educacionais, possibilitando uma compreensão abrangente das tecnologias assistivas digitais não apenas sob a perspectiva de sua eficácia reportada na literatura, mas também das condições institucionais e normativas que influenciam sua implementação na educação básica brasileira. A dimensão documental examinou normas brasileiras e relatórios estatísticos relativos à

educação especial inclusiva. A combinação dessas fontes permitiu relacionar os efeitos descritos na literatura às condições jurídicas e estruturais em que as tecnologias são implementadas no Brasil.

O percurso metodológico adotado neste estudo está sintetizado na Figura 1. O fluxograma apresenta, de forma sequencial, as etapas desenvolvidas, desde a definição do delineamento da pesquisa e o levantamento das fontes até a constituição do corpus, a análise dos dados e a síntese interpretativa das evidências. Sua finalidade é explicitar a lógica metodológica empregada e facilitar a compreensão do processo analítico adotado.

Figura 1. Delineamento metodológico da pesquisa e etapas de constituição do corpus analítico



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026

O levantamento foi realizado em julho de 2026, com consulta às bases SciELO, PubMed e aos portais oficiais do Governo Federal, do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira e do Anuário Brasileiro da Educação Básica. A seleção dessas fontes considerou sua relevância para recuperar evidências científicas revisadas por pares, documentos legais vigentes e indicadores oficiais capazes de caracterizar o cenário brasileiro da educação inclusiva. Foram empregados, em português e inglês, os descritores: “autismo”, “transtorno do espectro autista”, “tecnologia assistiva”, “tecnologia educacional”, “comunicação aumentativa e alternativa”, “realidade virtual”, “inclusão escolar”, “assistive technology”, “augmentative and alternative communication”, “virtual reality” e “inclusive education”. Os termos foram combinados por operadores booleanos AND e OR.

Foram incluídos documentos que atendessem a pelo menos um dos seguintes critérios: estabelecer direitos educacionais das pessoas autistas; apresentar dados nacionais de matrícula, inclusão ou AEE; sintetizar evidências sobre tecnologias assistivas; examinar experiências escolares de estudantes autistas; ou descrever resultados de recursos tecnológicos aplicados à comunicação, autonomia, aprendizagem e interação social. Para a literatura científica, priorizaram-se publicações entre 2021 e 2025, de modo a privilegiar evidências recentes e alinhadas ao atual estágio de desenvolvimento das tecnologias assistivas digitais, com exceção dos documentos legais fundamentais, mantidos por seu caráter estruturante. Foram excluídos textos estritamente clínicos sem relação educacional, materiais promocionais de aplicativos, estudos de diagnóstico automatizado e fontes sem identificação metodológica.

O corpus final foi composto por 15 referências, distribuídas em cinco documentos normativos, dois relatórios estatísticos e oito estudos científicos. Entre os estudos científicos, sete correspondem a revisões sistemáticas, integrativas, bibliométricas ou sínteses de evidências, enquanto um apresenta evidências aplicadas sobre comunicação alternativa. A opção por um corpus intencional e analítico, em vez de uma revisão sistemática exaustiva, decorreu do objetivo do estudo de integrar diferentes tipos de evidências para subsidiar uma análise crítica das condições de implementação das tecnologias assistivas no contexto educacional brasileiro. Essa predominância de revisões favoreceu a identificação de padrões gerais, mas também impôs a necessidade de cautela, pois os estudos primários incluídos nas revisões variam em amostra, duração, contexto e qualidade metodológica.

A análise quantitativa empregou estatística descritiva simples. Foram calculadas variações percentuais das matrículas de estudantes com TEA e organizados indicadores de inclusão, AEE e infraestrutura. A análise qualitativa foi realizada por categorização temática em cinco eixos: a) acesso e permanência; b) comunicação e linguagem; c) organização da rotina e autorregulação; d) aprendizagem e autonomia; e) condições institucionais, éticas e formativas. A definição dessas categorias foi orientada pelos objetivos da pesquisa e construída de forma indutivo-interpretativa a partir da convergência entre os estudos selecionados, permitindo identificar padrões recorrentes, lacunas e implicações para a implementação das tecnologias assistivas digitais na educação básica. Os achados foram comparados de modo interpretativo, buscando convergências, limites e implicações para a prática pedagógica.

Por utilizar documentos públicos e literatura científica já publicada, sem participação direta de seres humanos ou tratamento de dados pessoais identificáveis, o estudo não exigiu submissão a Comitê de Ética em Pesquisa. Ainda assim, adotaram-se princípios de integridade acadêmica, rastreabilidade das fontes, distinção entre evidência e recomendação e linguagem respeitosa. O termo “estudantes

autistas" é utilizado em consonância com a formulação do tema e com a preferência identitária de parte da comunidade autista, sem negar que algumas pessoas prefiram a expressão "pessoa com TEA".

Tabela 1. Composição do corpus analisado segundo tipo de fonte e função metodológica

Tipo de fonte	Quantidade	Percentual	Função na análise
Documentos normativos	5	33,3%	Fundamentação dos direitos, deveres e princípios de inclusão
Relatórios estatísticos	2	13,3%	Mensuração de matrículas, AEE e infraestrutura
Estudos científicos	8	53,4%	Síntese de evidências, benefícios, limitações e experiências escolares
Total	**15**	**100%**	**Base integrada da análise quali-quantitativa**

Fonte: Elaboração própria (2026).

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 AUTISMO, DIVERSIDADE E BARREIRAS EDUCACIONAIS

O transtorno do espectro autista é uma condição do neurodesenvolvimento associada a diferenças persistentes na comunicação e na interação social, bem como a padrões restritos ou repetitivos de comportamento, interesses ou atividades. Na educação, essa definição não pode ser transformada em roteiro rígido de expectativas. O termo "espectro" indica ampla diversidade de manifestações, níveis de suporte e trajetórias. Há estudantes que utilizam fala oral fluente, outros que dependem de recursos de Comunicação Aumentativa e Alternativa; alguns acompanham conteúdos acadêmicos sem adaptação significativa, enquanto outros necessitam de apoio intensivo para participação, autorregulação e atividades de vida diária.

A perspectiva inclusiva compreende que a dificuldade escolar não está localizada exclusivamente no estudante. Ela emerge da relação entre o perfil individual e as barreiras do ambiente. Uma atividade baseada apenas em instruções orais pode excluir quem processa melhor informações visuais; uma sala ruidosa pode inviabilizar a permanência de quem apresenta hipersensibilidade auditiva; uma avaliação cronometrada pode medir ansiedade e velocidade, em vez de domínio conceitual. A tecnologia assistiva atua justamente nessa interface: modifica meios de acesso, expressão, organização e participação para reduzir a desvantagem produzida pelo ambiente.

