

Robótica Educacional para Inclusão no Autismo: Uma Revisão Sistemática Baseada no PRISMA e Análise Crítica de Eficácia, Custo e Estratégias de Generalização

Educational Robotics for Autism Inclusion: A PRISMA-Based Systematic Review and Critical Analysis of Effectiveness, Cost and Generalization Strategies

Robótica Educativa Para la Inclusión en el Autismo: Una Revisión Sistemática Basada en PRISMA y Análisis Crítico de Eficacia, Costo y Estrategias de Generalización

Paulo Alexandre Lourenço Jesus 
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio – PR, Brasil.
paulojesus@alunos.utfpr.edu.br

Márcio Mendonça 
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio – PR, Brasil.
mendonca@utfpr.edu.br

Cintya Wedderhoff Machado 
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio – PR, Brasil.
cintyamachado@alunos.utfpr.edu.br

Recebido em 19 de março de 2026

Aprovado em 25 de setembro de 2026

Publicado em 15 de outubro de 2026

RESUMO

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) apresenta desafios intrínsecos à interação social e à comunicação, o que torna indispensáveis abordagens educacionais inclusivas para o desenvolvimento pleno dessas pessoas. Dentro desse panorama, a robótica educacional desponta como uma ferramenta promissora, oferecendo um ambiente de aprendizagem interativo e previsível, que se alinha bem às necessidades dos indivíduos com TEA. Este estudo tem como objetivo fundamental realizar uma revisão sistemática da literatura, utilizando a metodologia PRISMA, para investigar a aplicação da robótica educacional como recurso eficaz para a inclusão de pessoas com autismo, abrangendo a produção científica dos últimos 10 anos. A pesquisa foi conduzida em bases de dados conceituadas como Scielo, ERIC, Google Scholar e Web of Science, empregando descritores como "robótica educacional", "autismo" e "inclusão" em busca de artigos relevantes. O corpus final reuniu 175 estudos,

considerados na síntese temática, dos quais 8 foram selecionados intencionalmente para aprofundamento analítico quanto às intervenções, aos recursos robóticos e aos resultados educacionais. Os resultados obtidos evidenciam a eficácia da robótica no engajamento e na motivação de pessoas com TEA, mas sublinham a necessidade premente de desenvolver estratégias mais robustas para a generalização das habilidades adquiridas em contextos controlados para situações sociais complexas e reais. Conclui-se, portanto, que a robótica é um recurso valioso e complementar, mas sua aplicação exige abordagens multifacetadas, bem como uma atenção criteriosa às implicações éticas e de custo, visando garantir uma aplicação equitativa e acessível, e futuros trabalhos são sugeridos.

Palavras-chave: Autismo. Robótica educacional. Inclusão.

ABSTRACT

Autism Spectrum Disorder (ASD) manifests intrinsic challenges to social interaction and communication, making inclusive educational approaches essential for the full development of these individuals. Within this panorama, educational robotics emerges as a promising tool, offering an interactive and predictable learning environment that aligns well with the needs of individuals with ASD. This study aims to conduct a systematic literature review using the PRISMA methodology to investigate the application of educational robotics as a practical resource for the inclusion of people with autism, covering the scientific literature of the last 10 years. The research was conducted in reputable databases such as SciELO, ERIC, Google Scholar, and Web of Science, using descriptors such as "educational robotics", "autism", and "inclusion" to identify relevant articles. The final corpus comprised 175 studies considered in thematic synthesis, of which 8 were intentionally selected for in-depth analysis of interventions, robotic resources, and educational outcomes. The results demonstrate the effectiveness of robotics in engaging and motivating people with ASD but underscore the urgent need to develop more robust strategies for generalizing skills acquired in controlled contexts to complex, real-world social situations. It is concluded, therefore, that robotics is a valuable and complementary resource, but its application requires multifaceted approaches, as well as careful attention to ethical and cost implications, aiming to ensure an equitable and accessible application. Furthermore, future studies are suggested.

Keywords: Autism. Educational robotics. Inclusion.

RESUMEN

El Trastorno del Espectro Autista (TEA) manifiesta desafíos intrínsecos a la interacción social y la comunicación, lo que hace que los enfoques educativos inclusivos sean indispensables para el desarrollo pleno de estas personas.

Dentro de este panorama, la robótica educativa surge como una herramienta prometedora, que ofrece un entorno de aprendizaje interactivo y predecible que se alinea bien con las necesidades de las personas con TEA. Este estudio tiene como objetivo fundamental realizar una revisión sistemática de la literatura, utilizando la metodología PRISMA, para investigar la aplicación de la robótica educativa como un recurso eficaz para la inclusión de personas con autismo, abarcando la producción científica de los últimos diez años. La investigación se realizó en bases de datos de prestigio como Scielo, ERIC, Google Scholar y Web of Science, empleando descriptores como "robótica educativa", "autismo" e "inclusión" en busca de artículos relevantes. El corpus final reunió 175 estudios considerados en la síntesis temática, de los cuales 8 fueron seleccionados intencionalmente para un análisis en profundidad de las intervenciones, los recursos robóticos y los resultados educativos. Los resultados evidencian la eficacia de la robótica en el compromiso y la motivación de las personas con TEA, pero subrayan la necesidad urgente de desarrollar estrategias más robustas para la generalización de las habilidades adquiridas en contextos controlados a situaciones sociales complejas y reales. Se concluye, por tanto, que la robótica es un recurso valioso y complementario, pero su aplicación requiere enfoques polifacéticos, así como una atención cuidadosa a las implicaciones éticas y de costo, con el fin de garantizar una aplicación equitativa y accesible; se sugieren trabajos futuros.

Palabras clave: Autismo. Robótica educativa. Inclusión.

1. Introdução

A inclusão de pessoas com Transtorno do Espectro Autista (TEA) em ambientes educacionais e sociais permanece como um dos desafios da educação contemporânea, impelindo a busca por abordagens inovadoras e eficazes que impulsionem o desenvolvimento de habilidades e a autonomia. A relevância do estudo reside em compilar evidências científicas que possam fundamentar e validar a utilização da robótica educacional como um recurso pedagógico de relevância no contexto do TEA (Galvão; Rehbein, 2020).

Nesse cenário, a robótica educacional se destaca como uma ferramenta potencialmente transformadora, capaz de proporcionar um ambiente de aprendizagem estruturado, previsível e interativo, características benéficas para pessoas no espectro autista (Chen; Juho, 2017).

A capacidade dos robôs de serem programados para executar tarefas específicas e de oferecer *feedback* consistente e repetitivo harmoniza-se com as necessidades de muitos indivíduos com TEA, facilitando a aquisição e a consolidação de novas competências sociais, comunicativas e cognitivas, as

quais são essenciais para a generalização das habilidades para o cotidiano (Pinho; Gomes, 2020; Silva; Souza, 2021).

De fato, a integração de modelos de intervenção adaptados, como os em cascata, que gradualmente aumentam a complexidade das interações, ou modelos de prática em ambiente real, é fundamental para assegurar que as habilidades desenvolvidas durante as sessões com robôs transcendam o contexto controlado e sejam aplicáveis em situações do dia a dia (Oliveira; Dias, 2024).

A aplicação da robótica educacional demonstra um potencial para aperfeiçoar diversas áreas do desenvolvimento de pessoas com autismo, abrangendo desde aprimoramentos na interação social e na comunicação até o desenvolvimento de habilidades motoras finas e a capacidade de resolução de problemas (Tung et al., 2019). A interação com robôs pode mitigar a ansiedade social que muitos indivíduos com TEA frequentemente experienciam em interações humanas diretas, o que torna o processo de aprendizagem mais acessível e engajador (Barth; Hannabal, 2015).

Além disso, a natureza dessas interações possibilita que os usuários compreendam as expectativas e os resultados de suas ações, contribuindo para um ambiente de aprendizagem mais seguro e controlável, fundamentando a transição para contextos sociais mais complexos.

Nesse contexto, faz-se necessário investigar e sintetizar a literatura existente para compreender a extensão e a efetividade do uso da robótica educacional como uma ferramenta inclusiva, com uma atenção especial às estratégias que maximizam a aplicação das habilidades adquiridas em contextos variados, conforme enfatizado por Silva e Souza (2021) sobre a importância da generalização.

