

Desenvolvimento de um Jogo Digital de Memória para Apoio à Observação Comportamental no Transtorno do Espectro Autista

Design of a Digital Memory Game for Behavioral Observation Support in Autism Spectrum Disorder

Bianca Waskow¹, Theo Cassuriaga¹, Rafael Freitas¹,
Ânderson dos Santos Ritta^{3,5}, Tatiana Tavares^{1,5}

¹ Ciência da Computação – Universidade Federal Pelotas (UFPel)
Pelotas – RS – Brasil

² Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas – IFSul
Bagé – RS – Brasil

³ Programa de Pós-graduação em Computação – Universidade Federal Pelotas (UFPel)
Pelotas – RS – Brasil

bhwaskow@inf.ufpel.edu.br, tvccassuriaga@inf.ufpel.edu.br

rsdfreitas@inf.ufpel.edu.br, andersonritta@gmail.com, tati@inf.ufpel.edu.br

Abstract. Introduction: Healthcare professionals use different resources in the assessment of children under investigation for Autism Spectrum Disorder (ASD), including games to support behavioral observation. Digital games can systematize data collection and enhance interaction analysis. **Objective:** This study aims to develop an interactive digital game as a support tool, integrating a playful activity with automated behavioral data collection. **Methodology:** The process included literature review, requirements definition, design of a memory-based mechanic (pairing male and female animals), system modeling, and implementation using the Godot Engine. The system records indicators such as response time, choice patterns, and hint usage. **Results:** The solution combines gameplay with structured interaction logging, enabling objective data collection to support behavioral analysis. It also stimulates cognitive skills such as attention and visual memory, without replacing clinical procedures. **Keywords** Autism Spectrum Disorder, Digital Games, Behavioral Assessment, Human-Computer Interaction, Child Development.

Resumo. Introdução: Profissionais de saúde utilizam jogos como apoio à avaliação de crianças em investigação para o TEA. Jogos digitais permitem sistematizar registros e ampliar a coleta de dados. **Objetivo:** Desenvolver um jogo digital interativo que integre atividade lúdica e coleta automatizada de dados comportamentais. **Metodologia:** O desenvolvimento incluiu revisão bibliográfica, definição de requisitos, concepção de um jogo da memória (pareamento de animais) e implementação na Godot Engine, com registro de indicadores como tempo de resposta e padrões de escolha. **Resultados:** A solução permite coleta estruturada de dados para análise comportamental e estimula habilidades cognitivas, sem substituir práticas clínicas tradicionais.

Palavras-Chave Transtorno do Espectro Autista, Jogos Digitais, Avaliação Comportamental, Interação Humano-Computador, Desenvolvimento Infantil.

1. Introdução

O desenvolvimento infantil envolve dimensões cognitivas, motoras, sociais e emocionais, variando entre indivíduos [Papalia e Feldman 2013, WHO 2023]. A identificação de atrasos nesse processo é fundamental, pois pode indicar condições como o Transtorno do Espectro Autista (TEA), cujo diagnóstico precoce favorece melhores desfechos no desenvolvimento e na qualidade de vida [APA 2013, WHO 2023].

Avanços na computação têm impulsionado soluções inovadoras em saúde e educação [DE BARROS 2019, Oliveira et al. 2020]. Nesse contexto, jogos e aplicações digitais vêm sendo explorados no apoio ao diagnóstico e monitoramento de condições do neurodesenvolvimento, como TEA e TDAH [Bauer et al. 2025, Solovyova et al. 2020]. Essas ferramentas se destacam pelo potencial de engajamento e pela capacidade de registrar dados comportamentais em ambientes controlados [Thabtah 2019, Vacca et al. 2023, Costa 2017].

Apesar desse potencial, o uso dessas tecnologias ainda é limitado no Brasil, especialmente na triagem de sinais atípicos do desenvolvimento [Paula et al. 2012]. Fatores como a escassez de soluções adaptadas à rede pública, a limitação de profissionais especializados e a dependência de instrumentos estrangeiros dificultam sua adoção [Costa et al. 2023, Duarte et al. 2020, T4H 2023, Eloi et al. 2019].

No país, a atenção à saúde mental infantil avançou com a consolidação da atenção psicossocial no SUS, incluindo os CAPSi e a Lei nº 10.216/2001 [BRASIL. Ministério da Saúde 2002, Brasil 2001]. Ainda assim, o reconhecimento precoce de transtornos do neurodesenvolvimento enfrenta desafios, como a baixa inserção do tema na formação profissional [Paula et al. 2012, Ribeiro et al. 2017].

Estima-se que cerca de 1 em cada 100 crianças esteja no espectro autista [WHO 2023]. No Brasil, o Censo de 2022 apontou aproximadamente 2,4 milhões de pessoas com diagnóstico declarado de TEA (1,2% da população) [IBGE 2025]. A ausência histórica de dados contribuiu para subdiagnósticos e dificuldades no planejamento de políticas públicas [Paula et al. 2011].

O diagnóstico tardio pode gerar prejuízos emocionais, sociais e de aprendizagem [Zwaigenbaum et al. 2015]. Assim, a identificação precoce é essencial, embora ainda desafiadora devido à variabilidade dos sinais e à subjetividade de métodos tradicionais baseados em observação clínica [Silva et al. 2024b, Falkmer et al. 2013, Lord et al. 2020].

Diante desse cenário, ferramentas digitais interativas surgem como alternativa complementar, oferecendo ambientes lúdicos e não invasivos, além de possibilitar a coleta estruturada de dados comportamentais. Nesse contexto, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um jogo da memória digital voltado a crianças em avaliação para TEA. A proposta utiliza a mecânica de pareamento entre animais como tarefa estruturada de observação, integrando elementos educativos ao registro sistemático das interações. Assim, busca-se apoiar a prática profissional por meio de uma solução acessível e alinhada ao contexto brasileiro [Barbosa e Ribeiro 2022, Rodrigues 2019, Harrington et al. 2013].

