

O potencial da robótica no tratamento terapêutico de crianças com Transtorno do Espectro Autista

Gabriel R. B. de Sousa Rebouças¹, Izamara V. D. S. Neves¹, Elton M. Lima¹, Thais Reggina Kempner¹, Eunice P. dos Santos Nunes², Luciana C. L. de Faria Borges²

¹Faculdade de Engenharia de Várzea Grande - Univers. Federal de Mato Grosso(UFMT)

²Instituto de Computação - Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)

Av. Fernando Correa da Costa, nº 2367 - Boa Esperança. Cuiabá MT – CEP 78060-900

{gabrielrbsr, izamaravanderstock, thaisrgk, lucianafariaborges}@gmail.com
lton_marcelino@hotmail.com, eunice@ufmt.br

Abstract. *The utilization of personalized robots can be effective to stimulate the communication and social interaction skills of children with Autism spectrum disorder (ASD). But for the robots to be efficient and to be possible for therapists to implement them in different activities in therapeutic sessions, it is essential that the robots gather different requirements. Considering that, in this article will be presented a bibliographic research, to identify gaps in the literature and guide in the creation of the therapeutic robot Otto, in order to solve one-off problems and finally to show the social benefits observed in children with ASD in the therapeutic process, through a multidisciplinary assessment at CRIDAC, a partner institution of the project.*

Resumo. *A utilização de robôs personalizados pode ser eficaz para estimular as habilidades de comunicação e interação social das crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA). Porém, para que sejam eficientes e possibilitem que as terapeutas possam implementar diferentes atividades em suas sessões é imprescindível reunir diferentes requisitos. Em vista disso, neste artigo, será apresentada uma pesquisa bibliográfica, a fim de identificar lacunas em literaturas e orientar na criação do robô terapêutico Otto, objetivando solucionar problemas pontuais e apresentando benefícios sociais apresentados pelas crianças com TEA no processo terapêutico, por meio de avaliação multidisciplinar no CRIDAC, instituição parceira do projeto.*

1. Introdução

De acordo com a quinta edição do Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM-5), o Transtorno do Espectro Autista (TEA) é definido como um transtorno de desenvolvimento atípico que afeta a comunicação e o comportamento das pessoas, sendo uma condição caracterizada por déficits em dois domínios centrais: comunicação/interação social e padrões repetitivos restritos de comportamento, interesses e atividades [APA 2013].

Devido às limitações sociais, sensoriais ou cognitivas das crianças com TEA, Lifter *et al.* (1993) afirmam que a resposta a brinquedos geralmente não ocorre de maneira fácil para essas crianças, quando comparadas com crianças típicas. Sendo assim, o emprego de brinquedos tradicionais em sessões de terapia podem dificultar sua concentração e a criança perder facilmente a atenção durante a sessão terapêutica [Clark *et al.* 2019]. Diante disso, a utilização de robôs personalizados é uma alternativa viável

nesse tipo de tratamento, uma vez que são projetados especialmente para estimular a atenção conjunta [Cabibihan *et al.* 2013].

Conforme Shimaya *et al.* (2019) e Van Den Berk-Smeekens *et al.* (2020), o potencial lúdico e diferenciado de robôs personalizados, atrelado com a possibilidade da criança com TEA interagir de forma física com um robô "companheiro", também pode ser utilizado terapeuticamente para estimular habilidades de comunicação, interação e melhoria do processo de aprendizado dessas crianças.

Para que os robôs se tornem ferramentas eficientes no processo terapêutico das crianças com TEA, é de suma importância considerar os requisitos funcionais e não funcionais no seu desenvolvimento, o que vem sendo investigado na literatura especializada. Alguns estudos mostraram resultados promissores na melhoria das habilidades sociais, motoras e cognitivas em crianças com TEA, como o robô NAO [Suzuki *et al.* 2018], Kaspar [Dautenhahn *et al.* 2000], Robota [Ricks e Colton 2010] e Pleo [Kim *et al.* 2012].

Embora haja uma diversidade de robôs assistivos comerciais, nem sempre é realizado um estudo prévio dos requisitos necessários para confeccioná-los, de forma que um único produto possa atender várias necessidades e habilidades singulares das crianças com TEA. Geralmente, os robôs são confeccionados para trabalhar com características específicas como, por exemplo, os robôs com características humanóides que tem como propósito desenvolver nas crianças o reconhecimento de expressões faciais [Suzuki *et al.* 2018; Taheri *et al.* 2021; Wood *et al.* 2021]. Apesar de eficientes, esses robôs têm um alto custo agregado e oferecem às terapeutas apenas uma estratégia para ser desenvolvida na terapia assistida por robôs.

