

Um Jogo Sérioso para Triagem das Funções Executivas como Subsídio Pedagógico para Crianças com TEA na Educação Infantil

Suzerlly V. L. Pires¹, Franciely A. de Souza¹, Sara R. A. Leal¹,
Evanderson H. do Aguiar², Bruno J. T. Fernandes¹, Wylliams B. Santos¹,
Tícia C. F. Cavalcante³ e Carlo M. R. da Silva¹

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação (PPGEC) –
Universidade de Pernambuco (UPE)

²Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas (PPGES) –
Universidade de Pernambuco (UPE)

³Programa de Pós-Graduação em Educação (PPGEdu) –
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

{svlvp, fas2, sral, bjtf, wbs, cmrs}@ecomp.poli.br

Abstract. *Studies show that children with Autism Spectrum Disorder (ASD) have a strong affinity for technological devices which can enhance engagement in educational activities and aid in observing Executive Functions (EF). These tools also help in screening and tracking development in educational settings. This project aims to develop a mobile Serious Game (SG) to assist inclusive education professionals in supporting children with ASD. Each game maps EFs skills and is refined with input from therapists and educators.*

Resumo. *Estudos mostram que crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA) têm afinidade por dispositivos tecnológicos, que podem aumentar o engajamento em atividades educacionais e ajudar na observação das Funções Executivas (FE). Essas ferramentas também auxiliam no rastreamento e acompanhamento do desenvolvimento em ambientes educacionais. Este projeto visa desenvolver um Jogo Sérioso (JS) para ajudar os profissionais da educação inclusiva no apoio às crianças com TEA. Cada jogo mapeia habilidades das FEs e é refinado com a contribuição de terapeutas e educadores.*

1. Introdução

A educação básica permite às crianças aprimorar habilidades essenciais ao desenvolvimento sensorial, social e cognitivo-comportamental. A educação infantil, primeira etapa desse processo, busca oferecer um ambiente atraente e lúdico, promovendo estímulos na comunicação, socialização e habilidades motoras [Brasil 2022, Association 2014], além de outros objetivos. Com foco em crianças de 0 a 5 anos, um dos maiores desafios é criar um ambiente propício para os primeiros anos de vida, especialmente para aquelas que necessitam de acompanhamento especial, como crianças com TEA [Araújo et al. 2021].

A crescente demanda por suporte especializado destaca três problemáticas:

- Muitas crianças com TEA ainda não têm diagnóstico clínico e exigem esforços dos educadores para identificar e notificar os responsáveis, visando intervenções terapêuticas precoces [Gioia et al. 2021].
- Crianças diagnosticadas com TEA enfrentam desafios devido à alta demanda e falta de recursos pedagógicos e tecnológicos.
- O TEA apresenta um amplo espectro de características e necessidades individuais. Ferramentas pedagógicas padronizadas podem não atender às necessidades das crianças neurodivergentes. Jogos e softwares devem ser adaptados às particularidades do TEA, seguindo diretrizes e requisitos de usabilidade.

As prefeituras são responsáveis por prover uma rede de ensino que acolha crianças em sua primeira infância. Cada unidade de ensino possui ao menos um profissional do Atendimento Educacional Especializado (AEE), promovendo acesso e condições de ensino regular para todas as crianças com transtornos do desenvolvimento, como o TEA. A observação das Funções Executivas (FE) é decisiva para identificar dificuldades das crianças em realizar tarefas cotidianas de forma autônoma. Jogos educativos são instrumentos de suporte integráveis às metodologias do AEE.

Durante a experiência de uso da criança no jogo, é possível extrair comportamentos padrões reativos enquanto ela soluciona desafios propostos. Essa abordagem exploratória, que determina métricas sem perder a essência lúdica, é característica de um Jogo Sérioso (JS), útil para avaliar as FEs de crianças com TEA em um ambiente controlado e estruturado. O JS deve oferecer uma experiência inclusiva, sensível ao contexto do TEA, considerando entraves comportamentais, sensoriais e cognitivos comuns. Para isso, o aplicativo deve seguir Requisitos de Usabilidade (RU) específicos [Sebastián-Heredero 2020]. A presente pesquisa propõe a adoção de JS como subsídio pedagógico para crianças com TEA, promovendo motivação e aprendizagem adaptativa.

2. Contextualização

Uma maneira de medir o desempenho de aprendizagem diária da criança é analisar suas FEs, que são um conjunto de habilidades cognitivas complexas que nos permitem planejar, organizar, iniciar e monitorar comportamentos dirigidos a objetivos específicos. Essas habilidades são essenciais para a resolução de problemas, tomada de decisões, memória de trabalho, controle emocional, flexibilidade cognitiva e autogerenciamento. Conforme descrito em [Toler 2015], as habilidades nucleares que compõem as FEs são:

- Controle inibitório: é a habilidade de inibir ou controlar comportamentos impulsivos ou inadequados, enquanto se mantém o foco no objetivo principal.
- Memória de trabalho: é a habilidade de manter temporariamente informações em mente enquanto são processadas e manipuladas.
- Flexibilidade cognitiva: é a habilidade de mudar nosso pensamento, comportamento ou estratégia, quando necessário, para nos adaptarmos às novas situações.

Neste cenário, crianças com TEA frequentemente apresentam disfunções executivas que podem afetar negativamente seu desempenho nas atividades pedagógicas e interferir na sua capacidade de realizar tarefas cotidianas. Uma das dificuldades enfrentadas é a realização de tarefas concorrentes, como mudar de uma tarefa para outra, ou lidar com mudanças inesperadas no ambiente. Outra dificuldade é o controle inibitório pois

crianças com TEA tendem a ter maior resistência para controlar impulso, interferindo nas interações sociais e na capacidade de seguir regras. A memorização também é uma área de desafio para essas crianças, que podem ter dificuldade em reter informações em curto prazo para uso posterior, o que afeta a capacidade de seguir uma sequência de instruções ou de lembrar de tarefas que precisam ser realizadas. Além disso, o planejamento e a organização também são obstáculos.