2. Jogos digitais para o grupo TEA

Os jogos digitais têm mostrado ser ferramentas promissoras no apoio ao desenvolvimento de crianças com TEA [Azadboni et al. 2024, Vallefucio et al. 2022]. Particularmente, dispositivos móveis equipados com telas sensíveis ao toque demonstram oferecer uma interação direta e intuitiva, facilitando o engajamento e a compreensão de conceitos. Essas tecnologias são amplamente reconhecidas por sua capacidade de aprimorar habilidades comunicativas e sociais, promovendo um envolvimento mais ativo em atividades de aprendizagem e terapêuticas [Silva et al. 2024a, Voss et al. 2019, Toma et al. 2024]. Além disso, indivíduos com TEA frequentemente reagem de forma mais eficiente a estímulos visuais do que auditivos, o que torna as interfaces visuais mais atrativas e eficazes para essa população [Yee 2012].

A principal vantagem dos jogos digitais para crianças com TEA reside em seu ambiente controlado e previsível, característica especialmente adequada para aquelas que enfrentam dificuldades em interações sociais imprevisíveis [Chaidi e Drigas 2023]. O design visualmente atraente e o uso de recursos tecnológicos favorecem uma experiência capaz de capturar a atenção infantil e estimular a interação. Dessa forma, tais recursos configuram-se como uma estratégia pedagógica relevante, ao oferecerem uma abordagem estruturada e adaptada às especificidades das necessidades de aprendizagem e ao desenvolvimento de habilidades em crianças com TEA [Vitor et al. 2021, Araújo e Seabra Júnior 2021].

Além disso, essas tecnologias possibilitam a coleta automática de dados sobre comportamento e desempenho, enquanto jogos não digitais dependem de observação manual, tornando a análise mais trabalhosa e imprecisa.

O registro sistemático dessas informações contribui para o ajuste de intervenções educacionais e terapêuticas conforme as demandas individuais, favorecendo abordagens personalizadas de ensino e acompanhamento [Camargo et al. 2019, Toma et al. 2024]. A capacidade de monitoramento contínuo e adaptação amplia o potencial de aplicação dessas ferramentas no desenvolvimento de diversas competências, incluindo alfabetização e habilidades cognitivas [Honorato et al. 2021, Vitor et al. 2021], além do aprimoramento de habilidades sociais, como reconhecimento de emoções e comunicação [Silva et al. 2024a, Linhalis et al. 2024], bem como do desenvolvimento de habilidades motoras e comportamentos adaptativos [Sene et al. 2024]. Assim, tais aplicações digitais favorecem o engajamento em atividades voltadas ao desenvolvimento integral da criança, alinhando-se às práticas educacionais e terapêuticas modernas [Silva et al. 2024a].

3. Tecnologias para Desenvolvimento de Jogos

Diversas *engines* têm sido utilizadas no desenvolvimento de jogos digitais, oferecendo diferentes recursos, níveis de complexidade e modelos de licenciamento. A escolha de uma *game engine* é fundamental, pois fornece a infraestrutura e as ferramentas essenciais para o desenvolvimento [Mihale-Wilson et al. 2022, Christopoulou e Xinogalos 2017]. Em projetos voltados a intervenções terapêuticas e educacionais, destacam-se critérios como compatibilidade com plataformas e capacidade de coleta de dados para avaliação de progresso [Petridis et al. 2012]. Nesse contexto, destacam-se Unity, Unreal Engine, GameMaker Studio e Godot.

A Unity é uma das plataformas mais populares, amplamente utilizada no desenvolvimento de jogos educativos para crianças com TEA [Barbosa et al. 2024, Pena et al. 2022]. Estudos indicam seu uso predominante em aplicações de Realidade Aumentada para dispositivos móveis Android [Toma et al. 2024]. A engine suporta jogos 2D e 3D e exportação para múltiplas plataformas [UNITY TECHNOLOGIES 2025, Pérez et al. 2026], além de oferecer ferramentas robustas, como sistema de animação, editor visual e ampla *asset store* [UNITY TECHNOLOGIES 2025, Escudeiro e Gouveia 2023, Starrett et al. 2020]. Sua versão gratuita amplia a acessibilidade [Berrezueta-Guzman e Wagner 2026, Escudeiro e Gouveia 2023, Pérez Domínguez 2019], embora apresente curva de aprendizado considerável [Berrezueta-Guzman e Wagner 2026, Melo et al. 2019].

A Unreal Engine destaca-se pela alta qualidade gráfica e é amplamente utilizada em jogos 3D de grande porte [Berrezueta-Guzman e Wagner 2026, Pérez et al. 2026]. Embora suporte múltiplas plataformas e programação visual via *Blueprints* [Pérez et al. 2026, Mohd et al. 2023, EPIC GAMES 2025], seu uso avançado geralmente requer C++. Além disso, suas altas exigências de hardware e complexidade podem dificultar a adoção por iniciantes [Berrezueta-Guzman e Wagner 2026, Mohd et al. 2023]. Seu modelo de licenciamento baseia-se em royalties [Berrezueta-Guzman e Wagner 2026].

O GameMaker Studio é voltado ao desenvolvimento 2D, com interface intuitiva e linguagem de script própria [Martins e Diniz 2022, YOYO GAMES 2025]. Oferece recursos como análises em tempo real, compras no aplicativo e editores integrados [Jensen et al. 2023], porém funcionalidades avançadas e exportação multiplataforma exigem licenciamento pago [Jensen et al. 2023, YOYO GAMES 2023].