Nesse contexto, identificou-se uma lacuna no campo de desenvolvimento de robôs como tecnologia assistiva, culminando na criação do robô Otto, para fins terapêuticos, possibilitando que as terapeutas desenvolvam nas sessões de terapia o hiperfoco, a atenção compartilhada, as habilidades de comunicação e aprendizado educacional, podendo ser usado ainda como um reforço positivo durante as sessões de análise de comportamento aplicada (*Applied Behavior Analysis* - ABA), visando proporcionar benefícios sociais para as crianças.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo apresentar o embasamento teórico para o desenvolvimento do robô Otto, as decisões estratégicas para a sua construção, bem como apresentar os benefícios sociais que estão sendo evidenciados no processo terapêutico de crianças com TEA, por meio de avaliação psicológica e fonoaudiológica, que estão sendo desenvolvidas com o robô no Centro de Reabilitação Integral Dom Aquino Corrêa (CRIDAC), instituição parceira do projeto.

2. Metodologia

Inicialmente, uma revisão bibliográfica foi realizada com o objetivo de compreender as demandas das crianças com TEA, as atividades que poderiam estimular e desenvolver habilidades para suprir suas demandas, relacionando-as com a investigação de uma oferta robótica que trouxesse benefícios à reabilitação das crianças com TEA. Nesse contexto; o levantamento da literatura embasou a tomada de decisão com relação ao

design, movimentos e habilidades a serem incorporadas à tecnologia robótica desenvolvida pela equipe do projeto, que se configurou no robô Otto. O foco é produzir um robô de baixo custo, para apoiar no tratamento de crianças com TEA.

A revisão de literatura buscou responder a questão de pesquisa: “Quais requisitos dos robôs são importantes para o desenvolvimento social de crianças com TEA em terapias?”. A busca se deu nas seguintes bases de dados: IEEE Digital Library, Science Direct, MDPI, Scopus, Springer, ACM e Google Scholar. A *string* de busca aplicada foi “*autism*” AND “*children*” AND “*ASD*” AND “*social robots*” AND “*assistive technology*” OR “*robot therapist*”, tomando como referência estudos publicados entre os anos 2007 e 2023. Para apoiar a revisão bibliográfica, foi utilizada a ferramenta *online Parsifal*¹, de forma a documentar a revisão, auxiliar na organização e seleção dos artigos encontrados. Na fase de condução da revisão, foram identificados 58 estudos. Após leitura dos *abstracts* e dos textos completos e tendo aplicado os critérios de inclusão e exclusão de estudos, foram selecionados 28 artigos.

Atualmente, o protótipo do robô Otto está sendo utilizado por terapeutas, como instrumento de reabilitação de crianças com TEA com idade entre 2 e 8 anos, com nível 1 e 2 de autismo, atendidas no CRIDAC. Resultados preliminares estão sendo documentados por meio de relatos das terapeutas, após a utilização do robô nas sessões terapêuticas. Para isso, esta pesquisa contou com a aprovação do Comitê de Ética em pesquisa com seres humanos da área das ciências humanas e sociais da UFMT.

3. Revisão bibliográfica baseada na definição de requisitos do Otto

Crianças com TEA têm dificuldade em fazer contato visual e muitas vezes não têm interesse em interagir com brinquedos e objetos comuns, o que dificulta a progressão e a obtenção de resultados eficientes na terapia [Romero *et al.* 2017]. Essa realidade vem se alterando com a intervenção robótica no processo terapêutico. Kumazaki *et al.* (2022) relatam que a tecnologia robótica durante a terapia tem uma forte aceitação das crianças e, conforme estudos de Cabibihan *et al.* (2013), o uso do robô como um auxiliar terapêutico pode influenciar positivamente no desenvolvimento e no relacionamento social das crianças com TEA, melhorando a interação, a comunicação e a imaginação.

Algumas características dos robôs têm uma forte influência para que o potencial da robótica possa colaborar no tratamento terapêutico de crianças com TEA [Arshad *et al.* 2020], apresentando potencial de atenuar características únicas dessas crianças e, desenvolver suas habilidades [Wood *et al.* 2021]. Logo, a implementação do uso dessa tecnologia em terapia se mostra importante, mas é necessário um planejamento a fim de atingir o objetivo final desejado [Carbonera *et al.* 2020].

