



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

JOSIANY CARLOS DE SOUZA

**EFEITOS DA INTERAÇÃO DE CRIANÇAS COM TRANSTORNO DO ESPECTRO
AUTISTA (TEA) E UM NOVO ROBÔ MÓVEL SOCIALMENTE ASSISTIVO
DOTADO DE JOGOS SÉRIOS PARA MELHORIA DE HABILIDADES
COGNITIVAS E SOCIAIS**

VITÓRIA, ES
2022

JOSIANY CARLOS DE SOUZA

**EFEITOS DA INTERAÇÃO DE CRIANÇAS COM TRANSTORNO DO ESPECTRO
AUTISTA (TEA) E UM NOVO ROBÔ MÓVEL SOCIALMENTE ASSISTIVO
DOTADO DE JOGOS SÉRIOS PARA MELHORIA DE HABILIDADES
COGNITIVAS E SOCIAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Teodiano Freire Bastos Filho

Coorientadora: Prof^a Dr^a Eliete Maria de Oliveira Caldeira

VITÓRIA, ES

2022

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

S719e Souza, Josiany Carlos de, 1996-
Efeitos da Interação de Crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA) e um Novo Robô Móvel Socialmente Assistivo Dotado de Jogos Sérios para Melhoria de Habilidades Cognitivas e Sociais / Josiany Carlos de Souza. - 2022.
120 f. : il.

Orientador: Teodiano Freire Bastos Filho.
Coorientadora: Eliete Maria de Oliveira Caldeira.
Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências da Saúde.

1. Autismo. 2. Transtornos do espectro autista. 3. Robótica. 4. Cognição em crianças. 5. Habilidades sociais. I. Bastos Filho, Teodiano Freire. II. Caldeira, Eliete Maria de Oliveira. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências da Saúde. IV. Título.

CDU: 61

JOSIANY CARLOS DE SOUZA

**EFEITOS DA INTERAÇÃO DE CRIANÇAS COM TRANSTORNO DO ESPECTRO
AUTISTA (TEA) E UM NOVO ROBÔ MÓVEL SOCIALMENTE ASSISTIVO
DOTADO DE JOGOS SÉRIOS PARA MELHORIA DE HABILIDADES
COGNITIVAS E SOCIAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biotecnologia.

Apresentada em 18 de março de 2022.

Prof. Dr. Teodiano Freire Bastos-Filho
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Profa. Dra. Eliete Maria de Oliveira Caldeira
Universidade Federal do Espírito Santo
Coorientadora

Prof. Dr. Eduardo Caicedo Bravo
Universidad del Valle (Colômbia)

Profa. Dra. Christiane Mara Goulart
Faculdade Multivix

VITÓRIA, ES

2022

Dedico esse trabalho a todos os autistas, seus familiares e profissionais da área que cuidam e lutam pela causa dessas crianças, adolescentes e adultos. Especialmente todos aqueles que pude conhecer no decorrer desta pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Teodiano pelas orientações, por sempre ser tão paciente com seus orientados e por me conceder a oportunidade de fazer parte do NTA (Núcleo de Tecnologia Assistiva) da Ufes e desta pesquisa, o que me trouxe ótimas experiências.

Agradeço à Professora Eliete pela coorientação, suas sugestões sempre assertivas e contato com a APAE (Associação dos Pais e Amigos dos Excepcionais), que me possibilitou trabalhar com crianças adoráveis.

Aos discentes diretamente envolvidos nesta pesquisa, especialmente Sheila, Éberte e João, que também trabalharam muito para tornar tudo isso possível, e àqueles que de alguma forma contribuíram com este trabalho.

À AMAES (Associação dos Amigos dos Autistas do Estado do Espírito Santo), pela confiança em nosso trabalho e por abrir suas portas para esta pesquisa, e ao Psicólogo Helder Sousa, que sempre auxiliou nosso trabalho. Foi uma grande oportunidade ter contato com seu espaço de trabalho e seus membros.

