

TrATAR: Jogos com Realidade Aumentada utilizados como incentivo no desenvolvimento das capacidades comunicativa, cognitiva e espacial de crianças autistas

Pedro V V Paiva¹, Fabiane S Queiroz¹

¹ Faculdade de Ciência da Computação
Universidade Federal de Alagoas (UFAL) – Arapiraca, AL – Brasil

{pedro.paiva, fabiane.queiroz}@arapiraca.ufal.br

Abstract. *Autistic children have difficulty imagining scenarios and situations, develop logical thinking, dealing with social interaction, deficits in motor skills among other limitations. Games that make use of augmented reality (AR) are able to attract the attention of players and generate various psychological stimuli. We propose a set of games based on AR, played by autistic children and therapists. These games, when used as an aid in the treatment of these children, aims to encourage patients to interact, to move in predetermined directions and to reason logically. Initial results indicate decreases in restrictions attacked beyond emotional benefits during the sessions.*

Resumo. *Crianças autistas possuem dificuldade em imaginar cenários e situações, desenvolver raciocínio lógico, lidar com interação social, défices em habilidades motoras entre outras limitações. Jogos que fazem uso de realidade aumentada (RA) são capazes de atrair a atenção dos jogadores e gerar diversos estímulos psíquicos. Propomos um conjunto de jogos baseados em RA, jogados por crianças autistas e terapeutas. Estes jogos, quando utilizados como auxiliares no tratamento dessas crianças, tem como objetivo encorajar os pacientes a interagirem, a se movimentarem em direções pré-determinadas e a raciocinar logicamente. Resultado iniciais indicam diminuições das restrições dos pacientes além de benefícios emocionais durante as sessões.*

1. Introdução

Devido às dificuldades de comunicação e socialização da população autista, educadores concordam que estudantes diagnosticados com *Transtorno do Espectro Autista* (TEA) necessitam de educação especial [Lord e McGee, 2001]. Jogos de computador vêm sendo utilizados como métodos auxiliares no tratamento de diversas disfunções ligadas à síndrome. Estes jogos funcionam como facilitadores nos processos de estimulação da comunicação [Rahman et al., 2010], manutenção do foco [Escobedo et al., 2014], e auxiliam o processo de ensino e alfabetização [Cunha 2011]. Jogos de realidade aumentada (RA) permitem interação com objetos virtuais de forma imersiva, estimulando a imaginação [Bai et al., 2015] e a atenção de crianças autistas [Escobedo et al., 2014]; além de possibilitar uma experiência compartilhada entre os jogadores, propiciando a socialização.

Objetivando integrar os benefícios da RA ao tratamento do sujeito autista, propomos a ferramenta TrATAR (*Treatment Assistant using Augmented Reality*): um conjunto de jogos desenvolvidos com o propósito de auxiliar profissionais a estimular capacidades comunicativas, lógicas, lúdicas e noções espaciais em sujeitos autistas. Um vez que foram observados ganhos em diálogos, desenvolvimento de raciocínio lógico,

inventividade e organização espacial dos usuários e ganho em atenção. A principal contribuição do TrATAR é permitir a socialização entre as crianças, criando um cenário onde a cooperação é necessária. Combinando à esse ganho com um exercício de raciocínio e uso de imaginação dentro de uma atividade agradável e instigante, capaz de prender a atenção dos participantes e gerar boas emoções. Experimentos iniciais têm indicado que o TrATAR mostrou-se um sistema válido no apoio ao tratamento de autistas.

Este trabalho está organizado como se segue: na Seção 2 apresentaremos a fundamentação teórica deste trabalho e o estado da arte se encontra na Seção 3. O sistema é proposto na Seção 4. Na Seção 5 são expostas as técnicas usadas para quantificar sua eficácia e os resultados encontrados, além da análise do experimento. A Seção 6 conclui o artigo.