A Godot Engine é uma ferramenta de código aberto sob licença MIT, gratuita para uso pessoal e comercial. Suporta múltiplas plataformas e desenvolvimento 2D e 3D, destacando-se especialmente no 2D [GODOT ENGINE 2024, Mohd et al. 2023]. Sua arquitetura baseada em cenas e nós facilita a organização e reutilização de componentes, enquanto a linguagem GDScript, similar ao Python, favorece o aprendizado. A engine também oferece editor integrado para rápida prototipagem [GODOT ENGINE 2024, Mohd et al. 2023, Peña Pérez Negrón et al. 2023]. Apesar do crescimento no cenário independente [Holfeld 2024], ainda apresenta limitações em projetos 3D [Mohd et al. 2023], sendo apoiada por documentação oficial e comunidade ativa [GODOT ENGINE CONTRIBUTORS 2023]. A Tabela 1 apresenta um panorama comparativo das engines de desenvolvimento de jogos avaliadas neste estudo, destacando aspectos relacionados ao tipo de jogo suportado, ao licenciamento e às plataformas de execução. No contexto deste trabalho, a Godot mostrou-se adequada para o desenvolvimento de um jogo 2D com implantação em Android, em consonância com os requisitos definidos.

4. Trabalhos Relacionados

A literatura científica tem demonstrado a expansão do uso de jogos digitais como ferramentas de apoio a indivíduos com TEA, principalmente em contextos de intervenção educacional, treinamento cognitivo e suporte terapêutico. Essas aplicações exploram o potencial do ambiente lúdico para estimular habilidades como atenção, memória,

Tabela 1. Comparação entre as engines.

Engine	2D	Licença	Plataformas	Adequação ao projeto
Unity	Sim	Gratuita / Comercial	Windows, iOS, Android	Média
Unreal Engine	Limitado	Royalty	PC, Consoles, Mobile	Baixa
GameMaker Studio	Sim	Licença paga	Desktop, Mobile	Média
Construct	Sim	Licença paga	Web, Mobile	Média
Godot Engine	Sim	Open Source (MIT)	Desktop, Mobile, Web	Alta

concentração e raciocínio lógico, além de favorecer o engajamento durante a atividade [Sene et al. 2024, Martins e Diniz 2022]. Dessa forma, os trabalhos relacionados são organizados em dois grupos: (i) jogos digitais voltados à intervenção e ao treinamento cognitivo, com pouca ou nenhuma ênfase na coleta de dados para avaliação; e (ii) jogos e plataformas que incorporam a coleta de dados comportamentais, com potencial aplicação no suporte à avaliação do TEA.

4.1. Jogos Digitais com Foco em Intervenção e Treinamento Cognitivo

O jogo *Soldier on the Bridge* busca aprimorar a memória e a atenção; no entanto, não explicita mecanismos de coleta de dados voltados ao apoio sistemático à avaliação clínica [Sampaio et al. 2019]. A suíte de jogos *TEO*, destaca-se por estimular habilidades como concentração, discriminação visual e raciocínio lógico, além de registrar métricas de desempenho para acompanhamento terapêutico [Moura et al. 2016]. Apesar da presença de coleta de dados, seu uso está direcionado ao monitoramento do progresso e à recomendação de atividades, não sendo proposto como instrumento de apoio direto ao processo de avaliação do TEA.

Trabalhos como os de Wagle et al. [Wagle et al. 2021] e Adochiei et al. [Adochiei et al. 2024] apresentam propostas voltadas ao treinamento da memória de trabalho e de outras funções cognitivas. O estudo de Wagle et al., intitulado *Development and Testing of a Game-Based Digital Intervention for Working Memory Training in Autism Spectrum Disorder*, é composto por cinco jogos digitais distintos, todos direcionados ao treinamento da memória de trabalho visuoespacial.

Por sua vez, Adochiei et al., no trabalho *The Power of Play: Strategies for Enhancing Development in Children with Autism Spectrum Disorders*, utilizam a plataforma Makey Makey, que possibilita a interação por meio de sensores de contato, convertendo objetos cotidianos em dispositivos de entrada para os jogos. Em razão dessa abordagem baseada em hardware externo e sensores físicos, o estudo de Adochiei et al. não foi incluído na tabela comparativa, uma vez que sua arquitetura tecnológica difere substancialmente das demais soluções analisadas.

Embora esses estudos demonstrem o potencial dos jogos digitais no apoio ao desenvolvimento cognitivo de indivíduos no espectro autista, observa-se que a maior parte das propostas analisadas não explora a coleta de dados de maneira estruturada, com foco explícito no apoio ao processo de avaliação clínica.

Já aplicações como *ArrasTE-A* e *ABC Autismo Animais*, apresentam caráter predominantemente educacional [Siedler et al. 2022, Carvalho e Cunha 2019]. De modo geral, embora esses estudos demonstrem o potencial dos jogos digitais no apoio ao desenvolvimento cognitivo de indivíduos no espectro autista, observa-se que a maior parte

das propostas analisadas não explora a coleta de dados de maneira estruturada, com foco explícito no apoio ao processo de avaliação clínica.

4.2. Jogos Digitais com Coleta de Dados para Avaliação

Um conjunto mais restrito de trabalhos analisados apresenta maior alinhamento com a proposta deste estudo, ao integrar jogos digitais a mecanismos explícitos de coleta de dados comportamentais, com potencial aplicação como apoio ao processo de avaliação do TEA.

O jogo *RepeTEA* [Trindade et al. 2022], integrante da plataforma T-TEA, é um exemplo de aplicação digital que utiliza uma plataforma de chão interativo. Essa interface detecta a movimentação do usuário por meio de técnicas de visão computacional, transformando o espaço físico em um ambiente de jogo controlado por meio da integração entre software e hardware. O *RepeTEA* tem como objetivo estimular a memória de curto prazo e a concentração. Crucialmente para esta seção, o sistema realiza a avaliação sistemática do desempenho do usuário durante a execução das atividades, coletando dados de forma estruturada. Essa capacidade de registrar e analisar o comportamento do jogador para além do entretenimento, com vistas ao apoio ao processo de avaliação do TEA, justifica sua inclusão nesta categoria, apesar da presença de interação física.

Oliveira et al. [Oliveira et al. 2024] descrevem um jogo que se diferencia pelo uso de uma interface cérebro-computador. Este sistema permite armazenar dados como erros, acertos, duração da partida e, crucialmente, níveis de concentração e atenção mensurados diretamente a partir da atividade cerebral (neurofeedback via EEG), evidenciando uma abordagem robusta de coleta e análise de informações com finalidade avaliativa.