Objetivando criar um robô terapêutico eficiente para apoiar a terapia das crianças com TEA, a primeira característica estudada foi qual aparência o robô deveria possuir para atrair a atenção das crianças. Ghazali, Sakip e Samsudin (2018) descrevem que um *design* atrativo para o robô torna-se importante para estimular os sentidos visuais e sensoriais das crianças com TEA e, conseqüentemente, aprimorar sua qualidade de vida. A literatura evidenciou a relevância da criação de um robô com *design* simplificado, sem

uma aparência tão elaborada, pois isso o torna mais atraente para as crianças com TEA, gerando maior interação nas sessões terapêuticas, se comparado com os robôs humanoides [Kumazaki *et al.* 2020]. Diante disso, e de acordo com o exposto por Kozima, Nakagawa e Yasuda (2005), verificou-se a importância do robô possuir uma aparência visual simplificada com um *design* evocativo, empregando um estilo de desenho animado, que apresenta traços simplificados e superdimensionados como, por exemplo, os olhos sem características específicas, como os cílios.

Considerando as recomendações dos autores, a versão original do robô Otto [Otto 2020] foi modificada a partir do *software Autodesk Fusion 360*, visando proporcionar às crianças uma experiência visual agradável e confortável [Rebouças *et al.* 2021], de forma a se obter um robô lúdico e empático, conforme mostra a Figura 1.

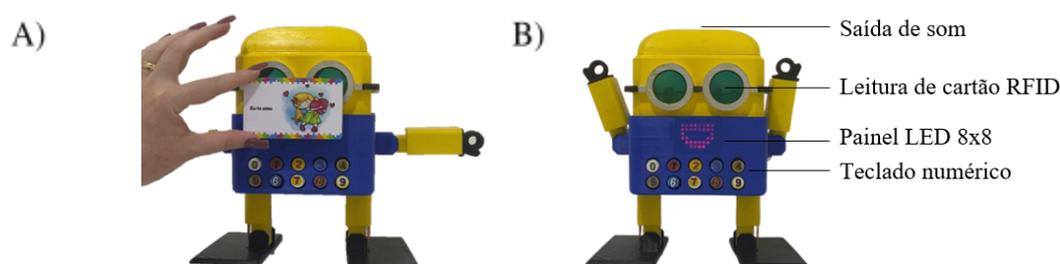


Figura 1: A) Leitura do cartão RFID B) Arquitetura do robô

Outra modificação implantada foi com relação ao tamanho adequado do robô. A versão original do robô Otto [Otto 2020], apresentava altura de 13 cm, porém, o estudo de Bettencourt *et al.* (2021) mostrou que os robôs assistivos normalmente apresentam tamanhos entre 25 a 130 cm e Kumazaki *et al.* (2020) descrevem que usuários mais jovens podem preferir um robô que tenha uma baixa estatura. A partir disso e, diante das funcionalidades e equipamentos eletrônicos programados para o robô dessa pesquisa, verificou-se a necessidade de ampliar o tamanho original do robô, chegando-se ao redimensionamento para aproximadamente 25 cm de altura.

Além da preocupação com uma aparência envolvente, Mostafa (2008) descreve que é preciso ter cuidado na geração de estímulos para crianças com TEA, pois podem apresentar hiper ou hipossensibilidade, causando reações negativas e afetando sua relação com o objeto, devido à sua forma, textura ou reprodução sonora. Nesse sentido, outro aspecto relevante foi a escolha do material utilizado. A partir das recomendações de requisitos descritas no trabalho de Wick *et al.* (2020), foi considerada a utilização de material plástico e texturas lisas, estimulantes e resistentes. Esse aspecto também foi identificado no artigo de Romero *et al.* (2017). Por essa razão, optou-se por utilizar na impressão 3D do robô um plástico durável, com nível moderado de flexibilidade e resistência, como o Ácido Polilático (PLA). Ressaltamos que, conforme estudo feito por Farah, Anderson e Langer (2016), esse material pode resistir a impactos, caso a criança apresente alguma reação adversa durante a terapia. Além disso, este é um material sustentável que pode ser reciclado [Rajeshkumar *et al.* 2021].