À APAE, por também nos dar a oportunidade de trabalhar com suas crianças, e à Psicóloga Karin Wanke, por suas observações e comentários pertinentes a respeito da evolução das crianças.

Meu agradecimento especial aos pais e às crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA) que participaram desse estudo, por suas contribuições e confiança. Foi uma honra passar alguns meses com vocês! A partir dessa experiência extraí muito aprendizado e vivenciei ótimos momentos.

Agradeço à Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia (PPGBiotec), pela oportunidade de formação, e às Agências de Fomento à Pesquisa, principalmente, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Mestrado a mim concedida.

Finalmente, agradeço à minha mãe, Sindaura, por sempre ser um exemplo de mulher que vai em busca dos seus sonhos, com muita coragem. Sou grata a ela e a meu irmão, Tiago, por sempre estarem ao meu lado e me apoiarem nessa jornada de formação acadêmica.

“Sozinhos, pouco podemos fazer; juntos, podemos fazer muito”. (Helen Keller)

RESUMO

SOUZA, J. C. **Efeitos da Interação de Crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA) e um Novo Robô Móvel Socialmente Assistivo Dotado de Jogos Sérios para Melhoria de Habilidades Cognitivas e Sociais**. 2022. 120f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Ufes, Espírito Santo. Brasil.

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) consiste em distúrbios do neurodesenvolvimento caracterizados por dificuldades na comunicação social, verbal ou não verbal, e interação social, além de padrões repetitivos e restritos de comportamentos, interesses e atividades. Conforme a Organização Mundial da Saúde (OMS) a prevalência mundial compreende 1 caso a cada 160 crianças, enquanto dados recentes do Centro de Controle e Prevenção de Doenças dos Estados Unidos indicam 1 caso para 44 crianças. Indivíduos com TEA apresentam dificuldade em interpretar emoções, expressar sentimentos e ter participação social. Com intuito de auxiliar a evolução de suas habilidades cognitivas e sociais, as intervenções baseadas em tecnologias assistivas têm sido utilizadas, especialmente, as baseadas em robôs socialmente assistivos. Assim, os objetivos deste trabalho foram analisar as interações de 11 crianças com TEA (assistidas pela AMAES/Vitória-ES e APAE/Vila Velha-ES) e um novo robô móvel construído na Ufes, denominado MARIA T21 (acrônimo em inglês para *Mobile Autonomous Robot for Interaction with Autistics and Trisomy 21*), o qual possui a capacidade de projetar jogos sérios para estimular o desenvolvimento da atenção, memória, flexibilidade cognitiva, aspectos psicomotores e interação social dessas crianças. Para analisar o desenvolvimento das crianças foram utilizadas três métricas: 1) Testes de Atenção por Cancelamento; 2) Teste de Trilhas para Pré-Escolares; 3) Bateria Psicomotora de Fonseca. Adicionalmente, um *software* de captura de imagens “OpenPose”, que processa dados de uma câmera de vídeo, e um sensor de distância baseado em laser “LiDAR”, foram utilizados para controlar os jogos e registrar a localização da criança durante a interação com o robô. Entrevistas com os pais e responsáveis pelos participantes, e também com uma psicóloga que atende parte deles, permitiu identificar mudanças de comportamento após o fim do protocolo. Para quantificar a melhoria do desempenho dessas crianças, foram aplicadas duas escalas internacionais quantitativas: a Escala de Alcance de Metas (do inglês *Goal Attainment Scaling* - GAS), que possibilita analisar o sucesso