Xu et al. [Xu et al. 2015] apresentam um sistema de jogos digitais para reabilitação baseado no Kinect, que engloba diversas modalidades de jogos para estimular as capacidades cognitivas, motoras e sociais em crianças com autismo e paralisia cerebral. O Kinect permite interações através de gestos e movimentos corporais sem a necessidade de sensores presos ao corpo, facilitando o envolvimento e oferecendo feedback audiovisual em tempo real. Notavelmente, o sistema inclui jogos diretamente relacionados à memória, como "Graphics Memory" e "Grasping the Order", dentro da seção de "Reabilitação Intelectual", com registro sistemático do treinamento.

Além disso, a *Plataforma Protocolar para Detecção de Traços do TEA* propõe um projeto para o uso de jogos digitais como instrumentos auxiliares no apoio à avaliação, focando na análise e no design de uma estrutura, e não em uma implementação finalizada. O objetivo foi "realizar o projeto de uma plataforma protocolar" e o resultado foi "um projeto para a construção da base", centralizando o armazenamento e a análise dos dados gerados durante as interações [Bulgurlu et al. 2019].

5. Desenvolvimento

O jogo desenvolvido baseia-se no modelo tradicional de jogo da memória, no qual o jogador forma pares ao revelar duas cartas por vez. Os pares correspondem a animais macho e fêmea da mesma espécie; quando não há correspondência, as cartas retornam à posição inicial, exigindo memorização. Esse tipo de jogo é amplamente utilizado em contextos educacionais e terapêuticos por estimular atenção, memória visual, concentração e raciocínio lógico por meio de regras simples e repetição estruturada

[Saraswati 2024, Casanova et al. 2021, Honorato et al. 2021, Moura et al. 2016]. O uso de imagens de animais favorece o engajamento infantil por serem estímulos visuais familiares.

No contexto de crianças em avaliação para TEA, a atividade permite observar estratégias de resolução, atenção e reações a acertos e erros [Honorato et al. 2021, Sampaio et al. 2019]. Por ser não invasiva e de baixa demanda comunicativa, é adequada para crianças com dificuldades de verbalização [Sene et al. 2024, Casanova et al. 2021].

A versão digital mantém a mecânica clássica, com interação por toque e verificação automática dos pares. O jogo possui três fases com aumento gradual do número de cartas, ampliando a demanda cognitiva. Feedbacks visuais e sonoros indicam o progresso, e a fase é concluída quando todos os pares são encontrados. Um sistema de dicas é acionado em casos de dificuldade persistente, auxiliando a continuidade da atividade sem alterar a mecânica principal.

A Figura 1 apresenta a organização da interface durante uma tentativa de pareamento.

Figura 1. Tela principal do jogo com cartas em interação.



Fonte: Elaborada pela autora.

A seleção dos animais priorizou espécies conhecidas e facilmente reconhecíveis, com distinções claras entre macho e fêmea sempre que possível, reduzindo ambiguidades. Ao todo, o conjunto possui 22 pares, mantendo a familiaridade com jogos tradicionais.

O design da interface foi desenvolvido com foco em clareza e acessibilidade, especialmente para crianças com TEA. A organização visual prioriza poucos elementos, hierarquia clara e redução de distrações [Rocha e Baranauskas 2003, Kowalski 2018]. A estética adota um tema de floresta com cores naturais, enquanto cores mais intensas destacam elementos interativos, equilibrando estímulo e funcionalidade [Souza et al. 2019, Moura et al. 2016].

A Figura 2 ilustra a tela inicial do jogo, evidenciando a centralização dos elementos principais.

O sistema de feedback foi projetado para ser informativo e não punitivo. Acertos

Figura 2. Tela inicial do jogo.

Fonte: Elaborada pela autora.

são indicados por sons suaves e remoção das cartas, enquanto erros geram alertas apenas em casos de repetição. Um indicador visual pode sinalizar padrões de erro ou interação excessiva, podendo ser configurado para evitar frustração [Aguilar et al. 2018, Araújo e Seabra Júnior 2021].

O jogo oferece opções de customização, como controle de sons, exibição de temporizador, ativação de dicas e alertas, permitindo adaptação às necessidades individuais e sensibilidades sensoriais [Kowalski 2018, Cunha 2022].

Os dados das interações são armazenados localmente em arquivos CSV ao final de cada sessão, facilitando análise posterior e simplificando a arquitetura do sistema [Shafranovich 2005, McKinney 2018]. A organização preserva a sequência temporal das ações, contribuindo para a rastreabilidade e qualidade dos dados [ISO 2011]. Por fim, o sistema utiliza apenas recursos locais, sem dependência de serviços externos, o que reduz a complexidade e aumenta a confiabilidade.

6. Resultados e Testes

Os testes do jogo foram realizados através de grupo focal com estudantes da área da saúde e avaliação qualitativa por profissionais da educação de uma escola. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CAAE: 87436225.1.0000.5317).

O grupo focal foi realizado com estudantes da área da saúde (Enfermagem, Psicologia e Terapia Ocupacional), com o objetivo de avaliar a percepção, utilidade e aplicabilidade de duas aplicações integradas: o jogo digital e a plataforma de análise de dados. A sessão ocorreu presencialmente, com duração de 60 a 90 minutos, sendo conduzida por um facilitador e acompanhada por registros em notas e imagens. Além da discussão guiada por roteiro estruturado, foi aplicado um instrumento de avaliação individual para coleta de respostas padronizadas.

Participaram quatro voluntários com experiência limitada ou inexistente com TEA. Os resultados indicaram percepção amplamente favorável: a maioria atribuiu nota máxima à clareza da solução e todas reconheceram a relevância da integração entre o jogo

e a plataforma de análise. O uso de dados de interação, como tempo de resposta e padrões de erro, foi destacado como diferencial para apoio à avaliação e acompanhamento.