Em complemento a isso, a importância do tato e textura foi apontada no estudo de Espanhol e Lima (2019), mostrando que o estímulo de sensações táteis e visuais

fomentaram a ludicidade durante o processo. Dessa forma, visando incentivar a interação física entre a criança e o robô e também agregar valor educacional, foram incluídos, na parte inferior do robô Otto, dez botões interativos do tipo "push button", que auxiliarão no aprendizado dos números, conforme ilustra a Figura 1.

Em relação a reprodução sonora, Bettarello *et al.* (2021) apontam a necessidade da distribuição adequada do som para crianças com TEA. Diante disso, a reprodução do som do robô Otto foi projetada de forma estratégica para manter a faixa de frequência em 250 hertz, que é considerada uma faixa confortável para indivíduos que sofrem de transtornos relacionados ao som, como também foi previsto o controle de volume. Isso evita mudanças abruptas entre sons agudos e graves, o que pode causar desconforto em crianças com hipersensibilidade auditiva.

Ainda com relação aos requisitos de *design*, verificou-se que na maioria dos artigos encontrados foram utilizados robôs com aparência humanoide no tratamento de crianças com TEA como, por exemplo, o robô Kaspar [Wood *et al.* 2021]. Essa aparência torna-se importante para ensinar expressões humanas, em virtude de que crianças com TEA raramente mostram expressões faciais apropriadas à situação vivenciada. Levando-se em conta que o projeto do Otto foca no baixo custo, o detalhamento das expressões e movimentos humanos implicaria na elevação do seu custo financeiro. Nessa circunstância, optou-se por incorporar no robô uma matriz LED 8x8, a fim de oferecer atributos eletrônicos que representassem diferentes expressões, como feliz, triste, surpreso, entre outras, conforme a Figura 2.

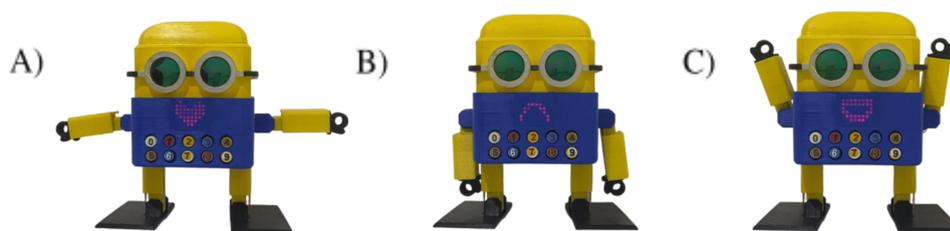


Figura 2. Expressões do robô: A) Amor, B) Tristeza, e C) Felicidade.

Porém, apenas o *design* não é suficiente para reter a atenção das crianças com TEA por um longo período de tempo, levando a adicionar algumas funcionalidades, como a implementação de habilidades motoras para que o foco do paciente seja mantido no processo terapêutico. Além disso, foi verificada a importância da dança para que as crianças realizem a imitação da coreografia e desenvolvam a parte motora.

Os estudos de Jouaiti e Henaff (2019) mostram que crianças com TEA apresentam dificuldades em realizar atividades de coordenação motora, por isso propõe o uso do robô LEGO como intervenção para aprimorar as habilidades psicomotoras. A proposta foi testada com a aplicação de atividades de virar e pegar uma cesta a partir da imitação dos movimentos do robô. A partir desse experimento, verifica-se que os jogos de imitação realizados pelo robô neste estudo, contribuem para a melhoria da coordenação motora das crianças com TEA.

Já no estudo de So *et al.* (2018), foi aplicado o robô NAO para narrar contos e realizar gestos sociais simultâneos para 15 crianças com TEA. Os resultados indicaram melhorias significativas na precisão e adequação dos gestos intransitivos do grupo de intervenção, além do gesticular durante a fala. Os resultados desse experimento são apresentados no trabalho de Srinivasan *et al.* (2016) *apud* Dipietro *et al.* (2019), que relatam que as habilidades de linguagem, comunicação e motoras avaliadas antes do experimento, apresentaram progresso ao serem avaliadas após a aplicação das atividades.

Considerando esses estudos, o robô Otto possui a habilidade de movimentar os pés e os braços (movimentos para cima e para baixo), fazendo com que o robô ande e acene. Tais movimentos são usados como gestos que acompanham a fala e reafirmam as expressões de emoção do robô (Figura 2). Isso permite, então, o uso do robô em sessões terapêuticas para melhorar as habilidades psicomotoras das crianças com TEA por meio da imitação de seus movimentos [Jouaiti e Henaff 2019; Kumazaki *et al.* 2022].