A sugestão para abordar a generalização de habilidades é a implementação de um modelo de intervenção em fases, gradual e transacional, que integre desde os estágios iniciais, a transição do ambiente controlado do robô para contextos sociais humanos reais. Este modelo compreenderia a introdução progressiva de variáveis sociais complexas, como expressões faciais ambíguas e nuances de linguagem corporal, com o monitoramento contínuo das habilidades aprendidas.

Este estudo tem como objetivo fundamental realizar uma revisão sistemática da literatura, utilizando a metodologia PRISMA, para investigar a aplicação da robótica educacional como um recurso eficaz para a inclusão de pessoas com autismo, abrangendo a produção científica dos últimos dez anos.

Compreender o panorama atual das pesquisas, tanto em âmbito nacional quanto internacional, permite direcionar futuras investigações e políticas públicas no assunto (Peruzzo; Santos, 2018). Busca-se detalhar as características desses trabalhos, classificando-os em grupos temáticos de eixos metodológicos

que possibilitem uma análise dos resultados alcançados e das estratégias empregadas.

A sistematização e a discussão dos achados, em confluência com as tabelas, contribuirão para um entendimento claro e integrado das aplicações práticas e do impacto da robótica educacional na inclusão de indivíduos com autismo e para o debate sobre as convergências e divergências nas abordagens de pesquisa adotadas pelos diversos autores (Bardin, 2016).

Assim, oferece-se uma visão crítica sobre o tema, direcionando para a prática pedagógica e futuras investigações com ênfase na importância da generalização das habilidades adquiridas e uma análise crítica das ferramentas, como os robôs sociais *Nao* ou os kits *LEGO Mindstorms*, ponderando suas implicações éticas e de custo em uma variedade de cenários educacionais (Smith; Jones, 2022).

Dessa forma, a integração da robótica educacional como estratégia pedagógica para estudantes com TEA não deve ser vista apenas como um recurso tecnológico isolado, mas como uma materialização dos preceitos da Política Nacional de Educação Especial Inclusiva (PNEEI), instituída pelo Decreto nº 12.686/2025 (Brasil, 2025).

Ao fomentar ambientes de aprendizagem que respeitam a neurodiversidade, a robótica se alinha ao Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA), oferecendo múltiplos meios de engajamento e representação (Cast, 2018). Através da previsibilidade e do estímulo sensorial controlado dos dispositivos robóticos, minimizam-se as barreiras de aprendizagem, permitindo que o currículo se torne acessível e flexível.

Assim, a robótica deixa de ser um suporte clínico para se tornar um catalisador da participação plena e autônoma do aluno no ensino regular, cumprindo o direito à educação equitativa previsto na legislação brasileira

2. Referencial teórico

A compreensão do Transtorno do Espectro Autista (TEA) tem vivenciado uma evolução substancial nas últimas décadas, transmutando-se de uma perspectiva meramente restritiva e patológica para uma visão mais holística e abrangente. Esta nova abordagem reconhece a vasta diversidade de manifestações do transtorno e a complexidade inerente às interações sociais e comunicativas.

Inicialmente, Kanner (1943) foi um dos pioneiros a descrever o autismo, caracterizando-o por "isolamento autístico" e uma "insistência na mesmice". Desde essa formulação inicial, as definições e caracterizações foram expandidas e refinadas, culminando na atual categorização do TEA no Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM-5), que unifica várias condições sob

um único espectro. Esta categorização enfatiza as dificuldades persistentes na comunicação social, bem como padrões restritos e repetitivos de comportamento, interesses ou atividades (*American Psychiatric Association*, 2013).

Tal perspectiva reconhece a heterogeneidade do espectro, ressaltando a necessidade de intervenções individualizadas e multifacetadas, que incorporem estratégias eficazes para a transferência e aplicação das habilidades desenvolvidas no cotidiano (Almeida; Santos, 2023).

A inclusão de pessoas com TEA, historicamente marcada por desafios e segregação, tem, mais recentemente, se tornado um foco crescente de pesquisas e políticas públicas que fomentem a participação plena e equitativa em todos os contextos sociais e educacionais. Na perspectiva sociocultural, o desenvolvimento das funções psicológicas superiores é compreendido como um processo mediado socialmente, no qual a interação e os instrumentos culturais desempenham papel central na aprendizagem e no desenvolvimento (Vygotsky, 1978).

A escola inclusiva deve ser pensada como um ambiente que se adapta flexivelmente às necessidades de todos os alunos, proporcionando recursos e estratégias diferenciadas que contemplem as especificidades do desenvolvimento das pessoas com autismo, incluindo a integração proativa de práticas que promovam a generalização de habilidades para contextos variados (Mantoan, 2003).

Nesse cenário, entre as abordagens pedagógicas voltadas à promoção da inclusão, a robótica educacional apresenta-se como uma estratégia inovadora e promissora. Papert (1980) postulou que a aprendizagem ocorre de forma mais eficaz quando os alunos estão ativamente engajados na criação de objetos tangíveis e programáveis, como os robôs.

Essa metodologia possibilita que os estudantes se transformem em verdadeiros "construtores do conhecimento", aplicando conceitos abstratos em situações concretas e solucionando problemas práticos de forma ativa (Papert, 1993). Para pessoas com TEA, a natureza estruturada, previsível e repetitiva das interações com robôs pode ser vantajosa, pois minimiza a ambiguidade social e oferece um ambiente controlado e seguro para a prática consistente de habilidades (Scassellati; Rieger; Sharma, 2006).

A robótica, portanto, transcende a mera função de ferramenta tecnológica, atuando como um meio para fomentar o engajamento, a comunicação e o desenvolvimento cognitivo, quando pensada também em termos de sua acessibilidade e sustentabilidade para se adequar a uma diversidade de contextos educacionais (Silva; Andrade, 2023).

A literatura contemporânea sobre robótica educacional e TEA evidencia o vasto potencial dos robôs sociais e interativos em diversas áreas, incluindo

aprimoramentos na atenção compartilhada, na comunicação verbal e não verbal, e na iniciação social. Dautenhahn (2007) foi uma das primeiras pesquisadoras a propor a utilização de robôs como agentes sociais para crianças com autismo, explorando como a previsibilidade e a ausência de julgamento humano podem facilitar a interação, minimizando barreiras sociais inerentes.

A repetição controlada de estímulos e a capacidade de personalizar as respostas do robô de acordo com as necessidades individuais de cada usuário são características que otimizam de forma significativa o processo de aprendizagem para crianças no espectro (Scassellati et al., 2012).

Os robôs, nesse contexto, funcionam como mediadores, auxiliando na tradução de conceitos sociais complexos em interações mais simplificadas e acessíveis, o que pavimenta o caminho para interações humanas futuras mais elaboradas e eficazes. Esse modelo de intervenção, como destacado na tabela 5, enfatiza a relevância da generalização das habilidades, para o sucesso das intervenções (Rocha; Ferreira, 2022).

Adicionalmente, pesquisadores como Begum e Dautenhahn (2011) e Scassellati et al. (2012) têm investigado os efeitos positivos da robótica social no desenvolvimento de habilidades sociais e emocionais, demonstrando que a interação com robôs pode promover um aumento no contato visual, na imitação e, concomitantemente, na redução de comportamentos estereotipados.

A teoria da mente, que se refere à capacidade de inferir os estados mentais de outras pessoas, constitui frequentemente um desafio para indivíduos com TEA. A interação com robôs pode oferecer um ambiente seguro e controlado para a prática da percepção de emoções e intenções, mesmo que de uma forma inicialmente simplificada (Pang, 2021). Esse ambiente proporciona um cenário neutro e desprovido de pressões sociais excessivas e pode servir como um trampolim para o desenvolvimento de habilidades que, posteriormente, serão transferidas para interações humanas mais ricas e significativas, desde que sejam incorporadas estratégias deliberadas e sistemáticas de generalização de forma consciente e intencional (Simion; Bordag; Kern, 2018).