2. Fundamentação Teórica

Autismo é uma síndrome no desenvolvimento neurológico e manifesta-se por sintomas como déficit de reciprocidade social e de comunicação, limitações não usuais, comportamentos repetitivos, falta de atenção entre outros [APA 2013]. Pesquisas comprovam que crianças, ainda muito jovens ou mesmo em idade escolar, apresentam dificuldades para realizar tarefas que exigem habilidades motoras e/ou padrões motores atípicos [Vernazza-Martin et al., 2005]. Dificuldade em estabelecer relações sociais também é uma das marcas do autismo e é diagnosticada mesmo em indivíduos com alta funcionalidade¹, bem como a falta de imaginação que pode ser percebida em uma vasta gama deste público [Wing e Gould, 1979].

Segundo a Organização Mundial da Saúde [WHO 2016], estima-se que 1 em cada 160 crianças são portadoras de TEA no mundo, embora estudos em certos países e regiões apresentem índices muito maiores. Oficialmente no Brasil, menos de 1% da população é autista (ver Tabela 1), porém a maioria das crianças que sofrem do transtorno não são identificadas ou diagnosticadas com diferentes distúrbios mentais.

Tabela 1. Estimativa da população com autismo com base na população de cada região brasileira. Fonte: [Mello et al., 2013]

Região	População em 2010	População com Autismo (0,62%)
Centro-Oeste	14.050.340	87.112
Norte	15.865.678	98.367
Nordeste	53.078.137	329.084
Sul	27.384.815	169.786
Sudeste	80.353.724	498.193
Totais	190.732.694	1.182.643

A compreensão inadequada acerca das necessidades dos sujeitos com TEA e a falta de informação sobre suas características leva-os, muitas vezes, a serem isolados e até excluídos do convívio com outros indivíduos [Bittencourt e Francisco, 2015]. Por isso, socializar essas crianças, estimular a criatividade e possibilitar maior entendimento das características do autismo são de fundamental importância, seja em um âmbito familiar, escolar ou de convivência.

¹Ao contrário do que ocorre no autismo, indivíduos com alta funcionalidade não sofrem com comprometimento cognitivo grave [Klin 2006].

O termo “Realidade Aumentada” pode ser definido como um conjunto de técnicas que conseguem mesclar informações virtuais em um cenário real onde ambos coexistem e se complementam [Azuma 1997]. Tais técnicas são executadas interativamente em tempo real e alinha objetos reais e virtuais entre si. Um sistema de Realidade Aumentada considera que seja necessário um meio do usuário visualizar essa informação virtual adicionada ao cenário real. Mecanismos que provêm essa percepção são chamados de visores [Azuma 1997] e assumem diversas formas, sendo mais comum o uso de câmeras, que capturam vídeo em tempo real, junto a monitores que exibem as imagens capturadas somadas a objetos virtuais. Para que o sistema de RA possa exibir objetos virtuais no mundo real, é preciso que o método implementado seja capaz de rastrear os pontos onde os dados devem ser inseridos e identificar variáveis de posicionamento.



(a) Técnica de detecção óptica com marcador.



(b) Pontos de interesse na imagem como coordenadas.

Figura 1. Exemplos de métodos de rastreamento óptico em aplicações de RA.
Fonte: [Van Krevelen e Poelman, 2010].

Rastreamento em RA é um desafio complexo e são propostas diversas soluções para este problema seguindo diferentes abordagens, cada uma com pontos fortes e limitações. Van Krevelen e Poelman [Van Krevelen e Poelman, 2010] expõem inúmeras técnicas de rastreamento tais como métodos mecânicos, GPS, modelagem de ambiente, entre outros. Contudo o procedimento comumente usado é o óptico. Nessa estratégia a detecção da posição tomada como ponto de espacial (coordenadas X, Y, Z em um plano tridimensional) ocorre por meio de rastreamento de pixels em imagens onde são reconhecidos pontos de interesse no cenário e tomados como localização; um artifício usual para gerar regiões detectáveis é o uso de marcadores (Figura 1(a)) que, por sua vez, são figuras com uma série de características pré-definidas. Ainda no paradigma óptico, é crescente a pesquisa no campo da RA *markerless* (Figura 1(b)) que faz uso de algoritmos extratores de características para identificar objetos físicos sem depender de marcadores. Apesar do esquema *markerless* fugir das limitações dos marcadores, ainda não são habitualmente usados e poucas bibliotecas os implementam. Dada a dificuldade de implementação do sistema *markerless*, o sistema proposto neste trabalho baseia-se em RA que implementa o rastreamento de marcadores.