Além dos estudos citados, que mostram a relevância do robô se movimentar, a literatura apresenta também a importância da música para o tratamento terapêutico de crianças com TEA. Estudos como o de Geretsegger *et al.* (2016) apontam que atividades envolvendo música são uma ferramenta eficiente. Os estudos de Kern *et al.* (2012) e Lim e Draper (2011) analisam tratamentos que implementam a música no processo terapêutico e, os resultados mostraram que a música pode melhorar as habilidades sociais das crianças com TEA. Diante disso, o robô Otto possui a habilidade de dançar ao som de uma música reproduzida por ele. Há um botão no controle remoto que permite iniciar a dança e, ao ser apertado, o robô começa a movimentar as pernas e braços (para cima e para baixo) enquanto reproduz a música. Logo, essa funcionalidade une movimento e música, o que retém a atenção das crianças, facilitando a participação nas atividades terapêuticas, e estimulando as habilidades sociais e motoras.

A partir do momento que a atenção das crianças com TEA foi captada (por meio do *design* do Otto) e o foco mantido (por meio dos movimentos robóticos e música), mostrou-se importante que o robô desempenhasse o papel de auxiliar no desenvolvimento das habilidades sociais desse público como, por exemplo, aumentar o vocabulário e aprimorar a capacidade de comunicação. Para aprimorar a capacidade de comunicação das crianças, Onyeulo e Gandhi (2020) mencionam que a interatividade e troca de experiências entre os envolvidos, seja por fala, sons e expressões não verbais, são fundamentais. Silvera-Tawil e Roberts-Yates (2018) provaram que após interagir com o robô NAO, as crianças com TEA ganharam mais confiança e estavam dispostas a conversar com o robô. Esses resultados concordam com So *et al.* (2018) que usaram este robô para narrar contos, cujo resultado mostrou significativa melhora na produção verbal, assim como relatado por Taheri *et al.* (2018) *apud* Dipietro *et al.* (2019).

A partir dessa fundamentação teórica, foi implementado no robô Otto 170 frases para serem reproduzidas, ao aproximar o cartão de *Radio Frequency Identification* (RFID) ao leitor localizado nos olhos do robô (Figura 1A). Esses cartões RFID (Figura 3), possibilitam o desenvolvimento de diferentes atividades terapêuticas, a saber: ensinar o alfabeto; cores; frutas e legumes; animais e seus respectivos sons; reproduzir frases

simples do cotidiano; expressar sensações e emoções, bem como melhorar a habilidade de comunicação da criança.

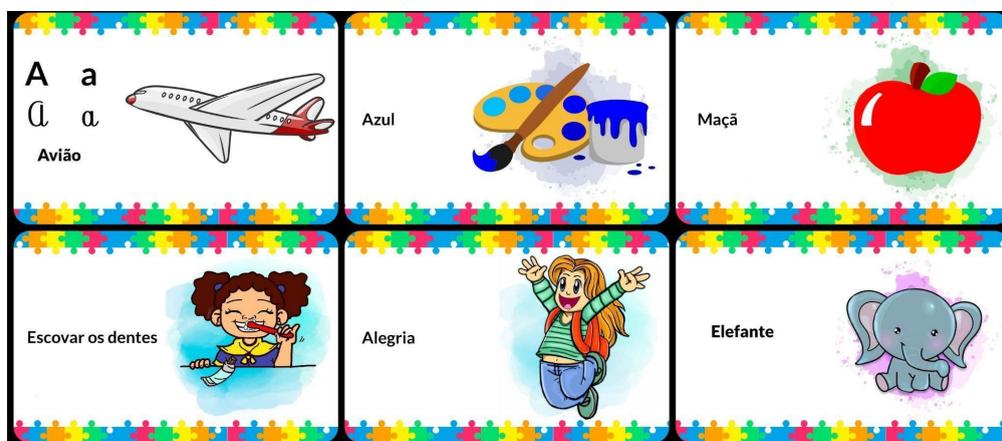


Figura 3. Cartões RFID

Uma das principais características deste projeto, quando comparado a outros robôs apresentados, é a variedade de funções oferecidas. Essas funcionalidades fornecerão aos terapeutas novas formas de trabalhar questões como hiperfoco, atenção compartilhada, imitação, desenvolvimento de habilidades e comunicação. Entretanto, é importante mencionar que o sucesso do robô na intervenção terapêutica depende fortemente da criatividade das terapeutas no desenvolvimento das atividades de acordo com as funcionalidades proporcionadas. A terapeuta pode propor, por exemplo, que a criança imite o som dos animais, reproduza a dança e expressões do robô, interaja com os botões numéricos, identifique frutas e legumes, entre outras atividades.

