



**UNILAB**

**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA  
LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA**

**Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável**

**Curso de Graduação em Engenharia de Computação**

**GABRIEL PAIXÃO DE OLIVEIRA**

**DESIGN DE INTERFACE E PADRÕES DE INTERAÇÃO EM JOGOS  
SÉRIOS PARA O TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA: UMA  
REVISÃO SISTEMÁTICA DE 10 ANOS**

**REDENÇÃO-CE**

**2025**

**GABRIEL PAIXÃO DE OLIVEIRA**

**DESIGN DE INTERFACE E PADRÕES DE INTERAÇÃO EM JOGOS  
SÉRIOS PARA O TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA: UMA  
REVISÃO SISTEMÁTICA DE 10 ANOS**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia de Computação do Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação. Área de concentração: Interface Humano-Computador.

Orientador: Prof. Dr. José Cleiton Sousa dos Santos.

**REDENÇÃO-CE**

**2025**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Sistema de Bibliotecas da UNILAB  
Catalogação de Publicação na Fonte.

---

Oliveira, Gabriel Paixão de.

O42j

Design de Interface e Padrões de Interação em Jogos Sérios para o Transtorno do Espectro Autista: Uma Revisão Sistemática de 10 Anos / Gabriel Paixão de Oliveira. - Redenção, 2025.  
41f: il.

Monografia - Curso de Engenharia de Computação, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2025.

Orientador: Prof. Dr. José Cleiton Sousa dos Santos.

1. Jogos Sérios. 2. Transtorno do espectro autista. 3. Interface tangível de usuário. 4. Realidade mista. 5. Aprendizagem baseada em jogos. 6. Computação afetiva. I. Título

CE/UF/BSCA

CDD 006.6

---

**GABRIEL PAIXÃO DE OLIVEIRA**

**DESIGN DE INTERFACE E PADRÕES DE INTERAÇÃO EM JOGOS  
SÉRIOS PARA O TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA: UMA  
REVISÃO SISTEMÁTICA DE 10 ANOS**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia de Computação do Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação. Área de concentração: Interface Humano-Computador.

Aprovado em: 26 de novembro de 2025.

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Dr. José Cleiton Sousa dos Santos (Orientador)**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB

**Prof.<sup>a</sup> Dra.<sup>a</sup> Márcia Roberta Falcão de Farias**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Deborah Maria Vieira Magalhães**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, à minha família, pelo apoio constante, incentivo e paciência ao longo de toda a minha trajetória. Aos amigos, que estiveram presentes nos momentos difíceis e contribuíram com palavras de encorajamento e companheirismo. Aos professores e colegas do curso, que enriqueceram minha formação com debates, trocas de conhecimento e experiências compartilhadas. Agradeço também ao meu orientador, pela orientação técnica na construção deste trabalho. Por fim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para que este projeto fosse possível, deixo aqui minha sincera gratidão.

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma revisão sistemática de 10 anos (2015–2025) sobre jogos sérios desenvolvidos para crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA), com ênfase na engenharia de interfaces de usuário e nos paradigmas de interação. Foram analisados 15 estudos empíricos que abrangem três modalidades de interface: Gráfica (GUI), Tangível (TUI) e Realidade Mista (RM). Os resultados indicam uma transição para modelos de interação corporificada e multimodal, o que evidencia progressos na integração de sensores, no design de feedback e nos mecanismos de controle adaptativo. Sistemas tangíveis e híbridos demonstraram desempenho superior no engajamento e na iniciação social, ao passo que as plataformas baseadas em RM apresentaram resultados promissores no reconhecimento de emoções. Contudo, desafios técnicos permanecem quanto à escalabilidade, à capacidade de resposta em tempo real e à manutenção das tecnologias assistivas. O estudo é finalizado com uma proposta de taxonomia para arquiteturas de interface, além de recomendações para estruturas de engenharia de jogos que sejam inclusivas e de baixo custo.

**Palavras-chave:** Jogos Sérios; Transtorno do Espectro Autista; Interface de Usuário Tangível; Aprendizagem Baseada em Jogos.

## ABSTRACT

This paper presents a 10-year systematic review (2015–2025) of serious games designed for children with Autism Spectrum Disorder (ASD), focusing on user interface engineering and interaction paradigms. A total of 15 empirical studies were analyzed across three interface modalities: Graphical (GUI), Tangible (TUI), and Mixed Reality (MR). Results show a shift toward embodied and multimodal interaction models, highlighting advances in sensor integration, feedback design, and adaptive control mechanisms. Tangible and hybrid systems demonstrated superior engagement and social initiation outcomes, while MR-based platforms offered promising results for emotion recognition. However, technical challenges persist in scalability, real-time responsiveness and assistive technologies. The paper concludes by proposing a taxonomy of interface architectures and offering recommendations for low-cost, inclusive game engineering frameworks.

**Keywords:** Serious Games; Autism Spectrum Disorder; Tangible User Interface; Game-Based Learning.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Diagrama de fluxo PRISMA para revisões sistemáticas adaptado para este trabalho.....	24
<b>Figura 2</b> – Distribuição dos estudos incluídos por ano de publicação (2015-2025).....	25
<b>Figura 3</b> – Correlação entre o paradigma da interface primária (GUI, TUI, MR/FBI) e as categorias de benefícios terapêuticos relatados.....	27
<b>Figura 4</b> – Classificação visual das intervenções analisadas de acordo com a Taxonomia Técnica de Interfaces (Entrada, Processamento, Feedback).....	28
<b>Figura 5</b> – Distribuição proporcional das modalidades de interface primária nos estudos analisados.....	29
<b>Figura 6</b> – Mapa de calor ilustrando a frequência dos tipos de interface (Entrada) aplicados a habilidades-alvo específicas (Resultados) na literatura revisada.....	31
<b>Figura 7</b> – Estrutura técnica proposta para o desenvolvimento de jogos sérios para o TEA, ilustrando a relação entre as camadas de interação e os Resultados Alvo.....	45

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Critérios de inclusão e de exclusão.....	23
<b>Tabela 2</b> – Categorização dos estudos selecionados por tipo de contribuição.....	26
<b>Tabela 3</b> – Arquiteturas de hardware e software utilizadas nos estudos analisados.....	32
<b>Tabela 4</b> – Parâmetros técnicos e métricas de desempenho relatados nas intervenções incluídas.....	33
<b>Tabela 5</b> – Visão geral dos estudos incluídos na amostra.....	35

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ACM** – Association for Computing Machinery
- AEE** – Atendimento Educacional Especializado
- CDC** – Centers for Disease Control and Prevention (Centro de Controle e Prevenção de Doenças)
- CE** – Critério de Exclusão
- CI** – Critério de Inclusão
- CNN** – Convolutional Neural Network (Rede Neural Convolutacional)
- CVH** – Customizable Virtual Human (Humano Virtual Personalizável)
- ECR** – Ensaio Clínico Randomizado
- FBI** – Full Body Interaction (Interação de Corpo Inteiro)
- GUI** – Graphical User Interface (Interface Gráfica de Usuário)
- IA** – Inteligência Artificial
- IEEE** – Institute of Electrical and Electronics Engineers
- IHC** – Interação Humano-Computador
- IoT** – Internet of Things (Internet das Coisas)
- JDTP** – Junior Detective Training Program
- NCVH** – Non-Customizable Virtual Human (Humano Virtual Não Personalizável)
- NFC** – Near Field Communication (Comunicação por Campo de Proximidade)
- NUI** – Natural User Interface (Interface Natural de Usuário)
- PRISMA** – Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
- QP** – Questão de Pesquisa
- RED** – Recurso Educacional Digital
- RFID** – Radio-Frequency Identification (Identificação por Radiofrequência)
- RM** – Realidade Mista (Mixed Reality - MR)
- RSL** – Revisão Sistemática da Literatura
- RV** – Realidade Virtual (Virtual Reality - VR)
- SDK** – Software Development Kit
- SUS** – System Usability Scale
- TEA** – Transtorno do Espectro Autista
- TUI** – Tangible User Interface (Interface de Usuário Tangível)
- UI** – User Interface (Interface de Usuário)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.1 MOTIVAÇÃO E QUESTÕES DE PESQUISA .....	14
1.2 CONTRIBUIÇÃO .....	14
<b>2 TRABALHOS RELACIONADOS</b> .....	16
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	20
3.1 DESIGN DO ESTUDO.....	20
3.2 QUESTÕES DE PESQUISA .....	20
3.3 ESTRATÉGIA DE BUSCA .....	21
<b>3.3.1 Fontes de Dados</b> .....	21
<b>3.3.2 Construção da String de Busca</b> .....	21
3.4 SELEÇÃO DE ESTUDOS E CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE .....	22
3.5 CONDUÇÃO DA REVISÃO .....	23
<b>4 RESULTADOS</b> .....	25
4.1 TAXONOMIA TÉCNICA DE INTERFACES .....	27
<b>5 DISCUSSÃO</b> .....	40
<b>6 ESTRUTURA PROPOSTA</b> .....	43
6.1 ESTRUTURA DE DESIGN DE INTERAÇÃO PARA TEA.....	43
6.2 ANÁLISE DOS COMPONENTES DA ESTRUTURA .....	43
<b>6.2.1 Modalidade de Entrada</b> .....	43
<b>6.2.2 Lógica de Processamento</b> .....	44
<b>6.2.3 Modalidade de Feedback</b> .....	44
<b>6.2.4 Resultados Alvo</b> .....	44
6.3 DIRETRIZES DE ENGENHARIA .....	45
<b>7 CONCLUSÃO</b> .....	47
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	49

## 1 INTRODUÇÃO

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é uma condição complexa do neurodesenvolvimento definida por um conjunto diverso de características <sup>1</sup>, marcada principalmente por dificuldades persistentes na interação social e comunicação <sup>2</sup>, acompanhada de padrões restritos e repetitivos de comportamento, interesses ou atividades <sup>3</sup>. Esta condição manifesta-se como um espectro amplo, o que implica que os sintomas e níveis de suporte variam significativamente entre os indivíduos. Tal variabilidade levou à adoção de um sistema de classificação baseado na necessidade de suporte: Nível 1 (requer suporte), Nível 2 (requer suporte substancial) e Nível 3 (requer suporte muito substancial), o qual orienta o planejamento de intervenções personalizadas <sup>4</sup>. Com uma alta prevalência, estimada pelo Centro de Controle e Prevenção de Doenças dos EUA (CDC) em 1 a cada 31 crianças <sup>5</sup>, a necessidade de sistemas de suporte efetivos e escaláveis é urgente e expressiva.

De uma perspectiva de engenharia e Interação Humano-Computador (IHC), as características intrínsecas do TEA apresentam um desafio de design computacional singular e importante. Interfaces de usuário (UIs) convencionais, muitas vezes projetadas para usuários neurotípicos, frequentemente dependem de pistas sociais implícitas, metáforas, instruções verbais complexas e feedback sensorial rico. Esses padrões comuns de design podem criar barreiras cognitivas e sensoriais profundas para indivíduos no espectro.

O desafio técnico está enraizado nas características centrais do TEA, como déficits na comunicação e interação social. Indivíduos no espectro podem ter dificuldades com a pragmática da linguagem, compreensão literal e interpretação de pistas não verbais (como ironia, sarcasmo e inferências) <sup>6</sup>. Dificuldades em compreender as perspectivas dos outros ou "Teoria da Mente" <sup>7</sup> podem tornar a navegação em cenários sociais complexos desafiadora <sup>8</sup>. Em termos comportamentais, muitos indivíduos exibem preferência por rotina, previsibilidade e adesão inflexível a padrões <sup>3</sup>, o que significa que pequenas mudanças inesperadas (como um erro de software ou uma atualização de interface não anunciada) podem gerar ansiedade intensa.

Além disso, o processamento sensorial atípico é um fator determinante no design de interface. Muitos indivíduos com TEA apresentam hipersensibilidade (resposta exagerada) ou hipossensibilidade (resposta diminuída) a estímulos. A hipersensibilidade auditiva pode tornar notificações padrão do sistema ou música de fundo fisicamente dolorosas ou excessivas <sup>9</sup>. Da mesma forma, a hipersensibilidade visual pode fazer com que luzes fluorescentes, paletas de cores de alto contraste ou animações carregadas (comuns em muitos jogos) pareçam caóticas e estressantes. Por outro lado, a hipossensibilidade pode levar à busca por estímulos intensos, o

que requer interfaces capazes de fornecer feedback forte e focado sem sobrecarregar outros sentidos <sup>10</sup>. Esse perfil sensorial exige uma abordagem de design centrada no minimalismo, na clareza e na personalização extensiva.

Do ponto de vista do processamento cognitivo, a prevalência do "pensamento visual" (processamento de informações mais eficaz por meio de imagens do que pela linguagem verbal <sup>11</sup>) e um foco orientado a detalhes (frequentemente denominado "coerência central fraca" <sup>12</sup>) informam ainda mais o desafio de design. Esse estilo cognitivo requer interfaces que priorizem hierarquias visuais claras, tarefas segmentadas e representações concretas e literais, em vez de conceitos abstratos <sup>13</sup>.

Essas características, frente ao ambiente educacional, criam barreiras específicas ao aprendizado. Ambientes tradicionais de sala de aula, que frequentemente enfatizam a instrução verbal, a socialização em grupo e cronogramas dinâmicos e imprevisíveis <sup>14</sup>, podem sobrecarregar sensorialmente estudantes com TEA e esgotar os recursos cognitivos necessários para o aprendizado <sup>6</sup>. Embora abordagens pedagógicas como o Atendimento Educacional Especializado (AEE) trabalhem para mitigar essas barreiras ao fornecer suportes individualizados, estruturados e visuais <sup>14</sup>, elas demandam muitos recursos.