O jogo digital foi considerado adequado ao público com TEA, com notas entre 4 e 5, e seu caráter educativo foi reconhecido como positivo. Quanto à aplicabilidade, três participantes afirmaram que utilizariam a ferramenta profissionalmente, enquanto uma atribuiu avaliação ligeiramente inferior. A maioria não apresentou preocupações éticas significativas, embora tenha sido ressaltada a importância do uso da ferramenta como complemento, e não substituto, de avaliações clínicas tradicionais.

As discussões também apontaram boa usabilidade, com interface organizada e fluxo compreensível, além de sugestões pontuais de melhoria na apresentação dos dados. De modo geral, o grupo focal evidenciou aceitação da proposta e relevância prática da solução, acompanhada de contribuições para aprimoramento.

A avaliação qualitativa foi conduzida com psicopedagogas e professoras do Ensino Fundamental I, em ambiente escolar (Figura 3), com o objetivo de analisar a adequação pedagógica da ferramenta. Diferentemente do grupo focal, essa etapa baseou-se em análise técnica e parecer descritivo, sem aplicação de questionário estruturado.

Figura 3. Registro da avaliação com profissionais da educação.



Fonte: Acervo da autora.

Participaram oito profissionais, incluindo psicopedagogas e docentes com atuação em educação inclusiva e acompanhamento de crianças com TEA. A solução integrada foi considerada pertinente como instrumento de apoio ao acompanhamento pedagógico, destacando-se a possibilidade de identificar padrões de desempenho ao longo do tempo.

O jogo digital foi avaliado como adequado ao público infantil, com interface simples e mecânica compatível com o nível de desenvolvimento das crianças. As participantes ressaltaram o potencial de engajamento da atividade lúdica aliado à coleta

sistemática de dados comportamentais.

Como sugestões, destacaram-se a ampliação da flexibilidade do jogo, com inclusão de novos conjuntos de imagens e possibilidades de personalização visual, como ajustes de cores e tamanho dos elementos, visando adaptação às necessidades individuais.

De modo geral, os resultados indicam uma percepção positiva quanto à clareza, utilidade e aplicabilidade da ferramenta, tanto no contexto clínico quanto educacional, evidenciando seu potencial como instrumento complementar de apoio à avaliação e ao acompanhamento infantil.

7. Conclusão

A análise conjunta dos resultados técnicos e das avaliações realizadas com profissionais da saúde e da educação evidencia coerência entre a proposta do sistema e sua aplicabilidade percebida. A verificação dos Critérios de Aceitação demonstrou que os requisitos funcionais e não funcionais foram atendidos, assegurando consistência no registro, organização e exportação dos dados. A estabilidade do funcionamento offline e a ausência de latência perceptível reforçam a viabilidade de uso em contextos reais, inclusive em ambientes com infraestrutura limitada.

No âmbito qualitativo, os resultados indicaram percepção favorável quanto à clareza da proposta e à relevância dos dados coletados. A transformação de interações lúdicas em dados estruturados foi reconhecida como um diferencial, especialmente pela possibilidade de apoiar o acompanhamento profissional por meio da análise de indicadores como tempo de resposta e padrões de erro. Contudo, também foi ressaltada a necessidade de interpretação criteriosa desses dados, considerando fatores individuais e contextuais que podem influenciar o desempenho. Assim, a ferramenta deve ser compreendida como um instrumento complementar às práticas clínicas e pedagógicas, e não substitutivo.

Cabe destacar que o número reduzido de participantes e a ausência de aplicação direta com crianças em contexto real limitam o alcance dos resultados, que refletem principalmente a percepção profissional. Estudos futuros com amostras ampliadas e aplicação controlada poderão aprofundar a análise da efetividade da ferramenta.

Este trabalho apresentou o desenvolvimento e a validação de um jogo digital voltado ao apoio à avaliação de crianças em investigação para o Transtorno do Espectro Autista (TEA). A solução integra uma tarefa cognitiva estruturada a um mecanismo automatizado de registro de dados comportamentais, promovendo organização e sistematização das informações geradas durante a interação. Os resultados indicam que a aplicação atende aos requisitos técnicos e apresenta potencial de uso no contexto profissional, embora aspectos relacionados à segurança da informação ainda demandem aprimoramento.

Do ponto de vista da Computação, o estudo demonstra a viabilidade de modelar e registrar dados comportamentais em ambientes digitais controlados, contribuindo para complementar práticas baseadas em observação direta. A coleta automatizada favorece maior padronização e organização dos registros, apoiando análises no campo do neurodesenvolvimento.