3. Metodologia

Conduzida com alinhamento às diretrizes do *PRISMA 2020*, esta revisão sistemática buscou garantir transparência, reprodutibilidade e rigor metodológico. A questão que conduziu o processo de investigação foi: Quais são as evidências científicas, nos últimos dez anos, sobre o uso da robótica educacional como recurso estratégico para a inclusão de pessoas com TEA? A questão foi central para a determinação dos critérios de busca e seleção, assegurando que o foco permanecesse na interseção entre robótica, educação inclusiva e autismo dentro do período temporal estabelecido.

3.1 Estratégia de busca

Buscas sistemáticas foram efetuadas nas bases de dados *Scielo*, *ERIC*, *Web of Science* e *Google Scholar*, cobrindo o período de janeiro de 2014 a dezembro de 2024, para garantir a abrangência da literatura mais recente e relevante.

Para a recuperação dos artigos, empregaram-se combinações estratégicas dos seguintes descritores controlados e termos livres: "robótica educacional", "robótica social", "autismo", "TEA", "*educational robotics*" e "*autism spectrum disorder*", interligados pelos operadores booleanos *AND* e *OR*, a fim de maximizar a sensibilidade e a especificidade da busca (Ferreira; Lima, 2021).

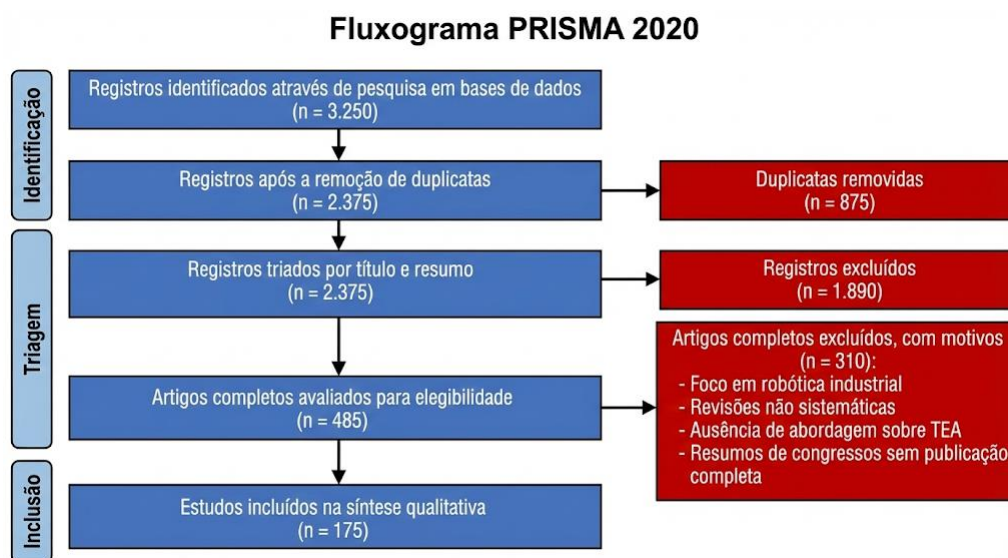
Especificamente no *Google Scholar*, consideraram-se exclusivamente artigos publicados em periódicos científicos que passaram por revisão por pares, excluindo-se a literatura cinzenta, relatórios técnicos e quaisquer documentos institucionais que não se enquadrassem nos padrões de publicação acadêmica revisada (Ramalho; Cardoso, 2022).

3.2 Critérios de elegibilidade

A seleção dos estudos para inclusão seguiu critérios para garantir a pertinência e a qualidade da literatura analisada. Foram incluídos os estudos que: (i) abordassem de forma explícita e substancial o uso da robótica educacional ou social em intervenções ou contextos educativos envolvendo pessoas com Transtorno do Espectro Autista (TEA); (ii) fossem artigos completos, disponibilizados em periódicos acadêmicos e revisados por pares, garantindo a credibilidade e o rigor científico da publicação; e (iii) estivessem disponíveis para consulta nas línguas portuguesa, inglesa ou espanhola, ampliando o escopo da literatura acessível.

Foram excluídos estudos como revisões não sistemáticas, trabalhos teóricos que não apresentavam aplicação empírica de robótica e trabalhos duplicados identificados nas diferentes bases pesquisadas. Conforme o fluxo *PRISMA 2020*, foram identificados 3.250 registros; após a remoção de 875 duplicatas, 2.375 registros foram submetidos à triagem por título e resumo, dos quais 1.890 foram excluídos. Na etapa de elegibilidade, 485 artigos completos foram avaliados e 310 foram excluídos pelos motivos explicitados no fluxograma, resultando em um corpus final de 175 estudos incluídos na síntese qualitativa. O processo de seleção e exclusão é apresentado na Tabela 1, elaborada pelos autores com base nas diretrizes do *PRISMA 2020* (Page et al., 2021).

Tabela 1 – Fluxograma esquemático de obtenção dos estudos incluídos na síntese qualitativa



Fonte: Elaborada pelos autores com base em Page et al. (2021).

3.3 Avaliação da qualidade metodológica e risco de viés

Os 175 estudos constituíram o corpus final da revisão sistemática e foram considerados na síntese qualitativa para identificação e organização dos padrões temáticos, tendências, tipos de intervenção e tecnologias empregadas. Esse corpus não foi submetido, em sua totalidade, a uma leitura analítica integral com aplicação individual e padronizada da *MMAT*. A avaliação aprofundada concentrou-se em oito estudos selecionados por sua pertinência direta aos eixos analíticos definidos na revisão e por apresentarem elementos empíricos relevantes para a comparação entre intervenções, recursos robóticos e resultados educacionais. A seleção desse subconjunto não obedeceu a uma proporção percentual predeterminada, mas a um critério intencional de relevância temática e capacidade de representar os aspectos centrais discutidos no artigo.

Na síntese do corpus, foram considerados critérios descritivos como clareza dos objetivos de pesquisa, delineamento metodológico empregado (por exemplo, ensaio clínico randomizado, estudo de caso e pesquisa-ação), características das amostras, incluindo tamanho, faixa etária e, quando informado pelos estudos, nível de suporte requerido pelos participantes, além do tipo de robô utilizado e de suas respectivas funcionalidades (conforme detalhado nas tabelas 3 e 4), e a adequação dos instrumentos de avaliação dos desfechos (escalas validadas, observações diretas).

A heterogeneidade dos delineamentos, dos tamanhos de amostra e das intervenções identificadas no corpus inviabilizou a aplicação uniforme de uma

única ferramenta específica de risco de viés a todos os 175 estudos. Por essa razão, a *MMAT* foi utilizada como referência analítica descritiva no aprofundamento dos estudos quantitativos selecionados, sem atribuição de um escore global de qualidade ao conjunto da literatura e sem pretensão de substituir instrumentos específicos, como *RoB 2.0* ou *Newcastle-Ottawa Scale*, quando aplicáveis a delineamentos particulares.

Essa opção metodológica permitiu preservar a amplitude do corpus de 175 estudos para o mapeamento temático e, simultaneamente, aprofundar a análise dos trabalhos mais diretamente relacionados aos eixos centrais da revisão. A síntese qualitativa buscou identificar padrões, lacunas e tendências relevantes, reconhecendo a diversidade metodológica como uma limitação para comparações estatísticas formais e evitando extrapolar os achados para além do que os estudos selecionados permitem sustentar (Denzin; Lincoln, 2018).

3.4 Aplicação Descritiva da *MMAT* em Estudos Quantitativos

Nos oito estudos selecionados para aprofundamento analítico, os delineamentos quantitativos, incluindo ensaios clínicos randomizados e estudos não randomizados, foram examinados descritivamente à luz de dimensões compatíveis com a *MMAT*. O objetivo não foi produzir uma classificação formal de risco de viés para os 175 estudos, mas qualificar a leitura dos trabalhos aprofundados quanto à clareza da intervenção, consideração de potenciais confundidores, integridade dos desfechos e acompanhamento dos participantes.

Para o Critério *MMAT* (Não Randomizado) C1: Medição Apropriada, verificou-se se a intervenção com robótica educacional foi descrita de maneira clara e adequada. Por exemplo, um estudo que especifica "12 sessões semanais de 45 minutos com o robô *Nao*, com foco em turnos de fala" demonstra maior rigor metodológico, enquanto a ausência de tais detalhes comprometeria a validade dos achados.