A Lei Brasileira de Inclusão reconhece barreiras tecnológicas, comunicacionais, informacionais e atitudinais como obstáculos à participação plena (BRASIL, 2015). Portanto, disponibilizar um tablet não é, isoladamente, promover acessibilidade. O equipamento precisa conter recursos adequados, ser

configurado conforme o perfil do estudante, permanecer disponível nos diferentes ambientes e contar com interlocutores que saibam utilizá-lo. Da mesma forma, restringir um comunicador eletrônico ao atendimento especializado, impedindo seu uso na sala, no recreio ou em atividades coletivas, reduz sua função comunicativa e converte a tecnologia em objeto de treinamento descontextualizado.

A neurodiversidade acrescenta uma dimensão ética a essa análise. O objetivo educacional não deve ser apagar características autistas para produzir aparência de normalidade, mas ampliar possibilidades de comunicação, autodeterminação, aprendizagem e participação social. Intervenções que priorizam contato visual forçado, supressão indiscriminada de movimentos autorregulatórios ou obediência sem compreensão podem produzir sofrimento e mascaramento. A tecnologia deve favorecer agência: permitir ao estudante pedir pausa, recusar, escolher, comentar, fazer perguntas, antecipar mudanças e demonstrar conhecimento por diferentes meios.

As experiências relatadas por jovens autistas indicam que pertencimento, segurança e respeito são tão importantes quanto desempenho acadêmico. Horgan, Kenny e Flynn (2023) identificaram temas recorrentes relacionados a relações com pares, bullying, ambiente sensorial, saúde mental e apoio dos profissionais. Isso significa que o planejamento tecnológico deve ser integrado ao projeto político-pedagógico e à cultura escolar. Um aplicativo de habilidades sociais não substitui políticas de prevenção ao bullying; fones abafadores não dispensam revisão do nível de ruído; uma agenda visual não legitima mudanças arbitrárias sem comunicação prévia.

Em conjunto, essas evidências reforçam que a remoção de barreiras depende menos da disponibilização de recursos tecnológicos isolados e mais da capacidade da escola de integrá-los a práticas pedagógicas inclusivas. Sob essa perspectiva, a acessibilidade passa a ser compreendida como resultado da articulação entre avaliação pedagógica, mediação docente, adaptações curriculares, infraestrutura e tecnologias assistivas, configurando um ecossistema voltado à participação efetiva dos estudantes.

4.2 TECNOLOGIA ASSISTIVA E TECNOLOGIA EDUCACIONAL

Tecnologia educacional é expressão ampla que engloba recursos, processos e ambientes destinados a apoiar ensino e aprendizagem. Tecnologia assistiva, por sua vez, refere-se a produtos, estratégias, metodologias, práticas e serviços que promovem funcionalidade, autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão de pessoas com deficiência. Na escola, um mesmo recurso pode assumir ambas as funções. Um aplicativo de leitura é tecnologia educacional para toda a turma, mas torna-se tecnologia assistiva quando elimina uma barreira específica de acesso para determinado estudante.

Essa distinção evita dois equívocos. O primeiro é reduzir tecnologia assistiva a dispositivos caros ou sofisticados. Cartões de comunicação, sequências visuais impressas, temporizadores, organizadores de tarefas e abafadores de ruído também podem ser recursos assistivos. O segundo equívoco é considerar inclusivo qualquer uso de tecnologia digital. Plataformas inacessíveis, interfaces carregadas, excesso de estímulos, propagandas, coleta indevida de dados ou exigência de leitura rápida podem criar novas barreiras. O critério central é o efeito funcional no contexto real.

Batista *et al.* (2024) identificaram crescimento da produção científica sobre tecnologias educativas e assistivas para crianças autistas e destacaram aplicações voltadas à estimulação sensorial, autonomia em atividades diárias, comunicação, interação social e apoio à aprendizagem escolar. Todavia, os autores observaram reduzida representatividade brasileira e necessidade de pesquisas capazes de considerar as especificidades locais. Essa constatação é relevante porque muitos produtos são desenvolvidos em inglês, pressupõem conexão permanente, utilizam símbolos culturalmente distantes ou exigem equipamentos incompatíveis com o orçamento das redes públicas.

A seleção de uma tecnologia deve ser precedida por perguntas pedagógicas: qual barreira se pretende reduzir? Qual comportamento funcional se espera ampliar? O estudante compreende os símbolos utilizados? O recurso funciona sem internet? Pode ser usado em casa e na escola? Há alternativa de baixa tecnologia? Quem fará a configuração e a manutenção? Quais dados são coletados? Como será avaliado o resultado? Sem essas respostas, a aquisição tende a produzir subutilização, abandono ou dependência de um profissional específico.

Outro princípio consiste em separar suporte de simplificação curricular indevida. A tecnologia pode apresentar o mesmo conceito em múltiplos formatos, reduzir demanda motora, organizar etapas ou permitir resposta por símbolos e voz sintetizada. Isso não significa substituir objetivos acadêmicos por tarefas repetitivas e infantilizadas. A inclusão curricular exige preservar expectativas de aprendizagem, realizando diferenciação de meios, tempo, complexidade e suporte. Recursos assistivos devem abrir caminhos para o currículo comum e, quando necessário, apoiar metas individualizadas coerentes com o desenvolvimento do estudante.

Assim, a seleção de tecnologias assistivas digitais deve ser compreendida como uma decisão pedagógica fundamentada em evidências e orientada pelas necessidades funcionais do estudante, e não como mera escolha tecnológica. Um recurso somente adquire caráter assistivo quando reduz barreiras concretas à comunicação, à participação e à aprendizagem, produzindo ganhos observáveis no contexto escolar.

4.3 COMUNICAÇÃO AUMENTATIVA E ALTERNATIVA

A Comunicação Aumentativa e Alternativa constitui uma das áreas com evidências mais consolidadas no campo da tecnologia assistiva para estudantes autistas. Ela reúne gestos, símbolos gráficos, pranchas, livros de comunicação, sistemas de troca de figuras, teclados, aplicativos e dispositivos geradores de fala destinados a suplementar ou substituir a fala quando esta é inexistente, insuficiente ou pouco funcional. Seu propósito não se limita a solicitar objetos; deve ampliar funções declarativas, sociais, acadêmicas e de autodeterminação.

A revisão de Nunes, Barbosa e Nunes (2021) encontrou resultados positivos do uso de CAA em contextos escolares, mas identificou predominância de comunicação imperativa, centrada em pedidos. Esse dado revela uma limitação de implementação: muitas vezes o estudante aprende a escolher lanche ou material, porém não recebe oportunidades sistemáticas para comentar, perguntar, narrar, discordar, expressar sentimentos ou participar de discussões. O problema não reside no sistema de símbolos, mas na restrição das funções comunicativas ensinadas e reconhecidas pelos interlocutores.