Referências

- Adochiei, F.-C., Arghir, S.-N., Adochiei, I. R., Argatu, F. C., Seritan, G. C., e Alexandrescu, B. (2024). The power of play: Strategies for enhancing development in children with autism spectrum disorders. *Sensors*, 24(20):6720.
- Aguiar, E., Pedreira, L., Gomes, V., e Sarinho, V. (2018). Avaliando jogos digitais educativos para indivíduos com transtorno do espectro autista. In *Anais do XXIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2018)*, pages 1830–1840, Porto Alegre, RS. SBC.
- APA (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5)*. American Psychiatric Publishing, Washington, DC, 5 edition.
- Araújo, G. S. e Seabra Júnior, M. O. (2021). Elementos fundamentais para o design de jogos digitais com foco no treino de competências e habilidades de estudantes com transtorno do espectro autista: uma revisão sistemática. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, 102(260):120–147.
- Azadboni, T. T., Nasiri, S., Khenarinezhad, S., e Sadoughi, F. (2024). Effectiveness of serious games in social skills training to autistic individuals: A systematic review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 161:105634.
- Barbosa, B. e Ribeiro, M. (2022). Jogos digitais no diagnóstico/terapia do transtorno do espectro autista: Uma revisão de literatura. In *Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 1297–1306, Porto Alegre, RS. SBC.
- Barbosa, B., Ribeiro, M. W., Berretta, L., e Carvalho, S. (2024). Diagnostea: a digital game as a tool for the diagnosis/therapy of autism spectrum disorder. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*, pages 1707–1718, Porto Alegre, RS. Sociedade Brasileira de Computação.
- Bauer, A., Bosl, W., Aalami, O., e Schmiedmayer, P. (2025). Toward scalable access to neurodevelopmental screening: Insights, implementation, and challenges. Preprint arXiv:2503.13472 [eess.SP]. Acesso em: 28 jan. 2026.
- Berrezueta-Guzman, S. e Wagner, S. (2026). Choosing the right engine in the virtual reality landscape. *IEEE Access*, 14:13972–13985.
- Brasil (2001). Lei n.º 10.216, de 6 de abril de 2001. dispõe sobre a proteção e os direitos das pessoas portadoras de transtornos mentais e redireciona o modelo assistencial em saúde mental. Acesso em: 21 jul. 2025.
- BRASIL. Ministério da Saúde (2002). Portaria gm nº 336, de 19 de fevereiro de 2002. estabelece normas e diretrizes para o funcionamento dos centros de atenção psicossocial. Acesso em: 21 jul. 2025.
- Bulgurlu, H. d. S., Almeida, P. J. d. C., Almeida, L. M. d., e Bissaco, M. A. S. (2019). Plataforma protocolar para detecção de traços do transtorno do espectro autista através de jogos: Análise e projeto. *Revista Científica UMC*, Edição Especial PIBIC(outubro 2019).
- Camargo, M. C., Barros, R. M., Brancher, J. D., Barros, V. T. O., e Santana, M. (2019). Designing gamified interventions for autism spectrum disorder: a systematic review.

- In *Proceedings of the Joint International Conference on Entertainment Computing and Serious Games*, pages 341–352, Cham, Switzerland. Springer.
- Carvalho, L. T. e Cunha, M. X. C. d. (2019). Abc autismo animais: Um aplicativo para auxiliar a aprendizagem de crianças com autismo. In *Proceedings of SBGames 2019*, Porto Alegre, RS. SBC - Sociedade Brasileira de Computação.
- Casanova, S. A., Franco, K. S., Abrahão, G. C. D., Lione, V. d. O. F., Cavalcante, D. N., e Gomes, S. A. O. G. (2021). Material didático adaptado para o ensino de higiene e saúde: Jogo da memória saudável para alunos com transtorno do espectro autista (tea). *Research, Society and Development*, 10(8):e28910817318.
- Chaidi, I. e Drigas, A. (2023). Digital gaming and autistic spectrum disorder. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 18(22):4–23.
- Christopoulou, E. e Xinogalos, S. (2017). Overview and comparative analysis of game engines for desktop and mobile devices. *International Journal of Serious Games*, 4.
- Costa, A. C. (2017). Estimular o lúdico em crianças autistas a partir do auxílio dos games educativos. In *Anais do IV Congresso Nacional de Educação (CONEDU)*, Campina Grande, PB. Realize Editora.
- Costa, B., Oliveira, F., Cordeiro, G., Brugger, É., Silva, A. D., e Peters, A. (2023). Transtorno do espectro autista na atenção primária à saúde: desafios para assistência multidisciplinar. *SMAD, Revista Eletrônica Saúde Mental Álcool e Drogas*, 19(1):13–21.
- Cunha, A. B. B. F. d. (2022). Desenvolvimento de aplicativo mobile para reforço e acompanhamento de rotina para crianças com transtorno do espectro autista. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado em ciência da computação), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Feira de Santana, BA.
- DE BARROS, A. F. (2019). O uso das tecnologias na educação como ferramentas de aprendizado. Acesso em: 21 jul. 2025.
- Duarte, W. B. A., Silva, M. C. F. d., e Acioli, M. D. (2020). Saúde mental infantil na atenção básica: concepções e práticas de profissionais médicos e enfermeiros. *Cadernos Brasileiros de Saúde Mental / Brazilian Journal of Mental Health*, 12(31):287–311.
- Eloi, D. S., Mareco, K. K. G., Queiroz, A. G., Lage, C. R., Galvão, C. P., Araújo, C. R. S., Costa, S. d. A., e Cardoso, A. A. (2019). Adaptação transcultural do instrumento autism classification system of functioning: Social communication (acsf: Sc) para uso no brasil / cross-cultural adaptation of autism classification system of functioning: Social communication (acsf: Sc) for use in brazil. *Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional*, 27(2):293–301.
- EPIC GAMES (2025). Unreal engine documentation. Documentação oficial. Acesso em: 19 fev. 2026.
- Escudeiro, P. e Gouveia, M. C. (2023). Elementals, a chemistry inclusive serious game. In Sobota, B. e Pietriková, E., editors, *Computer Science for Game Development and Game Development for Computer Science*, chapter 6. IntechOpen, London, UK.