Nesse cenário, a computação pode vir a ser uma aliada poderosa. O aprendizado aprimorado por tecnologia fornece um caminho para abordar esses desafios específicos de design diretamente <sup>15</sup>. Sistemas interativos bem projetados podem oferecer as exatas características que indivíduos com TEA frequentemente necessitam: um ambiente de interação previsível, estruturado e consistente. Dentro da ampla categoria de Recursos Educacionais Digitais (REDs) <sup>16</sup>, os Jogos Sérios (jogos projetados com um propósito primário além do puro entretenimento, como educação ou saúde <sup>17</sup>) são de particular interesse.

A engenharia de um jogo sério pode criar um espaço seguro, controlado <sup>18</sup> e motivador, onde habilidades podem ser praticadas sem a ansiedade intensa das consequências sociais do mundo real. A eficácia de tal jogo, contudo, não é inerente; ela depende do design cuidadoso e da implementação de sua interface de usuário e modelo de interação. A capacidade do sistema de fornecer feedback imediato, consistente e não ambíguo é especialmente benéfica para aprendizes que têm dificuldade em interpretar pistas sociais sutis <sup>19</sup>.

É importante ressaltar que o campo evoluiu além das GUIs padrão. O desafio de engenharia é agora enfrentado com uma gama diversa de paradigmas de interação, incluindo: Interfaces de Usuário Tangíveis (TUIs) <sup>20</sup>, que utilizam objetos físicos para se alinhar a estilos de aprendizado concretos <sup>21</sup>; Interfaces Naturais de Usuário (NUIs) que usam gestos e

promovem a cognição corporificada <sup>22, 23</sup>; e plataformas imersivas de Realidade Virtual (RV) <sup>24</sup> e Mista (RM) <sup>25</sup>, as quais oferecem simulações controladas de cenários sociais complexos <sup>26</sup>.

## 1.1 MOTIVAÇÃO E QUESTÕES DE PESQUISA

Diante desse potencial, a presente pesquisa justifica-se. Embora a produção científica sobre o tema esteja em ascensão, observa-se uma lacuna na literatura no que tange à consolidação de informações sobre as implementações práticas dessas variadas interfaces de jogos e, sobretudo, sobre os benefícios efetivamente demonstrados por meio de estudos de avaliação empírica. Faz-se necessária, portanto, uma revisão sistemática para mapear o estado da arte, sintetizar as evidências disponíveis e fornecer percepções valiosas a educadores, terapeutas e desenvolvedores de software. Assim, o objetivo desta Revisão Sistemática da Literatura (RSL) consiste em responder às seguintes Questões de Pesquisa (QPs):

- a) quais são as principais características de design de interface, experiência do usuário e mecânicas de jogo utilizadas em jogos sérios para crianças com TEA? (QP1);
- b) quais benefícios educacionais, sociais e terapêuticos são mais frequentemente relatados na literatura como resultado do uso de jogos sérios por crianças com TEA? (QP2);
- c) quais são os principais desafios e limitações na implementação e avaliação da eficácia de jogos sérios no contexto educacional e terapêutico para crianças com TEA? (QP3).

## 1.2 CONTRIBUIÇÃO

Este trabalho enriquecerá o corpo de literatura existente e fornecerá uma base teórica e orientação prática para o desenvolvimento de ferramentas educacionais mais eficientes. Ao especificar as lacunas e os desafios atuais da pesquisa, sugerem-se possíveis direções para investigações futuras. Este estudo apresenta uma classificação abrangente de implementações práticas e seus benefícios comprovados. As principais contribuições deste estudo são as seguintes:

- a) identificar as principais características de design e mecânicas de jogo utilizadas: o estudo identificará os principais atributos de design e as mecânicas de jogo empregados em jogos sérios voltados para crianças com TEA;

- b) mapear os benefícios educacionais e terapêuticos relatados: o estudo mapeará os benefícios educacionais e terapêuticos relatados na literatura científica resultantes da utilização desses jogos;
- c) fornecer direções para pesquisas futuras: com base nos resultados, o estudo sugerirá caminhos para investigações futuras no desenvolvimento de jogos sérios para este público, com o objetivo de aprimorar a criação de ferramentas mais eficientes e impactantes.

## 2 TRABALHOS RELACIONADOS

Uma revisão da literatura de base referente a jogos sérios para crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA) mostra um cenário diverso e em evolução das arquiteturas de interface. A análise de projetos basilares é essencial para ilustrar as implementações concretas e variadas que moldaram a área. Dessa forma, o exame de intervenções proeminentes fornece uma compreensão sobre as escolhas específicas de design, plataformas tecnológicas e resultados pedagógicos associados a diferentes paradigmas interativos. Para enquadrar adequadamente a diversidade dessas abordagens tecnológicas, esta análise concentra-se em quatro projetos distintos que se destacam por suas implementações interventivas e seus resultados terapêuticos e educacionais relatados. Tais estudos demonstram uma progressão desde ambientes gráficos aprimorados por háptica e superfícies tangíveis multiusuário até sistemas multimodais integrados com inteligência artificial, o que estabelece uma base comparativa para o exame sistemático das estratégias de implementação nos capítulos seguintes.

O desafio de ensinar o reconhecimento contextual de emoções foi abordado de forma substancial por <sup>27</sup> por meio da implementação do jogo sério JeStiMule. Esta intervenção foi concebida para um amplo grupo demográfico de indivíduos com TEA, abrangendo crianças e adolescentes de 6 a 17 anos e incluindo participantes de alto e baixo funcionamento. A metodologia de design do jogo buscou transcender as limitações das ferramentas convencionais que muitas vezes ensinam conceitos emocionais isoladamente, focando, em vez disso, na promoção da generalização dessas habilidades para cenários dinâmicos e realistas. Desenvolvido na engine Unity 3D, o JeStiMule emprega uma abordagem multissensorial. O paradigma central de interação envolve a navegação do jogador em um ambiente 3D renderizado em tempo real por meio de um gamepad padrão. A principal inovação arquitetural, no entanto, reside não na exibição gráfica, mas no sistema de feedback vibrotátil personalizado do controle. Esta interface háptica é projetada com oito atuadores táteis, cada um programado para fornecer um padrão de vibração único correspondente a uma emoção específica. Um aspecto importante desta arquitetura é sua capacidade de personalização; durante uma fase inicial de calibração, a intensidade da vibração é ajustada com precisão para corresponder ao perfil sensorial único do indivíduo, acomodando tanto usuários hipersensíveis quanto hipossensíveis. Essa personalização em nível de hardware torna a experiência interativa altamente individualizada. A validação, conduzida como um ensaio aberto e estratificado, documentou um aprimoramento substancial na capacidade dos participantes de reconhecer

emoções após o treinamento. Essa melhoria estendeu-se além dos avatares do jogo para a identificação de emoções em fotografias de indivíduos reais, sugerindo uma generalização bem-sucedida das habilidades fomentadas por esse design centrado na háptica.

Em contraste com o foco sensorial individualizado do JeStiMulE, um paradigma de intervenção diferente centra-se em promover a colaboração e a interação social por meio de interfaces tangíveis compartilhadas. O projeto 'Cooperative Puzzle Game', documentado por <sup>28</sup>, confronta diretamente as dificuldades que muitas crianças no espectro enfrentam ao tentar trabalhar de forma coesa em direção a um objetivo comum. A arquitetura da intervenção é construída sobre uma mesa DiamondTouch, uma interface de mesa multiusuário especializada. A capacidade determinante desse hardware é sua aptidão para diferenciar e identificar qual usuário específico está tocando qualquer parte dada da tela. Esse recurso tecnológico é o pilar da mecânica central do jogo, que os autores denominam "colaboração forçada". Nessa estrutura, dois participantes são encarregados de montar um quebra-cabeça digital. No entanto, a arquitetura de software impõe uma restrição estrita: as peças digitais só podem ser manipuladas por meio de uma ação conjunta e síncrona. O movimento é permitido apenas quando ambos os jogadores tocam e arrastam simultaneamente a exata mesma peça. Esse design ultrapassa a oportunidade de trabalho em equipe; ele exige arquitetonicamente comunicação e esforço coordenado para que qualquer progresso ocorra. Embora o estudo de validação tenha sido limitado por amostras pequenas e pela ausência de um grupo de controle, os dados observacionais notaram uma mudança qualitativa no comportamento. Participantes com TEA supostamente transitaram de tentativas isoladas e individuais para interações dinâmicas envolvendo negociação e ação coordenada. Esse trabalho substancia o potencial de interfaces tangíveis e co-localizadas na estruturação de demandas sociais, embora sua adoção generalizada seja impedida pela dependência de hardware especializado e de alto custo, o que apresenta uma barreira significativa à escalabilidade.

Representando uma escalada adicional na complexidade tecnológica, o projeto ECHOES, apresentado por <sup>10</sup>, exemplifica uma arquitetura multimodal que integra inteligência artificial. Esta plataforma de jogo sério amalgama uma tela multitoque de grande formato, hardware sofisticado de rastreamento ocular e um agente virtual autônomo. O sistema é projetado para fomentar habilidades essenciais de comunicação social, incluindo atenção compartilhada, uso de símbolos e engajamento recíproco, tudo dentro de um ambiente virtual lúdico e consciente das questões sensoriais. A inovação mais saliente da arquitetura ECHOES é seu agente virtual impulsionado por IA, "Andy". Esse agente não é apenas roteirizado, mas controlado por uma arquitetura de agente cognitivo (FAtiMA) que emprega técnicas avançadas

de planejamento de IA para gerar decisões independentes e orientadas pedagogicamente. O motor central de IA funciona como um integrador para três componentes: o próprio agente autônomo, um módulo pedagógico dedicado a monitorar objetivos de aprendizagem e um modelo dinâmico da criança projetado para inferir o estado cognitivo e afetivo do usuário em tempo real. Esse sistema abrangente e de malha fechada foi avaliado em uma intervenção escolar em larga escala. As análises sugeriram que, à medida que a intervenção progredia, a frequência de interações iniciadas pelas crianças em direção ao agente virtual aumentava, implicando que "Andy" era percebido como um parceiro social genuíno. Apesar desse sucesso, o projeto encontrou um desafio considerável na modelagem confiável e em tempo real do estado da criança. A complexidade e a imprevisibilidade do comportamento dos usuários tornaram o modelo computacional da criança menos preciso do que o previsto, compelindo os pesquisadores a complementar o sistema autônomo com um paradigma de "Mágico de Oz", no qual um operador humano poderia intervir.

Uma filosofia arquitetural distinta é demonstrada pelo Junior Detective Training Program (JDTP), avaliado em um estudo seminal por <sup>29</sup>. Essa intervenção emprega uma arquitetura multicomponente e orientada por narrativa, projetada para crianças com TEA entre 7,5 e 11 anos. Seus objetivos estendem-se além do simples reconhecimento de emoções para abranger o manejo de diversos cenários sociais e, principalmente, a generalização dessas habilidades para a vida diária. O núcleo tecnológico da intervenção é um software de Interface Gráfica de Usuário (GUI) 2D para PC, que estrutura o processo de aprendizagem dentro de uma narrativa investigativa envolvente. Contudo, a característica definidora da arquitetura JDTP é seu modelo híbrido ou misto. O software não é uma solução autônoma; em vez disso, é conceituado como um componente dentro de um ecossistema terapêutico integrado. Esse ecossistema combina o jogo digital com elementos essenciais centrados no humano: sessões de terapia em grupo presenciais, módulos estruturados de treinamento para pais e boletins informativos semanais enviados aos professores das crianças. Essa arquitetura mista busca ativamente reforçar as habilidades praticadas digitalmente em múltiplos contextos do mundo real. A eficácia da intervenção foi substantiada por meio de um ensaio clínico randomizado (ECR) robusto envolvendo 49 participantes. Os achados documentaram melhorias clinicamente significativas na capacidade do grupo de intervenção de reconhecer e gerenciar emoções. Ademais, constatou-se que esses ganhos eram duráveis, persistindo em um acompanhamento de 5 meses, o que sugere fortemente uma generalização bem-sucedida das habilidades. Esse resultado robusto destaca o poder de uma arquitetura mista, embora introduza

concomitantemente uma limitação metodológica na dificuldade de isolar o impacto terapêutico específico do jogo digital dos efeitos sinérgicos dos componentes presenciais mais amplos.

Esta análise de projetos fundamentais expõe um espectro claro de arquiteturas de interface, variando de gamepads aprimorados por háptica e mesas multitoque colaborativas a agentes multimodais impulsionados por IA e ecossistemas híbridos mistos. Embora essas diversas abordagens demonstrem coletivamente resultados promissores no aprimoramento de competências socioemocionais e colaborativas em crianças com TEA, a literatura é simultaneamente marcada por restrições metodológicas e práticas recorrentes. Uma questão onipresente em muitos dos estudos pioneiros é a dependência de pequenas amostras de participantes e testes de validação carentes de controles randomizados, conforme exemplificado pelo trabalho de <sup>28</sup>. Isso limita o poder estatístico e a generalização dos achados. Além disso, a dependência de hardware especializado e de alto custo, como mesas multiusuário ou arranjos complexos de rastreamento ocular, impõe uma barreira séria à escalabilidade e acessibilidade em ambientes educacionais ou domésticos regulares. Conforme evidenciado pelos desafios no projeto ECHOES <sup>10</sup>, a dificuldade computacional em modelar de forma confiável o complexo estado cognitivo e afetivo de uma criança em tempo real permanece um obstáculo técnico substancial para interfaces inteligentes. Por outro lado, o sucesso do JDTP <sup>29</sup> sublinha o imenso valor de modelos mistos que não dependem apenas da tecnologia, mas a integram a estruturas de suporte presenciais lideradas por humanos. Tomada em conjunto, a literatura existente tem bom potencial terapêutico para interfaces tangíveis, híbridas e inteligentes. Contudo, enfatiza concomitantemente uma necessidade importante e persistente de pesquisas futuras caracterizadas por maior rigor metodológico, acompanhamento longitudinal e desenvolvimento de soluções acessíveis e de baixo custo, para garantir que as inovações tecnológicas possam ser implantadas de forma eficaz e equitativa.

### 3 METODOLOGIA

Este capítulo detalha os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa. Trata-se de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) fundamentada no protocolo PRISMA , cujas etapas de definição das questões, estratégia de busca e critérios de elegibilidade são descritas a seguir.