Por conseguinte, de forma a avaliar o desempenho do *design*, funcionalidades, impactos e benefícios sociais percebidos durante a terapia com o robô Otto, estão sendo realizadas pelas terapeutas do CRIDAC diferentes atividades com as crianças, sendo que os resultados obtidos dessa intervenção robótica estão descritos na próxima seção.

4. Resultados da intervenção robótica na terapia

A partir dos relatos das terapeutas do CRIDAC, foi verificado que a maioria das crianças que tiveram o primeiro contato com o robô Otto durante a terapia apresentaram aceitação e simpatia pelo *design* minimalista. Durante as sessões foi percebido nas crianças maior engajamento nas sessões de terapia, avanços no contato visual e atenção compartilhada, resultando em melhorias nas relações interpessoais.

No que tange às habilidades motoras do robô Otto, foi relatado que as crianças que participaram do tratamento, aceitaram e se interessaram pelas funcionalidades motoras, especialmente os movimentos de dança, que contam com o estímulo sonoro. A partir desses recursos do robô, foi relatado também que houve aumento na disposição dos pacientes em realizar as atividades de imitação e, por meio da realização dessas atividades, foi possível aprimorar as habilidades psicomotoras das crianças com TEA.

Quanto às habilidades de comunicação, relataram que a funcionalidade do robô para reprodução das letras/palavras/frases/números foi bem aceita durante as atividades

e promoveu a ampliação da produção verbal das crianças com TEA. Além disso, o gerenciamento de intensidade sonora evitou desconforto em pacientes com audição sensível. Outrossim, as expressões faciais feitas por meio da placa de LED, aliadas aos cartões RFID para expressar emoções antropomórficas, têm incentivado as crianças a melhorarem suas habilidades sociais.

5. Considerações Finais

Este estudo colabora e dialoga com a sociedade, tendo em vista que atende uma demanda social de oferta de tecnologias que auxiliam crianças com TEA durante o seu tratamento terapêutico. Salienta-se que os resultados obtidos até o momento, mostram indícios que as decisões estratégicas adotadas com base na literatura e acompanhamento das terapeutas, permitiram obter benefícios sociais para esse fim.

A partir dos dados obtidos com a revisão de literatura, foi possível determinar algumas das necessidades de crianças com TEA no processo terapêutico, de forma a apontar para um *design* e funcionalidades importantes para serem ofertados por uma tecnologia robótica. Diante dos relatos das terapeutas do CRIDAC conclui-se que as propostas de *design* para o robô mostraram-se atraentes para as crianças e que as funcionalidades referentes aos movimentos de dança, expressões faciais, reprodução sonora, falas e teclado numérico mostraram-se adequadas para que o robô atendesse as demandas de desenvolvimento da maioria das crianças com TEA em tratamento terapêutico.

Portanto, os resultados alcançados até o momento apontam, que mesmo sendo uma tecnologia de baixo custo, o seu uso tem sido uma ferramenta efetiva e relevante no tratamento de crianças com TEA, ajudando no desenvolvimento motor, da comunicação e interação social das crianças.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) pelo financiamento do projeto e ao Centro de Reabilitação Integral Dom Aquino Corrêa (CRIDAC) onde ocorreu a avaliação psicológica e fonoaudiológica, utilizando o robô.

7. Referências

- APA, American Psychiatric Association. Autism spectrum disorder. Washington, DC, (2018). <https://www.psychiatry.org/patients-families/autism/what-is-autism-spectrum-disorder>
- Arshad, N., Hashim, A., Mohd Ariffin, M., Mohd Aszemi, N., Low, H., & Norman, A. (2020). Robots as Assistive Technology Tools to Enhance Cognitive Abilities and Foster Valuable Learning Experiences among Young Children With Autism Spectrum Disorder. *IEEE Access*, 8, 116279-116291.