3. Trabalhos Relacionados

Dentre as diversas aplicabilidades para RA estão o auxílio na educação de crianças neurotípicas² ou com retardos no desenvolvimento neurológico, como o autismo. Aplicações de RA com foco na educação buscam enriquecer materiais didáticos e propiciar uma atividade mais prazerosa de ensino com maiores possibilidades de absorção do conteúdo para alunos com deficiência intelectual ou não.

²Diz-se neurotípico o indivíduo que não apresenta distúrbios significativos no funcionamento psíquico.

A RA vem sendo usada como auxiliar no tratamento dos autismo a mais de uma década, principalmente na formação de estímulo lúdico. Sayed e outros [Sayed et al., 2011] propõem a aplicação *Augmented Reality Student Card*, sistema de baixo custo que viabiliza o uso de RA para manipulação de diferentes objetos durante aulas ou exercícios de qualquer área do conhecimento, além de jogos usando a mesma abordagem. Estudantes de ambos os gênero, entre 10 e 17 anos examinaram a ferramenta e concluíram que o aprendizado foi mais divertido e efetivo por adicionar à aquisição de conhecimento interatividade, educando de forma prática e permitindo o uso de criatividade.

O uso da RA no contexto educacional não é um evento inédito, porém, para Portadores de Necessidades Educativas Especiais (PNEE) existem recursos que precisam ser adaptados, como elucida Ferreira e Paula [Ferreira e de Paula, 2013] na apresentação da aplicação *encaixAR*, ferramenta de RA que contribui para alfabetização de alunos com deficiência cognitiva entre 8 e 12 anos. Pesquisa esta que corrobora a assertiva da RA como forte auxiliar para PNEE já que seus resultados mostram experiências de uso proveitosas e com alto grau de satisfação por parte dos usuários.

Assim como é fato o benefício pedagógico que a RA garante, também existem benefícios terapêuticos no uso deste recurso segundo os experimentos de Corrêa *et al.* [Corrêa et al., 2013] na aplicação *GenVirtual*, software auxiliar em terapias musicais de crianças com déficit neurológico. Foram constatadas melhorias no desempenho e estímulo de ações, motivação e contentamento dos 3 pacientes participantes do programa de reabilitação da AACD³. Também são relatados benefícios da RA na estimulação de imaginação de autistas, tendo resultados positivos como é visto no estudo de Bai (2015a), onde os pesquisadores se utilizaram da técnica para elicitare brincadeiras que imergem em um ambiente real, objetos virtuais, aumentando o grau de raciocínio simbólico. Existem estudos sobre o apoio didático da RA a autistas, um exemplo disso é o estudo de Vullamparthi et al. [Vullamparthi et al., 2013], que expõe a efetividade da RA em ampliar e/ou criar vocabulário em autistas. Por fim, Escobedo *et al.* [Escobedo et al., 2014] corroboram o fato da RA ser capaz de provocar atenção e foco prolongados ao ser usado como visor para o mundo real.

Os estudos aqui citados corroboram o fato da RA ser vantajosa no apoio didático de alunos com e sem necessidade especiais, no tratamento de deficientes mentais e no combate a diversos sintomas do autismo. No entanto nenhuma das ferramentas apresentadas aqui se dedica a atuar no estímulo à sociabilidade de crianças com TEA, por meio de atividades em grupo ou movimentação corporal. Embora pesquisas sobre os benefícios sociais da RA a crianças autistas já estejam em curso [Cunha et al., 2016][Chen et al., 2015], estes estudos focam em promover maior percepção sobre emoções e não em beneficiar habilidades de convívio.