Montenegro *et al.* (2021) apontam contribuições da comunicação alternativa para o desenvolvimento comunicativo de crianças autistas, especialmente quando o recurso é incorporado às interações cotidianas e acompanhado de mediação consistente. A literatura não sustenta o receio de que a CAA impeça o desenvolvimento da fala. Ao contrário, a revisão de White *et al.* (2021) indica que intervenções de CAA podem coexistir com ganhos na produção oral. A decisão de adotar um sistema não deve ser adiada até que se esgotem tentativas de fala; privar o estudante de comunicação funcional enquanto se espera a oralização produz barreiras educacionais e comportamentais evitáveis.

Na prática escolar, a CAA deve estar acessível durante toda a jornada, e não guardada em armário ou restrita ao AEE. Professores, profissionais de apoio, colegas e familiares precisam aprender a modelar o uso do sistema, apontando símbolos enquanto falam, respeitando o tempo de resposta e reconhecendo diferentes intenções comunicativas. O vocabulário deve incluir conteúdos curriculares, pessoas, lugares, emoções, ações, recusas e termos sociais. Também é necessário planejar transições entre pranchas impressas e aplicativos, garantindo continuidade em caso de falha de bateria, manutenção ou indisponibilidade do equipamento.

A avaliação da efetividade não pode se limitar ao número de toques na tela. Indicadores relevantes incluem aumento de iniciativas comunicativas espontâneas, diversidade de funções, participação em atividades coletivas, redução de episódios associados à incompreensão, capacidade de fazer escolhas e generalização do uso em diferentes ambientes. A coleta de dados deve ser simples o suficiente para integrar a rotina docente e precisa evitar transformar a comunicação em treinamento mecânico.

Nessa perspectiva, a Comunicação Aumentativa e Alternativa deixa de ser entendida apenas como um recurso compensatório para ausência ou limitação da fala e passa a constituir instrumento de ampliação da participação social, da autodeterminação e do acesso ao currículo. Sua efetividade depende da incorporação às interações cotidianas da escola, fortalecendo práticas pedagógicas alinhadas aos princípios contemporâneos da educação inclusiva.

4.4 RECURSOS VISUAIS, MODELAGEM POR VÍDEO E APLICATIVOS MÓVEIS

Recursos visuais são amplamente utilizados porque muitos estudantes autistas compreendem melhor informações estáveis e espacialmente organizadas do que instruções verbais transitórias. Agendas visuais, quadros "primeiro-depois", roteiros de atividades, temporizadores, checklists e histórias sociais podem ser apresentados em papel ou em dispositivos digitais. A versão digital permite edição rápida, inclusão de fotografias reais, áudio, animação controlada e registro de conclusão. Entretanto, o excesso de elementos visuais, cores, sons e notificações pode aumentar distração e sobrecarga.

Agendas visuais digitais são especialmente úteis para antecipar rotinas, mudanças de professor, deslocamentos, avaliações e eventos escolares. Sua função não é tornar o dia totalmente rígido, mas oferecer previsibilidade suficiente para que a flexibilidade seja ensinada de modo seguro. Um bom sistema deve indicar o que acontecerá, por quanto tempo, o que vem depois e como o estudante pode solicitar ajuda ou pausa. Quando ocorre mudança, a própria agenda deve ser atualizada e explicada, evitando que o recurso perca credibilidade.

A modelagem por vídeo apresenta comportamentos, sequências ou procedimentos por meio de gravações curtas. Pode ser utilizada para ensinar rotinas de laboratório, uso de transporte escolar, resolução de tarefas, participação em jogos, higiene, organização de materiais e estratégias sociais. Hume *et al.* (2021), ao sintetizarem 972 estudos e identificarem 28 práticas baseadas em evidências, incluem intervenções mediadas por tecnologia e modelagem por vídeo entre práticas com suporte empírico. A eficácia tende a ser maior quando os vídeos são breves, focados em uma habilidade, revisados em contexto e acompanhados de oportunidade imediata de prática.

Aplicativos móveis também podem apoiar leitura, escrita, matemática, memória prospectiva, autorregulação e atividades de vida diária. A revisão de Klavina *et al.* (2024) mostra que tecnologias assistivas, incluindo aplicativos, softwares interativos e recursos de realidade virtual, podem promover habilidades práticas, independência e participação de pessoas com TEA e/ou deficiência intelectual. Contudo, muitos estudos possuem amostras pequenas e intervenções curtas, o que reduz a certeza sobre manutenção e generalização dos resultados.

Na realidade brasileira, a escolha por aplicativos deve considerar funcionamento offline, idioma, custo de licença, compatibilidade com equipamentos antigos, possibilidade de exportar configurações e ausência de publicidade. Soluções abertas ou de baixo custo podem ser mais sustentáveis, desde que ofereçam acessibilidade e suporte. A rede deve evitar vincular o direito à comunicação a uma conta pessoal do professor ou da família. Equipamentos, senhas, licenças e cópias de segurança precisam integrar a gestão institucional.

Esses aspectos evidenciam que a sustentabilidade da utilização das tecnologias assistivas digitais depende tanto da qualidade técnica dos recursos quanto das condições institucionais que asseguram sua continuidade, atualização, manutenção e integração às práticas pedagógicas desenvolvidas pela escola.

4.5 REALIDADE VIRTUAL, JOGOS DIGITAIS E TECNOLOGIAS EMERGENTES

A realidade virtual permite simular situações sociais e funcionais em ambiente controlado, repetível e graduável. Pode apoiar reconhecimento de pistas sociais, treino de conversação, deslocamento em espaços públicos, segurança e preparação para experiências novas. Yang *et al.* (2025), em revisão sistemática de 14 estudos, verificaram que 13 relataram efeitos positivos de intervenções com realidade virtual sobre habilidades sociais de crianças e adolescentes autistas. Os autores, contudo, destacam heterogeneidade metodológica, maior benefício em determinados perfis e necessidade de investigar efeitos de longo prazo.

No contexto escolar, a realidade virtual deve ser considerada recurso complementar, e não substituto da interação real. Habilidades praticadas em ambiente simulado precisam ser transferidas para sala, recreio, comunidade e vida familiar. Além disso, alguns estudantes podem apresentar desconforto visual, tontura, ansiedade, desorientação ou sobrecarga sensorial. A exposição deve ser gradual, voluntária e acompanhada. O custo de equipamentos, a higienização, a manutenção e a necessidade de espaço seguro também limitam a adoção em larga escala.

Jogos digitais podem aumentar engajamento, oferecer feedback imediato e permitir repetição sem constrangimento. Porém, a gamificação precisa estar subordinada ao objetivo curricular. Pontos, recompensas e animações não garantem aprendizagem e podem deslocar a atenção para estímulos periféricos. É importante avaliar se a habilidade aprendida no jogo aparece fora dele, se o estudante compreende o conceito e se o recurso amplia participação com colegas. Jogos cooperativos tendem a ser mais alinhados à inclusão do que atividades exclusivamente individuais utilizadas para manter o estudante separado da turma.