- Bettencourt, C., Grossard, C., Anzalone, S., Chetouani, M., & Cohen, D. (2021). Robotica e trattamento dei disturbi del neurosviluppo: revisione della letteratura. *Società Italiana di Pediatria*, 51, 1-9.
- Bettarello, F., Caniato, M., Scavuzzo, G., & Gasparella, A. (2021). Indoor Acoustic Requirements for Autism-Friendly Spaces. *Applied Sciences*, 11(9), 3942. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/app11093942>
- Cabibihan, J. J., Javed, H., Ang, M., & Aljunied, S. M. (2013). Why robots? A survey on the roles and benefits of social robots in the therapy of children with autism. *International journal of social robotics*, 5, 593-618.
- Carbonera, S., de Jesus, A., Kutzke, A., & Ferreira, I. (2020). O uso consciente da tecnologia como elemento essencial para uma inclusão sociodigital efetiva. In *Anais do I Workshop sobre as Implicações da Computação na Sociedade*, (pp. 37-48). Porto Alegre: SBC. doi:10.5753/wics.2020.11035
- Clark, C., Sliker, L., Sandstrum, J., Burne, B., Haggett, V., & Bodine, C. (2019). Development and preliminary investigation of a semiautonomous Socially Assistive Robot (SAR) designed to elicit communication, motor skills, emotion, and visual regard (engagement) from young children with complex cerebral palsy: A pilot comparative trial. *Advances in Human-Computer Interaction*, 2019.
- Dautenhahn, K. (2000). Design issues on interactive environments for children with autism. In: *Procs of ICDVRAT 2000, the 3rd Int Conf on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies*. University of Reading.
- Dipietro, J., Kelemen A., Liang Y., & Sik-Lanyi C. (2019). Computer-and robot-assisted therapies to aid social and intellectual functioning of children with autism spectrum disorder. *Medicina*, 55(8), 440.
- Espanhol, M. L., & Lima, R. V. (2019). Design como recurso facilitador do processo de inclusão de crianças com autismo. *Anais do 9º Congresso Internacional de Design da Informação | CIDI 2019*.
- Farah, S., Anderson, D. G., & Langer, R. (2016). Physical and mechanical properties of PLA, and their functions in widespread applications—A comprehensive review. *Advanced drug delivery reviews*, 107, 367-392.
- Ghazali, R., Sakip, S. R. & Samsudin, I. (2018). The Effects of Sensory. Design on Autistic Children. *Asian Journal of Behavioural Studies*, 3(14), 68. doi:10.21834/ajbes.v3i14.165
- Geretsegger, M., Holck, U., Bieleninik, Ł., & Gold, C. (2016). Feasibility of a trial on improvisational music therapy for children with autism spectrum disorder. *Journal of music therapy*, 53(2), 93-120.
- Jouaiti, M., & Henaff, P. (2019). Robot-based motor rehabilitation in autism: a systematic review. *International journal of social robotics*, 11(5), 753-764.

- Kern, P., Whipple, J., Wakeford, L., Guerrero, N., Walworth, D., Aldridge, D., ... & Martin, L. (2012). Early childhood music therapy and autism spectrum disorders: Developing potential in young children and their families. Jessica kingsley publishers.
- Kim, E. S., Berkovits, L. D., Bernier, E. P., Leyzberg, D., Shic, F., Paul, R., & Scassellati, B. (2012). Social Robots as Embedded Reinforcers of Social Behavior in Children with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(5), 1038–1049. <https://doi.org/10.1007/s10803-012-1645-2>
- Kozima, H., Nakagawa, C., & Yasuda, Y. (2005). Interactive robots for communication-care: a case-study in autism therapy. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2005.1513802>
- Kumazaki, H., Muramatsu, T., Yoshikawa, Y., Matsumoto, Y., Ishiguro, H., Kikuchi, M., Sumiyoshi, T. and Mimura, M. (2020), Optimal robot for intervention for individuals with autism spectrum disorders. *Psychiatry Clin. Neurosci.*, 74: 581-586. <https://doi.org/10.1111/pcn.13132>
- Kumazaki, H., Muramatsu, T., Yoshikawa, Y., Matsumoto, Y., Kuwata, M., Takata, K., Ishiguro, H., & Mimura, M. (2022). Differences in the Optimal Motion of Android Robots for the Ease of Communications Among Individuals With Autism Spectrum Disorders. *Frontiers in psychiatry*, 13, 883371. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.883371>
- Lifter, K., Sulzer-Azaroff, B., Anderson, S. R., & Cowdery, G. E. (1993). Teaching play activities to preschool children with disabilities: The importance of developmental considerations. *Journal of Early Intervention*, 17(2), 139-159.
- Lim, H. A., & Draper, E. (2011). The effects of music therapy incorporated with applied behavior analysis verbal behavior approach for children with autism spectrum disorders. *Journal of music therapy*, 48(4), 532-550.
- Mostafa, M. (2008) An architecture for autism: Concepts of design intervention for the autistic user. *International Journal of Architectural Research*, 2(1), 189-211.
- Onyeulo, Eva Blessing, & Gandhi, Vaibhav. (2020). What makes a social robot good at interacting with humans?. *Information*, 11(1), 43.
- Otto. “Otto diy - build your own robot” (2020). [Online].<https://www.ottodiy.com>
- Rajeshkumar, G., Seshadri, S. A., Devnani, G. L., Sanjay, M. R., Siengchin, S., Maran, J. P., ... & Anuf, A. R. (2021). Environment friendly, renewable and sustainable poly lactic acid (PLA) based natural fiber reinforced composites–A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 310, 127483.
- Rebouças, G., Kempner, T. R., Nunes, E. P. S., Borges, L. C. L. F. B. (2021). Modelagem 3D do Robô Otto para o atendimento de crianças com Transtorno do Espectro Autista. In *Anais da XXI Escola Regional de Informática de Mato Grosso*, (pp. 35-41). Porto Alegre: SBC. doi:10.5753/eri-mt.2021.18222