Trabalhos como o de Syahputra *et al.* [Syahputra et al., 2018] propõem a ideia de sociabilidade por meio de histórias enriquecidas com RA, uma estratégia válida, porém distante da prática de exercícios colaborativos em grupo. Em [Crowell et al., 2019] os pesquisadores usaram jogos convencionais de RA e realidade virtual como meio de cooperação. Apesar de válidos, esses jogos não são desenvolvidos com a criança autista em foco.

³ Associação de Assistência a Crianças Deficientes

4. TrATAR

Acrônimo para *Treatment Assistant using Augmented Reality*, TrATAR é um conjunto de jogos de realidade aumentada. Todos os passos para a criação dos software do conjunto SIA passam por um processo de levantamento de requisitos com psicólogas e psicopedagogas no Espaço Trate [Alves 2021], um centro de acolhimento a crianças com autismo que atende, exclusivamente, pelo Sistema Único de Saúde (SUS), inaugurado em 2011, e está localizado na cidade de Arapiraca, em Alagoas - BR.

Os principais requisitos do TrATAR podem ser descritos como:

- Jogos de ordenação simples;
- Renderização de objetos virtuais com formas igualmente simples e/ou Figuras que despertem o interesse da criança;
- Os objetos virtuais não podem desaparecer durante a atividade, pois isso geraria falta de interesse do público alvo no jogo;
- O tempo é um fator de suma importância, não deve ocorrer atraso, do contrário a perda de atenção é inevitável.

Partindo dessas exigências, o sistema deve ser robusto à perda de rastreamento dos marcadores e à fluidez de execução. Essas condições levam a escolha das tecnologias empregadas, sendo estas: as bibliotecas OpenGL (renderização de objetos virtuais), OpenCV (detecção e captura de imagem), ArUco [Garrido-Jurado et al., 2014] (rastreamento de marcadores) e SDL2 (áudio) aplicadas junto a linguagem C++.

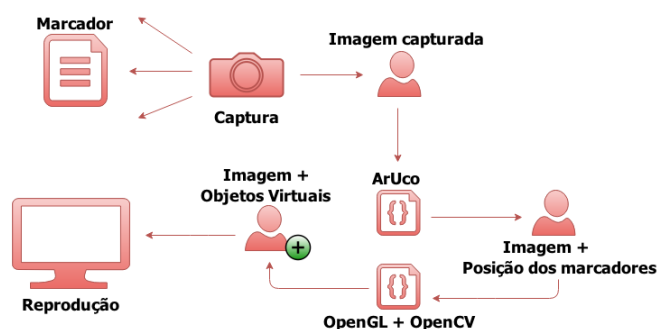
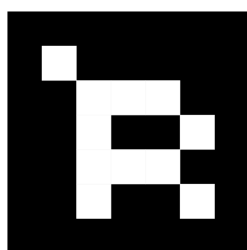


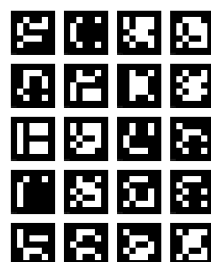
Figura 2. Fluxo de execução dos jogos TrATAR, desde a obtenção do cenário à inserção dos objetos digitais.

A Figura 2 ilustra uma abstração para as conexões entre os módulos do TrATAR, seu funcionamento segue o seguinte fluxo: as imagens dos jogadores segurando os marcadores são capturadas por um câmera e enviadas para o ArUco que identifica as posições onde as crianças se encontram. Em seguida as coordenadas desses pontos é passada para o OpenGL que cria os objetos usados para o jogo específico e os posiciona nas regiões ditas e por fim é feita a projeção. O OpenCV é utilizado pelo ArUco e implementa o filtro de Kalman, técnica estatística para prever posições baseada no padrão previamente apresentado.