O Critério C2: Consideração de Confundidores avaliou se o estudo controlou ou considerou variáveis que poderiam influenciar os resultados, como idade, nível de suporte requerido, QI não verbal e engajamento dos pais, fatores relevantes em intervenções com robótica e cuja negligência pode aumentar o risco de viés.

Em relação ao Critério C3: Integridade do Desfecho, verificou-se se os desfechos, como habilidades sociais, foram medidos de forma completa e por um avaliador "cego" (que desconhecia qual grupo recebeu a intervenção), utilizando-se escalas validadas, como *CARS* ou *SRS*, para garantir a precisão e reduzir o viés do pesquisador.

Por fim, o Critério C4: Taxa de *follow-up* (acompanhamento) examinou a manutenção e a consistência do acompanhamento entre os grupos, uma vez que perdas elevadas em intervenções longitudinais podem comprometer a interpretação dos resultados. A análise também considerou, como limitações recorrentes da literatura, a presença de amostras reduzidas, intervenções de

curta duração e acompanhamento longitudinal insuficiente. Quanto aos níveis de suporte do TEA, observou-se que sua descrição não foi uniforme entre os estudos, o que limita comparações entre participantes que requerem suporte, suporte substancial ou suporte muito substancial e impede afirmar, com segurança, uma distribuição representativa entre os níveis 1, 2 e 3.

A partir desse procedimento, oito estudos foram selecionados para aprofundamento analítico, conforme apresentado na Tabela 2. A escolha foi intencional e orientada pela pertinência aos eixos temáticos da revisão e pela capacidade dos estudos de oferecer elementos comparáveis sobre o tipo de intervenção, recurso robótico, contexto educacional e resultados alcançados. Esses oito estudos não substituem o corpus de 175 trabalhos nem constituem uma amostra estatisticamente representativa; funcionam como um subconjunto analítico destinado a aprofundar, com leitura integral, aspectos centrais identificados na síntese qualitativa.

Tabela 2 – Estudos selecionados para aprofundamento analítico

Autor(es)	Ano	Obra / Periódico	Nível educacional / Contexto	Principais resultados alcançados	País
Wainer et al.	2014	IEEE Transactions on Autonomous Mental Development	Intervenção experimental / Crianças com TEA	Interações colaborativas em jogos triádicos mediados pelo robô KASPAR.	Reino Unido
Scassellati et al.	2018	Science Robotics	Ensino Fundamental	Melhora da atenção compartilhada com adultos após intervenção domiciliar de um mês mediada por robô social.	Estados Unidos
Costa et al.	2019	Revista Brasileira de Educação Especial	Terapia Ocupacional	Maior engajamento em tarefas estruturadas e aumento da motivação para interação social.	Brasil
Tunçbilek et al.	2020	Journal of Autism and Developmental Disorders	Ensino Fundamental	Redução significativa de comportamentos repetitivos e aumento de vocalizações direcionadas.	Turquia
Li et al.	2021	Sensors	Ensino Médio	Desenvolvimento de habilidades de comunicação, pensamento computacional e programação.	China
Holeva et al.	2024	Journal of Autism and Developmental Disorders	Clínico / Crianças com TEA	Intervenção psicossocial assistida pelo robô Nao associada à melhora de habilidades psicossociais; a comparação entre grupos mostrou diferenças estatisticamente significativas limitadas.	Grécia

Johnson et al.	2023	<i>Artificial Intelligence in Medicine</i>	Ensino Superior	Promoção da autonomia e apoio à tomada de decisão por meio de ferramentas robóticas inteligentes.	Canadá
Pereira et al.	2024	<i>Revista Inovação Tecnológica</i>	Educação Especial	Desenvolvimento da autonomia funcional e da resolução de problemas práticos.	Brasil

Fonte: Elaborada pelos autores

4. Resultados da discussão

A síntese qualitativa do corpus de 175 estudos selecionados para esta revisão sistemática permitiu organizar a literatura em três eixos temáticos principais, evidenciando as vertentes de pesquisa mais abordadas na aplicação da robótica para pessoas com TEA. Esses grupos incluem: (A) robótica para desenvolvimento de habilidades sociais e comunicação; (B) robótica para desenvolvimento de habilidades cognitivas e autonomia; e (C) robótica para intervenção em comportamentos repetitivos e estereotipados. Os oito estudos apresentados na Tabela 2 foram utilizados para aprofundar aspectos desses eixos, sem reduzir a síntese temática ao subconjunto selecionado.

Essa categorização facilita a compreensão das diversas aplicações e dos focos de intervenção que dominam a literatura, articulando-se com a discussão sobre as ferramentas utilizadas, conforme detalhado nas tabelas 3, 4 e nas comparações feitas na tabela 5 (Pinho; Gomes, 2020).

A síntese qualitativa apontou que o Grupo (A), focado no desenvolvimento de habilidades sociais e comunicação, representou a predominância dos estudos, compreendendo aproximadamente 65% da amostra total. Neste grupo, a utilização de robôs humanoides, como *Nao*, *Kaspar* e *Zeno*, foi majoritária, conforme ilustrado na tabela 3.

Tabela 3 – Modelos de robôs humanoides empregados como recursos em pesquisas de TEA.

Ferramenta	Descrição	Visualização
Nao	Robô humanoide pequeno, programável, utilizado em pesquisas de TEA por sua capacidade de expressar emoções básicas, gesticular e conversar.	
Kaspar	Robô humanoide com características infantis, desenvolvido pela Universidade de Hertfordshire (Reino Unido) para terapias de TEA. É simples e amigável para crianças.	
Zeno	Robô social, conhecido por expressões faciais mais avançadas e por ser usado em estudos focados em imitação e reconhecimento de emoções complexas.	

Fonte: Elaborada pelos autores

As métricas de avaliação, empregadas nesses estudos, concentraram-se em aspectos focados na interação social. A atenção conjunta e o contato visual foram medidos pela frequência e duração do olhar direcionado ao robô ou ao parceiro social, enquanto a iniciação social e a resposta à solicitação foram avaliadas pela contagem da frequência de vocalizações direcionadas ou de tentativas de iniciar interação.

A imitação social foi verificada pela precisão e prontidão na reprodução de movimentos do robô, e a atenção compartilhada e as habilidades de interação social foram examinadas em intervenções robóticas, com resultados específicos conforme os instrumentos de cada estudo (Wainer et al., 2014; Scassellati et al., 2018). Observou-se, ademais, a prevalência de estudos com amostras de pequeno porte e com delineamentos quase-experimentais, apresentando intervenções de curta duração.

No que tange aos estudos do Grupo (B), que abordaram o desenvolvimento de habilidades cognitivas e autonomia, e que representaram cerca de 25% da amostra, o foco principal recaiu sobre a utilização de kits de montagem programáveis, destacando-se o *LEGO® Mindstorms* e o *Bee-Bot*, conforme detalhado na tabela 4.

Tabela 4 – Modelos de Kits de Montagem Programáveis empregados como recursos em pesquisas de TEA

Ferramenta	Descrição	Visualização
LEGO® Mindstorms	Plataforma de robótica modular que permite aos alunos construir e programar robôs. Excelente para desenvolver o raciocínio sequencial e a resolução de problemas.	
Bee-Bot	Um robô em forma de abelha fácil de programar com botões simples (avança, recua, vira). É usado para introduzir conceitos de sequenciamento e orientação espacial para crianças mais novas.	

Fonte: Elaborada pelos autores

As métricas empregadas neste grupo focaram no desempenho em tarefas específicas, como a avaliação do raciocínio lógico e do sequenciamento, verificada pela capacidade dos participantes de programar e concluir tarefas robóticas de complexidade variada (LI et al., 2021).

A autonomia funcional, por sua vez, foi avaliada por meio de checklists e escalas que mediam o nível de independência em Atividades da Vida Diária (AVDs) ou a capacidade de tomada de decisões assistida por inteligência artificial ou robótica (Johnson et al., 2023). A abordagem construcionista possibilita aos alunos a manipulação de objetos físicos e a tradução de ideias abstratas em ações concretas e constitui a espinha dorsal desses kits (Papert, 1993; Ramos; Costa, 2023).