Robôs sociais, sistemas de reconhecimento emocional e inteligência artificial aparecem com frequência na produção tecnológica sobre autismo, mas exigem análise crítica. Modelos de reconhecimento de emoções podem simplificar estados humanos complexos, reproduzir vieses e interpretar expressões autistas como erro. Sistemas generativos podem criar materiais adaptados e apoiar professores, porém também podem produzir informações incorretas, armazenar dados sensíveis ou reduzir a participação do estudante na escolha das adaptações. A escola não deve utilizar inteligência artificial para diagnosticar autismo, prever crises ou classificar comportamento sem validação científica, transparência e salvaguardas rigorosas.

O princípio da precaução é especialmente importante quando a tecnologia coleta voz, imagem, padrões de interação, localização ou dados de saúde. A finalidade pedagógica deve ser explícita; a coleta, minimizada; o acesso, controlado; e a retenção, limitada. Famílias e estudantes precisam compreender como os dados serão utilizados. Recursos que dependem de vigilância constante podem comprometer dignidade e autonomia, mesmo quando apresentados como mecanismos de segurança ou personalização.

Dessa forma, tecnologias emergentes devem ser avaliadas não apenas pelo potencial inovador que apresentam, mas principalmente por sua capacidade de promover participação, autonomia e aprendizagem em condições compatíveis com evidências científicas, princípios éticos, acessibilidade digital e respeito à neurodiversidade. A inovação tecnológica somente se justifica quando contribui para reduzir barreiras educacionais e ampliar oportunidades reais de participação dos estudantes autistas.

As evidências discutidas ao longo desta fundamentação indicam que nenhuma tecnologia assistiva digital apresenta potencial inclusivo de forma autônoma. Sua efetividade depende da interação entre características individuais do estudante, avaliação pedagógica funcional, mediação docente, organização curricular, infraestrutura, governança institucional e acompanhamento contínuo. Em conjunto, esses elementos configuram um ecossistema de acessibilidade educacional, entendido neste estudo como um modelo conceitual que integra recursos tecnológicos, práticas pedagógicas e condições institucionais para promover comunicação, participação, aprendizagem e autonomia de estudantes autistas na educação básica. Essa compreensão fundamenta a análise apresentada na seção seguinte e subsidia o Framework do Ecossistema de Acessibilidade Educacional proposto neste artigo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 EXPANSÃO DAS MATRÍCULAS E INSUFICIÊNCIA DOS SUPORTES

A análise quantitativa confirma crescimento excepcional das matrículas de estudantes com TEA. Entre 2023 e 2024, o número passou de 636.202 para 918.877, aumento absoluto de 282.675 matrículas e variação de 44,4%. Em 2025, o total chegou a aproximadamente 1.298.637, acréscimo de 379.760 em relação ao ano anterior e crescimento de 41,3%. No intervalo de dois anos, foram incorporadas 662.435 matrículas, o que corresponde a aumento acumulado de 104,1% (INEP, 2026).

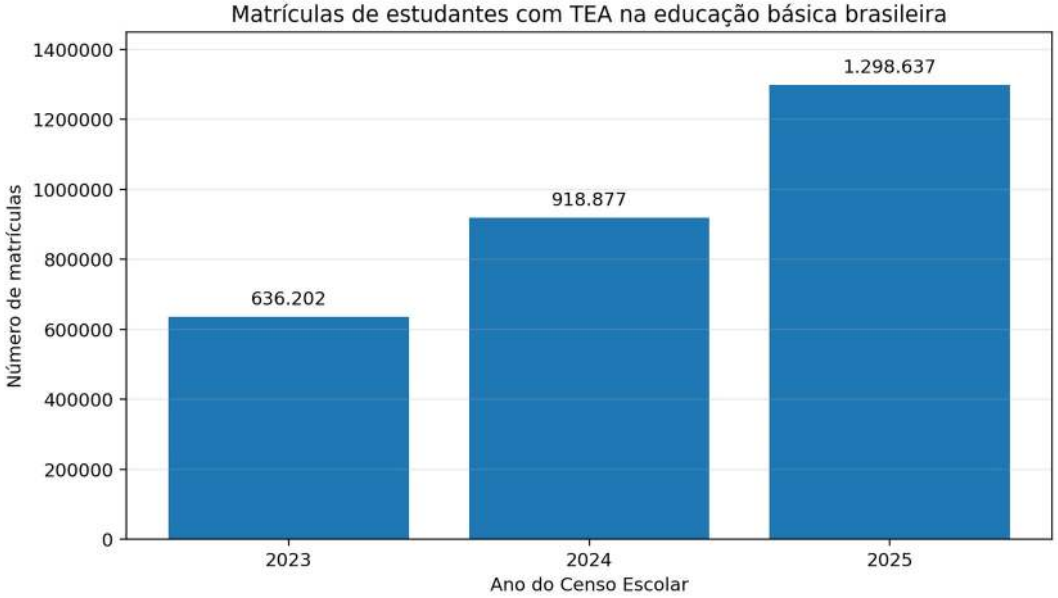
A velocidade dessa expansão tem implicações diretas para financiamento, contratação de profissionais, formação continuada, aquisição de recursos e organização do AEE. Uma rede que planeja suas ações com base em quantitativos de dois anos anteriores tende a operar permanentemente abaixo da demanda. Ao mesmo tempo, respostas emergenciais baseadas apenas na compra de tablets ou na contratação isolada de profissionais de apoio não estruturam capacidade institucional. É necessário planejamento plurianual, inventário de recursos, suporte técnico e monitoramento por escola e etapa de ensino.

A presença em classes comuns representa avanço importante, mas não é indicador suficiente de inclusão. Em 2024, 92,6% do público da educação especial estava matriculado em classes comuns, enquanto somente 41% tinha acesso ao AEE (TODOS PELA EDUCAÇÃO, 2025). A diferença de 51,6 pontos percentuais evidencia que grande parte dos estudantes frequenta a escola comum sem atendimento complementar previsto para remover barreiras. Isso não significa que todo estudante autista precise do mesmo formato de AEE, mas demonstra insuficiência de avaliação, oferta e cobertura.

A baixa disponibilidade de salas de recursos multifuncionais, presentes em 25,1% das escolas em 2024, também limita a implementação de tecnologias assistivas. Entretanto, a ausência de uma sala específica não deve impedir adaptações na classe comum. A política inclusiva exige que recursos circulem e que o conhecimento especializado seja compartilhado. O AEE não pode funcionar como local para onde o estudante é enviado enquanto a sala regular permanece inalterada. Sua função é complementar ou suplementar a escolarização, colaborar com o professor regente e produzir estratégias que se generalizem ao cotidiano.

Os números indicam uma transição de escala. Tecnologias assistivas para autismo deixaram de ser tema periférico ou restrito a poucos centros especializados. Elas passaram a integrar a gestão ordinária das redes de ensino. Isso demanda padrões mínimos de acessibilidade digital, protocolos de avaliação funcional, formação inicial e continuada, orçamento de manutenção e participação das famílias e dos estudantes na escolha dos recursos.