Diferentemente de muitos arcabouços para o desenvolvimento de aplicativos de RA, a biblioteca ArUco disponibiliza marcadores resistentes à oclusão parcial por, ao invés de fazer uso de uma única imagem rastreável (Figura 3(a)), faz uso de multimarcadores (Figura 3(b)), conjunto de marcadores simples organizados em uma matriz, o que associado ao uso de filtro de Kalman [Sorenson 1985], garante a manutenção dos objetos em cena mesmo com obstrução. Podemos descrever o filtro de Kalman como um método que utiliza observações realizadas e produz resultados que se aproximam dos reais.



(a) Marcador simples.



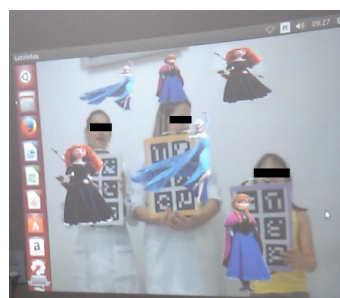
(b) Multimarcador.

Figura 3. Comparação entre marcador único e multimarcadore da biblioteca ArUco.

Com base nessas ferramentas, foi desenvolvida uma série de jogos de associação no qual é mostrado um conjunto de objetos 3D/figuras 2D de diferentes formas e cores, e os jogadores, que seguram marcadores, devem se posicionar segundo a ordem mostrada no exemplo. Para tal é necessário que os participantes imaginem que tem a posse do elemento virtual, interajam entre si e se organizem para concluírem o jogo, o que gera uma gratificação sonora e visual. O uso do sistema é ilustrado na Figura 4.



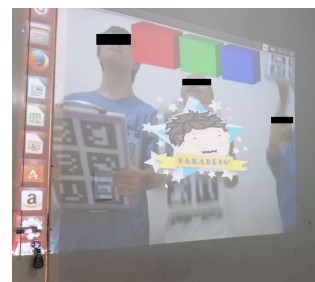
(a) Crianças cooperando entre si.



(b) Uso de figuras como estímulo.



(c) Terapeuta instrui crianças como se organizarem.



(d) Felicidade dos participantes ao concluírem atividade.

Figura 4. Sessões de terapia utilizando o TrATAR com o auxílio de terapeutas.

O TrATAR possui o diferencial de abranger em uma única ferramenta o auxílio educativo e terapêutico de forma prazerosa uma vez que podem ser utilizadas objetos geométricos com formas simples, letras ou figuras, com intuito de despertar a compreensão dos usuários sobre o que é mostrado e exercitar o raciocínio lógico para resolver a ordenação. Paralelamente a isso, trabalhar a imaginação ao proporcionar interação com objetos virtuais, sociabilização e comunicação por exigir a cooperação entre os participantes e noções espaciais para que o objetivo seja atingido.

5. Experimentos e Resultados

Para avaliar a ferramenta TrATAR, foram coletados dados de 5 crianças autistas durante sessões de terapia no Espaço Trate, com idade entre 6 e 10 anos, sendo 4 delas com um grau de autismo leve e uma com grau de autismo moderado. Cada uma dessas crianças jogou em média 3 vezes, inicialmente com 2 terapeutas participando e instruindo a atividade e posteriormente com as demais crianças. Os pais das crianças concordaram com os teste e assinaram termo de concessão das informações geradas.

O desempenho das crianças no decorrer dos jogos foi avaliado através dos seguintes aspectos:

- **Comunicação** - o sujeito foi capaz de estabelecer diálogo ou troca de informação com os demais participantes?
- **Espacialidade** - o sujeito conseguiu mover-se segundo o que era exigido de forma eficiente?
- **Interesse** - o sujeito se manteve disposto a participar da atividade?
- **Raciocínio** - o sujeito foi capaz de entender a atividade e tomar as ações necessárias para alcançar o objetivo proposto?

Uma nota de 0 a 4, correspondente a aptidão mostrada em cada um dos aspectos de avaliação foi considerada a fim de quantificar a evolução dos sujeitos a cada sessão de jogos (ver Tabela 2).