Diante do exposto, um JS pode ser extremamente benéfico para observar as FEs em crianças devido ao seu apelo lúdico, que naturalmente engaja e motiva os participantes [de Oliveira and da Rocha 2020]. Estudos mostram que interfaces bem projetadas podem facilitar o aprendizado e a comunicação de crianças com TEA, promovendo um ambiente mais inclusivo e adaptado às suas necessidades específicas [Preece et al. 2015]. Além disso, a usabilidade adequada pode reduzir a frustração e aumentar o engajamento, tornando a experiência de uso mais agradável e produtiva [Shneiderman and Plaisant 2010].

2.1. Trabalhos relacionados

O estudo de [Razzak et al. 2024] investiga o déficit de atenção em indivíduos com TEA, utilizando um protótipo de realidade virtual (VR) para terapia de atenção. A análise estatística mostrou que as estratégias de “Ruído” e “Opacidade do Objeto” influenciaram a atenção, com a estratégia de “Vinheta Vermelha” sendo significativa apenas no grupo TEA. De maneira similar, o estudo de [Shohieb et al. 2022] descreve o “Pickstar”, um jogo educacional móvel para aprendizado de vocabulário em indivíduos com TEA que oferece uma experiência multissensorial e se adapta ao nível de cada jogador.

Já o estudo de [Kim et al. 2023] apresenta “Emotion Adventure”, um protótipo de terapia digital baseado em jogos, projetado para ensinar a Teoria da Mente a crianças com TEA. A avaliação do protótipo focou na usabilidade, desempenho do jogo e satisfação dos usuários, mostrando uma recepção positiva e melhoria das habilidades sociais.

3. Método

Nesta seção será fornecida uma descrição detalhada dos componentes e mecânicas do jogo, incluindo sua premissa central, objetivos, apelo lúdico¹ e a experiência pretendida para o jogador. Além disso, será discutida sua usabilidade em comparação a abordagens existentes. O intuito é oferecer uma compreensão clara das intenções de design e expectativas de interação, servindo como base para análises futuras sobre o desenvolvimento, implementação e avaliação do impacto do jogo. Serão 3 jogos clássicos, a saber:

- **Jogo da Memória:** Conforme ilustrado na Figura 1, durante o jogo, a criança deve memorizar a localização de cartas em um tabuleiro e virá-las para encontrar pares correspondentes, exigindo o uso contínuo da memória de trabalho.
- **Pareamento com Sombras:** Conforme ilustrado na Figura 2, a criança é apresentada a uma série de sombras e deve encontrar as imagens correspondentes, o que exige planejamento, organização e comparação.
- **Pintura:** Conforme ilustrado na Figura 3, a criança é apresentada a um painel de ilustração com uma paleta de cores. A atividade de pintura avalia diversas FEs incluindo planejamento, organização, manutenção da atenção e controle de impulsos.

¹As imagens possuem seus direitos de uso cedidos pela Mr. Plot Produções (<https://www.mrplot.com.br>)



Figura 1. Jogo da Memória em seus níveis Fácil, Médio e Difícil

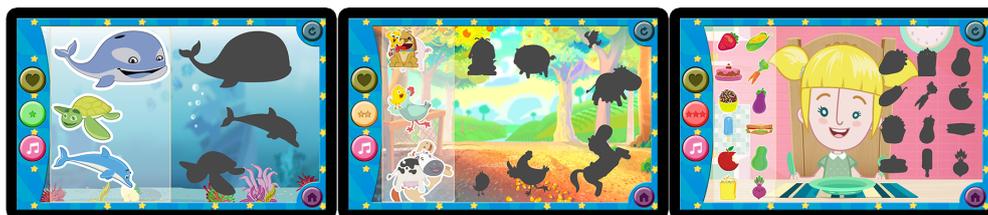


Figura 2. Jogo do Pareamento com sombras em seus níveis Fácil, Médio e Difícil



Figura 3. Jogo da Pintura em seus níveis Fácil, Médio e Difícil

De acordo com a literatura, os RUs de *software* podem ser avaliados utilizando-se métricas específicas como **Relevância**, **Eficácia**, **Facilidade de Aprendizado e Re-aprendizado**, e **Satisfação Pessoal** no contexto assistivo. Esse processo resultou na elaboração da Tabela 1, que lista 16 RUs considerados no desenvolvimento da proposta. Esses requisitos foram identificados através do nosso trabalho anterior [Pires et al. 2023].

Com base no exposto, procedeu-se à implantação do protótipo no contexto experimental: um aplicativo móvel configurado em um *Tablet* operando com o sistema *Android*. A definição e o acompanhamento dos requisitos do aplicativo estiveram a cargo de uma equipe multidisciplinar de terapeutas, que também supervisionou a execução das atividades veiculadas pelos jogos sérios oferecidos pelo aplicativo no *tablet*. Dentro da abordagem proposta, destaca-se a presença do “Menu Sensorial” como uma funcionalidade que engloba três botões essenciais para auxiliar as crianças durante a interação com o jogo e cujo objetivo é fornecer um suporte adaptável. Esta barra inclui:

- **Botão de ajuda:** Representado por um ícone de coração, fornece suporte às crianças durante o jogo. Quando acionado, uma assistente virtual oferece orientações por voz e efeitos visuais, facilitando a tomada de decisão e execução das jogadas, promovendo a autorregulação e aumentando as chances de sucesso.
- **Botão de nível de dificuldade:** Permite à criança escolher a dificuldade dos desafios no jogo. Este botão apresenta três opções de configuração: verde com uma estrela (fácil), amarelo com duas estrelas (médio) e vermelho com três estrelas (difícil). Este mecanismo auxilia na autorregulação emocional, permitindo ajustar a dificuldade conforme necessário.