Figura 2. Evolução das matrículas de estudantes com TEA na educação básica brasileira, 2023-2025



Fonte: Elaboração própria com base no Censo Escolar da Educação Básica (INEP, 2026).

5.2 SÍNTESE QUANTITATIVA E QUALITATIVA DAS EVIDÊNCIAS

O corpus científico concentrou-se em publicações recentes: quatro estudos de 2021, um de 2023, dois de 2024 e um de 2025. Assim, 50% das referências científicas selecionadas foram publicadas em 2021 e 37,5% entre 2024 e 2025. Sete dos oito estudos científicos, equivalentes a 87,5%, são revisões ou sínteses de evidências. Essa configuração fortalece a visão panorâmica, mas revela escassez de estudos brasileiros de larga escala realizados em escolas públicas, especialmente nas regiões Norte e Nordeste.

A categoria com convergência mais consistente foi comunicação. Nunes, Barbosa e Nunes (2021), Montenegro *et al.* (2021) e White *et al.* (2021) apontam benefícios da CAA para ampliação de possibilidades comunicativas, sem evidência de que seu uso prejudique a fala. O principal desafio qualitativo é ultrapassar o uso restrito para pedidos. Quando o sistema inclui vocabulário acadêmico e social e os parceiros modelam funções variadas, aumenta a possibilidade de participação em aulas, trabalhos coletivos, brincadeiras e decisões.

A segunda convergência refere-se à estruturação visual e à aprendizagem mediada por tecnologia. Hume *et al.* (2021) reconhecem práticas baseadas em evidências que podem ser implementadas com apoio digital, como modelagem por vídeo, suporte visual e intervenções naturalísticas. O efeito não depende apenas do formato tecnológico, mas da fidelidade de implementação, da individualização e da oportunidade de praticar em contexto. Vídeos e agendas eficazes são breves, compreensíveis, atualizáveis e vinculados a tarefas reais.

A terceira convergência envolve autonomia e habilidades práticas. Klavina *et al.* (2024) relatam que aplicativos móveis, softwares interativos, dispositivos de apoio e ambientes virtuais podem favorecer atividades de vida diária, comunicação e independência. Contudo, a literatura permanece marcada por amostras pequenas e dificuldade de generalização. Um estudante pode aprender a executar uma sequência em aplicativo e ainda depender de ajuda em ambiente real. Por isso, a avaliação deve incluir transferência da habilidade e redução efetiva da necessidade de suporte.

A quarta categoria diz respeito a habilidades sociais mediadas por realidade virtual. Yang *et al.* (2025) encontraram resultados positivos na maioria dos estudos revisados, mas destacaram diferenças conforme perfil funcional, modalidade de imersão, frequência e duração da intervenção. A tecnologia mostra potencial para ensaio seguro, porém não substitui relações autênticas nem resolve barreiras atitudinais. O objetivo não deve ser treinar respostas sociais padronizadas, mas ampliar compreensão, escolha e segurança em situações relevantes para o próprio estudante.

Por fim, a experiência escolar descrita por Horgan, Kenny e Flynn (2023) funciona como critério de validade social para qualquer intervenção. Uma tecnologia pode melhorar desempenho em tarefa e, simultaneamente, aumentar estigma, isolamento ou sobrecarga. O recurso deve ser avaliado também pela percepção do estudante: ele considera útil? sente-se exposto? consegue recusá-lo? prefere solução utilizada por toda a turma? A inclusão exige resultados tecnicamente observáveis e socialmente significativos.

As convergências observadas entre os estudos analisados indicam que os efeitos positivos das tecnologias assistivas digitais não estão associados exclusivamente às características dos recursos empregados, mas sobretudo às condições de implementação, à mediação pedagógica e à integração dessas tecnologias às práticas curriculares. Essa síntese reforça a necessidade de compreender a inclusão educacional como resultado de um processo sistêmico, e não da simples disponibilização de dispositivos tecnológicos. Para sintetizar essas evidências, a Tabela 2 organiza as principais categorias de tecnologias assistivas digitais identificadas na literatura, suas finalidades pedagógicas, o nível de evidência predominante e os principais riscos ou limitações associados à sua utilização no contexto educacional.

Tabela 2. Categorias de tecnologias, finalidades pedagógicas e critérios de uso

Categoria	Exemplos	Finalidade principal	Evidência predominante	Riscos/limites
CAA digital	Pranchas, aplicativos com voz, teclados e símbolos	Expressão, participação e autodeterminação	Benefícios comunicativos e compatibilidade com desenvolvimento da fala	Uso restrito a pedidos; falta de modelagem; indisponibilidade do dispositivo
Suportes visuais	Agenda, temporizador, checklist, primeiro-depois	Previsibilidade, transição e autorregulação	Amplo suporte como prática visual e estruturada	Rigidez excessiva; poluição visual; atualização inconsistente
Modelagem por vídeo	Vídeos de rotinas, tarefas e habilidades sociais	Aprendizagem por observação e repetição	Prática baseada em evidências quando contextualizada	Baixa generalização; vídeos longos; ausência de prática real
Aplicativos acadêmicos e funcionais	Leitura, escrita, matemática, organização e vida diária	Acesso curricular e autonomia	Resultados promissores, sobretudo em habilidades práticas	Custo, idioma, propaganda, dependência de internet e abandono
Realidade virtual e jogos	Simulações sociais, segurança e jogos cooperativos	Ensaio controlado e engajamento	Resultados positivos, porém heterogêneos	Sobrecarga sensorial, custo, desconforto e pouca transferência
IA e sistemas adaptativos	Geração de materiais, recomendação e personalização	Apoio ao planejamento e diferenciação	Evidência educacional ainda emergente	Vieses, erro, vigilância, proteção de dados e decisões opacas

Fonte: Elaboração própria com base em Nunes, Barbosa e Nunes (2021), Hume *et al.* (2021), White *et al.* (2021), Batista *et al.* (2024), Klavina *et al.* (2024) e Yang *et al.* (2025).

5.3 CONDIÇÕES PARA IMPLEMENTAÇÃO NAS ESCOLAS BRASILEIRAS

Os resultados permitem afirmar que a implementação deve começar pela identificação da barreira, e não pela escolha do produto. Em primeiro lugar, a equipe precisa descrever a situação-problema de maneira observável: o estudante não consegue acompanhar instruções exclusivamente orais; não dispõe de meio funcional para pedir ajuda; perde-se em tarefas com muitas etapas; apresenta sofrimento em transições imprevisíveis; ou não consegue demonstrar conhecimento por escrita manual. Essa descrição orienta a seleção de recursos e evita soluções genéricas baseadas apenas no diagnóstico.