Tabela 2. Notas de avaliação para aspectos trabalhados durante o uso do TrATAR

Nota	Descrição
0	Não foi capaz exercitar o aspecto
1	Tentativa sem êxito de realização
2	Aspecto trabalhado com grande dificuldade
3	Aspecto trabalhado com leve dificuldade
4	Desenvolveu o aspecto perfeitamente

A Figura 5 ilustra os resultados referentes às notas obtidas pelos sujeitos em cada sessão de jogos. Cada gráfico ilustra a avaliação de um aspecto em particular. Dessa forma, em cada um desses gráficos são exibidas as notas atribuídas aos sujeitos (eixo vertical) em relação à cada sessão de jogos (eixo horizontal). Em média, o número de sessões realizadas foi igual a 3, por isso, existe uma área de interesse hachurada nos gráficos referentes a esse número de sessões. As avaliações numéricas e estatísticas aqui apresentadas considerará apenas esse intervalo de sessões (de 1 a 3), porém, como informação adicional, são exibidas nos gráficos informações sobre sujeitos que tiveram a oportunidade de praticar mais sessões que o número médio estabelecido.

Considerando a área hachurada dos gráficos presentes na Figura 5, podemos perceber uma evolução dos sujeitos à medida que o número de sessões aumenta. No geral, a nota dos sujeitos apresenta uma tendência crescente nos gráficos. Vale observar que, diferentemente dos outros sujeitos, que são diagnosticados com autismo leve, o Sujeito 5 possui autismo em grau moderado. Foi considerado que, devido a pequenos eventos de pontuação decrescente durante as duas primeiras sessões realizadas (ver gráficos relativos aos aspectos de Comunicação e Raciocínio Lógico, respectivamente), estas poderiam ser definidas como sessões de adaptação dos sujeitos à jogabilidade da ferramenta.

Na Figura 6 apresentamos um quadro evolutivo que engloba os 4 aspectos analisados. Para cada sessão, é apresentado o valor médio da nota de todos os envolvidos

nos experimentos. Dessa forma, pode-se perceber também que, dentro desse quadro mais abrangente, os valores das notas aumentaram, enquanto que os erros (desvios padrão) associados a cada sessão diminuiu. Isso mostra que os sujeitos envolvidos tendem, portanto, a evoluir em um quadro geral que engloba todos os aspectos, à medida que tendem também a obter pontuações cada vez mais semelhantes, o que indica uma evolução em conjunto.

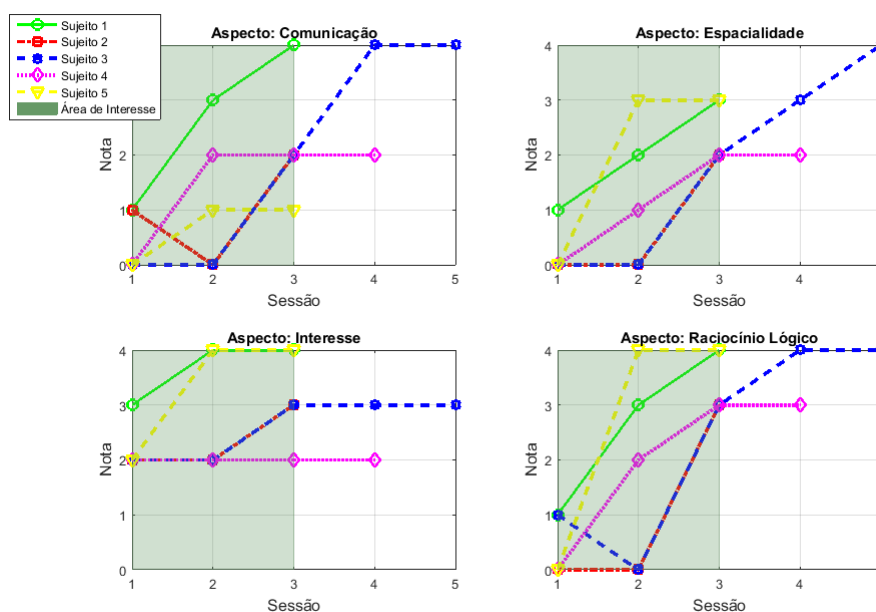


Figura 5. Evolução dos aspectos trabalhados em cada indivíduo.