- Falkmer, T., Anderson, K., Falkmer, M., e Horlin, C. (2013). Diagnostic procedures in autism spectrum disorders: a systematic literature review. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 22:329–340.
- GODOT ENGINE (2024). Godot engine 4.3 documentation. Documentação técnica. Acesso em: 20 mar. 2024.
- GODOT ENGINE CONTRIBUTORS (2023). Godot engine community. Acesso em: 20 mar. 2025.
- Harrington, J. W., Bai, R., e Perkins, A. M. (2013). Screening children for autism in an urban clinic using an electronic m-chat. *Clinical Pediatrics*, 52(1):35–41.
- Holfeld, J. (2024). On the relevance of the godot engine in the indie game development industry. Preprint arXiv:2401.01909 [cs.OH]. Acesso em: 29 jan. 2026.
- Honorato, N., Santos, A., Delabrida, S., Freitas, A. R., e Oliveira, W. (2021). Strong: Desenvolvimento e avaliação de um jogo para auxiliar no tratamento do espectro do autismo. In *Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 582–591, Porto Alegre, RS. SBC.
- IBGE (2025). Censo demográfico 2022 identifica 2,4 milhões de pessoas diagnosticadas com autismo no brasil. Acesso em: 27 jul. 2025.
- ISO (2011). *ISO/IEC 25010:2011 – Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and software quality models*. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- Jensen, V., Nørgaard, J., e Teli, M. (2023). *Digital Card Game Platforms for Digitalising Design Games*. Aalborg Universitet, Aalborg, Denmark.
- Kowalski, E. D. (2018). Critérios para a construção de jogos digitais educacionais para auxiliar no processo de aprendizagem de crianças com transtorno do espectro autista. Master's thesis, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), Porto Alegre, RS.
- Linhais, J. K. P., Couto, L. M. d. S., Teixeira, G. F., Rios, R. O., Pulini, I. C., Liberato, A. B., e Saquetto, T. C. (2024). Aprendendo-junto: Uma proposta inovadora de gamificação aplicada a crianças com autismo. *Revista Contemporânea*, 4(1):1601–1625. Online.
- Lord, C., Brugha, T., Charman, T., Cusack, J., Dumas, G., Frazier, T., Jones, E., Jones, R., Pickles, A., State, M., Taylor, J., e Veenstra-VanderWeele, J. (2020). Autism spectrum disorder. *Nature Reviews Disease Primers*, 6:1–23.
- Martins, E. M. S. e Diniz, J. R. B. (2022). Jogos digitais como ferramenta de desenvolvimento de habilidades em crianças com transtornos do espectro autista. Trabalho de conclusão de curso (graduação), Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Recife, PE.
- McKinney, W. (2018). *Python for Data Analysis*. O'Reilly Media, Sebastopol, CA, USA.
- Melo, M., Bentley, E., McAllister, K. S., e Cortez, J. (2019). Pedagogy of productive failure: Navigating the challenges of integrating vr into the classroom. *Journal for Virtual Worlds Research*, 12(1).

- Mihale-Wilson, C., Felka, P., Hinz, O., e Spann, M. (2022). The impact of strategic core-component reuse on product life cycles: The case of location-based games. *Business & Information Systems Engineering*, 64(2):223–237.
- Mohd, T. K., Bravo-Garcia, F., Love, L., Gujadhur, M., e Nyadu, J. (2023). Analyzing strengths and weaknesses of modern game engines. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 15(1):54–60.
- Moura, D., Laertius, D., Silva, A., Paiva, P., Sales, T., Cavalcante, R., e Queiroz, F. (2016). Teo: Uma suíte de jogos interativos para apoio ao tratamento de crianças com autismo. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, page 627, Porto Alegre, RS. Sociedade Brasileira de Computação.
- Oliveira, B., Santos, D., Silva, L., e Almeida, R. (2024). Enhancing cognitive skills in students with autism spectrum disorder through game-based brain-computer interface training. *Global Journal of Human-Social Science*, 24(1):13–21.
- Oliveira, L. B. d., Vilhena, B. J., Freitas, R. N. d., Bastos, Z. R. G. a., Teixeira, E., Menezes, E. G., Diniz, C. X., e Sicsú, A. N. (2020). Aplicativos móveis no cuidado em saúde: Uma revisão integrativa. *Revista Enfermagem Atual In Derme*, 93(31):e–020047.
- Papalia, D. E. e Feldman, R. D. (2013). *Desenvolvimento Humano*. Artmed, Porto Alegre, RS, 12^a edition.
- Paula, C. S., Lauridsen-Ribeiro, E., Wissow, L. S., Bordin, I. A., e Evans-Lacko, S. (2012). How to improve the mental health care of children and adolescents in brazil: actions needed in the public sector. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, 34(3):334–341.
- Paula, C. S., Ribeiro, S. H., Fombonne, E., e Mercadante, M. T. (2011). Brief report: prevalence of pervasive developmental disorder in brazil: a pilot study. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 41(12):1738–1742.
- Pena, M. S., Lima, J. R. S. d., Almeida, G. K. F. C., Magalhães, Y. C., e Almeida, W. R. M. (2022). Jogo educacional para apoiar a aprendizagem de crianças com transtorno do espectro autista / educational game to support the learning of children with autistic spectrum disorder. *Brazilian Journal of Development*, 8(7):50889–50906.
- Peña Pérez Negrón, A., Bonilla Carranza, J. L. D., Muñoz Mendoza, L. F., e Pérez Cisneros, M. A. (2023). *Introducción al desarrollo de videojuegos con GODOT*. Editorial Universidad de Guadalajara, Zapopan, Mexico, 1 edition.
- Pérez, C., Verón, J., Pérez, F., Moraga, M. Á., Calero, C., e Cetina, C. (2026). Towards green game software engineering: A comparative analysis of energy consumption between the widespread unity and unreal video game engines. *Information and Software Technology*, 191:107991.
- Pérez Domínguez, E. A. (2019). *The design of indie games, a different paradigm*. PhD thesis, Bayreuth University, Bayreuth, Germany.
- Petridis, P., Dunwell, I., Panzoli, D., Arnab, S., Protopsaltis, A., Hendrix, M., e de Freitas, S. (2012). Game engines selection framework for high-fidelity serious applications. *International Journal of Interactive Worlds*.