Em segundo lugar, é necessário estabelecer linha de base. Antes da tecnologia, quantas iniciativas comunicativas ocorrem? quanto tempo o estudante permanece na atividade? quantas etapas executa com independência? qual nível de ajuda é necessário? A linha de base permite comparar resultados e decidir se o recurso deve ser mantido, ajustado ou substituído. Sem dados, a avaliação tende a depender de impressões, que podem ser influenciadas pelo entusiasmo inicial com a novidade.

Em terceiro lugar, a escolha precisa ser participativa. O estudante deve experimentar opções e manifestar preferência por fala, gesto, símbolo, teclado, fotografia, áudio ou combinação de formatos. Famílias contribuem com informações sobre rotinas e comunicação fora da escola. Professores regentes definem demandas curriculares; o AEE apoia a avaliação e a adaptação; profissionais de apoio

favorecem uso nos diferentes ambientes; e equipes de tecnologia asseguram configuração, segurança e manutenção. A participação compartilhada reduz dependência de especialistas isolados.

Em quarto lugar, a formação docente deve combinar conceitos e prática situada. Cursos gerais sobre autismo têm utilidade limitada quando não ensinam a programar uma agenda, modelar CAA, produzir vídeo curto, graduar ajuda, registrar dados e adaptar avaliação. A formação mais efetiva ocorre em ciclos: estudo, planejamento, aplicação em sala, observação, devolutiva e replanejamento. A gestão precisa reservar tempo de trabalho coletivo para que professor regente e AEE analisem resultados.

Em quinto lugar, as redes precisam adotar governança tecnológica. Isso inclui catálogo de recursos aprovados, critérios de acessibilidade, política de licenças, inventário de equipamentos, suporte técnico, reposição, cópias de segurança, controle de contas e avaliação de proteção de dados. Sem governança, aplicativos deixam de funcionar após troca de professor, perfis se perdem, equipamentos pessoais tornam-se indispensáveis e o estudante fica sem comunicação durante manutenção.

Em sexto lugar, a tecnologia deve ser incorporada ao currículo e aos ambientes naturais. Um comunicador precisa ser utilizado em Ciências, Matemática, recreio e passeios; uma agenda deve incluir atividades coletivas; um vídeo deve anteceder prática real; um aplicativo de escrita deve permitir produção de texto autêntico. A generalização é resultado planejado, não consequência automática.

A síntese das evidências apresentadas nesta seção demonstra que a implementação das tecnologias assistivas digitais depende da articulação entre diferentes dimensões pedagógicas, institucionais e organizacionais. Assim, mais do que recursos tecnológicos isolados, esses dispositivos integram um conjunto de elementos interdependentes que condicionam sua efetividade na promoção da inclusão educacional. A Figura 3 sintetiza essa articulação por meio do Framework do Ecossistema de Acessibilidade Educacional, proposto neste estudo como modelo conceitual para orientar a implementação de tecnologias assistivas digitais na educação básica.

Essa compreensão constitui a principal síntese analítica produzida por este estudo, ao demonstrar que a efetividade das tecnologias assistivas digitais depende da interação entre dimensões pedagógicas, institucionais, tecnológicas e éticas, e não apenas da disponibilidade dos recursos tecnológicos.

Figura 3. Framework do Ecossistema de Acessibilidade Educacional para implementação de tecnologias assistivas digitais



Fonte: Elaboração dos autores (2026).

O Framework do Ecossistema de Acessibilidade Educacional representa a principal contribuição conceitual deste estudo ao integrar, em um único modelo analítico, evidências científicas, princípios pedagógicos, requisitos institucionais e diretrizes para a implementação de tecnologias assistivas digitais na educação básica. Diferentemente das abordagens centradas em recursos tecnológicos específicos, o modelo evidencia que a inclusão educacional resulta da interação entre avaliação funcional, mediação pedagógica, integração curricular, governança institucional e monitoramento contínuo, constituindo uma referência para orientar decisões pedagógicas e organizacionais fundamentadas em evidências.

Conforme sintetizado na Figura 3, a implementação das tecnologias assistivas digitais deve ser compreendida como um processo contínuo, integrado e orientado por evidências. Entretanto, para que esse modelo possa orientar efetivamente a prática escolar, seus componentes precisam ser traduzidos em procedimentos operacionais capazes de subsidiar o planejamento, a execução e a avaliação das ações desenvolvidas pelas redes de ensino. Nesse contexto, a Tabela 3 apresenta a operacionalização do Framework do Ecossistema de Acessibilidade Educacional, organizando suas etapas, os questionamentos orientadores, as evidências a serem produzidas e os critérios utilizados para apoiar a tomada de decisão pedagógica e institucional.

Tabela 3. Matriz para operacionalização do Framework do Ecossistema de Acessibilidade Educacional

Etapa	Pergunta orientadora	Evidência/registro	Critério de decisão
1. Avaliação funcional	Qual barreira limita participação ou aprendizagem?	Observação, entrevista e linha de base	Problema definido de forma observável e contextual
2. Seleção participativa	Qual recurso é compreensível, acessível e preferido?	Teste de opções e registro de preferência	Uso voluntário e compatibilidade com rotina
3. Planejamento	Em quais atividades, pessoas e ambientes será utilizado?	Plano individualizado com metas e responsáveis	Integração à sala comum e ao AEE
4. Formação e modelagem	Os interlocutores sabem usar e ensinar o recurso?	Sessões práticas e acompanhamento em sala	Consistência entre profissionais e família
5. Monitoramento	Houve ganho funcional e generalização?	Frequência, independência, participação e percepção do estudante	Manter, ajustar, substituir ou retirar gradualmente
6. Governança e ética	Como serão protegidos dados, acesso e continuidade?	Inventário, consentimento, permissões e backup	Segurança, sustentabilidade e não discriminação

Fonte: Elaboração própria (2026).

5.4 DESAFIOS ESPECÍFICOS DA REALIDADE BRASILEIRA

A desigualdade de conectividade é um dos principais desafios. Escolas urbanas periféricas, rurais, indígenas, quilombolas e ribeirinhas podem possuir acesso instável à internet e poucos equipamentos. Nessas condições, recursos que dependem de nuvem, assinatura contínua ou dispositivos recentes são frágeis. A estratégia mais inclusiva combina baixa e alta tecnologia: pranchas impressas de reserva, aplicativos offline, arquivos locais, baterias externas e materiais compartilháveis por diferentes sistemas operacionais.

A sustentabilidade financeira também precisa ser considerada. O custo total inclui aquisição, capas protetoras, fones, licenças, atualização, reposição, capacitação e suporte. Projetos-piloto frequentemente distribuem equipamentos sem prever manutenção. Quando o dispositivo quebra, a interrupção pode significar perda do principal meio de comunicação do estudante. Por isso, a compra deve ser acompanhada de garantia, unidade substituta e procedimento rápido de atendimento.