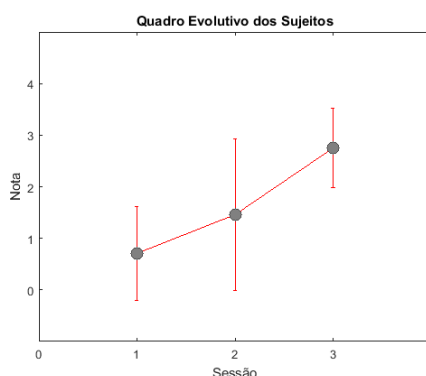


Figura 6. Evolução média dos aspectos trabalhados para todos os participantes.

Apesar de não ter sido quantificado, pôde-se notar a felicidade e empolgação de todos os indivíduos que concluíram a atividade em todas as sessões. Isso é um indício que além de garantir numericamente uma evolução dos aspectos atacados, o TrATAR também cria um experiência agradável e divertida.

6. Conclusão

Indivíduos diagnosticados com Transtorno Espectro Autista (TEA) possuem diversas limitações relativas a aspectos cognitivos, sociais, lúdicos e motores. Desenvolver

técnicas computacionais capazes de auxiliar na educação e no tratamento de crianças diagnosticadas com TEA é um grande desafio. Estudos comprovam a eficácia no uso da Realidade Aumentada (RA) na educação de crianças, tanto com necessidades educacionais especiais quanto nas que não demandam apoio individualizado. Ferramentas de RA têm se mostrado válidas ao serem usadas no combate de males pontuais do autismo como falta de imaginação e a manutenção do foco.

Neste trabalho foi proposto TrATAR, um conjunto de jogos de associação que estimula aspectos como a cooperação/comunicação entre os jogadores, o uso de imaginação, raciocínio lógico e desenvolvimento de noções espaciais. Os experimentos aqui apresentados apresentam ganhos relativos a estes aspectos e ainda bem-estar. Uma atual limitação para a ferramenta é sua interface gráfica de usuário (GUI) em virtude a todas as informações que precisam ser expostas em uma única janela. Como trabalhos futuros são sugeridos um aumento no número de experimentos realizados para obtermos dados mais consistentes relativos à evolução dos sujeitos/jogadores e incluir indivíduos com grau severo de autismo. Um progresso nos estudos de usabilidade da GUI e um progresso relativo à extração automática de informações sobre os jogadores, baseada no comportamento destes durante as sessões de jogos também é sugerido. O código-fonte dos jogos é público e está disponíveis em <https://github.com/enemy537/TrATAR>.

Referências

- [Alves 2021] Alves, L. (2021). Atendimento humanizado: Espaço trate melhora a qualidade de vida de autistas.
- [APA 2013] APA (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders. *Arlington: American Psychiatric Publishing*.
- [Azuma 1997] Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence*, 6(4):355–385.
- [Bai et al., 2015] Bai, Z. et al. (2015). Using augmented reality to elicit pretend play for children with autism. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 21(5):598–610.
- [Bittencourt e Francisco, 2015] Bittencourt, I. e Francisco, D. (2015). Os efeitos da produção em blog para sujeitos com transtorno do espectro autista. In *Anais do SBIE*, volume 26, páginas 822–831.
- [Chen et al., 2015] Chen, C. H., Lee, I. J., e Lin, L. Y. (2015). Augmented reality-based self-facial modeling to promote the emotional expression and social skills of adolescents with autism spectrum disorders. *Research in developmental disabilities*, 36:396–403.
- [Corrêa et al., 2013] Corrêa, A. G. D., Nascimento, M., Ficheman, I. K., e de Deus, L. R. (2013). Introdução ao genvirtual: uma interface musical com realidade aumentada para apoiar o “fazer musical” de pessoas com deficiência motora e cognitiva. *Rev. Bras. de Informática na Educação*, 21(02):118–131.
- [Crowell et al., 2019] Crowell, C., Mora-Guiard, J., e Pares, N. (2019). Structuring collaboration: Multi-user full-body interaction environments for children with autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 58:96–110.
- [Cunha et al., 2016] Cunha, P., Brand, J., Vasconcelos, J., Soares, F., e Carvalho, V. (2016). Augmented reality for cognitive and social skills improvement in children with asd. In *2016 13th REV*, páginas 334–335. IEEE.