Tabela 1. Requisitos de Usabilidade (RU) para Jogos Sérios Assistivos

Categoria	Requisitos de Usabilidade (RUs)
Estímulo ao Acerto	<p>RU01. Recompensas Audiovisuais por Cada Acerto: O jogo utiliza animações e efeitos sonoros distintos para celebrar cada acerto, com animações especiais para acertos consecutivos, incentivando a criança a manter o bom desempenho.</p> <p>RU02. Evitar Ênfase nas Falhas: Para criar um ambiente de aprendizado positivo, o jogo evita feedbacks negativos para erros. Em vez disso, utiliza sons neutros ou de encorajamento.</p> <p>RU03. Ajuste de Nível de Desafios: O jogo possui um mecanismo para ajustar a dificuldade (fácil, médio, difícil), permitindo que a criança encontre um nível de desafio apropriado ao seu desenvolvimento.</p> <p>RU04. Disponibilização de Tutorial com Indicações Visuais e Sonoras: Um tutorial interativo ensina as mecânicas do jogo, usando sinais visuais e áudios para orientar a criança.</p> <p>RU05. Feedbacks sobre o Desempenho: Em resposta a erros consecutivos, o jogo sugere a utilização de ajudas. Também aconselha a criança a jogar sem pressa, promovendo a autorregulação e paciência.</p>
Clareza e Simplicidade	<p>RU06. Informações Claras e Previsíveis: Todas as funções do jogo são apresentadas de forma consistente, evitando ambiguidades.</p> <p>RU07. Interface Limpa e Minimalista: A interface do jogo é simples e limpa, destacando apenas os elementos essenciais para a jogabilidade.</p> <p>RU08. Indicação de Ações com Efeitos Visuais e Sonoros: Utiliza emojis e efeitos sonoros para indicar acertos, erros e ações recomendadas, facilitando a compreensão das dinâmicas do jogo.</p>
Suporte ao Foco	<p>RU09. Partidas Breves: O tempo de duração das partidas é projetado para ser curto, com uma média de 5 minutos, respeitando a capacidade de atenção das crianças.</p> <p>RU10. Recursos Multimídia para Atração Lúdica: O jogo se baseia em uma temática popular entre o público-alvo, utilizando elementos de uma animação conhecida para engajar as crianças.</p> <p>RU11. Exploração de Interesses Pessoais: Mantém uma temática relevante e atraente para a faixa etária alvo, promovendo engajamento e interesse.</p> <p>RU12. Opções de Personalização: Oferece opções de customização, como desligar a música e ajustar a dificuldade, para uma experiência personalizada.</p>
Suporte Sensorial	<p>RU13. Redução de Estímulos Excessivos: O design do jogo é cuidadosamente elaborado para evitar sobrecarga sensorial, limitando animações e efeitos sonoros.</p> <p>RU14. Prevenção de Disfunções ou Estereótipias: O jogo evita elementos que possam induzir comportamentos repetitivos ou interações desfuncionais.</p>
Interatividade	<p>RU15. Funções Instrutivas em Multimídia: O jogo incorpora instruções e dicas através de multimídia, facilitando a compreensão e imersão no jogo.</p> <p>RU16. Recursos de Tela Sensível ao Toque: Totalmente adaptado para interação por toque, o jogo proporciona uma experiência tátil intuitiva e acessível para crianças.</p>

- **Botão de recursos sonoros:** Permite que a criança decida sobre a presença da música de fundo do jogo, ativando-a ou desativando-a. Facilita a autorregulação e proporciona conforto sensorial individualizado.

4. Avaliação

Nesta seção será descrito o método aplicado para a extração de dados. Os procedimentos experimentais com os participantes foram realizados em 2 unidades de ensino da educação

infantil, considerando as turmas G3 (3 ou 4 anos), G4 (4 ou 5 anos) e G5 (5 ou 6 anos) e teve duração média de 6 meses em cada uma. A avaliação começou com uma etnografia, que forneceu informações estratégicas sobre o escopo do ambiente para a pesquisa em campo. Durante a etnografia, foi aplicado um questionário em cada unidade de ensino.

Com as informações obtidas, os pesquisadores identificaram as fronteiras potenciais e o número possível de participantes, o que permitiu estabelecer perfis e o universo amostral, conforme descrito na Tabela 2. Posteriormente, realizou-se a seleção dos participantes. O AEE foi designado para aplicar os instrumentos de coleta de dados a fim de tornar o processo menos intrusivo, aproveitando a relação diária com as crianças. Para isso, o AEE recebeu treinamento sobre o uso da ferramenta de coleta e cada participante (responsável) assinou um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Tabela 2. Perfis das Crianças na Amostra

Perfil	Universo Amostral
Perfil 1 (P1)	Criança com laudo clínico de TEA
Perfil 2 (P2)	Criança com laudo clínico de TEA combinado com outros transtornos
Perfil 3 (P3)	Crianças sem laudo clínico

A seleção dos profissionais AEE foi realizada por conveniência, recrutando conforme escala na unidade de ensino. Os critérios de inclusão estabelecidos foram: (1) o profissional deveria ter autorização de seu supervisor; (2) o profissional deveria ter passado pelo treinamento da ferramenta de coleta. O critério de exclusão foi a indisponibilidade do profissional para aplicar e reportar as atividades ao grupo de pesquisa.