#### 3.1 DESIGN DO ESTUDO

A abordagem selecionada para este trabalho consistiu em uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Este método de investigação secundária distingue-se pelo emprego de um protocolo explícito e sistemático destinado a identificar, selecionar, avaliar criticamente e sintetizar as evidências disponíveis sobre uma questão de pesquisa específica <sup>30</sup>. A decisão de adotar uma RSL justifica-se por ser a abordagem metodológica mais adequada para o alcance dos objetivos propostos. Considerando a crescente produção acadêmica na interseção entre tecnologia, educação e Transtorno do Espectro Autista (TEA), uma revisão sistemática possibilita um mapeamento abrangente do estado da arte, a identificação de tendências, a síntese dos benefícios e desafios relatados e, sobretudo, o reconhecimento imparcial das lacunas de conhecimento. Para garantir rigor e transparência em todas as etapas, o processo de condução desta revisão guiou-se pelo protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), um padrão internacionalmente reconhecido para o gerenciamento e relato de revisões sistemáticas.

#### 3.2 QUESTÕES DE PESQUISA

O objetivo desta revisão sistemática consiste em analisar as implementações e os benefícios educacionais de jogos sérios desenvolvidos para crianças com TEA, com foco em suas interfaces de usuário. Esse propósito é desdobrado nas seguintes Questões de Pesquisa (QPs), as quais nortearam todo o planejamento metodológico:

- a) quais são as principais características de design de interface, experiência do usuário e mecânicas de jogo utilizadas em jogos sérios para crianças com TEA? (QP1);
- b) quais benefícios educacionais, sociais e terapêuticos são mais frequentemente relatados na literatura como resultado do uso de jogos sérios por crianças com TEA? (QP2);

- c) quais são os principais desafios e limitações na implementação e avaliação da eficácia de jogos sérios no contexto educacional e terapêutico para crianças com TEA? (QP3).

### 3.3 ESTRATÉGIA DE BUSCA

Para garantir a recuperação abrangente de estudos relevantes, definiu-se um protocolo de pesquisa específico. A seguir, são detalhadas as bases de dados científicas consultadas e a composição dos termos utilizados na construção da string de busca.

#### 3.3.1 Fontes de Dados

A seleção das fontes de dados priorizou repositórios de alta relevância para as áreas de computação, tecnologia educacional e saúde, a fim de assegurar a cobertura da literatura interdisciplinar sobre o tema. Desse modo, as bases de dados consultadas foram: ACM Digital Library, IEEE Xplore e ScienceDirect. A estratégia de busca foi aplicada aos campos de título, resumo e palavras-chave dos artigos, com o intuito de otimizar a pertinência dos resultados obtidos.

#### 3.3.2 Construção da String de Busca

A string de busca foi elaborada a partir dos conceitos centrais deste trabalho, os quais podem ser agrupados em três eixos: a População (crianças com TEA), a Intervenção (jogos sérios) e a Tecnologia (interfaces de usuário). Para cada eixo, selecionaram-se sinônimos e termos correlatos, conectados pelo operador booleano OR. Em seguida, os eixos foram combinados com o operador AND para garantir que os artigos recuperados contivessem, necessariamente, todos os três conceitos centrais. A string de busca foi adaptada à sintaxe de cada base de dados, como segue: ("autism spectrum disorder" OR "autism" OR "ASD" OR "TEA") AND ("serious game\*" OR "educational game\*" OR "game-based learning" OR "therapeutic game\*") AND ("tangible interface\*" OR "graphical interface\*" OR "TUI" OR "GUI" OR "user interface\*" OR "interaction design"), para ACM Library e IEEE Xplore; ("autism spectrum disorder" OR "autism" OR "ASD" ) AND ( "serious game" OR "educational game" OR "game-based learning" OR "therapeutic game" ) AND ("user interface" OR "interaction design" ), para ScienceDirect.

### 3.4 SELEÇÃO DE ESTUDOS E CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

Para garantir a seleção de estudos estritamente alinhados com o escopo da pesquisa, foram definidos critérios claros e objetivos de inclusão (CI) e exclusão (CE).

Os estudos foram considerados elegíveis para inclusão se atendessem às seguintes condições: a pesquisa deveria abordar crianças ou adolescentes diagnosticados com Transtorno do Espectro Autista (CI.1), embora adolescentes tenham sido considerados apenas quando as contribuições técnicas fossem altamente pertinentes; investigar a aplicação ou o design de um jogo sério com propósitos educacionais ou terapêuticos (CI.2); descrever ou analisar explicitamente a Interface de Usuário, seja Gráfica (GUI), Tangível (TUI) ou híbrida (CI.3); ser um estudo empírico (por exemplo, estudo de caso, experimento, quase-experimento, avaliação de usabilidade) com apresentação de resultados, ainda que preliminares (CI.4); estar publicado em periódicos revisados por pares ou em anais de conferências (CI.5); estar redigido em português ou inglês (CI.6); e ter sido publicado entre janeiro de 2015 e agosto de 2025 para assegurar a atualidade da revisão (CI.7). A escolha do período de janeiro de 2015 a agosto de 2025 foi estratégica por dois motivos principais. Primeiro, o critério clínico: após a publicação do DSM-5 em 2013, a área levou aproximadamente dois anos para estabilizar o uso do termo unificado "Transtorno do Espectro Autista"; portanto, iniciar em 2015 garante consistência dentro da população estudada. Segundo, o critério tecnológico: 2015 marca o início da democratização de ferramentas de desenvolvimento (como o Unity) e hardware de interação (como realidade virtual e sensores de IoT), o que possibilitou a transição de interfaces gráficas simples para as interfaces tangíveis e imersivas que são o foco desta revisão. Um período anterior introduziria tecnologias obsoletas que não respondem mais às questões de pesquisa atuais.

Inversamente, os estudos foram excluídos com base nos seguintes critérios: artigos classificados como revisões de literatura, mapeamentos sistemáticos, pesquisas de opinião ou *shortpapers* são excluídos para evitar duplicação de dados secundários ou a inclusão de estudos com descrições metodológicas insuficientes (CE.1); estudos não focados em objetivos educacionais, terapêuticos ou de desenvolvimento de habilidades, como jogos destinados puramente ao entretenimento (CE.2); artigos que descrevessem apenas um protocolo de pesquisa sem apresentar resultados (CE.3); artigos cujo texto completo não pôde ser acessado (CE.4); e publicações duplicadas encontradas em diferentes bases de dados (CE.5).

**Tabela 1** – Critérios de inclusão e de exclusão

Nº	Critério de Inclusão (CI)	Critério de Exclusão (CE)
1	O estudo deve envolver crianças ou adolescentes diagnosticados com Transtorno do Espectro Autista (TEA).	Artigos que sejam revisões de literatura, mapeamentos sistemáticos, pesquisas de opinião ou <i>shortpapers</i> , para evitar duplicação de dados secundários ou dados insuficientes para análise.
2	O estudo deve investigar a aplicação ou o design de um Jogo Sérioso com propósitos educacionais ou terapêuticos.	Estudos não focados em objetivos educacionais, terapêuticos ou de desenvolvimento de habilidades (por exemplo, jogos puramente para entretenimento).
3	O estudo deve descrever ou analisar explicitamente a Interface de Usuário, seja Gráfica (GUI), Tangível (TUI) ou híbrida.	Artigos que descrevam apenas o protocolo de pesquisa sem apresentar resultados.
4	O estudo deve ser empírico (estudo de caso, experimento, quase-experimento, avaliação de usabilidade) e apresentar resultados, mesmo que preliminares.	Artigos cujo texto completo não pôde ser acessado.
5	O estudo deve ser publicado em periódicos revisados por pares ou anais de conferências.	Publicações duplicadas encontradas em diferentes bases de dados.
6	O estudo deve ser escrito em português ou inglês.	
7	O estudo deve ter sido publicado entre janeiro de 2015 e agosto de 2025.	

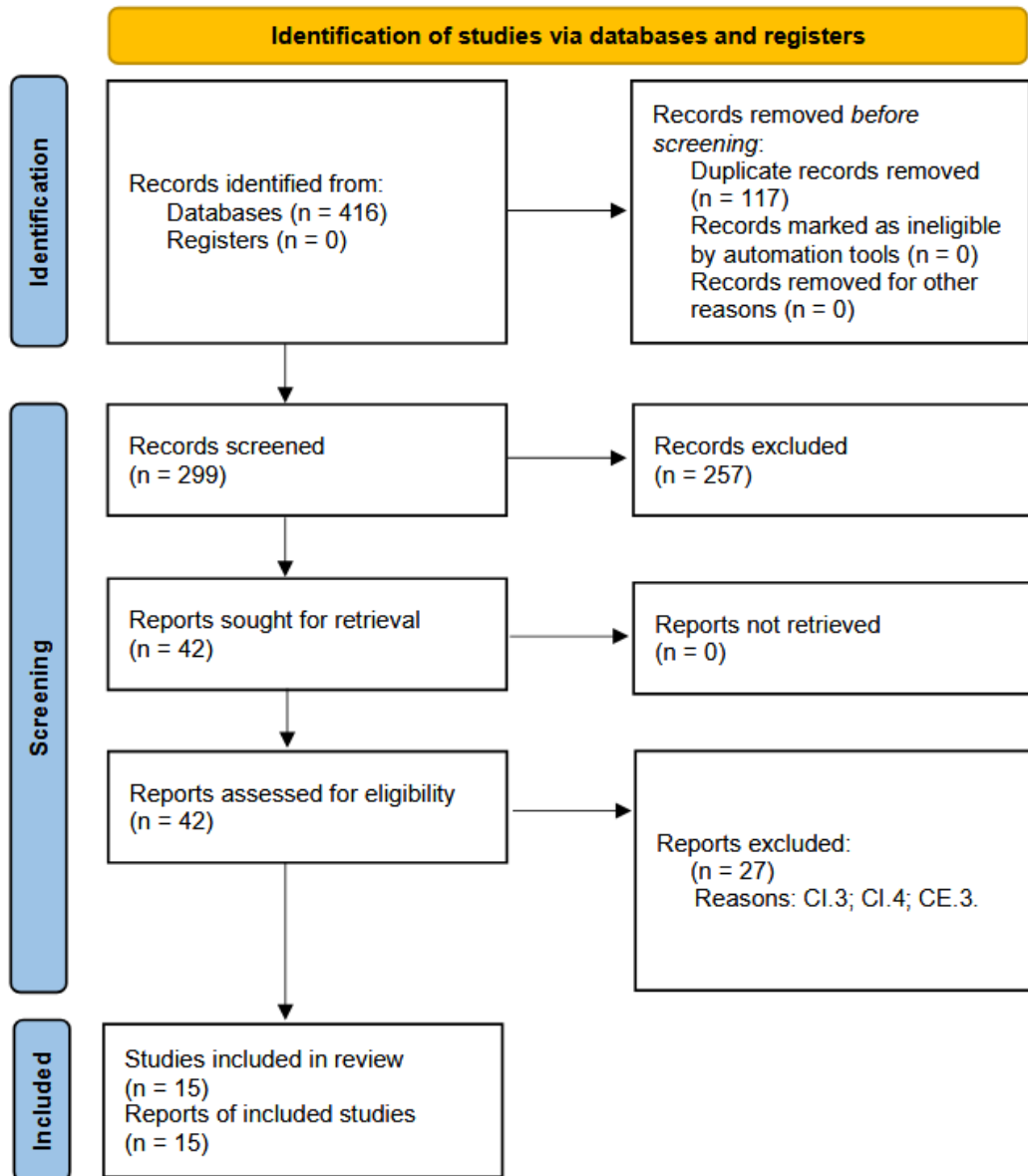
Fonte: elaboração própria.

### 3.5 CONDUÇÃO DA REVISÃO

A execução do protocolo de pesquisa seguiu um processo de filtragem em múltiplos estágios, conforme recomendado pelas diretrizes PRISMA. A busca inicial nas bases de dados selecionadas (ScienceDirect, IEEE Xplore e ACM Digital Library) foi realizada em 26 de agosto de 2025 e resultou em um total de 416 artigos

Assim como ilustrado pela Figura 1, na primeira fase de triagem, os 416 resultados foram compilados e analisados para a remoção de duplicatas. Um total de 117 trabalhos duplicados foram excluídos (CE.5), o que resultou em 299 estudos únicos para a triagem inicial. Em seguida, procedeu-se à leitura dos títulos e resumos desses artigos, mediante a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão. Nesta análise, 257 artigos foram excluídos por não se alinharem claramente ao escopo da pesquisa.

**Figura 1** – Diagrama de fluxo PRISMA para revisões sistemáticas adaptado para este trabalho



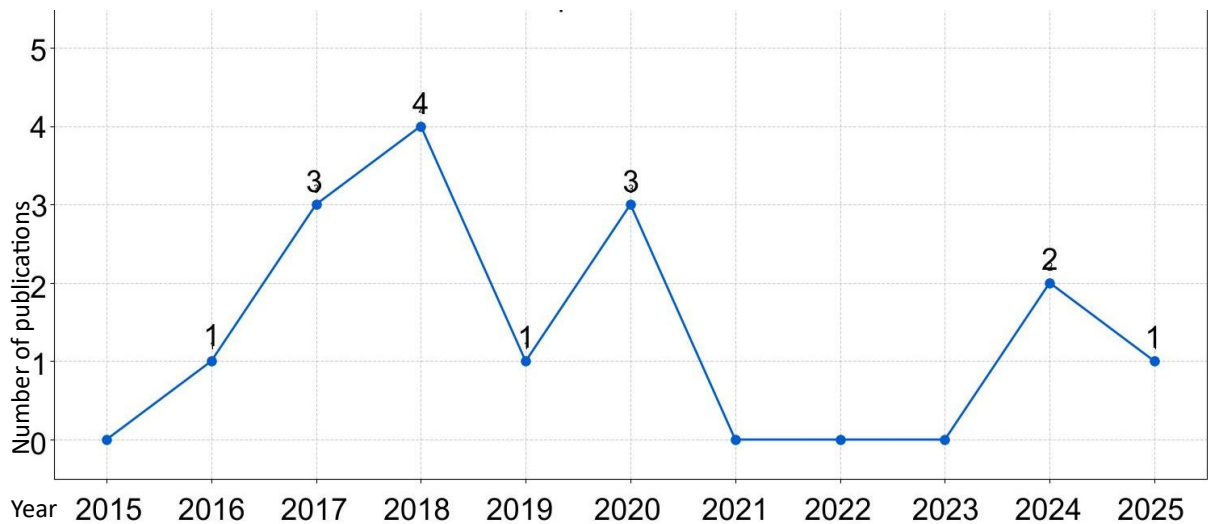
Fonte: elaboração própria.