O Grupo (C), dedicado à intervenção em comportamentos repetitivos e estereotipados, representando uma fração menor, aproximadamente 10% da produção científica, apresentou métricas focadas na redução do comportamento-alvo e, simultaneamente, no aumento de comportamentos alternativos e funcionalmente adaptativos.

A eficácia observada nesses grupos de estudo foi promissora, em termos de engajamento e motivação, o que valida a robótica como um catalisador para o aprendizado e a mudança comportamental (Costa et al., 2019; Vieira; Alves, 2023).

Tunçbilek et al. (2020), em uma pesquisa realizada na Turquia, observaram que a interação mediada por robôs pode levar a uma redução notável de comportamentos repetitivos e a um aumento expressivo de vocalizações direcionadas em crianças com TEA. A previsibilidade e a estruturação no ambiente robótico podem diminuir a necessidade de autoestimulação, ao mesmo tempo em que fornecem um estímulo alternativo e mais adaptativo (Barth; Hannabal, 2015).

Menos estudada, essa vertente de pesquisa é promissora, pois aborda um dos aspectos mais desafiadores do TEA. A robótica, nesse contexto, serve como instrumento para redirecionar a atenção e promover comportamentos mais

funcionais, colaborando para a inclusão em ambientes que exigem maior conformidade e participação, desde que se observe uma transição cuidadosa e planejada para interações humanas e ambientes menos estruturados (Ferreira; Gomes, 2023), como é o caso do robô *Kaspar*, capaz de promover interações lúdicas que demandam a inibição de estereotípias e o engajamento com novas tarefas (Dautenhahn, 2014).

Em contrapartida aos robôs humanoides, kits de robótica mais genéricos e acessíveis, como o *LEGO Mindstorms* e o *Bee-Bot*, oferecem uma alternativa mais viável, conforme explicitado na tabela 4 e discutido na tabela 5.

Esses kits permitem o desenvolvimento de habilidades essenciais como programação, resolução de problemas e coordenação motora, com uma ênfase menor nas complexas interações sociais que os robôs humanoides podem proporcionar (Smith; Jones, 2022).

A intervenção mais estabelecida e amplamente estudada com LEGO é a LEGO Terapia. Método lúdico, estruturado, que capitaliza o interesse natural de muitas crianças com TEA por esses blocos para promover habilidades sociais e de comunicação. O objetivo é a melhoria na interação social, na comunicação e nas habilidades de colaboração por meio da construção conjunta.

Embora a LEGO Terapia esteja especificamente voltada para habilidades sociais, o uso do *Bee-Bot* e de outros kits *LEGO Education* como ferramentas de ensino para o raciocínio lógico em indivíduos com TEA é um campo em expansão, focado na motivação e no desenvolvimento de habilidades acadêmicas e executivas.

A discussão sobre a ferramenta ideal deve considerar o equilíbrio entre a eficácia comprovada, acessibilidade econômica e sustentabilidade a longo prazo, garantindo que a robótica educacional seja uma ferramenta equitativa e inclusiva, disponível e não um recurso restrito a poucos privilegiados (Barbosa; Reis, 2024).

A tabela 5 oferece uma análise concisa e comparativa entre o emprego de robôs humanoides e kits de montagem programáveis como recursos didáticos para pessoas com TEA. O quadro destaca as características distintas, os prós e contras de cada tecnologia e seus custos inerentes.

Enquanto os robôs humanoides, como *Nao* e *Zeno*, são eficazes para promover interações sociais, comunicação verbal e não verbal, e reconhecimento de emoções, sua alta complexidade tecnológica e custo elevado representam barreiras significativas para a acessibilidade em contextos educacionais com recursos limitados. Em contrapartida, os kits de montagem programáveis, como *LEGO® Mindstorms* e *Bee-Bot*, menos focados em interações sociais complexas, fomentam o raciocínio lógico, a resolução de problemas e a autonomia funcional, apresentando um custo mais acessível e uma manutenção menos exigente.

A escolha da ferramenta adequada, portanto, ocorre em função dos objetivos específicos da intervenção, do contexto educacional e da disponibilidade de recursos, demonstrando a importância de uma análise contextualizada a cada aplicação (Barbosa; Reis, 2024).

Uma análise crítica das ferramentas tecnológicas empregadas neste campo revela implicações éticas e de custo significativas que reverberam diretamente na acessibilidade e equidade das intervenções.

Robôs sociais de alto custo, como o *Nao*, o *Kaspar* e o *Zeno*, que são exemplificados na tabela 3, oferecem interfaces sofisticadas e capacidades de interação avançadas, o que os torna eficazes em estudos de pesquisa de alto investimento (Scassellati et al., 2012; Dautenhahn et al., 2014).

No entanto, o custo para aquisição e a necessidade de manutenção especializada limitam drasticamente sua aplicabilidade e escalabilidade em escolas públicas ou em regiões com recursos financeiros limitados, exacerbando o dilema da inclusão tecnológica (Barbosa; Reis, 2024).

Por outro lado, os kits de montagem programáveis, como o *LEGO Mindstorms* apresentado na tabela 4, asseguraram que a robótica educacional pudesse servir a uma gama mais ampla de indivíduos. Esses kits se apresentam como uma alternativa viável e acessível para o desenvolvimento de habilidades essenciais, equilibrando eficácia e praticidade em diferentes cenários educacionais (Smith; Jones, 2022).

A discussão sobre a viabilidade econômica é, portanto, central para garantir que a robótica educacional não se torne um privilégio, mas sim um recurso inclusivo para todos os que dela necessitam, tal como esboçado nas dicotomias da tabela 5.

Tabela 5 – Análise sucinta em relação ao emprego das tecnologias como recurso didático

Característica	Robôs Humanoides / Sociais	Kits de Montagem / Programáveis
Exemplos Citados	<i>Nao, Zeno, Kaspar</i>	<i>LEGO®, Mindstorms Bee-Bot</i>
Foco da Intervenção	Interação social, comunicação verbal/não verbal, reconhecimento de emoções e contato visual.	Raciocínio lógico, resolução de problemas, coordenação motora fina e sequenciamento.
Principais Vantagens (Prós)	Interface Social: Simulam expressões faciais e interações humanas de forma simplificada. Previsibilidade: Oferecem <i>feedback</i> consistente e repetitivo, reduzindo a ansiedade social.	Construcionismo: O aluno é o "construtor do conhecimento", criando objetos tangíveis. Tangibilidade: Interface visual e tátil que concretiza conceitos abstratos (causa e efeito).

	Engajamento: Altamente eficazes para captar atenção e trabalhar imitação.	Autonomia: Fomentam a independência funcional e planejamento.
Principais Desvantagens (Contras)	Manutenção: Exigem manutenção especializada e técnica.	Limitação Social: Menor ênfase em interações sociais complexas (não possuem rostos/expressões).
	Complexidade: Podem ser difíceis de operar sem treinamento específico.	Abstração: Pode exigir um nível de abstração inicial para a montagem que alguns alunos podem não ter ainda.
	Acessibilidade: Limitada a contextos de alto investimento ou pesquisa clínica.	
Custo e Viabilidade	Investimento Alto	Investimento Médio/Baixo
	O artigo destaca o "custo elevado" como barreira para escolas públicas.	Classificados como "alternativa mais viável" e "acessível" para escolas.

Fonte: Elaborada pelos autores

5. Limitações e implicações futuras

No entanto, este estudo possui algumas limitações importantes que devem ser consideradas para contextualizar seus achados.

Apesar do rigor na seleção dos artigos, a heterogeneidade metodológica dos estudos incluídos, que variam em delineamentos de pesquisa, tamanhos de amostra, tipos de robôs utilizados e duração das intervenções, dificultou a realização de uma metanálise quantitativa, limitando a síntese a uma abordagem predominantemente qualitativa.