A seleção das crianças também foi realizada por conveniência, recrutando aquelas que já frequentavam o CMEI e tinham entre 3 e 6 anos de idade. Os critérios de inclusão foram: (1) a criança deveria ter autorização de seu responsável; (2) a criança deveria ter entre 3 a 6 anos; (3) a criança poderia ter ou não laudo. O critério de exclusão foi a presença de deficiência intelectual ou física que comprometesse a utilização do aplicativo.

Por fim, a seleção dos terapeutas foi feita por conveniência, levando em consideração a disponibilidade e buscando o máximo possível de heterogeneidade na formação profissional. A equipe multidisciplinar foi composta por: 1 Pedagoga e Psicopedagoga, 1 Psicóloga e Neuropsicóloga, 1 Fonoaudióloga e 1 Psicóloga clínica.

4.1. Extração de Dados

Conforme mostrado na Tabela 3, as observações visavam identificar comportamentos que pudessem indicar disfunções executivas. Cada sessão de coleta durava cerca de 30 minutos, durante os quais a criança interagia com 3 jogos. As crianças podiam escolher o nível de dificuldade e a ordem dos jogos, sendo supervisionadas pelo AEE.

4.2. Resultados Preliminares da Avaliação

A seção de resultados apresenta uma análise detalhada dos dados coletados ao longo do projeto, elucidando padrões significativos e diferenças observadas entre crianças com e sem TEA ao interagirem com o jogo sério desenvolvido. A avaliação realizou uma análise com o objetivo de investigar as diferenças entre crianças com e sem TEA, como meio de avaliar funções ou disfunções executivas diante os RU considerados nos jogos e a barra sensorial. A Figura 4 oferece uma visão sobre os principais dados observados.

Tabela 3. Dados coletados das crianças durante as partidas

Nome do Campo	Descrição	Tipo de Dado	Exemplo
Id	Identificação do aluno de maneira anônima	UIID	ee1f826...
Segundos	Duração da partida em segundos	Inteiro	205
Jogo	O jogo da partida	Texto	Memória
Dificuldade	Nível de dificuldade do jogo	Texto	Difícil
Criança	Identificador da criança	Inteiro	3
Gênero	Gênero da criança	Texto	Masculino
Turma	Turma da criança	Texto	G3
Jogadas	Número total de jogadas na partida	Inteiro	52
Acertos	Número total de acertos na partida	Inteiro	12
Erros	Número total de erros na partida	Inteiro	24
Ajudas	Número total de ajudas solicitadas na partida	Inteiro	7
Musica_on	Indica se a criança ativou a música	Booleano	0
Musica_off	Indica se a criança desativou a música	Booleano	0
Acertos_seguidos	Maior número de acertos consecutivos na partida	Inteiro	2
Erros_seguidos	Maior número de erros consecutivos na partida	Inteiro	9
Ajudas_seguidas	Maior número de ajudas consecutivas na partida	Inteiro	7
TEA	Indicador se a criança tem TEA (1 sim, 0 não)	Booleano	1

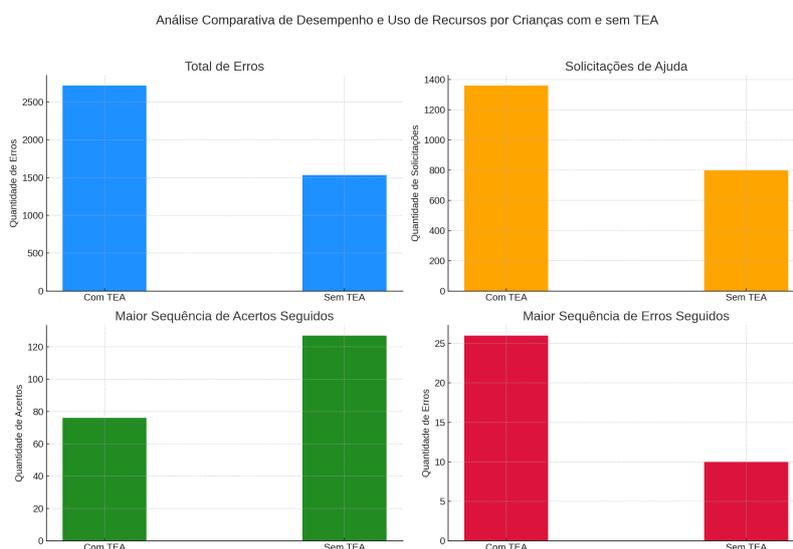


Figura 4. Resultados observados

O primeiro gráfico no canto superior esquerdo mostra a quantidade total de erros cometidos. As crianças com TEA apresentam um número significativamente maior de erros em comparação com as crianças sem TEA, sugerindo que as primeiras podem encontrar mais dificuldades durante o jogo. O segundo gráfico no canto superior direito exibe a quantidade de vezes que as crianças solicitaram ajuda. Novamente, as crianças com TEA solicitaram ajuda com mais frequência do que as crianças sem TEA, o que pode indicar uma maior necessidade de suporte durante o jogo para crianças com TEA.

O terceiro gráfico, localizado no canto inferior esquerdo, mostra a maior sequência de acertos consecutivos obtidos pelas crianças, que é maior quando não há TEA. No entanto, a frequência absoluta de crianças com TEA sugere que, uma vez engajadas, também são capazes de manter um desempenho consistente de acertos por um período. O último gráfico, no canto inferior direito, apresenta a maior sequência de erros seguidos. As crianças com TEA têm sequências mais longas de erros consecutivos, o que pode indicar desafios na superação de obstáculos ou na compreensão das mecânicas do jogo.

4.2.1. Discussão preliminar

Os resultados preliminares indicam que crianças com TEA enfrentam desafios distintos, manifestados por um maior número de erros e solicitações de ajuda, mesmo sem uma limitação de “game over”. Isso sugere a oportunidade de desenvolver abordagens personalizadas no design de jogos educativos.