Os 42 artigos que passaram pela triagem inicial foram lidos na íntegra para uma avaliação detalhada de sua elegibilidade. Nesta etapa, os critérios foram aplicados com maior rigor. Deste total, 27 artigos foram excluídos pelos seguintes motivos: descrição insuficiente da interface de usuário (UI), o que impossibilitou a extração de dados relevantes sobre a interação (CI.3); ausência de uma avaliação empírica com a apresentação de resultados, mesmo que preliminares (CI.4); ou o estudo descrevia apenas o protocolo de pesquisa sem apresentar os resultados finais (CE.3). Após a conclusão do processo de seleção, um conjunto final de 15 estudos foi considerado elegível para inclusão na revisão. Estes 15 artigos atenderam a todos os critérios de inclusão e constituem o corpus final para a análise da literatura deste trabalho.

## 4 RESULTADOS

A busca inicial na literatura, realizada nas bases de dados designadas, resultou em 416 artigos potencialmente relevantes. Após a remoção de duplicatas e uma triagem minuciosa de títulos e resumos, um conjunto final de 15 estudos primários foi selecionado para inclusão nesta revisão sistemática.

**Figura 2** – Distribuição dos estudos incluídos por ano de publicação (2015–2025)



Fonte: elaboração própria.

Uma análise detalhada das abordagens metodológicas empregadas nesses estudos revela um panorama de pesquisa predominantemente centrado na criação e avaliação de novas intervenções tecnológicas. A grande maioria dos trabalhos selecionados, representando 80% do corpus final, concentra-se no ciclo completo de concepção, implementação e avaliação de um jogo sério ou sistema interativo específico<sup>17, 31-41</sup>. Essa distribuição sugere uma área ativamente engajada na geração de soluções inovadoras que se utilizam de jogos sérios. Por outro lado, uma parcela menor da literatura, aproximadamente 13%, correspondente a 2 estudos, centra-se na avaliação de plataformas mais amplas ou na avaliação da qualidade de aplicações que já existem<sup>42, 43</sup>. Além disso, apenas um estudo, representando 7% do total, dedica-se exclusivamente à análise do próprio processo de design participativo<sup>44</sup>, tornando os que seriam usuários em desenvolvedores do próprio jogo sério, o que implica uma menor ênfase atual em estudos de replicação ou na avaliação de ferramentas já consolidadas.

**Tabela 2** – Categorização dos estudos selecionados por tipo de contribuição

<b>Categoria da Contribuição</b>	<b>Contagem</b>	<b>Porcentagem</b>
Desenvolvimento e avaliação da intervenção	13	80%
Análise de plataforma e avaliação	2	13%
Estudo de design participativo	1	7%
Total	15	100%

Fonte: elaboração própria.

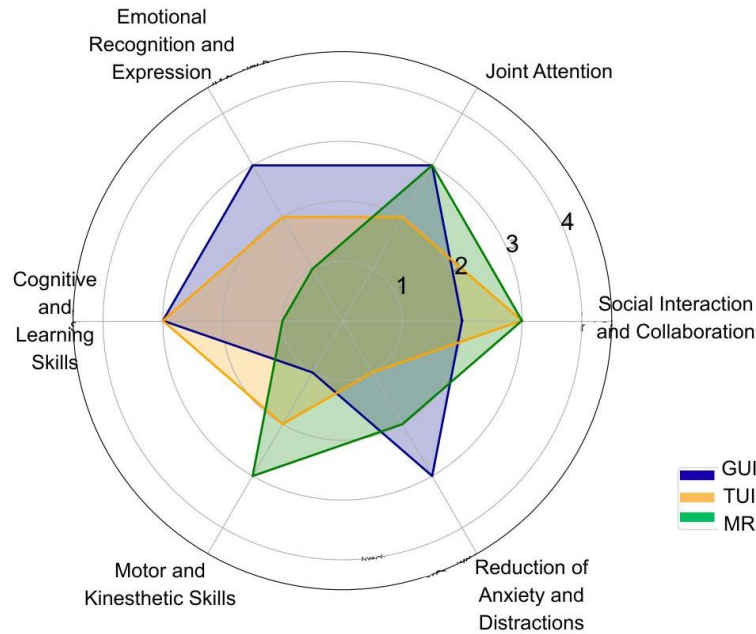
A análise dos processos de metodologia dos 15 estudos incluídos revela uma inclinação acentuada para abordagens qualitativas e de métodos mistos, as quais constituem 87% das pesquisas<sup>17, 31-44</sup>. Tais investigações frequentemente apresentam amostras reduzidas. Contudo, um aspecto positivo relativo à relevância prática e à qualidade da pesquisa é a inclusão universal de validação junto à população-alvo nos estudos que envolvem o desenvolvimento de intervenções. As plataformas tecnológicas utilizadas exibem diversidade considerável e abrangem desde Interfaces Gráficas de Usuário (GUIs) convencionais em dispositivos móveis e desktops até sistemas mais imersivos que incorporam Realidade Mista (RM) e paradigmas de interação de corpo inteiro.

Dentre os 14 estudos que relatam resultados diretos das intervenções propostas (excluindo a análise de aplicação realizada por<sup>42</sup>), as vantagens documentadas foram categorizadas em três domínios principais: Socioemocional, Cognitivo e Engajamento/Comportamental. O aprimoramento das habilidades sociais e emocionais surgiu como o resultado mais frequentemente documentado, presente em 71% das análises<sup>17, 31, 33-35, 37, 39-41, 43</sup>. Nesse domínio, diversos estudos visaram especificamente fortalecer competências emocionais e empregaram recursos como inteligência artificial e feedback multimodal para o treinamento do reconhecimento e da expressão de emoções. Outros trabalhos observaram comportamentos de interação social ampliados, como contato visual e gestos comunicativos, particularmente em sistemas que utilizam interfaces de corpo inteiro ou realidade mista. A colaboração representou outra habilidade central abordada, com jogos que implementam mecânicas de interdependência promovendo efetivamente ações coordenadas entre os participantes, inclusive crianças que necessitam de suporte substancial.

Vantagens cognitivas foram notadas em 36% dos estudos<sup>17, 31, 32, 36, 44</sup>. Estes abrangeram a aplicação de jogos como instrumentos motivacionais para a introdução da alfabetização via métodos de leitura global e a instrução eficaz de conceitos basilares, como cores. Além disso, uma investigação demonstrou que o próprio processo de desenvolvimento de jogos pode

funcionar como um meio para refinar aptidões de programação e resolução de problemas em adolescentes com Transtorno do Espectro Autista (TEA) <sup>44</sup>.

**Figura 3** – Correlação entre o paradigma da interface primária (GUI, TUI, MR/FBI) e as categorias de benefícios terapêuticos relatados



Fonte: elaboração própria.

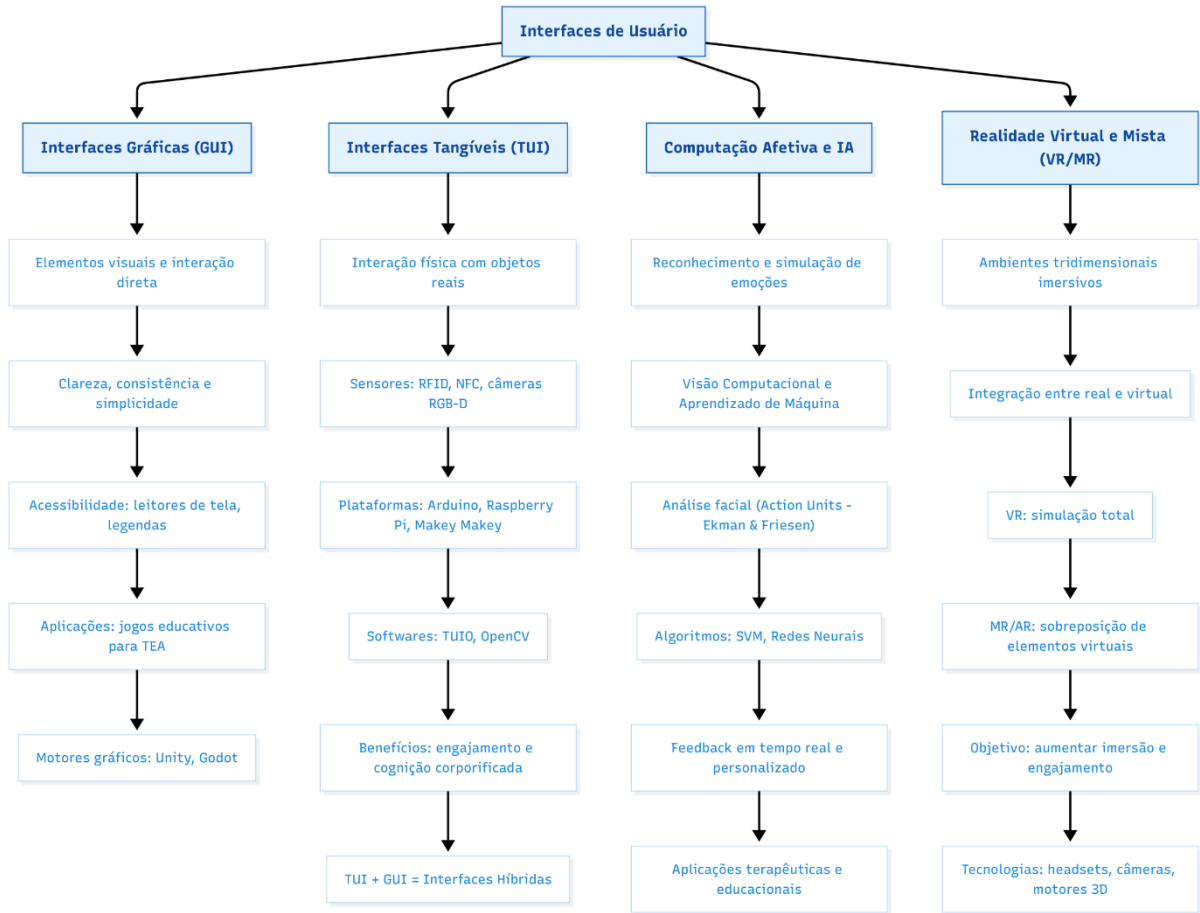
Por fim, avanços no engajamento e no comportamento foram documentados em cerca de metade dos estudos <sup>32, 34, 36, 37, 40, 41</sup>. A capacidade inerente de engajamento dos jogos sérios foi quase universalmente relatada, com crianças demonstrando altos níveis de entusiasmo e envolvimento em atividades gamificadas – um pré-requisito vital para a aprendizagem. Um resultado terapêutico inesperado também foi evidente em um caso, no qual um participante com fobia específica conseguiu diminuir seu medo por meio da interação com objetos virtuais, sugerindo uma utilidade potencial para terapias de exposição controlada <sup>40</sup>. A distribuição desses resultados ressalta o foco predominante no desenvolvimento socioemocional no cenário atual de jogos sérios adaptados para crianças com TEA.

#### 4.1 TAXONOMIA TÉCNICA DE INTERFACES

Para compreender melhor o panorama tecnológico mapeado nesta revisão, os 15 estudos selecionados que implementam ou analisam intervenções de jogos específicas foram categorizados com base em suas características técnicas principais. Esta taxonomia emprega três dimensões: Modalidade de Entrada, a qual descreve como a criança interage com o sistema;

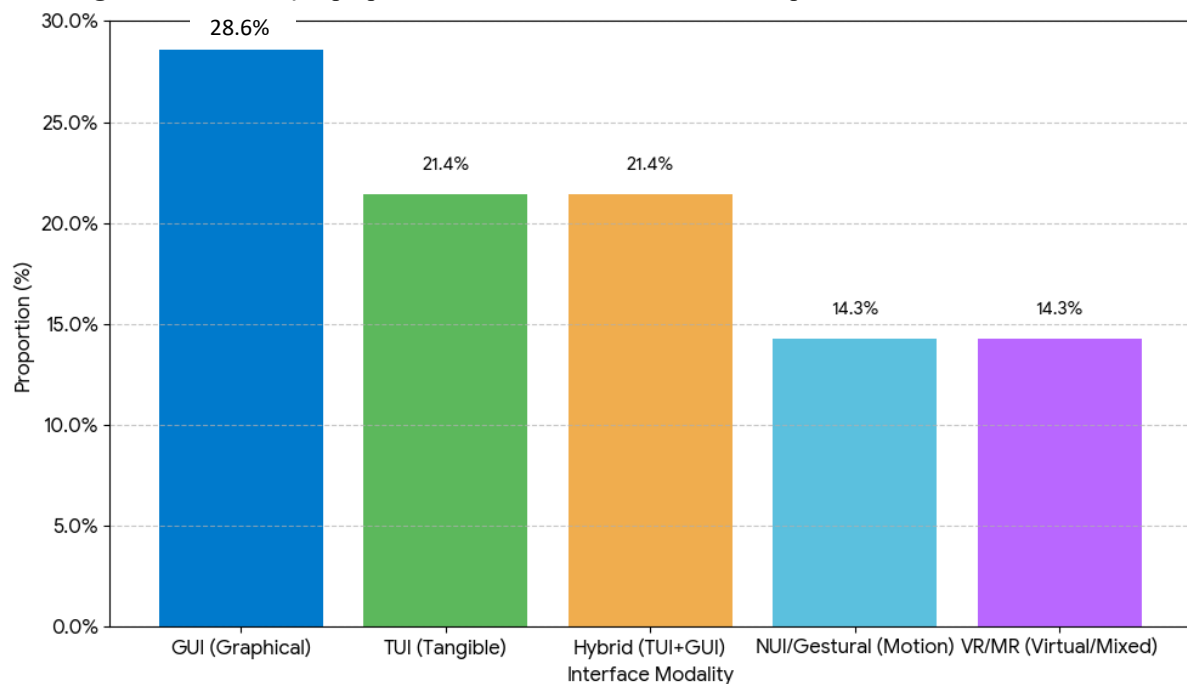
Processamento, que detalha como o sistema gerencia internamente a interação e o conteúdo; e Feedback, que delinea como o sistema comunica os resultados ao usuário.