- [Cunha 2011] Cunha, R. M. (2011). Desenvolvimento e avaliação de um jogo de computador para ensino de vocabulário para crianças com autismo. *Proceedings of Games for Change*.
- [Escobedo et al., 2014] Escobedo, L., Tentori, M., Quintana, E., Favela, J., e Garcia-Rosas, D. (2014). Using augmented reality to help children with autism stay focused. *Pervasive Computing, IEEE*, 13(1):38–46.
- [Ferreira e de Paula, 2013] Ferreira, G. A. e de Paula, M. M. V. (2013). encaixar: um livro de atividades em realidade aumentada para pnee. In *Anais do SBIE*, volume 24, página 194.
- [Garrido-Jurado et al., 2014] Garrido-Jurado, S., Muñoz-Salinas, R., Madrid-Cuevas, F. J., e Marín-Jiménez, M. J. (2014). Automatic generation and detection of highly reliable fiducial markers under occlusion. *Pattern Recognition*, 47(6):2280–2292.
- [Klin 2006] Klin, A. (2006). Autismo e síndrome de asperger: uma visão geral. *Rev. Bras. de Psiquiatria*, 28(1):3–11.
- [Lord e McGee, 2001] Lord, C. e McGee, J. (2001). Educating children with autism: Committee on educational interventions for children with autism.
- [Mello et al., 2013] Mello, A., Ho, H., Dias, I., e Andrade, M. (2013). Retratos do autismo no brasil. *São Paulo: Associação dos Amigos do Autista*.
- [Rahman et al., 2010] Rahman, M. M., Ferdous, S., e Ahmed, S. I. (2010). Increasing intelligibility in the speech of the autistic children by an interactive computer game. In *IEEE ISM*, páginas 383–387.
- [Sayed et al., 2011] Sayed, N. E., Zayed, H. H., e Sharawy, M. I. (2011). Arsc: Augmented reality student card an augmented reality solution for the education field. *Computers & Education*, 56(4):1045–1061.
- [Sorenson 1985] Sorenson, H. W. (1985). *Kalman filtering: theory and application*. IEEE.
- [Syahputra et al., 2018] Syahputra, M., Arisandi, D., Lumbanbatu, A., Kemit, L., Nababan, E., e Sheta, O. (2018). Augmented reality social story for autism spectrum disorder. In *Journal of Physics: Conference Series*, volume 978, página 012040. IOP Publishing.
- [Van Krevelen e Poelman, 2010] Van Krevelen, D. e Poelman, R. (2010). A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. *International Journal of Virtual Reality*, 9(2):1.
- [Vernazza-Martin et al., 2005] Vernazza-Martin, S., Martin, N., Vernazza, A., Lepellec-Muller, A., Rufo, M., Massion, J., e Assaiante, C. (2005). Goal directed locomotion and balance control in autistic children. *Journal of autism and developmental disorders*, 35(1):91–102.
- [Vullamparthi et al., 2013] Vullamparthi, A. J., Nelaturu, S. C. B., Mallaya, D. D., e Chandrasekhar, S. (2013). Assistive learning for children with autism using augmented reality. In *T4E*, páginas 43–46. IEEE.
- [WHO 2016] WHO (2016). Questions and answers about autism spectrum disorders (asd).
- [Wing e Gould, 1979] Wing, L. e Gould, J. (1979). Severe impairments of social interaction and associated abnormalities in children: Epidemiology and classification. *Journal of autism and developmental disorders*, 9(1):11–29.