Outro problema é a fragmentação entre saúde e educação. Laudos clínicos podem informar características importantes, mas não substituem avaliação pedagógica. A escola não deve aguardar indefinidamente diagnóstico ou prescrição para fornecer suporte visual, flexibilizar formas de resposta ou iniciar processo de CAA. A decisão educacional deve basear-se na barreira observada e no direito à acessibilidade. Ao mesmo tempo, a articulação intersetorial é valiosa quando respeita competências profissionais e compartilha objetivos funcionais.

A formação inicial dos professores ainda dedica espaço insuficiente à tecnologia assistiva e à educação de estudantes autistas. Como resultado, profissionais podem usar aplicativos de modo improvisado, confundir apoio com entretenimento ou delegar toda responsabilidade ao profissional de apoio. A política de inclusão exige que o professor regente permaneça responsável pelo ensino do estudante, contando com colaboração especializada. Tecnologias devem aproximar o estudante do currículo e dos colegas, não justificar sua retirada permanente da atividade comum.

A cultura avaliativa constitui barreira adicional. Provas padronizadas, tempo rígido, excesso de cópia e valorização exclusiva da escrita manual podem ocultar conhecimentos. Tecnologias de leitura, digitação, seleção de símbolos, áudio e organização visual permitem que o estudante demonstre aprendizagem por meios acessíveis. Adaptação razoável não significa oferecer resposta nem reduzir arbitrariamente o conteúdo; significa remover exigências que não fazem parte do construto avaliado.

Por fim, é necessário enfrentar a lógica de medicalização e controle. Alguns sistemas prometem detectar emoções, prever comportamentos ou normalizar respostas sociais. A escola deve avaliar se a tecnologia serve ao estudante ou à conveniência institucional. Recursos de autorregulação e comunicação podem reduzir crises porque ampliam compreensão e escolha; sistemas de vigilância podem apenas tornar o estudante mais controlado. A medida de sucesso deve ser qualidade de participação, bem-estar e autonomia, e não conformidade aparente.

Em conjunto, esses desafios evidenciam que a efetividade das tecnologias assistivas digitais depende menos da disponibilidade dos recursos e mais da capacidade das redes de ensino de estruturar políticas permanentes de acessibilidade, formação docente, suporte técnico, governança institucional e avaliação contínua. Dessa forma, a sustentabilidade das ações inclusivas requer planejamento sistêmico e compromisso institucional de longo prazo.

5.5 PROPOSTA DE DIRETRIZES PARA REDES E ESCOLAS

A primeira diretriz é universalizar a avaliação pedagógica funcional. Toda escola deve possuir procedimento para identificar barreiras de comunicação, acesso curricular, mobilidade, sensorialidade e organização executiva. O processo deve produzir plano de ação com metas, recursos, responsáveis e revisão periódica, sem depender exclusivamente de laudo médico.

A segunda diretriz é garantir um núcleo mínimo de recursos. Cada rede deve oferecer, ao menos, biblioteca de símbolos, software de CAA, ferramentas de agenda visual, temporizadores, produção de vídeo, leitores de texto, teclados alternativos, fones de redução de ruído e equipamentos de empréstimo. O núcleo deve incluir opções de baixa tecnologia e funcionar offline.

A terceira diretriz é criar política de comunicação acessível. Estudantes que necessitam de CAA devem ter sistema disponível durante toda a jornada, com vocabulário acadêmico, social e de autodeterminação. Todos os interlocutores precisam receber formação para modelagem e resposta. A escola deve manter cópia de segurança das configurações e alternativa não eletrônica.

A quarta diretriz é integrar tecnologia assistiva ao currículo e ao Desenho Universal para a Aprendizagem. Materiais devem oferecer múltiplas formas de representação, ação, expressão e engajamento, beneficiando toda a turma sem apagar necessidades individualizadas. Recursos comuns, como legendas, roteiros visuais, instruções segmentadas e escolha de formato de resposta, reduzem estigma e dependência de adaptações tardias.

A quinta diretriz é financiar formação em serviço. O desenvolvimento profissional deve ocorrer no contexto da escola, com acompanhamento de casos, observação e devolutiva. Indicadores de formação precisam medir competência prática, não apenas presença em curso. Professores devem sair da formação capazes de selecionar, configurar, aplicar e avaliar recursos.

A sexta diretriz é estabelecer governança de dados e inteligência artificial. Ferramentas devem passar por avaliação de acessibilidade, segurança, finalidade, vieses e transparência. Dados sensíveis não devem ser inseridos em plataformas públicas sem base legal e proteção adequada. Decisões pedagógicas relevantes não podem ser delegadas exclusivamente a algoritmos.

A sétima diretriz é incluir a voz de estudantes autistas. Conselhos escolares, avaliações de recurso e planos individualizados devem criar formas acessíveis de consulta. A opinião pode ser expressa por fala, símbolos, escolha, escala visual, comportamento observável ou outro meio. A ausência de fala oral não pode ser confundida com ausência de preferência.

A oitava diretriz é monitorar equidade regional. Indicadores devem ser desagregados por rede, território, etapa, raça/cor, sexo, zona urbana ou rural e acesso ao AEE. A expansão tecnológica não pode aprofundar desigualdades entre escolas centrais e periféricas. Investimentos devem priorizar territórios com maior demanda e menor infraestrutura.

A implementação integrada dessas diretrizes permite que as tecnologias assistivas digitais deixem de ser recursos pontuais para constituírem componentes estruturantes de políticas públicas voltadas à promoção da acessibilidade, da participação, da aprendizagem e da autonomia de estudantes autistas. Nessa perspectiva, o ecossistema de acessibilidade educacional proposto neste estudo oferece um referencial capaz de orientar decisões pedagógicas, institucionais e de gestão, favorecendo uma implementação baseada em evidências e comprometida com os princípios da educação inclusiva.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo analisou as tecnologias assistivas digitais como instrumentos de inclusão educacional de estudantes autistas na educação básica brasileira. Os dados demonstram que a questão atingiu escala nacional: as matrículas de estudantes com TEA mais do que dobraram entre 2023 e 2025, alcançando aproximadamente 1,30 milhão. A expansão representa avanço no reconhecimento do direito à educação, mas aumenta a pressão sobre sistemas que ainda apresentam cobertura limitada de AEE, salas de recursos, infraestrutura, formação docente e suporte tecnológico.

A análise da literatura indica que a Comunicação Aumentativa e Alternativa possui o conjunto mais consistente de evidências, sobretudo quando utilizada em contextos naturais, com vocabulário amplo e parceiros capacitados. Suportes visuais, agendas digitais e modelagem por vídeo também apresentam forte aplicabilidade escolar. Aplicativos móveis e tecnologias para habilidades práticas mostram resultados promissores, enquanto a realidade virtual pode favorecer ensaio social estruturado. Em todos os casos, os benefícios dependem de individualização, mediação humana, prática em ambientes reais e avaliação de generalização.