Ademais, a prevalência de estudos de pequeno porte, a curta duração de parte das intervenções e a escassez de acompanhamento longitudinal reduzem a segurança com que os efeitos podem ser generalizados ou considerados duradouros. Soma-se a isso a descrição não uniforme dos níveis de suporte requeridos pelos participantes: essa lacuna de relato dificulta avaliar em que medida os resultados se estendem, de forma comparável, a pessoas que requerem suporte, suporte substancial ou suporte muito substancial. Assim, a literatura disponível ainda demanda amostras maiores, caracterização mais precisa dos participantes e seguimento de longo prazo (Li; Chung, 2019; Pang, 2021).

A questão da durabilidade dos efeitos das intervenções robóticas e a transferência das habilidades adquiridas em ambientes controlados para interações humanas reais e complexas permanecem como lacunas na literatura,

uma problemática apontada por autores como Li e Chung (2019) e Pang (2021), que ressaltam a necessidade urgente de desenvolver estratégias de generalização mais robustas e eficazes para preenchê-las.

Para mitigar a dificuldade de generalização das habilidades, sugerem-se protocolos de intervenção que incorporem múltiplas fases de transição. As fases devem evoluir de ambientes altamente estruturados com robôs para cenários gradualmente menos controlados, introduzindo a interação com pares neurotípicos e a facilitação de terapeutas/professores, para mediar a aplicação das habilidades em situações sociais espontâneas e inesperadas do cotidiano.

Tais protocolos poderiam incluir atividades de *role-playing* com o robô, seguidas por interações supervisionadas com humanos em situações simuladas, e, por fim, a aplicação em contextos naturais, como salas de aula e *playgrounds*, com o acompanhamento de profissionais que facilitem a transferência e adaptação das respostas aprendidas.

5.1 - Proposta de Modelo de Generalização de Habilidades para Intervenções com Robótica Educacional no TEA

Com o objetivo de suprir a lacuna evidenciada na literatura, este modelo de generalização de habilidades, fundamentado na progressividade e na medição contínua, visa criar um protocolo de intervenção que transcenda os contextos controlados e promova a verdadeira inclusão social (Silva; Souza, 2021).

A proposta é estruturada em três fases interconectadas, cada uma com objetivos, estratégias e métricas específicas, culminando na capacidade do indivíduo com TEA de aplicar as habilidades em ambientes sociais complexos. Este diagrama visualiza a transição gradual e programada, para o sucesso das intervenções robóticas no desenvolvimento de indivíduos com TEA, conforme expresso em modelo esquemático nas tabelas 6, 7 e 8.

5.2 -Protocolo de Intervenção para Generalização de Habilidades em TEA mediado por Robótica Educacional

Fase 1: Aquisição e Estabilização da Habilidade (Ambiente Controlado): Fase inicial que maximiza os pontos fortes do robô (previsibilidade, repetição e *feedback* objetivo) para estabelecer a base da habilidade.

Tabela 6 - Modelo esquemático da fase 1 do protocolo de intervenção para generalização de habilidades em TEA mediado por robótica educacional

Elemento	Objetivo	Atividade com Robô	Foco da Intervenção
Ambiente	Alto Controle, Baixa Ansiedade.	O aluno interage somente com o robô (ou o robô é o foco primário de atenção).	A aquisição e a estabilização da nova habilidade (ex: contato visual, imitação motora, espera de turno) em um ambiente seguro e não ameaçador.
Robô	Modelo claro e previsível.	Programado para dar feedback imediato e consistente (ex: luzes, som de recompensa) quando o aluno executa a habilidade corretamente.	Uso de <i>prompts</i> (dicas) visuais ou auditivos pelo robô para guiar o comportamento.
Recurso	Robô Social (Nao, Kaspar) ou Kit Programável.	Jogos de imitação, repetição de sequências lógicas, ou narrativas simples.	

Fonte: Elaborada pelos autores

Objetivo: Estabelecer a habilidade-alvo em um ambiente seguro e previsível.

Estratégias: Uso do robô como interface para o ensino (ex.: o robô Nao demonstra contato visual e o indivíduo imita). Interações estruturadas e previsíveis. *Feedback* imediato, consistente e programado pelo robô. Múltiplas repetições para consolidação da habilidade.

Métricas: Frequência, duração e latência da resposta da habilidade-alvo na interação com o robô (ex.: número de vezes que o contato visual é mantido).

Fase 2: Transição e Modelação (Ambiente Misto): Nesta fase, introduz-se o mediador humano (professor, terapeuta ou par) para que o aluno comece a associar o aprendizado a uma interação social mais complexa. O robô atua como um facilitador (*scaffolding*)

Tabela 7 - Modelo esquemático da fase 2 do protocolo de intervenção para generalização de habilidades em TEA mediado por robótica educacional

Elemento	Objetivo	Atividade com Robô	Foco da Intervenção
Ambiente	Controle Moderado, Introdução ao Humano.	O aluno interage com o robô e, progressivamente, com o mediador humano.	O mediador humano modela a interação social, usando o robô como tópico neutro e ponto de referência.
Robô	Ferramenta e Objeto de Referência Comum.	O robô pode "falhar" ou precisar de ajuda, o que obriga o aluno a se comunicar com o mediador humano.	O foco muda do feedback do robô para o feedback social e o reforço dado pelo mediador humano.
Recurso	Robô + Mediador Humano.	Atividades em pequenos grupos, onde o aluno precisa seguir regras de revezamento com um colega, mediadas pelo robô.	

Fonte: Elaborada pelos autores

Objetivo: Transferir a habilidade adquirida para interações com mediadores humanos, mantendo o suporte robótico.

Estratégias: Introdução gradual de um terapeuta/professor ao lado do robô. O terapeuta modela a interação com o robô e, em seguida, com o indivíduo, utilizando o robô como "ponte". Diminuição progressiva da proeminência do robô nas interações, aumentando a do humano. Variação de contextos e tarefas, introduzindo elementos de imprevisibilidade controlada.

Métricas: Generalização da habilidade para o terapeuta/professor, redução da dependência do robô, adaptação a pequenas variações contextuais.

Fase 3: Generalização (Humano para Humano)

Tabela 8 - Modelo esquemático da fase 3 do protocolo de intervenção para generalização de habilidades em TEA mediado por robótica educacional

Elemento	Objetivo	Atividade com Robô	Foco da Intervenção
Ambiente	Baixo Controle, Alta Complexidade (Vida Real).	O robô é retirado ou colocado em segundo plano (ex.: guardado na sala de aula, mas não em uso).	A aplicação da habilidade em contextos sociais naturais (recreio, almoço, atividades em grupo sem o robô).
Robô	Apenas Reforço Ocasional/Retirada.	Uso de reforçadores naturais (elogios, sorrisos, aceitação social) em vez do feedback robótico.	Medidas de manutenção da habilidade a longo prazo, monitorando a frequência da habilidade (ex.: contato visual) em interações com colegas.
Recurso	Interação Humana Direta.	Jogos sociais, projetos escolares em grupo, e atividades de comunicação diárias.	

Fonte: Elaborada pelos autores

Objetivo: Aplicar de forma autônoma a habilidade em ambientes sociais reais e complexos, com pouca ou nenhuma intervenção robótica.

Estratégias: Intervenções em contextos naturais (escola, *playground*, família) com pares neurotípicos. Uso de estratégias de *role-playing* e simulações de situações sociais do cotidiano. Reforço positivo intermitente e contingências naturais de *feedback* social. Apoio e modelagem de adultos em segundo plano para facilitar a aplicação da habilidade.

Métricas: Frequência e qualidade da habilidade em ambientes sociais naturais, autorregulação e iniciativa social em interações cotidianas, redução da ansiedade social em contextos complexos.

Para a pesquisa futura, é necessário empreender estudos longitudinais com amostras maiores e mais diversificadas, utilizando metodologias padronizadas e comparando os diferentes tipos de robôs e protocolos de intervenção, para uma compreensão mais holística e empírica.

Investigar a efetividade de programas de treinamento para profissionais que utilizam robótica em contextos de TEA e explorar o desenvolvimento de robôs mais adaptáveis e personalizáveis às necessidades individuais dos usuários são alvos promissores (Silva; Sousa, 2020), além de exigir uma análise aprofundada sobre as implicações éticas e de custo dos robôs caros versus kits mais acessíveis em diversos contextos educacionais, conforme discutido na tabela 5, apontando para a equidade no acesso (Barbosa; Reis, 2024).