Crianças com TEA enfrentaram mais desafios com os jogos, cometendo um total de 2.718 erros, em comparação com 1.532 erros por crianças sem TEA. Isso sugere que as crianças com TEA têm maior dificuldade em manter um desempenho consistente, como evidenciado pela maior sequência de acertos seguidos observada em crianças sem TEA (127 vezes) em comparação com as crianças com TEA (76 vezes). Além disso, as crianças com TEA apresentaram uma maior sequência de erros consecutivos (26 vezes), indicando uma possível dificuldade ou desatenção. Em relação às ajudas, as crianças com TEA solicitaram ajuda 1.360 vezes, em contraste com 797 solicitações feitas por crianças sem TEA, o que sugere uma maior necessidade de suporte para as primeiras.

O uso mais frequente do recurso de ajuda pelas crianças com TEA indica que essa ferramenta é eficaz para melhorar seu engajamento e compreensão dos jogos, reforçando a necessidade de estratégias adicionais de apoio durante atividades lúdicas ou de aprendizado. De forma geral, o desempenho das crianças com TEA variou significativamente, com momentos de maior necessidade de ajuda e sequências de erro mais longas, destacando a importância de adaptações personalizadas e suporte adicional em atividades que exigem atenção e cognição prolongadas.

A distribuição dos erros revela uma disparidade significativa na performance das crianças envolvidas no estudo. A existência de observações nas faixas mais altas de erros (Classes 3 e 4) sugere desafios específicos enfrentados por parte das crianças, possivelmente relacionados à complexidade das tarefas ou a diferenças individuais na capacidade de processamento e resposta. O fato de que 50% das observações se concentram nas duas classes inferiores de erros (Classes 1 e 2) pode indicar que metade das crianças adaptou-se bem às atividades propostas ou que as atividades não representam um grande desafio para elas. Contudo, a presença de um grupo significativo de crianças na Classe 4 destaca a necessidade de considerar adaptações ou suportes adicionais para facilitar o aprendizado e a interação desses indivíduos com as atividades propostas.

Quanto a possíveis ameaças à avaliação, o escopo da proposta é observar sinais exclusivamente de TEA, deixando de lado outros transtornos, o que pode limitar a abrangência dos resultados. Esta delimitação é diretamente influenciada pelos critérios de exclusão. Da mesma forma, crianças com laudo de outros transtornos, mas sem diagnóstico de TEA, também seriam colocadas no P3, o que poderia distorcer os resultados. O processo também revelou um padrão de **saturação** entre as crianças.

5. Conclusão

Os resultados enfatizam a importância de abordagens adaptativas e inclusivas no design de tecnologias educativas, considerando as RUs propostas. Os próximos passos da pesquisa é observar padrões temporais, ou seja, evoluções ou regressões na linha cronológica de realização das coletas. Além disso, é também pretendido analisar como os dados coletados podem contribuir para validar os RUs considerados no aplicativo.

Referências

- Araújo, P. H., Santos, V. A., and Borges, I. C. (2021). O autismo e a inclusão na educação infantil: estudo e revisão. *Brazilian Journal of Development*, DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n2-563>.
- Association, A. P. (2014). Dsm-5. Disponível em: <https://bit.ly/3ELY4fU> Data do último acesso: 25/05/2022.
- Brasil, E. M. (2022). A importância da educação infantil. Disponível em: <https://bit.ly/3cTU2wx> Data do último acesso: 25/05/2022.
- de Oliveira, R. N. R. and da Rocha, R. V. (2020). Modelo conceitual para planejamento da avaliação em jogos sérios. *Proceedings of SBGames 2020 - ISSN: 2179-2259*.
- Gioia, P. S., Barbieri, L., Guilhardi, C., Sarilho, C. A., Vargas, D. K., de Carvalho, D. C. B., Costa, M. M., and Keiner, S. A. (2021). Protocolo de avaliação e intervenção precoces de sinais de risco de autismo: comparando grupos de alto e baixo risco. *SciELO Preprints*.
- Kim, B., Kim, Y. C., Son, J. J., Song, D.-Y., Lee, I. J., Han, J. H., Kim, D., Yoo, H. J., and Kim, J.-I. (2023). Game-driven practices for social skills: Exploring usability for children with autism spectrum disorder. In *Proceedings of the 2023 ACM Conference on Information Technology for Social Good*, GoodIT '23, page 504–509, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Pires, S., Silva, C., Fernandes, B., Souza, F., Leal, S., Cavalcance, T., Santos, W., and Araújo, R. (2023). Jogos sérios como subsídio tecnológico na educação de crianças com transtorno do espectro autista. In *Anais do XXXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 656–669, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Preece, J., Rogers, Y., and Sharp, H. (2015). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. John Wiley & Sons.
- Razzak, R., (Joy) Li, Y., (Selena) He, J., Jung, S., Mei, C., and Huang, Y. (2024). Using virtual reality to enhance attention for autistic spectrum disorder with eye tracking. *High-Confidence Computing*, page 100234.
- Sebastián-Heredero, E. (2020). Diretrizes para o desenho universal para a aprendizagem (dua). *Revista brasileira de educação especial*, 26(4):733–768.
- Shneiderman, B. and Plaisant, C. (2010). *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. Addison-Wesley.
- Shohieb, S. M., Doenyas, C., and Elhady, A. M. (2022). Dynamic difficulty adjustment technique-based mobile vocabulary learning game for children with autism spectrum disorder. *Entertainment Computing*, 42:100495.
- Toler, R. M. (2015). *Neuropsicopedagogia Clínica: Introdução, Conceitos, Teoria e Prática*. ISBN: 978-8536252636, Curitiba, Brasil.