**Figura 4** – Classificação visual das intervenções analisadas de acordo com a Taxonomia Técnica de Interfaces (Entrada, Processamento, Feedback)



Fonte: elaboração própria.

A Modalidade de Entrada refere-se ao meio físico primário de interação, podendo ser: toque, com interação via contato direto com telas (por exemplo, tablets, smartphones, mesas multitoque); movimento, através de interação por meio de movimentos corporais ou gestos capturados por sensores (por exemplo, Kinect, webcams, controladores de RV, rastreamento ocular); ou tangível, com interação utilizando objetos físicos aumentados com tecnologia (por exemplo, blocos com sensores, cartões com etiquetas RFID/NFC, códigos QR); sendo que abordagens híbridas que combinam modalidades também são possíveis.

**Figura 5** – Distribuição proporcional das modalidades de interface primária nos estudos analisados

Fonte: elaboração própria.

O Processamento descreve a lógica subjacente que determina o fluxo e a resposta do jogo, classificando-se como: estático, onde o jogo segue uma sequência predefinida de eventos e conteúdo, sem adaptação significativa baseada no desempenho do usuário; adaptativo, no qual o jogo ajusta parâmetros como nível de dificuldade, apresentação de conteúdo ou suporte necessário com base em regras predefinidas que reagem ao desempenho ou perfil do usuário; ou baseado em Inteligência Artificial, onde o jogo emprega técnicas de IA, como aprendizado de máquina ou computação afetiva, para mecânicas centrais como análise da entrada do usuário (por exemplo, expressões faciais, voz), geração de conteúdo dinâmico ou fornecimento de feedback inteligente.

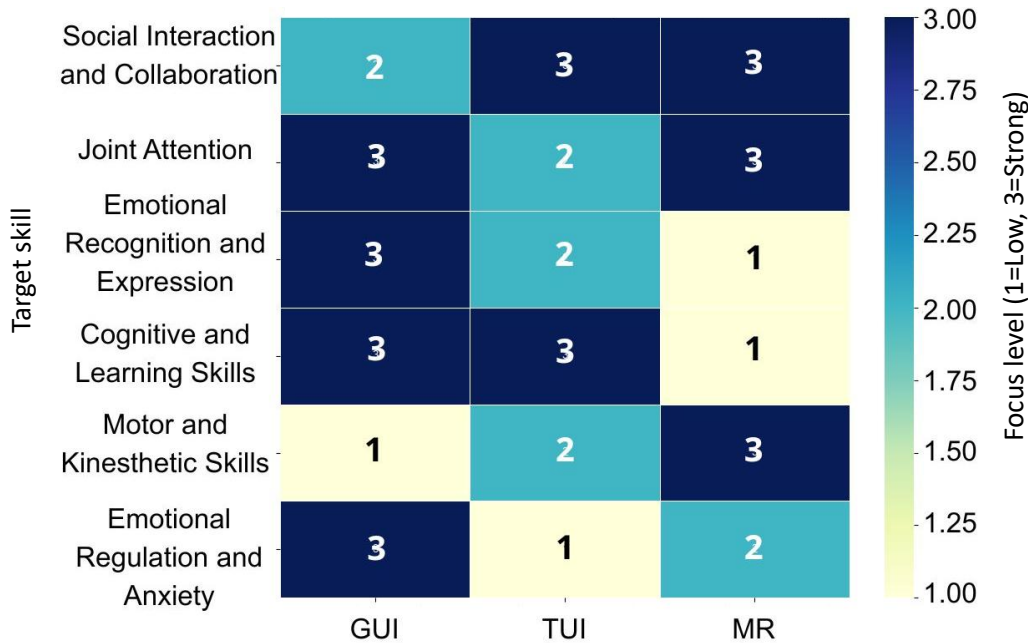
Por fim, o Feedback especifica os canais sensoriais primários utilizados para transmitir informações de volta ao usuário, que podem ser: visual, com informações apresentadas graficamente na tela (por exemplo, mudanças no ambiente do jogo, pontuações, barras de progresso, animações, pistas luminosas); auditivo, com informações transmitidas por meio de som (por exemplo, música, efeitos sonoros, instruções faladas ou correções); ou háptico, com informações transmitidas por meio do sentido do tato (por exemplo, vibrações). A maioria dos sistemas utiliza feedback multimodal e combina principalmente canais visuais e auditivos.

Sistemas que enfatizam a entrada por movimento destacaram-se. Nesse sentido, o jogo 'Balloons' <sup>40</sup> utilizou o Kinect (dispositivo que detecta o movimento do usuário) com processamento adaptativo para uma atividade colaborativa de apontamento e ofereceu feedback

visual/auditivo, além de demonstrar uma redução drástica no tempo de conclusão da tarefa pelos usuários em testes físicos (de 66s no pré-teste para 7s no pós-teste). 'Pico's Adventures' <sup>37</sup> também empregou o Kinect com scaffolding adaptativo (apoio temporário para a aprendizagem da tarefa) ao longo das sessões e baseou-se em feedback visual/auditivo; avaliações qualitativas apontaram alto engajamento e comportamentos de iniciação social. O sistema comparado por <sup>39</sup> empregou rastreamento de movimento em larga escala em RM versus LEGO, provavelmente com lógica estática ou adaptativa e feedback visual/auditivo, tendo alcançado precisões de classificação acima de 60% para distinguir iniciações de TEA e não TEA com base em características corporais em ambos os cenários. <sup>38</sup> utilizou RV de desktop com controlador e rastreamento ocular (movimento) para atenção compartilhada, apresentando processamento potencialmente adaptativo. O feedback foi visual/auditivo/háptico, porém os tempos de reação mostraram-se mais lentos com avatares personalizáveis (CVH) em comparação aos não personalizáveis (NCVH) para tarefas específicas (por exemplo, 2,40s versus 1,25s para exibição de objetos), embora os CVHs tenham melhorado o foco visual em áreas relevantes.

As interfaces tangíveis constituíram outro grupo significativo. <sup>17</sup> combinou blocos tangíveis personalizados com uma GUI (toque como facilitador) e empregou processamento adaptativo e feedback visual/auditivo. Em comparação aos blocos não computadorizados, esse sistema híbrido resultou em maiores interações sociais (média de 3,55 versus 1,11), mais brincadeiras colaborativas (56% versus 26%), menos brincadeiras solitárias (25,5% versus 45,6%) e melhor desempenho nas tarefas (média de 6,11 versus 2,44 modelos concluídos). <sup>32</sup> utilizou cartões RFID tangíveis com processamento estático e feedback visual/auditivo, obtendo sucesso qualitativo no ensino de cores a uma única criança. <sup>35</sup> desenvolveu o EmoTEA, um sistema híbrido que usa cartões NFC tangíveis e entrada de expressão facial baseada em câmera (movimento). O sistema incorporou processamento de IA (Affectiva SDK) para análise de expressões e lógica estática/adaptativa para identificação de cartões, fornecendo feedback visual/auditivo. A usabilidade foi avaliada positivamente, com uma pontuação média SUS de 90,625. O POMA <sup>31</sup> apresentou brinquedos tangíveis sobre um iPad (toque), com dificuldade adaptativa e feedback visual/auditivo, alcançando uma taxa de sucesso de 88,72% em tarefas colaborativas como a alternância de turnos. 'Leo con Lula' <sup>36</sup> integrou códigos QR tangíveis a um aplicativo de tablet baseado em toque para alfabetização e ofereceu progressão adaptativa e feedback visual/auditivo, embora tenha apresentado falhas ocasionais.

**Figura 6** – Mapa de calor ilustrando a frequência dos tipos de interface (Entrada) aplicados a habilidades-alvo específicas (Resultados) na literatura revisada



Fonte: elaboração própria

As Interfaces Gráficas de Usuário (GUIs) baseadas em toque mantiveram-se prevalentes. O 'MiEmo' <sup>33</sup>, em tablets, utilizou entrada por toque com processamento adaptativo por meio de atividades predefinidas. O sistema forneceu feedback visual e auditivo aprimorado por pistas musicais e de cores, tendo alcançado pontuações SUS elevadas (86,88 para usuários de médio funcionamento e 96,75 para usuários de alto funcionamento). O estudo <sup>44</sup> envolveu adolescentes na criação de um jogo via Kodu (toque/mouse), um processo com ferramentas ambientais estáticas, mas com processamento de usuário criativo e adaptativo; o feedback estava incorporado na ferramenta (visual/auditivo), contudo, a colaboração mostrou-se desafiadora. O 'CoASD' <sup>41</sup> foi executado em uma mesa multitoque (toque) e apresentou níveis de suporte adaptativos e feedback visual/auditivo, o que gerou resultados qualitativos positivos sobre motivação e colaboração.

Sistemas que fazem uso extensivo de processamento de IA destacaram-se. A plataforma ASC-Inclusion <sup>43</sup>, com uso de entrada por toque/mouse, integrou uma análise abrangente de IA de expressões faciais, de voz e corporais por meio de periféricos padrão. Seu processamento foi altamente adaptativo e forneceu feedback formativo detalhado de maneira visual e auditiva, o que levou a ganhos expressivos no reconhecimento de emoções que superaram a terapia convencional em ensaios controlados. O 'EmoLand' <sup>34</sup> também utilizou IA para análise de expressão facial (movimento via câmera) combinada com uma GUI baseada na web (toque/mouse). O sistema contou com níveis de jogo e estrutura narrativa adaptativos, ofereceu

feedback visual/auditivo e demonstrou melhorias significativas entre pré e pós-testes, além de alta precisão da IA (97,6%) na avaliação de expressões.

**Tabela 3** – Arquiteturas de hardware e software utilizadas nos estudos analisados

<b>ID do Estudo</b>	<b>Ref. do Estudo</b>	<b>Hardware Utilizado</b>	<b>Software/Plataforma Utilizada</b>
S01	Sharma et al. (2016)	Microsoft Kinect, PC, Monitor	Aplicação personalizada (Python, Engine Panda3D, Serviço Kinect)
S02	Malinverni et al. (2017)	Microsoft Kinect, PC	Aplicação personalizada (Engine não especificada, possivelmente Unity ou similar)
S03	Ornelas Barajas et al. (2017)	Placa TUI personalizada (MEGA BLOKS®, resistores, molas), Microcontroladores (baseados em Arduino, I2C), PC	Aplicação GUI 3D personalizada (Engine não especificada)
S04	Bossavit & Parsons (2017)	PC	Kodu Game Lab (Ambiente de Programação Visual)
S05	Gomez et al. (2018)	Tablets (implícito Android/iOS), Objetos físicos com códigos QR	Aplicativo móvel (Plataforma não especificada), funcionalidade de Leitor de QR
S06	Mei et al. (2018)	PC Desktop, Monitor LED, Rastreador Ocular Tobii EyeX, Controlador Razer Hydra, Smartwatch Moto 360	Aplicação de RV para Desktop personalizada (Engine não especificada), iSpeech (Texto para Fala)
S07	Silva-Calpa et al. (2018)	Mesa Multitoque (Modelo não especificado)	Aplicação personalizada baseada no framework 'StrateCSA'
S08	Marchi et al. (2018)	PC Padrão, Webcam, Microfone	Plataforma personalizada (LMA), OpenFace, openSMILE, EyesWeb XMI, Apache ActiveMQ, Classificadores SVM
S09	Garcia-Garcia et al. (2019)	Dispositivo Móvel Android (Tablet/Celular), Cartões Físicos com Etiquetas NFC	App Android, SDK Affectiva

(continua)

(conclusão)

<b>ID do Estudo</b>	<b>Ref. do Estudo</b>	<b>Hardware Utilizado</b>	<b>Software/Plataforma Utilizada</b>
S10	Carreño-León et al. (2020)	Arduino Mega, Leitores RFID (RFID-RC522), Placa Personalizada, Objetos/Cartões com Etiquetas RFID, PC	Software Gamificado Personalizado (Plataforma não especificada)
S11	Al Mahmud & Soysa (2020)	iPad, 'brinquedos iPPy' personalizados (espuma condutiva)	App para iPad (iOS)
S12	Sayis et al. (2020)	Projetores (Projeção no chão), Sistema multicâmera, Objetos físicos 'apontadores', blocos LEGO	Ambiente de RM personalizado, OpenPose, OpenHeadpose, Weka (para análise)
S13	Chitti et al. (2024)	Tablet Android (Samsung A7), opção de PC	Engine de Jogo Unity3D, SO Android
S14	Chinchay et al. (2024)	N/A (Estudo de Avaliação de Qualidade de Software)	54 Aplicativos Multiplataforma (Móvel, Web, Desktop) avaliados
S15	Fan et al. (2025)	Dispositivo habilitado para Web (Tablet/Laptop), Câmera	Aplicação Web (backend Java), Modelo de ML ONNX (CNN), Ajax

Fonte: elaboração própria.