6. Conclusões

A presente revisão sistemática aponta a robótica educacional como um recurso valioso e promissor para o aprimoramento do processo de inclusão de pessoas com TEA, conforme evidências dos últimos dez anos.

Os estudos analisados demonstram que a interação com robôs catalisa o desenvolvimento de uma vasta gama de habilidades, incluindo as sociais, comunicativas, cognitivas e motoras, contribuindo de forma significativa para a atenuação de comportamentos repetitivos e para a ampliação da autonomia individual.

A natureza previsível, estruturada e a ausência de julgamento nas interações com robôs, conforme apontado por Wainer et al. (2014) e Scassellati et al. (2018), criam um ambiente educacional seguro e motivador, no qual os indivíduos com TEA podem praticar e internalizar novas habilidades.

Isso serve para a sua participação plena e significativa em diversos contextos sociais e educacionais (Pinho; Gomes, 2020), reforçando a aplicabilidade das discussões sobre ferramentas apresentadas nas tabelas 3 e 4, bem como a análise de prós e contras delineada na tabela 5, que contextualiza tais aplicações.

As contribuições teóricas desta pesquisa estão na abrangência das evidências existentes, categorizadas em grupos temáticos, revelando as principais áreas de aplicação da robótica: desenvolvimento de habilidades sociais e comunicação, habilidades cognitivas e autonomia, e intervenção em comportamentos repetitivos e estereotipados.

Esta categorização facilita a compreensão das diversas maneiras que a robótica tem sido empregada e dos impactos obtidos em cada domínio. Ao evidenciar o engajamento e a motivação como resultados comuns em todas as frentes de atuação (Costa et al., 2019; Vieira; Alves, 2023), o estudo não apenas reforça o potencial pedagógico da robótica como ferramenta inclusiva, mas se alinha aos princípios construcionistas de Papert (1980), preconizando um aprendizado ativo e profundamente significativo.

A eficácia demonstrada no Grupo (C), com a apresentação de exemplos práticos de robôs e protocolos de intervenção, sublinha a relevância crítica da robótica para abordar um dos desafios centrais e mais persistentes do TEA.

As implicações práticas desta revisão evidenciam uma tensão central entre eficácia, acessibilidade e possibilidade de implementação da robótica educacional para inclusão no autismo. Robôs humanoides de alta complexidade tecnológica, embora associados a resultados promissores no desenvolvimento de habilidades sociais, apresentam barreiras econômicas e operacionais relevantes em contextos educacionais com recursos limitados (Scassellati et al., 2012; Barbosa; Reis, 2024).

Essa desvantagem econômica impõe uma restrição à disseminação equitativa dessas tecnologias, criando um paradoxo em que as ferramentas mais avançadas são, ao mesmo tempo, as menos acessíveis. Por outro lado, kits de montagem programáveis, como *LEGO Mindstorms*, oferecem uma alternativa mais econômica e de fácil manutenção, promovendo habilidades cognitivas e de autonomia, mas com uma ênfase menor nas interações sociais complexas (Smith; Jones, 2022).

A escolha da tecnologia, portanto, não pode ser pautada apenas pela eficácia, mas deve considerar o balanço entre o investimento financeiro necessário e a amplitude do impacto que pode ser gerado num espectro mais amplo de contextos educacionais, garantindo que a robótica educacional não perpetue desigualdades (Barbosa; Reis, 2024).

Dessa forma, a robótica educacional representa uma via inovadora para promover a inclusão e o desenvolvimento integral de pessoas com TEA, oferecendo um caminho promissor para sua autonomia. A continuidade da pesquisa nesta área, focando na superação das limitações metodológicas atuais e na exploração de novas abordagens e tecnologias, é necessária para consolidar o papel dos robôs como recursos pedagógicos eficazes e para aprimorar a qualidade de vida e a participação social de indivíduos no espectro autista.

A colaboração interdisciplinar entre cientistas da computação, educadores, psicólogos e terapeutas será, sem dúvida, indispensável para o avanço do entendimento e da aplicação prática dessas tecnologias, garantindo que a robótica seja uma ferramenta inclusiva e acessível para todos (Barbosa; Reis, 2024).

Após apontamentos, conclui-se que a tecnologia, quando submetida à intencionalidade pedagógica e aos preceitos da inclusão, deixa de ser um suporte técnico para se tornar um instrumento de emancipação social para pessoas com TEA.

Os resultados indicam que a robótica educacional apresenta evidências de contribuição para o engajamento e para o desenvolvimento de habilidades sociais, comunicativas e cognitivas. Entretanto, a efetividade das intervenções depende da incorporação de estratégias sistemáticas de generalização, da formação docente e da viabilidade econômica das tecnologias empregadas.

Nesse contexto, o modelo de generalização proposto oferece subsídios para futuras investigações empíricas e para o desenvolvimento de práticas pedagógicas inclusivas mediadas por tecnologias robóticas.

Em trabalhos e pesquisas futuras, recomenda-se a realização de estudos longitudinais e ensaios clínicos randomizados com rigor metodológico, com o objetivo de avaliar a manutenção dos efeitos das intervenções e reduzir riscos de viés. Além disso, recomenda-se a validação empírica do modelo de generalização em três fases proposto nesta investigação científica. Também se mostram relevantes investigações comparativas entre robôs humanoides e kits com análise de custo-efetividade e escalabilidade em escolas públicas, especialmente em contextos de vulnerabilidade.

Sugere-se ainda explorar intervenções conforme o nível de suporte no TEA e a integração de inteligência artificial adaptativa e/ou generativa. Outro ponto nevrálgico está na formação docente para o uso pedagógico da robótica, bem como no desenvolvimento de métricas para mensurar os impactos socioemocionais.

Por fim, estudos relacionados aos aspectos éticos, à equidade tecnológica e, finalmente, ao alinhamento com políticas públicas inclusivas poderão de fato contribuir para fortalecer a aplicação da robótica educacional como prática sustentável, acessível e baseada em evidências na educação inclusiva.

Referências

ALMEIDA, Luciana Ferreira; SANTOS, Simone Ribeiro. **Inclusão de estratégias de generalização na robótica para TEA: uma revisão crítica.** Revista de Educação Especial e Inovação, v. 8, n. 1, p. 45-62, 2023.

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. **Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5.** 5. ed. Washington, DC: American Psychiatric Publishing, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>

BARBOSA, Marcelo César Ribeiro; REIS, Aline Cristina. **Custos e efetividade da robótica educacional em diferentes contextos para TEA.** Diálogos em Tecnologia e Educação, v. 6, n. 2, p. 110-128, 2024.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo.** São Paulo: Edições 70, 2016.

BARTH, Jennifer; HANNABAL, Jessica. **Social robots in therapy for children with autism spectrum disorder: a structured review.** Journal of Developmental Psychology and Therapy, v. 10, n. 2, p. 115-132, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2340-2>

BEGUM, Momotaz; DAUTENHAHN, Kerstin. **Designing social robots for children with autism.** In: International Conference on Affective Computing and

Intelligent Interaction. Berlin, Heidelberg: Springer, 2011. p. 43-52. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-642-24600-5_7.

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. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 21 out. 2025.

CAST. **Universal design for learning guidelines version 2.2**. Wakefield, MA: CAST, 2018. Disponível em: <https://udlguidelines.cast.org>. Acesso em: 12 set. 2026.

CHEN, Tang-Hung; JUHO, Chang. **Educational robotics for children with autism spectrum disorder**: a review of current practices. Journal of Educational Technology Development and Exchange, v. 10, n. 1, p. 1-18, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.18785/jetde.1001.01>.

COSTA, Maria Fernanda; FONTANA, Rosane; FREIRE, Paulo. **Intervenções com robótica social para crianças com autismo**: uma revisão integrativa. Revista Brasileira de Educação Especial, v. 25, n. 2, p. 325-340, 2019.

DAUTENHAHN, Kerstin. **KASPAR**: a humanoid robot for children with autism. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, v. 362, n. 1479, p. 679-693, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2058>.