Apêndice: Relatos dos AEEs

Este apêndice apresenta os relatos de duas profissionais do AEE sobre o desempenho dos alunos quando confrontados com o jogo. Foram selecionados aleatoriamente seis dos doze relatos elaborados para cada aluno participante. Os relatos a seguir descrevem as observações sobre o comportamento, a atenção, a concentração, a resiliência e a tolerância dos alunos durante as atividades propostas, proporcionando uma visão dos desafios enfrentados por cada grupo de estudantes.

Aluno com Id: d351a361-fc42-4d85-94a6-9a571d7ea825 (G3, TEA=1, P1)

Desempenho:

- **Jogo da Memória:** Jogou o nível 1 sem dificuldades, mas mostrou inquietação e impaciência nos níveis 2 e 3.
- **Pareamento:** Sem dificuldades, completando os três níveis com rapidez.
- **Jogo da Pintura:** Demonstrou bastante dificuldade, necessitando de intervenções constantes, e eventualmente desistiu.

Conclusão:

- **Pontos Fortes:** Facilidade nos jogos de Memória (nível 1) e Pareamento.
- **Áreas de Melhoria:** Desenvolver mais paciência e resiliência nos níveis mais altos do jogo da Memória e melhorar a compreensão e execução no jogo da Pintura.
- **Tolerância:** Média de 10 minutos.

Aluno com Id: 98f62a65-4dbf-4377-96ed-9bb90050a6f2 (G5, TEA=1, P1)

Desempenho:

- **Jogo da Memória:** Boa atenção e concentração em todas as sessões, completando os níveis sem grandes dificuldades.
- **Pareamento:** Sem dificuldades nos três níveis, demonstrando compreensão.
- **Jogo da Pintura:** Inicialmente teve muita dificuldade, precisando de várias intervenções. Melhorou gradualmente, mas ainda encontrava dificuldades.

Conclusão:

- **Pontos Fortes:** Boa atenção e concentração nos jogos de Memória e Pareamento. Consistente em completar os níveis sem dificuldades nesses jogos.
- **Áreas de Melhoria:** Necessidade de maior apoio e prática no jogo da Pintura, especialmente ao lidar com números mais altos.
- **Tolerância:** Média de 10 a 15 minutos.

Aluno com Id: b54b5fc4-4c3a-4c12-9718-b146a223e59a (G5, TEA=1, P2)

Desempenho:

- **Jogo da Memória:** Inicialmente teve dificuldades, especialmente no nível 1, mas mostrou melhorias ao repetir o jogo. A concentração variou, às vezes jogando aleatoriamente.
- **Pareamento:** Geralmente sem dificuldades, mesmo nos níveis mais altos, com algumas interrupções devido a falhas no jogo.
- **Jogo da Pintura:** Consistentemente teve muitas dificuldades, necessitando de várias intervenções para entender e completar o jogo. Preferiu não avançar para níveis mais altos após completar o nível 1.

Conclusão:

- **Pontos Fortes:** Capacidade de melhorar com repetição e sem dificuldades notáveis no jogo de Pareamento.
- **Áreas de Melhoria:** Concentração durante o jogo da Memória e compreensão do jogo da Pintura.
- **Tolerância:** Média de 10 a 15 minutos.

Aluno com Id: b0e37b90-8849-4c84-afce-56f2de2c10da (G3, TEA=0, P3)

Desempenho:

- **Pareamento de Sombras:** Compreendeu e dominou rapidamente os comandos, demonstrando facilidade nos níveis 1 e 2. No nível 2, começou a brincar com a tela, mostrando que dominava a tarefa.
- **Jogo da Pintura:** Inicialmente teve estranheza, mas aprendeu as regras ao usar o botão de ajuda. Conseguiu várias correspondências no nível 2, mas confundiu-se com cores similares. No nível 3, sentiu dificuldades e desistiu.
- **Jogo da Memória:** Iniciou no nível difícil, mas não concluiu. Preferiu voltar ao jogo de pintura e depois ao pareamento de imagens no nível difícil, jogando sem problemas.
- **Resiliência:** Mostrou-se persistente, não se frustrando facilmente e solicitando ajuda ao aplicativo quando necessário.

Conclusão:

- **Pontos Fortes:** Rápida adaptação aos comandos dos jogos, boa compreensão e persistência. Mostrou habilidade em usar recursos de ajuda. Demonstrou flexibilidade em mudar de posição e tentar diferentes jogos, mantendo interesse e foco.
- **Áreas de Melhoria:** Melhorar a distinção de cores no jogo de pintura e desenvolver mais paciência para níveis mais difíceis.
- **Tolerância:** Média de 15 minutos.

Aluno com Id: b42b5ed8-8625-4328-8251-6a0d3de64207 (G5, TEA=0, P3)

Desempenho:

- **Jogo da Memória:** Demonstrou ótima atenção e concentração, completando os níveis sem dificuldades em todas as sessões.
- **Pareamento:** Consistentemente completou todos os níveis rapidamente e sem dificuldades.
- **Jogo da Pintura:** Iniciou com dificuldades, especialmente em encontrar os números, mas mostrou melhora significativa nas sessões subsequentes, necessitando de menos intervenções e completando níveis mais altos.

Conclusão:

- **Pontos Fortes:** Ótima atenção e concentração, rápida compreensão e execução dos jogos de Memória e Pareamento.
- **Áreas de Melhoria:** Inicialmente teve dificuldades no jogo da Pintura, mas mostrou melhora consistente, indicando que a prática está ajudando.
- **Tolerância:** Média de 15 minutos.