O principal achado qualitativo é que a tecnologia não é intrinsecamente inclusiva. O mesmo dispositivo pode ampliar autonomia ou aumentar isolamento; pode permitir comunicação ou restringi-la a pedidos; pode oferecer previsibilidade ou produzir rigidez; pode apoiar o currículo ou servir como entretenimento separado. A finalidade, a forma de implementação e a percepção do estudante determinam o valor inclusivo. Consequentemente, políticas de aquisição sem avaliação funcional, formação e manutenção tendem a gerar desperdício e abandono.

A inclusão tecnológica precisa ser orientada por direitos. A Constituição, a LDB, a Lei Berenice Piana, a Lei Brasileira de Inclusão e a Política Nacional de Educação Especial Inclusiva estabelecem base para acesso, participação, aprendizagem, adaptações razoáveis e apoios. Esses direitos não podem depender da capacidade financeira da família, da disponibilidade de equipamento pessoal ou da iniciativa isolada de um professor. Cabe às redes estruturar oferta pública, contínua e equitativa.

Recomenda-se que escolas e secretarias adotem matriz de implementação baseada em seis movimentos: avaliação funcional da barreira, seleção participativa, planejamento contextual, formação dos interlocutores, monitoramento de resultados e governança ética. Os indicadores devem incluir frequência de comunicação espontânea, independência, permanência, acesso curricular, generalização, bem-estar e satisfação do estudante. A redução de comportamentos somente é resultado válido quando decorre de maior compreensão, comunicação e segurança, e não de coerção ou mascaramento.

Como principal contribuição científica, este estudo propõe o Framework do Ecossistema de Acessibilidade Educacional, concebido como um modelo analítico que integra evidências científicas,

fundamentos pedagógicos, requisitos institucionais e princípios éticos para orientar a implementação de tecnologias assistivas digitais na educação básica. Diferentemente de abordagens centradas na escolha de recursos específicos, o framework evidencia que a efetividade das tecnologias assistivas resulta da articulação entre avaliação funcional, mediação pedagógica, integração curricular, formação docente, governança institucional e monitoramento contínuo, oferecendo um referencial para subsidiar decisões de gestores, professores e formuladores de políticas públicas.

Como limitações, este estudo utilizou corpus intencional e não exaustivo, com predomínio de revisões internacionais e poucos estudos brasileiros de larga escala. A heterogeneidade das tecnologias, dos participantes e dos desfechos impede concluir que um recurso seja eficaz para todos os estudantes autistas. Pesquisas futuras devem priorizar escolas públicas, diversidade regional, participação de pessoas autistas, análise de custo-efetividade, manutenção dos resultados e efeitos de longo prazo. Também são necessários estudos sobre inteligência artificial educacional, proteção de dados e vieses algorítmicos.

Conclui-se que as tecnologias assistivas digitais podem transformar a escolarização quando funcionam como pontes para a comunicação, o conhecimento, a autonomia e a convivência. Os resultados desta pesquisa demonstram que seu potencial inclusivo não reside na tecnologia em si, mas na forma como ela é integrada ao ecossistema educacional. A política adequada não consiste apenas em colocar uma tela diante do estudante, mas em construir um ecossistema de acessibilidade no qual recursos, pessoas, currículo e ambiente sejam organizados para remover barreiras. Assim, a inclusão deixa de ser compreendida como consequência da mera disponibilização de dispositivos tecnológicos e passa a ser entendida como resultado de uma organização pedagógica, institucional e social orientada pela acessibilidade, pela participação e pelo respeito à neurodiversidade. A inclusão efetiva ocorre quando o estudante autista consegue compreender, expressar-se, aprender, escolher, participar e pertencer à comunidade escolar em condições de dignidade e igualdade de oportunidades.

REFERÊNCIAS

BATISTA, D. M.; OLIVEIRA, A. R. P. de; SANTOS, P. F.; VALOIS, R. C.; FERREIRA, M. G. S. Tecnologias assistivas e educativas para crianças com transtorno do espectro autista: um estudo bibliométrico. Cogitare Enfermagem, Curitiba, v. 29, e96914, 2024. DOI: 10.1590/ce.v29i0.96914.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, 1988.

BRASIL. Decreto nº 12.686, de 20 de outubro de 2025. Institui a Política Nacional de Educação Especial Inclusiva e a Rede Nacional de Educação Especial Inclusiva, com redação dada pelo Decreto nº 12.773, de 8 de dezembro de 2025. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 2025.

BRASIL. Lei nº 12.764, de 27 de dezembro de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção dos Direitos da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 28 dez. 2012.

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. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 23 dez. 1996.

HORGAN, F.; KENNY, N.; FLYNN, P. A systematic review of the experiences of autistic young people enrolled in mainstream second-level (post-primary) schools. Autism, London, v. 27, n. 2, p. 526-538, 2023. DOI: 10.1177/13623613221105089.

HUME, K. *et al.* Evidence-based practices for children, youth, and young adults with autism: third generation review. Journal of Autism and Developmental Disorders, New York, v. 51, p. 4013-4032, 2021. DOI: 10.1007/s10803-020-04844-2.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). Censo Escolar da Educação Básica 2025: apresentação coletiva. Brasília, DF: Inep, 2026.

KLAVINA, A. *et al.* The use of assistive technology to promote practical skills in persons with autism spectrum disorder and intellectual disabilities: a systematic review. Digital Health, London, v. 10, p. 1-23, 2024. DOI: 10.1177/20552076241281260.

MONTENEGRO, A. C.; LEITE, G. A.; FRANCO, N. M.; SANTOS, D. D.; PEREIRA, J. E.; XAVIER, I. A. Contribuições da comunicação alternativa no desenvolvimento da comunicação de criança com transtorno do espectro do autismo. Audiology - Communication Research, São Paulo, v. 26, e2442, 2021. DOI: 10.1590/2317-6431-2020-2442.

NUNES, D. R. P.; BARBOSA, J. P. S.; NUNES, L. R. P. Comunicação alternativa para alunos com autismo na escola: uma revisão da literatura. Revista Brasileira de Educação Especial, Bauru, v. 27, e0212, p. 655-672, 2021. DOI: 10.1590/1980-54702021v27e0212.

TODOS PELA EDUCAÇÃO. Anuário Brasileiro da Educação Básica 2025: educação inclusiva. São Paulo: Todos Pela Educação, 2025.

WHITE, E. N. *et al.* Augmentative and alternative communication and speech production for individuals with ASD: a systematic review. Journal of Autism and Developmental Disorders, New York, v. 51, p. 4199-4212, 2021. DOI: 10.1007/s10803-021-04868-2.

YANG, X. *et al.* Effectiveness of virtual reality technology interventions in improving the social skills of children and adolescents with autism: systematic review. Journal of Medical Internet Research, Toronto, v. 27, e60845, 2025. DOI: 10.2196/60845.