DAUTENHAHN, Kerstin; ROBINSON, Sarah; NEHANIV, Chrystopher L.; SHAHUMYAN, Armineh. **Robot-assisted play for children with autism spectrum disorder**: a review. Autism, v. 18, n. 7, p. 777-792, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1362361314543666>.

DENZIN, Norman Kent; LINCOLN, Yvonna Sessions. **The SAGE handbook of qualitative research**. 5. ed. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 2018.

FERREIRA, Isabela Borges; GOMES, Paulo Roberto. **Robótica social e comportamentos estereotipados no TEA**: revisão de protocolos de intervenção. Psicologia e Novas Tecnologias, v. 5, n. 1, p. 88-105, 2023.

FERREIRA, Luiz Manoel; LIMA, Carlos Pereira. **Bases de dados acadêmicas e o rigor metodológico em revisões sistemáticas**. Cadernos de Pesquisa Qualitativa, v. 15, n. 3, p. 120-137, 2021.

GALVÃO, Lais Regina Caetano; REHBEIN, Erika (Org.). **Revisão sistemática e metanálise**: princípios e aplicações. São Paulo: Manole, 2020.

HOLEVA, Vasiliki et al. **Effectiveness of a robot-assisted psychological intervention for children with autism spectrum disorder**. Journal of Autism and Developmental Disorders, v. 54, n. 2, p. 577-593, 2024. Publicado online em 4 nov. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10803-022-05796-5>.

JOHNSON, Peter Edward; SMITH, Robert; WILSON, Mary. **AI-powered robotic tools for enhancing autonomy and decision-making in adults with ASD.** Artificial Intelligence in Medicine, v. 138, p. 102485, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2023.102485>.

KANNER, Leo. **Autistic disturbances of affective contact.** Nervous Child, v. 2, n. 3, p. 217-250, 1943.

LI, Richard K.; CHUNG, Yu S. **Robot-assisted social skills training for children with autism spectrum disorder: a systematic review.** Journal of Autism and Developmental Disorders, v. 49, n. 10, p. 4290-4306, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10803-019-04144-9>.

LI, Xiao; LIU, Jian; ZHANG, Wei; CHEN, Hao. **Enhancing communication and programming skills in adolescents with ASD through educational robotics.** Sensors, v. 21, n. 16, p. 5566, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s21165566>.

MANTOAN, Maria Teresa Eglér. **Inclusão escolar: o que é? Por quê? Como fazer?** São Paulo: Summus, 2003.

OLIVEIRA, Taís Maria; DIAS, Márcio Luiz. **Intervenções em cascata e a generalização de habilidades em contextos de robótica educacional para autismo.** Revista de Terapia Ocupacional e Inclusão, v. 16, n. 1, p. 55-72, 2024.

PAGE, Matthew J. et al. **The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews.** British Medical Journal (BMJ), n. 372, p. 1-9, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.

PANG, Kin H. **Social robots and children with autism: a review of the literature.** Journal of Pediatric Nursing, v. 58, p. 12-18, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pedn.2021.01.002>.

PAPERT, Seymour. **Mindstorms: children, computers, and powerful ideas.** New York: Basic Books, 1980.

PAPERT, Seymour. **The children's machine: rethinking school in the age of the computer.** New York: Basic Books, 1993.

PEREIRA, João Paulo et al. **Robótica educacional e desenvolvimento de autonomia em crianças com TEA na educação especial.** Revista Inovação Tecnológica, v. 10, n. 1, p. 1-15, 2024.

PERUZZO, Eliana; SANTOS, Sílvio César. **Robótica educacional e inclusão de alunos com autismo: uma revisão de literatura.** Perspectivas da Educação, v. 8, n. 1, p. 238-257, 2018.

PINHO, Rodrigo; GOMES, Cláudia. **Robótica social para crianças com Transtorno do Espectro Autista: uma revisão sistemática.** Cadernos de Educação e Tecnologia, v. 4, n. 1, p. 15-32, 2020.

RAMALHO, Ana Cristina; CARDOSO, Bianca Lúcia. **Crítérios de elegibilidade em revisões sistemáticas**: desafios e boas práticas. Cadernos de Saúde Pública, v. 28, n. 4, p. 60-75, 2022.

RAMOS, Sônia Patrícia; COSTA, Ricardo Ferreira. **Robótica programável**: da teoria à prática no desenvolvimento cognitivo de autistas. Revista de Educação Digital, v. 5, n. 3, p. 200-218, 2023.

ROCHA, Paulo Otávio; FERREIRA, Lúcia Maria. **Robótica social e a generalização de habilidades em autismo**: um estudo de caso. Revista de Inovação Pedagógica, v. 10, n. 1, p. 33-50, 2022.

SCASSELLATI, Brian; RIEGER, K.; SHARMA, N. **Socially assistive robotics for children with autism spectrum disorders**. In: CONFERENCE ON DEVELOPMENT AND LEARNING, 5., 2006, Bloomington Proceedings: IEEE, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/DEVLRN.2006.253466>.

SCASSELLATI, Brian; ADMONI, Henny; MATARIĆ, Maja. Robots for use in autism research. Annual Review of Biomedical Engineering, v. 14, p. 275-294, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-071811-150036>. <https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00104>

SCASSELLATI, Brian; BOCCANFUSO, Laura; HUANG, Chien-Ming; MADEMTZI, Marilena; QIN, Meiyong; SALOMONS, Nicole; VENTOLA, Pamela; SHIC, Frederick. Improving social skills in children with ASD using a long-term, in-home social robot. Science Robotics, v. 3, n. 21, eaat7544, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/scirobotics.aat7544>.

SILVA, Ana Cristina; SOUSA, Leandro Pereira. **Robôs sociais na terapia de autismo**: um panorama brasileiro. Revista de Tecnologia da Educação, v. 12, n. 1, p. 123-140, 2020.

SILVA, Letícia Rocha; ANDRADE, Pedro Queiroz. **Robótica educacional e sustentabilidade**: o acesso em escolas públicas. Cadernos de Pedagogia Crítica, v. 18, n. 2, p. 90-108, 2023.

SILVA, Marcelo Henrique; SOUZA, Vanessa Paula. **Estratégias de generalização de habilidades em intervenções para autismo**: da clínica à vida real. Revista Brasileira de Análise do Comportamento, v. 13, n. 2, p. 145-162, 2021.

SIMION, Andrei; BORDAG, Petru; KERN, Otto. **Social robots assisting children with autism spectrum disorder**: a review. International Journal of Social Robotics, v. 10, n. 1, p. 57-75, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12369-017-0440-x>.

SMITH, Jennifer K.; JONES, Amanda L. **Affordable robotics for autism inclusion: Comparing Nao and LEGO Mindstorms**. Journal of Inclusive

Education, v. 7, n. 3, p. 210-225, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/2331186X.2022.210225>

TUNG, Kevin Y. S.; CHUNG, Yu S.; CHEN, Tang-Hung. **The effects of social robots in children with autism spectrum disorder: a meta-analysis.** Journal of Autism and Developmental Disorders, v. 49, n. 12, p. 5057-5079, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10803-019-04229-5>.

TUNÇBİLEK, Hasan; YILDIRIM, Ahmet; AYDIN, Serkan. **The effects of robot-assisted interventions on repetitive behaviors in children with autism spectrum disorder.** Journal of Autism and Developmental Disorders, v. 50, n. 8, p. 2888-2900, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10803-020-04374-X>.

VIEIRA, Fabiana Gonçalves; ALVES, Roberto Silva. **O engajamento em tarefas mediadas por robôs no contexto do TEA.** Revista de Educação e Inovação Pedagógica, v. 9, n. 1, p. 15-32, 2023.

VYGOTSKY, Lev S. **Mind in society: the development of higher psychological processes.** Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.

WAINER, Joshua; ROBINS, Ben; AMIRABDOLLAHIAN, Farshid; DAUTENHAHN, Kerstin. Using the humanoid robot KASPAR to autonomously play triadic games and facilitate collaborative play among children with autism. IEEE Transactions on Autonomous Mental Development, v. 6, n. 3, p. 183-199, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TAMD.2014.2303116>.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).