**Tabela 4** – Parâmetros técnicos e métricas de desempenho relatados nas intervenções

<b>ID do Estudo</b>	<b>Ref. do Estudo</b>	<b>Tipo(s) de Sensor</b>	<b>IA Utilizada? (Tipo)</b>	<b>Info. Sessões/Níveis</b>	<b>Outras Notas Técnicas</b>
S01	Sharma et al. (2016) <sup>2</sup>	Movimento (Kinect)	Não	3-11 sessões (3 semanas), média de ~1:46 min/sessão	2 Jogadores, Baseado em gestos (Apontar), Seleção por tempo de permanência ( <i>dwell time</i> ) (3s)
S02	Malinverni et al. (2017) <sup>3</sup>	Movimento (Kinect)	Não	4 sessões semanais, 45 min/sessão	1-2 Jogadores, Interação de corpo inteiro, Lógica de <i>scaffolding</i> (suporte gradual)

(continua)

(continuação)

<b>ID do Estudo</b>	<b>Ref. do Estudo</b>	<b>Tipo(s) de Sensor</b>	<b>IA Utilizada? (Tipo)</b>	<b>Info. Sessões/Níveis</b>	<b>Outras Notas Técnicas</b>
S03	Ornelas Barajas et al. (2017)	TUI Personalizada (Detecção de Resistência)	Não	2 dias, 15 min/condição	Híbrido TUI+GUI, Feedback em tempo real
S04	Bossavit & Parsons (2017)	Teclado/Mouse (GUI Implícita)	Não	9 sessões (30-60 min cada)	Foco no desenvolvimento de jogos, projetado para 2 jogadores
S05	Gomez et al. (2018)	Tela sensível ao toque (GUI), Câmera (código QR)	Não	1 semana de duração	Híbrido GUI + Elo Tangível (QR), Alta personalização
S06	Mei et al. (2018)	Rastreamento Ocular (Tobii), Controlador de Movimento (Hydra)	Não	~30 min/participante (2 condições)	RV de Desktop, Feedback Háptico (Relógio), CVH (Humano Virtual Personalizável)
S07	Silva-Calpa et al. (2018)	Tela Multitoque	Não	3 meses de duração (2 sessões/semana), 3 fases, 4 níveis/fase	Projetado para comprometimento severo, Redução gradual de suporte
S08	Marchi et al. (2018)	Câmera (Face), Microfone (Voz), Câmera/Profundidade (Corpo)	Sim (Rec. de Emoção: Face, Voz, Corpo; Avaliação Formativa)	8-12 semanas de duração	Análise Multimodal, Feedback em tempo real, Modo adulto-criança
S09	Garcia-Garcia et al. (2019)	Leitor NFC, Câmera (Face)	Sim (Rec. de Emoção Facial via SDK)	Avaliação em sessão única	Híbrido TUI (NFC) + GUI, 3 jogos distintos
S10	Carreño-León et al. (2020)	Leitores RFID	Não	2 meses de duração (2 sessões/semana) para 1 usuário	Hardware TUI + Feedback de Software para PC

(continua)

(conclusão)

<b>ID do Estudo</b>	<b>Ref. do Estudo</b>	<b>Tipo(s) de Sensor</b>	<b>IA Utilizada? (Tipo)</b>	<b>Info. Sessões/Níveis</b>	<b>Outras Notas Técnicas</b>
S11	Al Mahmud & Soysa (2020)	Tela de Toque Capacitiva (Detecção de Brinquedo Personalizado)	Não	Avaliação em sessão única (~1 h), 6 níveis	TUI em Tela de Tablet, Modos individual e multijogador
S12	Sayis et al. (2020)	Câmera (Rastreamento de corpo inteiro via software)	Sim (AM para análise, não no jogo)	Duas sessões de 15 min (RM vs LEGO)	Sistema de Projeção de RM, Comparação RM vs LEGO
S13	Chitti et al. (2024)	Tela sensível ao toque	Não	Uma sessão (até 20 min), 3 níveis de dificuldade	Feedback Multimodal (Música, Cor)
S14	Chinchay et al. (2024)	N/A	Varia conforme o app	N/A	Avaliação da qualidade de software
S15	Fan et al. (2025)	Câmera (Face)	Sim (Rec. de Emoção Facial - CNN)	3-7 sessões (30 min cada) ao longo de 3 semanas, 5 níveis de jogo	Baseado na Web, Animações narrativas, Tentativas personalizáveis

Fonte: elaboração própria.

**Tabela 5** – Visão geral dos estudos incluídos na amostra

<b>Estudo</b>	<b>Intervenção/Jogo</b>	<b>Tipo de Interface</b>	<b>Habilidades-Alvo</b>	<b>Principais Descobertas/Benefícios</b>	<b>Principais Limitações</b>
Al Mahmud & Soysa (2020)	POMA	TUI (iPad + brinquedos condutivos)	Social, Cognitiva, Mapeamento Imagem-Objeto, Turnos	TUI de baixo custo viável; TEA mod. precisou de mais ajuda; ↑ Int. social vs. trad.	Pequena amostra (N=20); Sem grupo de controle; Transferência de habilidades não medida.

(continua)

(continuação)

<b>Estudo</b>	<b>Intervenção/Jogo</b>	<b>Tipo de Interface</b>	<b>Habilidades-Alvo</b>	<b>Principais Descobertas/Benefícios</b>	<b>Principais Limitações</b>
Bossavit & Parsons (2017)	Collaborative Game Dev.	GUI (Desktop - Kodu)	Programação, Resolução de Problemas, Colaboração	↑ Habilidades de programação; Participantes preferiram trabalho separado; Jogo careceu de int. direta.	Pequeno estudo de caso (N=2); Não generalizável; Colaboração entre pares difícil.
Carreño-León et al. (2020)	Tangible Interface System	TUI (RFID/Arduino)	Habilidades básicas de aprendizado (cores)	Bem recebido por especialistas/usuário; Usuário aprendeu cores.	Avaliado com apenas 1 usuário; Potencial efeito Hawthorne.
Chinchay et al. (2024)	Software Quality Assessment	Multiplataforma (Móvel, Web, Desktop)	Avaliar qualidade/eficácia do app	Maioria dos apps "recomendados"; TA com forte pedagogia, design fraco; Convencionais precisam de adaptação.	Heurística orientada para móveis; Grupo "Recomendado" muito amplo.
Chitti et al. (2024)	MiEmo	GUI (Móvel/Tablet + Feedback multimodal)	Reconhecimento de Emoção, Competências Socioemocionais	Excelente usabilidade (SUS > 86); Potencial de feedback multimodal (música/cor) bom.	Pequena amostra (N=19); Intervenção curta (1 sessão); Sem grupo de controle.

(continua)

(continuação)

<b>Estudo</b>	<b>Intervenção/Jogo</b>	<b>Tipo de Interface</b>	<b>Habilidades-Alvo</b>	<b>Principais Descobertas/Benefícios</b>	<b>Principais Limitações</b>
Fan et al. (2025)	EmoLand	GUI (Web + rec. facial por IA)	Desenvolvimento Emocional, Rec./Expressão de Emoção/Exp. Facial	Viável/eficaz; Ganhos de aprendizado significativos; Alto engajamento.	Pequena amostra (N=12); Sem grupo de controle; Conjunto de dados de IA limitado.
Garcia-Garcia et al. (2019)	EmoTEA	Híbrido (TUI + GUI Móvel + rec. facial por IA)	Identificar e Expressar Emoções	Excelente usabilidade (SUS > 90); Crianças gostaram dos cartões NFC.	Amostra muito pequena (N=3); Foco na usabilidade, não no resultado de aprendizado.
Gomez et al. (2018)	Leo con Lula	Híbrido (TUI + GUI Móvel)	Aquisição de leitura (método global)	Motivador; Método global adequado; Alta personalização elogiada.	Curto prazo; Foco na usabilidade; Bugs de software causaram frustração.

(continua)

(continuação)

<b>Estudo</b>	<b>Intervenção/Jogo</b>	<b>Tipo de Interface</b>	<b>Habilidades-Alvo</b>	<b>Principais Descobertas/Benefícios</b>	<b>Principais Limitações</b>
Malinverni et al. (2017)	Pico's Adventures	NUI/Gestua l (Kinect)	Iniciação Social, Cooperação, Atenção Compartilhada, Rec. de Emoção	Bem aceito; Suscitou comportamentos de iniciação social; Elementos surpresa eficazes.	Exploratório; Pequena amostra (N=10); Sem grupo de controle; Generalizaçã o?
Marchi et al. (2018)	ASC-Inclusion	GUI (Desktop + análise de IA)	Rec./Expressão de Emoção (multimodal), Conversação	Aumento significativo do rec. de emoção e socialização vs. controle; Sintomas de TEA reduzidos.	Avaliação não mediu expressividad e; Foco em alto funcionament o.
Mei et al. (2018)	Imagination Drums	RV (Desktop) + Rastreamen to Ocular	Atenção Compartilha da	CVH ↑ foco em áreas relevantes, mas participantes reagiram mais devagar.	Pequena amostra (N=10); Apenas alto funcionamento; RV de Desktop (não imersiva).
Ornelas Barajas et al. (2017)	Serious Game (TUI+GUI)	Híbrido (blocos de construção TUI + GUI)	Jogo Conceitual, Prático, Social, Colaborativo	↑ Interação social, colaboração, desempenho vs. jogo trad.; ↓ Jogo solitário.	Pequena amostra (N=9); Curta duração; Sem grupo de controle.

(continua)

(conclusão)

<b>Estudo</b>	<b>Intervenção/Jogo</b>	<b>Tipo de Interface</b>	<b>Habilidades-Alvo</b>	<b>Principais Descobertas/Benefícios</b>	<b>Principais Limitações</b>
Sayis et al. (2020)	MR System vs. LEGO	RM (Corpo inteiro, proj. no chão) vs. LEGO (TUI)	Comportamentos de Iniciação Social, Expressão Corporal Não Verbal	RM tão eficaz quanto LEGO na modulação de comportamento não verbal; Diferenças de sinais corporais encontradas.	Pequena amostra (N=18 díades); Precisa de mais fontes de dados (logs).
Sharma et al. (2016)	Balloons	NUI/Gestua l (Kinect)	Atenção Compartilhada, Interação Social	↑ Interação social; Transferência de habilidade sugerida; Redução de medo específico.	Pequena amostra (N=10); Sem grupo de controle; Curta duração.
Silva-Calpa et al. (2018)	CoASD	TUI (Mesa Multitoque)	Colaboração, Comunicação, Coordenação, Consciência do Parceiro	Conclusão de tarefa suportada; Motivou usuários a colaborar; ↑ Interação social.	Pequena amostra (N=7, alto comprometimento); Apenas qualitativo; Sem grupo de controle.

Fonte: elaboração própria.

## 5 DISCUSSÃO

Esta revisão sistemática analisou os padrões de implementação e os desfechos educacionais de jogos sérios que empregam interfaces tangíveis e gráficas para crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA). O exame de 15 estudos empíricos demonstra uma progressão clara no design de interfaces, a qual transita de interfaces gráficas de usuário (GUIs) convencionais para paradigmas de interação mais corporificados. Estes incluem Interfaces de Usuário Tangíveis (TUIs), Interfaces Naturais de Usuário (NUIs) baseadas em gestos e ambientes imersivos de Realidade Mista (RM). Embora tais avanços possuam potencial considerável para se alinhar às preferências de aprendizagem de crianças autistas, sua concretização prática apresenta obstáculos distintos de engenharia que exigem consideração cautelosa.

A crescente utilização de TUIs, observada em investigações como as de <sup>17</sup>, <sup>32</sup> e <sup>31</sup>, alinha-se bem aos estilos de aprendizagem concretos e visuais frequentemente associados ao TEA <sup>11</sup>. Da mesma forma, abordagens de NUI que utilizam interação de corpo inteiro via sensores como o Kinect, exploradas por <sup>40</sup> e <sup>37</sup>, valem-se de princípios de cognição corporificada <sup>22</sup> para fomentar habilidades sociais por meio da coordenação física. Tecnologias imersivas, que abrangem Realidade Virtual <sup>38</sup> e RM <sup>39</sup>, fornecem ambientes controlados para a prática de comportamentos sociais complexos. Contudo, a implantação bem-sucedida dessas interfaces corporificadas depende da superação de desafios específicos de engenharia.

A latência e a capacidade de resposta do sistema emergem como preocupações primordiais. Para TUIs dependentes de feedback de sensores (como RFID, toque capacitivo, visão computacional) e sistemas de RM que integram elementos virtuais e físicos, atrasos entre a ação da criança e a resposta do sistema podem desencadear frustração e desengajamento; isso é particularmente sério para usuários com TEA, que se beneficiam de ciclos de feedback imediatos e previsíveis <sup>17</sup>. Garantir um atraso mínimo constitui uma tarefa de integração de hardware e software não trivial. Diferentes modalidades apresentam compensações distintas a esse respeito. Por exemplo, sistemas baseados em gestos, como aqueles que empregam o Kinect <sup>37</sup>, <sup>40</sup>, podem exibir maior latência em comparação com métodos de manipulação direta, mas oferecem vantagens significativas na promoção da cognição corporificada <sup>22</sup>. Por outro lado, sistemas TUI <sup>17</sup>, <sup>31</sup>, <sup>32</sup> geralmente proporcionam maior robustez e latência potencialmente menor, especialmente para o reconhecimento de objetos discretos, embora possam encontrar limitações relativas à escalabilidade para interações complexas ou para o gerenciamento de um vasto número de itens físicos distintos.

Além disso, o processamento de gestos dentro de sistemas NUI introduz seu próprio conjunto de complexidades. Detectar e interpretar gestos com precisão, particularmente de crianças com TEA que podem exibir padrões motores atípicos ou variáveis, necessita de algoritmos robustos e, potencialmente, de técnicas sofisticadas de fusão de sensores. Procedimentos de calibração para sistemas como Kinect ou rastreadores oculares <sup>38</sup> podem se mostrar difíceis de administrar efetivamente com crianças que talvez tenham dificuldade em seguir instruções ou manter a imobilidade. Sensibilidades sensoriais, comuns no TEA, também complicam a integração de sensores; o contato físico exigido por algumas TUIs <sup>31</sup> ou os estímulos visuais ou auditivos potencialmente excessivos em ambientes de RV/RM devem ser meticulosamente gerenciados por meio de design adaptável e personalizado <sup>13</sup>. A dificuldade técnica reside na criação de sistemas que sejam simultaneamente sensíveis o suficiente para capturar dados de interação com precisão e flexíveis o bastante para acomodar perfis sensoriais individuais sem induzir desconforto.