Aluno com Id: c568a1a9-c4d1-45f3-a0aa-0719cce0e5ed (G5, TEA=0, P3)

Desempenho:

- **Jogo da Memória:** Mostrou ótima atenção e concentração nos três níveis, sem dificuldades.
- **Pareamento:** Completou todos os níveis rapidamente e sem dificuldades.
- **Jogo da Pintura:** Após uma breve explicação, jogou os níveis 1 e 2 sem dificuldades. No nível 3, teve algumas dificuldade, mas completou o jogo.

Conclusão:

- **Pontos Fortes:** Alta concentração e atenção nos jogos de Memória e Pareamento. Boa adaptação ao jogo da Pintura, conseguindo completar todos os níveis.
- **Áreas de Melhoria:** Considerar técnicas de interface mais amigável para otimizar o desempenho no jogo da Pintura.
- **Tolerância:** Média de 15 minutos.

Características dos Estudantes com TEA=1

- **Paciência e Resiliência:** Tendem a demonstrar menos paciência e resiliência em níveis mais altos dos jogos (d351a361-fc42-4d85-94a6-9a571d7ea825). Melhoram gradualmente com a prática, mas podem apresentar dificuldades iniciais consideráveis (98f62a65-4dbf-4377-96ed-9bb90050a6f2, b54b5fc4-4c3a-4c12-9718-b146a223e59a).
- **Atenção e Concentração:** Boa atenção e concentração em níveis iniciais e intermediários dos jogos, mas podem apresentar variações (d351a361-fc42-4d85-94a6-9a571d7ea825, 98f62a65-4dbf-4377-96ed-9bb90050a6f2). A concentração pode variar significativamente, especialmente em atividades que requerem repetição (b54b5fc4-4c3a-4c12-9718-b146a223e59a).
- **Desempenho em Diferentes Tipos de Jogos:**
 - **Jogos de Memória:** Podem ter dificuldades nos níveis mais altos, mas tendem a se sair bem nos níveis iniciais (d351a361-fc42-4d85-94a6-9a571d7ea825, 98f62a65-4dbf-4377-96ed-9bb90050a6f2).
 - **Pareamento:** Geralmente não apresentam dificuldades, completando os níveis com rapidez (d351a361-fc42-4d85-94a6-9a571d7ea825, 98f62a65-4dbf-4377-96ed-9bb90050a6f2, b54b5fc4-4c3a-4c12-9718-b146a223e59a).
 - **Jogo da Pintura:** Frequentemente necessitam de intervenções e apoio, mostrando dificuldades constantes (d351a361-fc42-4d85-94a6-9a571d7ea825, 98f62a65-4dbf-4377-96ed-9bb90050a6f2, b54b5fc4-4c3a-4c12-9718-b146a223e59a).
- **Tolerância ao Jogo:** Tolerância média ao jogo de cerca de 10 a 15 minutos (d351a361-fc42-4d85-94a6-9a571d7ea825, 98f62a65-4dbf-4377-96ed-9bb90050a6f2, b54b5fc4-4c3a-4c12-9718-b146a223e59a).

Características dos Estudantes com TEA=0

- **Paciência e Resiliência:** Demonstram maior paciência e resiliência, persistindo nas atividades mesmo quando encontram dificuldades (b0e37b90-8849-4c84-afce-56f2de2c10da, b42b5ed8-8625-4328-8251-6a0d3de64207, c568a1a9-c4d1-45f3-a0aa-0719cce0e5ed).
- **Atenção e Concentração:** Alta atenção e concentração em todos os níveis dos jogos, completando-os sem grandes dificuldades (b0e37b90-8849-4c84-afce-56f2de2c10da, b42b5ed8-8625-4328-8251-6a0d3de64207). Adaptam-se rapidamente aos comandos dos jogos e mostram flexibilidade em mudar de atividades mantendo o interesse (c568a1a9-c4d1-45f3-a0aa-0719cce0e5ed).
- **Desempenho em Diferentes Tipos de Jogos:**
 - **Jogos de Memória:** Excelentes em atenção e concentração, completando todos os níveis sem dificuldades (b0e37b90-8849-4c84-afce-56f2de2c10da, b42b5ed8-8625-4328-8251-6a0d3de64207).
 - **Pareamento:** Alta habilidade em completar os níveis rapidamente e sem dificuldades (b0e37b90-8849-4c84-afce-56f2de2c10da, b42b5ed8-8625-4328-8251-6a0d3de64207).
 - **Jogo da Pintura:** Inicialmente podem ter dificuldades, mas mostram melhorias significativas com a prática (b0e37b90-8849-4c84-afce-56f2de2c10da). Compreendem e completam os níveis rapidamente, desde que em condições ambientais adequadas (b42b5ed8-8625-4328-8251-6a0d3de64207).
- **Tolerância ao Jogo:** Tolerância média ao jogo de cerca de 15 minutos (b0e37b90-8849-4c84-afce-56f2de2c10da, b42b5ed8-8625-4328-8251-6a0d3de64207, c568a1a9-c4d1-45f3-a0aa-0719cce0e5ed).

Conclusões Gerais

Características dos Estudantes com TEA=1

Estímulo ao Acerto:

- Demonstram uma resposta positiva inicial às recompensas audiovisuais no jogo da Memória e Pareamento, mas perdem engajamento em níveis mais altos, mostrando a necessidade de ajustes no nível de desafio (RU01, RU03) (d351a361-fc42-4d85-94a6-9a571d7ea825, 98f62a65-4dbf-4377-96ed-9bb90050a6f2).

Clareza e Simplicidade:

- A interface clara e minimalista (RU07) é benéfica nos níveis iniciais, mas as dificuldades surgem com a complexidade nos níveis mais altos. O suporte visual adicional seria útil para manter o foco e a compreensão (RU08) (d351a361-fc42-4d85-94a6-9a571d7ea825, 98f62a65-4dbf-4377-96ed-9bb90050a6f2).