- Ricks, D. J., & Colton, M. B. (2010). Trends and considerations in robot-assisted autism therapy. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Trends-and-considerations-in-robot-assisted-autism-Ricks-Colton/50f75523217afdce8353a163524385f6a7035c0e>
- Romero, M., Bonarini, A., Brivio, A., & Rogacheva, K. (2017). Incremental and Radical Innovation: Design in Robotics for Autism. Teo and Riby robots. *Evolutionary Development. The Design Journal*, 20(sup1), S2375-S2388.
- Shimaya, J., Yoshikawa, Y., Kumazaki, H., Matsumoto, Y., Miyao, M., & Ishiguro, H. (2019). Communication support via a tele-operated robot for easier talking: case/laboratory study of individuals with/without autism spectrum disorder. *International Journal of Social Robotics*, 11, 171-184.
- Silvera-Tawil, D., & Roberts-Yates, C. (2018). Robôs de assistência social para melhorar o aprendizado de alunos do ensino médio com deficiência intelectual e autismo. *27º Simpósio Internacional IEEE sobre Robô e Comunicação Interativa Humana (RO-MAN)*, 838-843.
- Suzuki, K., Ohtsuka, Y., Kikuchi, T., & Miyagawa, Y. (2018). Effects of robot-assisted therapy on social interaction and self-expression in children with autism spectrum disorder. *Journal of Physical Therapy Science*, 30(3), 499-502.
- So, W. C., Wong, M. K. Y., Lam, W. Y., Cheng, C. H., Yang, J. H., Huang, Y., ... & Lee, C. C. (2018). Robot-based intervention may reduce delay in the production of intransitive gestures in Chinese-speaking preschoolers with autism spectrum disorder. *Molecular autism*, 9(1), 1-16.
- Taheri, A., Shariati, A., Heidari, R., Shahab, M., Alemi, M., & Meghdari, A. (2021). Impacts of using a social robot to teach music to children with low-functioning autism. *Paladyn, Journal of Behavioral Robotics*, 12(1), 256-275.
- Van Den Berk-Smeekens, I., Van Dongen-Boomsma, M., De Korte, M. W. P., Den Boer, J. C., Oosterling, I. J., Peters-Scheffer, N. C., Buitelaar, J. K., Barakova, E. I., Lourens, T., Staal, W. G., & Glennon, J. C. (2020). Adherence and acceptability of a robot-assisted Pivotal Response Treatment protocol for children with autism spectrum disorder. *Scientific Reports*, 10(1), 8110. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65048-3>
- Wick, C., Cavalcanti, A., Merino, G. and Sobral, J. (2020). Requisitos para projetos de computação vestível para crianças autistas com base no Design Centrado no Humano. *Human Factors In Design*. 9. 122-136. 10.5965/2316796309172020122.
- Wood, L. J., Zarak, A., Robins, B., & Dautenhahn, K. (2021). Developing Kaspar: a humanoid robot for children with autism. *International Journal of Social Robotics*, 13, 491-508.