da interação da criança-robô, e a Escala de Usabilidade de Sistemas (do inglês *System Usability Scale* - SUS), com a qual se pode medir e classificar a usabilidade da plataforma como ferramenta interativa para crianças com TEA. Os resultados obtidos mostram que, após concluir as sessões, algumas crianças alcançaram um melhor desempenho nos testes que avaliam atenção, flexibilidade cognitiva e aspectos psicomotores. Ademais, diversos pais e responsáveis, bem como a psicóloga entrevistada, notaram mudanças positivas no comportamento das crianças. Os gráficos gerados a partir do sensor LiDAR evidenciaram momentos de interação em que as crianças se posicionaram em zonas mais próximas ao robô (o que revela uma melhoria em sua sociabilidade), bem como um maior controle de seus movimentos no decorrer do protocolo (revelando melhor controle motor). Os dados da escala GAS da primeira e última sessão também indicam que a maioria das crianças obteve uma melhoria na interação tanto com o robô quanto com o mediador, bem como em seu desempenho nos jogos. Por outro lado, os dados da escala SUS demonstram a visão positiva dos profissionais e dos pais em relação ao robô MARIA T21. Tomados em conjunto, esses dados evidenciam os benefícios da intervenção realizada e o potencial do robô MARIA T21 como ferramenta terapêutica para essas crianças com TEA.

Palavras-chaves: Autismo. TEA. Jogos Sérios. Robô Móvel.

EFFECTS OF THE INTERACTION OF CHILDREN WITH AUTISM SPECTRUM DISORDER (ASD) AND A NEW SOCIALLY ASSISTIVE MOBILE ROBOT WITH SERIOUS GAMES TO IMPROVE COGNITIVE AND SOCIAL SKILLS

ABSTRACT

SOUZA, J. C. **Effects of the Interaction of Children with Autism Spectrum Disorder (ASD) and a New Socially Assistive Mobile Robot with Serious Games to Improve Cognitive and Social Skills**. 2022. 120f. Dissertation (Master in Biotechnology) - Postgraduate Program in Biotechnological, Ufes, Espírito Santo. Brazil.

Autism Spectrum Disorder (ASD) consists of neurodevelopmental disorders characterized by difficulties in social communication, verbal or non-verbal, and social interaction, in addition to repetitive and restricted patterns of behaviors, interests and activities. According to the World Health Organization (WHO), the worldwide prevalence comprises 1 case for every 160 children, whereas data from the Centers for Disease Control and Prevention (CDC) indicate 1 case for 44 children in the United States. Individuals with ASD have difficulty interpreting emotions, expressing feelings and having social participation. To help the evolution of their cognitive and social skills, assistive technology-based interventions have been used, especially those based on social robots. Thus, the objectives of this work were to analyze the interactions of 11 children with ASD assisted by AMAES/Vitória (Brazil) and APAE/Vila Velha (Brazil) and a new mobile robot, termed MARIA T21 (Mobile Autonomous Robot for Interaction with Autistics and Trisomy 21), which is able to project serious games to stimulate the development of attention, memory, cognitive flexibility, psychomotor aspects and social interaction of these children. To analyze the children's development, three metrics were used: 1) Attention Test by Cancellation; 2) Trials Test for Preschoolers; 3) Psychomotor Battery of Fonseca. Additionally, an image acquisition *software* OpenPose, to capture data from a camera, and a laser distance sensor (LiDAR), were used to control the games and record the child's location during the interaction with the robot. Interviews with parents and guardians of the participants, as well as a psychologist who works with some of them, were conducted to identify changes in behavior after the end of the protocol. Additionally, two international quantitative scales were applied: Goal Attainment Scaling (GAS), which makes it possible to analyze the success of the child-robot interaction; and System Usability Scale (SUS), with which

the robot usability can be measured and classified as an interactive tool for children with ASD. The results obtained show that after completing the sessions, some children achieved better performance in the tests that assessed attention, cognitive flexibility and psychomotor aspects. Moreover, several parents and guardians, as well as the psychologist interviewed, noticed positive changes in children's behavior. The graphics generated from LiDAR showed moments of interaction in which the children positioned themselves in areas closest to the robot (indicating more sociability), as well as greater control of their movements during the protocol (indicating better motor control). The GAS data from the first and last sessions indicated that most children showed improvement in interaction with both the robot and the mediator, as well as a better in-game performance. Data from SUS demonstrated a positive view of professionals and parents in relation to the robot. Taken together, these data highlight the benefits of a robot-based intervention for children with ASD, and the potential of the robot MARIA T21 as a therapeutic tool for these children.