Apesar desses impedimentos técnicos, os princípios de design que norteiam o desenvolvimento desses jogos sérios priorizam consistentemente os requisitos dos usuários autistas. Clareza na arquitetura da informação, previsibilidade nas interações, níveis substanciais de personalização e mecanismos de feedback consistentes representam temas recorrentes na literatura revisada <sup>13, 33, 34, 36</sup>. A personalização, que permite a adaptação de conteúdo, dificuldade e saídas sensoriais, parece essencial para o engajamento e a eficácia terapêutica <sup>34, 36</sup>. A incorporação de Inteligência Artificial (IA) para feedback em tempo real sobre as expressões do usuário, conforme exemplificado na plataforma ASC-Inclusion <sup>43</sup> e no EmoLand <sup>34</sup>, significa uma abordagem sofisticada para fornecer orientação formativa e matizada, além de avaliações simplistas de correto/incorreto. Não obstante, a precisão e a interpretabilidade desses sistemas de IA permanecem uma área que requer desenvolvimento contínuo.

As vantagens relatadas derivadas desses jogos concentram-se principalmente no domínio socioemocional. Melhorias relacionadas ao reconhecimento de emoções <sup>34, 35, 43</sup>, iniciação de interação social <sup>37</sup>, atenção compartilhada <sup>40</sup> e colaboração <sup>17, 41</sup> foram frequentemente documentadas. A aquisição de habilidades cognitivas, abrangendo áreas como alfabetização <sup>36</sup> ou conceitos básicos como cores <sup>32</sup>, também foi notada, embora menos comumente. Um resultado transversal envolveu o alto nível de engajamento e motivação do usuário fomentado pelo formato baseado em jogos <sup>34, 36</sup>, o qual se mostra indispensável para o aprendizado sustentado e a adesão às atividades terapêuticas.

Entretanto, a avaliação desses benefícios frequentemente confronta limitações metodológicas, o que constitui outra camada de desafio. Tamanhos de amostra reduzidos <sup>32, 35</sup>, a ausência de grupos de controle <sup>34, 40</sup>, durações breves de intervenção e complicações na avaliação da generalização de habilidades aprendidas para contextos do mundo real <sup>37, 45</sup> representaram problemas comuns reconhecidos nos estudos. Essa variabilidade metodológica, refletida na avaliação de qualidade realizada, complica a formulação de conclusões definitivas sobre a eficácia em longo prazo em todo o espectro de intervenções.

Agravando essas questões estão os desafios práticos e contextuais, com destaque para a acessibilidade e o custo associados à tecnologia. Muitas interfaces avançadas, particularmente TUIs que necessitam de hardware personalizado <sup>17</sup> e sistemas imersivos de RM <sup>39</sup>, implicam despesas significativas e procedimentos de configuração potencialmente complexos. Essa situação levanta preocupações relativas à equidade e escalabilidade, especialmente no que tange à implantação em escolas públicas ou ambientes com poucos recursos <sup>31, 40</sup>. A necessidade de arquiteturas de baixo custo, robustas e de fácil manutenção é, conseqüentemente, uma consideração de engenharia e design indispensável para alcançar um impacto generalizado. A sustentabilidade das aplicações de tecnologia assistiva, frequentemente prejudicada pela falta de atualizações e manutenção, exacerba ainda mais esse desafio e torna obsoletas ferramentas potencialmente valiosas <sup>42</sup>. Adicionalmente, a maioria dos sistemas continua a necessitar de mediação por um terapeuta ou educador, restringindo, assim, as oportunidades para a prática independente <sup>34</sup>.

## 6 ESTRUTURA PROPOSTA

A análise dos quinze estudos selecionados apresenta um panorama diversificado de paradigmas de interação. Ainda assim, persiste na literatura uma lacuna importante quanto a diretrizes de engenharia unificadas que conectem estruturalmente escolhas específicas de interface (Entrada) a necessidades terapêuticas definidas (Resultados). Esta seção propõe uma estrutura técnico-conceitual para abordar essa deficiência. A estrutura sintetiza as práticas eficazes identificadas ao longo da revisão e confronta diretamente os desafios de engenharia discutidos anteriormente.

### 6.1 ESTRUTURA DE DESIGN DE INTERAÇÃO PARA TEA

Para orientar o design e o desenvolvimento futuros, propõe-se a Estrutura de Design de Interação para TEA. Esse modelo conceitual organiza a arquitetura de jogos sérios em quatro camadas interconectadas e sequenciais: (1) Modalidade de Entrada, (2) Lógica de Processamento, (3) Modalidade de Feedback e (4) Resultados Alvo. Essa estrutura fornece um modelo para mapear decisões de engenharia em relação a objetivos terapêuticos.

### 6.2 ANÁLISE DOS COMPONENTES DA ESTRUTURA

Esta seção analisa os componentes do *framework*, detalhando as especificidades das camadas de entrada, processamento, feedback e os objetivos terapêuticos.

#### 6.2.1 Modalidade de Entrada

A seleção de uma modalidade de entrada representa uma decisão de engenharia importante. Sistemas fundamentados na interação gestual (Movimento), como Pico's Adventures <sup>37</sup> e Balloons <sup>40</sup>, promovem efetivamente a cognição corporificada. Esses sistemas, contudo, enfrentam obstáculos técnicos relacionados à latência de processamento e à interpretação confiável de gestos. Em contrapartida, as TUIs, exemplificadas por intervenções como EmoTEA <sup>35</sup> e POMA <sup>31</sup>, proporcionam maior robustez e latência reduzida. Essa abordagem tangível alinha-se bem ao estilo de aprendizagem concreto e visual prevalente no público-alvo (<sup>11</sup> apud <sup>17</sup>), embora introduza desafios práticos referentes à escalabilidade de hardware e custo.

### 6.2.2 Lógica de Processamento

A lógica de processamento dita a adaptabilidade do sistema. O processamento estático, visto em Leo con Lula <sup>36</sup>, fornece uma base robusta para o ensino de habilidades discretas, como leitura ou identificação de cores <sup>32</sup>. O processamento adaptativo, utilizado pelo CoASD <sup>41</sup>, mostra-se superior para manter o engajamento ao ajustar dinamicamente o nível de suporte à medida que o usuário adquire proficiência. O processamento impulsionado por IA demonstrado no ASC-Inclusion <sup>43</sup> e no EmoLand <sup>34</sup> representa a vanguarda desse domínio. Ele permite feedback formativo em tempo real sobre comportamentos altamente complexos, como expressões faciais, embora essa abordagem exija complexidade computacional significativa e algoritmos sofisticados.

### 6.2.3 Modalidade de Feedback

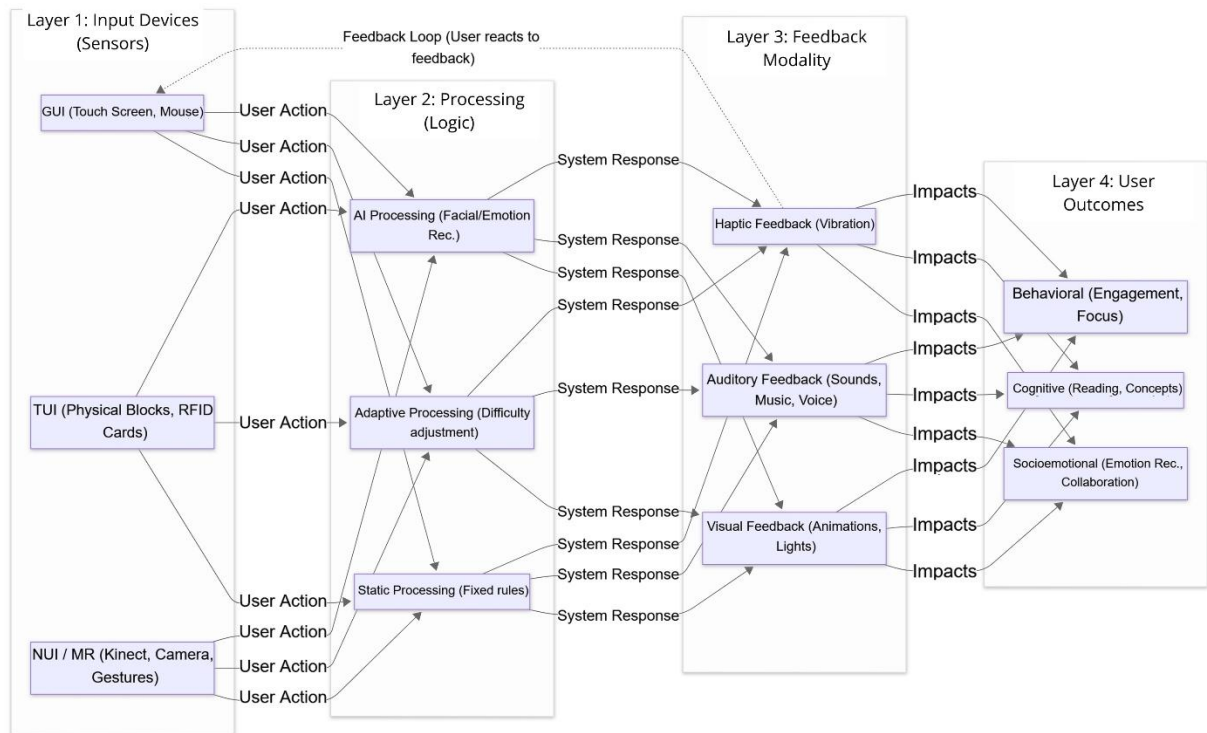
Todas as intervenções examinadas empregam uma combinação de feedback Visual e Auditivo. Não obstante, o design desse feedback deve exercer cautela em relação aos perfis sensoriais únicos associados ao TEA. O estudo MiEmo <sup>33</sup> propõe que o feedback multimodal cuidadosamente curado, como o emparelhamento de música e cor, pode reforçar efetivamente o aprendizado emocional. O feedback háptico, uma modalidade explorada em Imagination Drums <sup>38</sup>, permanece subutilizado, mas detém potencial considerável para fornecer pistas discretas sem sobrecarregar os canais visuais ou auditivos, os quais são frequentemente fontes de sobrecarga sensorial.

### 6.2.4 Resultados Alvo

Esta estrutura propõe que as escolhas de engenharia nas camadas iniciais — Entrada, Processamento e Feedback — não devem ser arbitrárias. Em vez disso, devem ser deliberadamente direcionadas pelo Resultado Alvo terapêutico desejado. Por exemplo, para abordar 'Habilidades Socioemocionais' como o reconhecimento de emoções, uma arquitetura que combina Câmera (Entrada) com processamento impulsionado por IA e Feedback Visual formativo mostra-se ideal, conforme implementado no EmoLand <sup>34</sup>. Por outro lado, para fomentar a 'Colaboração', uma arquitetura que utiliza uma TUI (Entrada) com Processamento Adaptativo, tal como o CoASD <sup>41</sup>, é mais eficaz pois estabelece uma interdependência física necessária entre os usuários.

### 6.3 DIRETRIZES DE ENGENHARIA

**Figura 7** – Estrutura técnica proposta para o desenvolvimento de jogos sérios para o TEA (Transtorno do Espectro Autista), ilustrando a relação entre as camadas de interação (Entrada, Processamento, Feedback) e os Resultados Alvo



Fonte: elaboração própria.

Essa síntese também exposta pela Figura 7 conduz a diversas diretrizes prescritivas para a engenharia de futuras intervenções. Primeiro, os designers devem priorizar a previsibilidade; o sistema deve minimizar a latência e evitar feedback abrupto, negativo ou sensorialmente excessivo, o que pode ser uma fonte de ansiedade<sup>13</sup>. Segundo, os sistemas devem ser projetados para a corporificação. Para o desenvolvimento de habilidades sociais como colaboração ou atenção compartilhada<sup>40</sup>, arquiteturas baseadas em TUI ou NUI/RM que exigem interação física e coordenação são preferíveis às interfaces gráficas padrão. Em terceiro lugar, os designers devem priorizar a acessibilidade e a escalabilidade, dando preferência a tecnologias de baixo custo e amplamente utilizadas (tablets, webcams) em vez de hardware especializado e caro. Os desafios identificados na revisão sugerem uma preferência por arquiteturas onipresentes e de baixo custo (por exemplo, webcams, RFID/NFC, tablets<sup>31</sup>) em detrimento de hardware especializado e de alto custo (por exemplo, grandes mesas multitoque<sup>41</sup>), para garantir a viabilidade de adoção em escolas públicas e residências. Quarto, o desenvolvimento deve integrar IA formativa. Para habilidades complexas e sutis como a expressão emocional,

investir em processamento de IA <sup>34, 43</sup> é necessário para fornecer feedback formativo e corretivo, em vez de respostas binárias simplistas (correto/incorreto).

## 7 CONCLUSÃO

Esta revisão sistemática da literatura analisou as implementações e os resultados educacionais de jogos sérios projetados para crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA). A investigação sintetizou evidências referentes à integração importante de princípios de acessibilidade, inteligência artificial (IA) e paradigmas de interação corporificada, particularmente Interfaces de Usuário Tangíveis (TUI).

A análise confirmou uma progressão clara de interfaces gráficas convencionais em direção a experiências corporificadas (QP1). Essa tendência utiliza TUIs para se alinhar aos estilos de aprendizagem concretos e visuais característicos de muitos indivíduos com TEA <sup>11</sup>. As implementações variam desde objetos de espuma condutiva de baixo custo para tablets <sup>31</sup> e blocos habilitados para RFID <sup>32</sup> até sistemas híbridos TUI-GUI. Essa configuração híbrida demonstrou maior efetividade na promoção da colaboração do que métodos exclusivamente tangíveis <sup>17</sup>. Concomitantemente, a incorporação de IA, especificamente a computação afetiva, permitiu que os sistemas fossem além do feedback corretivo simples. Plataformas como EmoLand <sup>34</sup> e ASC-Inclusion <sup>43</sup> utilizam análise facial e vocal em tempo real para fornecer feedback formativo e instruem ativamente os usuários sobre expressão emocional. Outras abordagens corporificadas incluem sistemas de Realidade Mista (RM) que analisam a expressão corporal <sup>39</sup> e Realidade Virtual (RV) de desktop que utiliza rastreamento ocular <sup>38</sup>.