Suporte ao Foco:

- As partidas breves ajudaram a manter a concentração nos níveis mais fáceis (RU09), mas a repetição e a complexidade aumentada levaram à distração em jogos como Memória e Pintura (RU10, RU11) (b54b5fc4-4c3a-4c12-9718-b146a223e59a, 98f62a65-4dbf-4377-96ed-9bb90050a6f2).

Suporte Sensorial:

- A redução de estímulos excessivos foi eficaz para evitar sobrecarga sensorial nos primeiros níveis (RU13), mas os alunos mostraram dificuldade em jogos que envolviam discriminação de cores e formas mais complexas, especialmente no jogo da Pintura (RU14) (d351a361-fc42-4d85-94a6-9a571d7ea825, b54b5fc4-4c3a-4c12-9718-b146a223e59a).

Interatividade:

- A interatividade tátil foi bem recebida nos jogos de Pareamento, mas o jogo da Pintura exigiu mais intervenções para que os alunos compreendessem as mecânicas e interagissem de forma eficaz (RU15, RU16) (98f62a65-4dbf-4377-96ed-9bb90050a6f2, b54b5fc4-4c3a-4c12-9718-b146a223e59a).

Características dos Estudantes com TEA=0

Estímulo ao Acerto:

- Os alunos mostraram excelente resposta às recompensas audiovisuais (RU01), com alta motivação para completar os níveis e sem dificuldades (RU03) (b0e37b90-8849-4c84-afce-56f2de2c10da, b42b5ed8-8625-4328-8251-6a0d3de64207).

Clareza e Simplicidade:

- A interface limpa e previsível (RU06, RU07) facilitou a navegação e a compreensão, permitindo que os alunos completassem os níveis sem dificuldades (b0e37b90-8849-4c84-afce-56f2de2c10da, b42b5ed8-8625-4328-8251-6a0d3de64207).

Suporte ao Foco:

- As partidas curtas (RU09) e o uso de recursos multimídia (RU10) ajudaram a manter a concentração dos alunos, que completaram os jogos com foco contínuo, mesmo em níveis mais difíceis (b0e37b90-8849-4c84-afce-56f2de2c10da, c568a1a9-c4d1-45f3-a0aa-0719cce0e5ed).

Suporte Sensorial:

- O design do jogo, com a redução de estímulos excessivos (RU13), ajudou a evitar sobrecarga sensorial. Os alunos responderam bem aos jogos com elementos visuais simples e objetivos claros (RU14) (b42b5ed8-8625-4328-8251-6a0d3de64207, c568a1a9-c4d1-45f3-a0aa-0719cce0e5ed).

Interatividade:

- A interação tátil (RU16) foi eficiente para os alunos, que navegaram pelos níveis sem dificuldades. O uso de multimídia instrutiva (RU15) facilitou a compreensão e imersão no jogo (b0e37b90-8849-4c84-afce-56f2de2c10da, b42b5ed8-8625-4328-8251-6a0d3de64207).

Análise das AEEs sobre o impacto da proposta

As AEEs destacam o impacto que os requisitos de usabilidade e a implementação de um menu sensorial tiveram no desempenho dos alunos durante a utilização dos jogos. Alunos que puderam contar com interfaces acessíveis e adaptadas às suas necessidades específicas, através de recursos de ajuda, demonstraram maior engajamento e adaptação na execução das tarefas, refletindo-se em um melhor desempenho nas atividades propostas.

A inclusão de opções de ajuste de estímulos visuais e auditivos permitiu que os alunos com TEA se interessassem e completassem as atividades com menos intervenções e frustrações. Esses ajustes sensoriais foram essenciais para atender às demandas individuais, promovendo uma experiência mais inclusiva. Como resultado, observou-se que a adaptação dos jogos e a consideração dos requisitos de usabilidade não apenas melhoraram a experiência dos alunos, mas também contribuíram para uma maior tolerância e resiliência diante de desafios mais complexos, facilitando o desenvolvimento de habilidades comportamentais de forma mais assertiva.

Durante as sessões, foi identificado que alguns comportamentos permitidos pelo design do jogo, como a possibilidade de reiniciar uma partida de forma ilimitada, levaram alunos a repetir esse processo diversas vezes, motivada principalmente por estímulos sensoriais. Essa ação repetitiva, destacou a importância de considerar limites e controles no design dos jogos para evitar comportamentos que desviem do foco. Além disso, a liberdade que as crianças tinham ao manusear o *Tablet* resultou em situações onde, ao atingir um nível de saturação com o jogo, o aluno acabava saindo do aplicativo e buscava outras opções no dispositivo. Isso exigiu intervenções dos profissionais de AEE, que precisaram redirecionar a atenção das crianças de volta para as atividades planejadas, reforçando a necessidade de controles e limites mais rígidos no dispositivo para manter o foco.

As duas profissionais de AEE relataram que, durante as sessões de aplicação do jogo, não observaram mudanças significativas no desempenho entre os perfis P1 e P2. Ambas as categorias de estudantes demonstraram comportamentos semelhantes em relação à atenção, concentração e interação com as atividades propostas, sugerindo que as diferenças esperadas entre os perfis não se manifestaram de forma clara nas observações.

Por fim, apesar de não ter havido colaboração direta por parte dos profissionais de AEE no desenvolvimento do jogo, esses profissionais foram recrutados para aplicar o jogo nas sessões com as crianças, a fim de manter a rotina já estabelecida e evitar potenciais vieses na coleta de dados. Essa abordagem garantiu que as crianças pudessem interagir com o jogo em um ambiente familiar, maximizando a validade dos resultados obtidos. Detalhes sobre o estudo etnográfico conduzido pode ser conferido no link².

²<https://bit.ly/3SKDeNH>