- Ribeiro, S. H., Paula, C. S. d., Bordini, D., Mari, J. J., e Caetano, S. C. (2017). Barriers to early identification of autism in brazil. *Brazilian Journal of Psychiatry*, 39:352–354.
- Rocha, H. V. d. e Baranauskas, M. C. C. (2003). *Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador*. Instituto de Computação – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- Rodrigues, F. P. (2019). Plataforma protocolar para detecção de traços do transtorno do espectro autista através de jogos: análise e projeto. *Revista Científica UMC*, 4(3).
- Sampaio, L., Nascimento, E., e Pereira, C. (2019). Soldieronthebridge: um jogo aplicado à melhoria da memória e da atenção em crianças com autismo. In *Anais da Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe (ERBASE)*, pages 66–71, Porto Alegre, RS. Sociedade Brasileira de Computação.
- Saraswati, P. (2024). Memory games and academic performance. *Mathews Journal of Psychiatry & Mental Health*, 9(1):1–2.
- Sene, D. S. d. C. d., Burriel, J. A., Ribeiro, L. M., e Valentin, L. S. S. (2024). Jogos digitais aplicados na intervenção ao espectro autista sobre a perspectiva da neuropsicologia clínica. *Revista Científica da FHO\Uniararas*, 10(1):89–97.
- Shafanovich, Y. (2005). Common format and mime type for comma-separated values (csv) files. RFC 4180. Acesso em: 21 jul. 2025.
- Siedler, M., Cardoso, R., Krebs, J., e Tavares, T. (2022). Arraste-a: Desenvolvendo habilidades em crianças autistas através de um jogo digital. In *Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 1412–1421, Porto Alegre, RS. SBC.
- Silva, A. J., Oliveira, D. M. d., Louroza, G. d. A., Martin, G. d., Lôbo, I. M., e Dourado Junior, J. F. (2024a). O impacto dos jogos digitais no desenvolvimento de habilidades sociais em crianças com autismo. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 10(11):5706–5721.
- Silva, L. R. d., Guimarães, I. M. A., Holanda, B. A., Machado, K. L. S., Barbosa, B. B., Moura, D. R., Santos, T. M. B., Ribeiro, K. B. A., Carvalho, H. d. O. C., e Borges, J. A. R. (2024b). Abordando desafios na identificação e intervenção precoce do transtorno do espectro autista. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, 6(5):124–134.
- Solovyova, A., Danylov, S., Oleksii, S., e Kravchenko, A. (2020). Early autism spectrum disorders diagnosis using eye-tracking technology. Preprint arXiv:2008.09670 [cs.HC]. Acesso em: 28 jan. 2026.
- Souza, G., Letti, G., Oliveira, V., Silva, M., e Pieczkowski, T. M. (2019). Nova interface do jogo “ludo educativo primeiros passos” para crianças com transtorno do espectro autista. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 27(03):285–309.
- Starrett, M. J. et al. (2020). Landmarks: A solution for spatial navigation and memory experiments in virtual reality. *Behavior Research Methods*.
- T4H (2023). Ferramenta de triagem de autismo se torna global. Acesso em: 21 jul. 2025.
- Thabtah, F. (2019). An accessible and efficient autism screening method for behavioural data and predictive analyses. *Health Informatics Journal*, 25(4):1739–1755.

- Toma, M.-V., Turcu, C., Turcu, C., Vlad, S., Tiliute, D., e Paşcu, P. (2024). Extended reality–based mobile app solutions for the therapy of children with autism spectrum disorders: Systematic literature review. *JMIR Serious Games*, 12.
- Trindade, A., Pereira, G., e Hounsell, M. (2022). Chão interativo e jogos sérios ativos para autistas: A plataforma t-tea e o jogo repetea. In *Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 512–521, Porto Alegre, RS. SBC.
- UNITY TECHNOLOGIES (2025). Unity manual. Documentação oficial. Acesso em: 19 fev. 2026.
- Vacca, R. A., Augello, A., Gallo, L., Caggianese, G., Malizia, V., La Grutta, S., Murero, M., Valenti, D., Tullo, A., Balech, B., Marzano, F., Ghezzi, A., Tancredi, G., Turchetta, A., Riccio, M. P., Bravaccio, C., e Scala, I. (2023). Serious games in the new era of digital-health interventions: A narrative review of their therapeutic applications to manage neurobehavior in neurodevelopmental disorders. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 149:105156.
- Vallefuoco, E., Bravaccio, C., Gison, G., Pecchia, L., e Pepino, A. (2022). Personalized training via serious game to improve daily living skills in pediatric patients with autism spectrum disorder. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 26:3312–3322.
- Vitor, M. A., Rocha, G. S. S., e Fernandes, M. d. M. (2021). Os jogos educativos eletrônicos como ferramenta de desenvolvimento dos alunos com tea: Uma análise a partir de uma revisão de literatura. *Research, Society and Development*.
- Voss, C., Schwartz, J., Daniels, J., Kline, A., Haber, N., Washington, P., Tariq, Q., Robinson, T., Desai, M., Phillips, J. M., Feinstein, C., Winograd, T., e Wall, D. (2019). Effect of wearable digital intervention for improving socialization in children with autism spectrum disorder: A randomized clinical trial. *JAMA Pediatrics*, 173:446–454.
- Wagle, S., Ghosh, A., Karthic, P., Ghosh, A., Pervaiz, T., Kapoor, R., Patil, K., e Gupta, N. (2021). Development and testing of a game-based digital intervention for working memory training in autism spectrum disorder. *Scientific Reports*, 11(1):13800.
- WHO (2023). Autism. Fact sheet. Acesso em: 19 fev. 2026.
- Xu, Q., Chen, L., Zhu, T., e Xu, Y. (2015). Assessing the effect of game system for rehabilitation on rehabilitation of autism and cerebral palsy. *MATEC Web of Conferences*, 22:01023.
- Yee, H. S. S. (2012). Mobile technology for children with autism spectrum disorder: Major trends and issues. In *Proceedings of the IEEE Symposium on E-Learning, E-Management and E-Services*, pages 1–5, Piscataway, NJ, USA. IEEE.
- YOYO GAMES (2023). Gamemaker studio 2. Acesso em: 20 mar. 2025.
- YOYO GAMES (2025). Gamemaker manual. Documentação oficial. Acesso em: 19 fev. 2026.
- Zwaigenbaum, L., Bauman, M., Stone, W., Yirmiya, N., Estes, A., Hansen, R., McPartland, J., Natowicz, M., Choueiri, R., Fein, D., Kasari, C., Pierce, K., Buie, T., Carter, A., Davis, P. A., Granpeesheh, D., Mailloux, Z., Newschaffer, C., Robins,

D., Roley, S. S., Wagner, S., e Wetherby, A. (2015). Early identification of autism spectrum disorder: Recommendations for practice and research. *Pediatrics*, 136:S10–S40.