Essas implementações tecnológicas são unificadas por um foco necessário na acessibilidade (QP1). As características de design concentram-se consistentemente na clareza, na previsibilidade, na minimização de metáforas ambíguas <sup>13</sup> e na extensa personalização, a qual emergiu como fator-chave para a manutenção do foco do usuário <sup>36, 38</sup>. Apesar desse foco, permanece uma lacuna persistente entre o alinhamento pedagógico e a sustentabilidade técnica. Uma avaliação de qualidade do software existente constatou que a Tecnologia Assistiva (TA) dedicada frequentemente destaca-se na pedagogia, mas apresenta manutenção deficiente, ao passo que softwares convencionais são tecnicamente robustos, porém carecem de adaptações de acessibilidade essenciais <sup>42</sup>.

Em relação aos resultados (QP2), as vantagens mais frequentemente relatadas são socioemocionais. Estas incluem melhorias documentadas no reconhecimento de emoções <sup>34, 43</sup>, interação social aprimorada <sup>37</sup> e colaboração aperfeiçoada <sup>41</sup>.

Contudo, a revisão também identificou desafios persistentes (QP3). O campo caracteriza-se por limitações metodológicas, que incluem tamanhos de amostra reduzidos <sup>35</sup> e a omissão comum de grupos de controle. Uma deficiência importante é a dificuldade consistente em avaliar a

generalização de habilidades, o que deixa a eficácia em longo prazo e no mundo real dessas intervenções baseadas em TUI e IA amplamente não comprovada <sup>33, 37</sup>. Pesquisas futuras devem, portanto, priorizar a superação da lacuna entre a manutenção técnica e a especialização pedagógica <sup>42</sup>, além de empregar metodologias rigorosas e longitudinais para validar a transferência de habilidades dos ambientes digitais para a vida cotidiana.

## REFERÊNCIAS

- <sup>1</sup> LORD, C. et al. Autism spectrum disorder. **The Lancet**, [S. l.], v. 392, n. 10146, p. 508–520, 2018.
- <sup>2</sup> WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Autism spectrum disorders**. 2025. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>. Acesso em: 6 out. 2025.
- <sup>3</sup> AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION (APA). **Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-5®)**. 5. ed. Arlington, VA: American Psychiatric Pub, 2013.
- <sup>4</sup> EVÊNCIO, K. M.; MENEZES, C. C. N.; FERNANDES, S. G. P. The support levels of Autism Spectrum Disorder (ASD) and their specificities. In: NATIONAL CONGRESS OF EDUCATION, 6., 2019, Fortaleza. **Proceedings...** Fortaleza: Realize, 2019.
- <sup>5</sup> CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). **Data & statistics on autism spectrum disorder**. Atlanta: CDC, 2025. Disponível em: <https://www.cdc.gov/autism/data-research/index.html>. Acesso em: 24 set. 2025.
- <sup>6</sup> COHEN, M. J.; SLOAN, D. L. **Visual supports for people with autism**. Bethesda: Woodbine House, 2007.
- <sup>7</sup> BARON-COHEN, S.; LESLIE, A. M.; FRITH, U. Does the autistic child have a “theory of mind”? **Cognition**, [S. l.], v. 21, n. 1, p. 37-46, 1985. DOI: [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(85\)90022-8](https://doi.org/10.1016/0010-0277(85)90022-8).
- <sup>8</sup> QUILL, K. A. Instructional consideration for young children with autism: the rationale for visually cued instruction. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, [S. l.], v. 27, p. 697–714, 1997.
- <sup>9</sup> GELLER, L. The changing face of autism. In: STARSIA, V.; DAY GORE, R. (ed.). **The healing project: voices of autism**. San Francisco: LaChance Publishing, 2008. p. 19–27.

<sup>10</sup> BERNARDINI, Sara; PORAYSKA-POMSTA, Kaška; SMITH, Tim J. ECHOES: An intelligent serious game for fostering social communication in children with autism. **Information Sciences**, [S. l.], v. 264, p. 41-60, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2013.10.027>.

<sup>11</sup> GRANDIN, T. **Thinking in pictures**: and other reports from my life with autism. New York: Vintage, 2006.

<sup>12</sup> HAPPÉ, F.; FRITH, U. The weak coherence account: detail-focused cognitive style in autism spectrum disorders. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, [S. l.], v. 36, n. 1, p. 5–25, 2006.

<sup>13</sup> RUSAKOVA, M. **7 principles of designing for users with autism**. UX Collective, 2021. Disponível em: <https://uxdesign.cc/7-principles-of-designing-for-users-with-autism-3b9131979f4c>. Acesso em: 28 jul. 2025.

<sup>14</sup> BRASIL. Ministério da Educação. **Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva**. Brasília: MEC/SEESP, 2008.

<sup>15</sup> RAMDOSS, S. et al. Computer-based interventions to improve social and emotional skills in individuals with autism spectrum disorders: a systematic review. **Developmental Neurorehabilitation**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 119–135, 2012.

<sup>16</sup> RAMOS, D. K.; TEODORO, R.; FERREIRA, V. R. S. Serious games: concepts and applications. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON INFORMATICS IN EDUCATION, 22., 2011, Aracaju. **Proceedings...** Aracaju: SBC, 2011. p. 1–10.

<sup>17</sup> BARAJAS, A. O.; AL OSMAN, H.; SHIRMOHAMMADI, S. A serious game for children with Autism Spectrum Disorder as a tool for play therapy. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SERIOUS GAMES AND APPLICATIONS FOR HEALTH (SeGAH), 5., 2017, Perth. **Proceedings...** Piscataway: IEEE, 2017. p. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1109/SeGAH.2017.7939266>.

- <sup>18</sup> GROSSARD, C. et al. Serious games to teach social interactions and emotions to individuals with autism spectrum disorders (ASD). **Computers & Education**, [S. l.], v. 113, p. 195–211, 2017.
- <sup>19</sup> GHANOUNI, P. et al. An interactive serious game to target perspective taking skills among children with ASD: a usability testing. **Behaviour & Information Technology**, [S. l.], p. 1–12, 2020.
- <sup>20</sup> ISHII, H.; ULLMER, B. Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. In: SIGCHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 1997, Atlanta. **Proceedings...** New York: ACM, 1997. p. 234–241.
- <sup>21</sup> SITDHISANGUAN, K. et al. Using tangible user interfaces in computer-based training systems for low-functioning autistic children. **Personal and Ubiquitous Computing**, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 143–155, 2012.
- <sup>22</sup> NIEDENTHAL, P. M. et al. Embodiment in attitudes, social perception, and emotion. **Personality and Social Psychology Review**, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 184–211, 2005.
- <sup>23</sup> BOUTSIKA, E. Kinect in education: a proposal for children with autism. **Procedia Computer Science**, [S. l.], v. 27, p. 123–129, 2014.
- <sup>24</sup> BURDEA, G. C.; COIFFET, P. **Virtual reality technology**. 2. ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2003.
- <sup>25</sup> MILGRAM, P.; KISHINO, F. A taxonomy of mixed reality visual displays. **IEICE Transactions on Information and Systems**, [S. l.], v. E77-D, n. 12, p. 1321–1329, 1994.
- <sup>26</sup> PARSONS, S.; COBB, S. State-of-the-art review: virtual reality for people with autism. **Journal of Assistive Technologies**, [S. l.], v. 5, n. 4, p. 196–211, 2011.
- <sup>27</sup> SERRET, Sylvie et al. Facing the challenge of teaching emotions to individuals with low- and high-functioning autism using a new Serious game: a pilot study. **Molecular Autism**, [S. l.], v. 5, n. 37, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1186/2040-2392-5-37>.

<sup>28</sup> BATTOCCHI, Alberto et al. Collaborative puzzle game: a tabletop interface for fostering collaborative skills in children with autism spectrum disorders. **Journal of Assistive Technologies**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 4-13, mar. 2010. DOI: <https://doi.org/10.5042/jat.2010.0040>.

<sup>29</sup> BEAUMONT, Renae; SOFRONOFF, Kate. A multi-component social skills intervention for children with Asperger syndrome: The Junior Detective Training Program. **Journal of Child Psychology and Psychiatry**, [S. l.], v. 49, n. 7, p. 743-753, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2008.01920.x>.

<sup>30</sup> KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. Keele, UK: Keele University, 2007. (Technical Report EBSE-2007-01).

<sup>31</sup> AL MAHMUD, Abdullah; SOYSA, Amani Indunil. POMA: A tangible user interface to improve social and cognitive skills of Sri Lankan children with ASD. **International Journal of Human-Computer Studies**, [S. l.], v. 144, 2020. Artigo 102486. ISSN 1071-5819. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2020.102486>.

<sup>32</sup> CARREÑO-LEÓN, M. A. et al. Design of an interactive system of tangible interfaces to support learning in children with autism. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF INCLUSIVE TECHNOLOGY AND EDUCATION (CONTIE), 3., 2020, Baja California Sur. **Proceedings...** Piscataway: IEEE, 2020. p. 15–19. DOI: <https://doi.org/10.1109/CONTIE51334.2020.00012>.

<sup>33</sup> CHITTI, Eleonora et al. MiEmo: A multi-modal platform on emotion recognition for children with autism spectrum condition. **Computers in Human Behavior Reports**, [S. l.], v. 17, 2024. Artigo 100549. ISSN 2451-9588. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2024.100549>.

<sup>34</sup> FAN, Min et al. EmoLand: Utilizing narrative animations, multilevel games, and affective computing to foster emotional development in children with autism spectrum disorder. **International Journal of Human-Computer Studies**, [S. l.], v. 199, 2025. Artigo 103486. ISSN 1071-5819. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2025.103486>.

- <sup>35</sup> GARCIA-GARCIA, Jose Maria et al. EmoTEA: Teaching children with autism spectrum disorder to identify and express emotions. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMAN COMPUTER INTERACTION, 20., 2019, Donostia. **Proceedings...** New York: Association for Computing Machinery, 2019. Article 36, p. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1145/3335595.3335639>.
- <sup>36</sup> GOMEZ, Javier et al. Leo con lula, introducing global reading methods to children with ASD. In: ACM CONFERENCE ON INTERACTION DESIGN AND CHILDREN (IDC), 17., 2018, Trondheim. **Proceedings...** New York: ACM, 2018. p. 420–426. DOI: <https://doi.org/10.1145/3202185.3202765>.
- <sup>37</sup> MALINVERNI, Laura et al. An inclusive design approach for developing video games for children with Autism Spectrum Disorder. **Computers in Human Behavior**, [S. l.], v. 71, p. 535-549, 2017. ISSN 0747-5632. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.01.018>.
- <sup>38</sup> MEI, C. et al. Towards joint attention training for children with ASD – a VR game approach and eye gaze exploration. In: IEEE CONFERENCE ON VIRTUAL REALITY AND 3D USER INTERFACES (VR), 2018, Tübingen/Reutlingen. **Proceedings...** Piscataway: IEEE, 2018. p. 289–296. DOI: [10.1109/VR.2018.8446242](https://doi.org/10.1109/VR.2018.8446242).
- <sup>39</sup> SAYIS, Batuhan; PARES, Narcis; GUNES, Hatice. Bodily expression of social initiation behaviors in ASC and non-ASC children: Mixed reality vs. LEGO game play. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIMODAL INTERACTION (ICMI), 2020, Utrecht. **Companion Publication...** New York: ACM, 2020. p. 140–149. DOI: <https://doi.org/10.1145/3395035.3425188>.
- <sup>40</sup> SHARMA, Sumita et al. Promoting joint attention with computer supported collaboration in children with autism. In: ACM CONFERENCE ON COMPUTER-SUPPORTED COOPERATIVE WORK & SOCIAL COMPUTING (CSCW), 19., 2016, San Francisco. **Proceedings...** New York: ACM, 2016. p. 1560–1571. DOI: <https://doi.org/10.1145/2818048.2819930>.
- <sup>41</sup> SILVA-CALPA, G. F. M.; RAPOSO, A. B.; SUPLINO, M. CoASD: A tabletop game to support the collaborative work of users with autism spectrum disorder. In: IEEE

INTERNATIONAL CONFERENCE ON SERIOUS GAMES AND APPLICATIONS FOR HEALTH (SeGAH), 6., 2018, Vienna. **Proceedings...** Piscataway: IEEE, 2018. p. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1109/SeGAH.2018.8401358>.

<sup>42</sup> CHINCHAY, Yussy; GOMEZ, Javier; MONTORO, Germán. Unlocking inclusive education: A quality assessment of software design in applications for children with autism. **Journal of Systems and Software**, [S. l.], v. 217, 2024. Artigo 112164. ISSN 0164-1212. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2024.112164>.

<sup>43</sup> MARCHI, E. et al. The ASC-Inclusion perceptual serious gaming platform for autistic children. **IEEE Transactions on Games**, [S. l.], v. 11, n. 4, p. 328–339, ago. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1109/TG.2018.2864640>.

<sup>44</sup> BOSSAVIT, Benoît; PARSONS, Sarah. From start to finish: teenagers on the autism spectrum developing their own collaborative game. **Journal of Enabling Technologies**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 31–42, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1108/JET-02-2017-0004>.

<sup>45</sup> ZAKARI, H. M.; MA, M.; SIMMONS, D. A review of serious games for children with autism spectrum disorders (ASD). In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SERIOUS GAMES DEVELOPMENT AND APPLICATIONS, 2014, Berlin. **Proceedings...** Cham: Springer, 2014. p. 93–106.