Keywords: Autism. ASD. Serious Games. Mobile Robot.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Robô NAO. Fonte: SO <i>et al.</i> , 2018.....	34
Figura 2. Robô KASPAR. Fonte: CABIBIHAN <i>et al.</i> , 2013.....	35
Figura 3. Robô ONO. Fonte: RAMÍREZ-DUQUE <i>et al.</i> , 2020.....	36
Figura 4. Robô PROBO. Fonte: ISMAIL <i>et al.</i> , 2019.....	37
Figura 5. Robô CHARLIE. Fonte: BOCCANFUSO <i>et al.</i> , 2017.....	37
Figura 6. Robô PvBOT. Fonte: ARSHAD <i>et al.</i> , 2020.....	38
Figura 7. Robô MARIA da Ufes/Brasil. Fonte: GOULART, 2015.....	39
Figura 8. Robô N-MARIA da Ufes/Brasil. Fonte: LAMPIER <i>et al.</i> , 2019.....	40
Figura 9. Robô MARIA T21 da Ufes/Brasil. Fonte: Dados da pesquisa.....	41
Figura 10. Expressões faciais, representativas de emoções, do robô MARIA T21. Fonte: PANCERI <i>et al.</i> , 2021.....	43
Figura 11. Projeção de jogos sérios pelo robô MARIA T21. Fonte: PANCERI <i>et al.</i> , 2021.....	44
Figura 12. Jogo “Amarelinha”. Fonte: Dados da Pesquisa.....	50
Figura 13. Jogo “Sequência Sonora”. Fonte: Dados da Pesquisa.....	51
Figura 14. Jogo “Arara Vermelha”. Fonte: Dados da Pesquisa.....	52
Figura 15. Jogo “Alimentação Saudável”. Fonte: Dados da Pesquisa.....	53
Figura 16. Layout da organização da sala de interação criança-robô. Fonte: Autoria Própria via Paint 3D.....	54
Figura 17. Fluxograma de interação criança-robô. Fonte: Autoria Própria.....	55
Figura 18. Representação das zonas de proximidade em relação a um indivíduo conforme conceitos de Hall (1966) e Argyle (1988). A) Zona Íntima vai até 0,45 m; B) A Zona Pessoal fica entre 0,45 m e 1,2 m; C) A Zona Social fica entre 1,2 m e 3,6 m; D) A Zona Pública fica acima de 3,6 m. Fonte: Autoria Própria.....	58
Figura 19. Sensor de distância laser (LiDAR A1 Slamtec). Fonte: slamtec.com.....	58
Figura 20. Exemplos das tarefas requeridas em cada parte do TAC. Fonte: PEREIRA <i>et al.</i> , 2018.....	62

Figura 21. Exemplo da tarefa requerida na parte B do TT-PE. Fonte: PEREIRA <i>et al.</i> , 2018	63
Figura 22. Alguns momentos da interação criança-robô. Fonte: Dados da Pesquisa.	68
Figura 23. Representação da posição e deslocamento das crianças da AMAES durante os primeiros segundos de gravação. A) Criança 1. B) Criança 2. C) Criança 3. D) Criança 4. E) Criança 5. Fonte: Dados da Pesquisa	70
Figura 24. Representação da posição e deslocamento de crianças da APAE durante os primeiros segundos de gravação. A) Crianças B. B) Criança C. Fonte: Dados da Pesquisa.....	71
Figura 25. Representação do deslocamento de crianças da AMAES durante o jogo “Sequência Sonora”, considerando dois dias de interação: A) Criança 1 nos dias 28/10/21 e 04/11/21. B) Criança 2 nos dias 28/10/21 e 01/11/21. C) Criança 3 nos dias 28/10/21 e 11/11/21. D) Criança 4 nos dias 15/10/21 e 25/10/21. E) Criança 5 nos dias 27/10/21 e 24/11/21 Fonte: Dados da Pesquisa.	73
Figura 26. Representação do deslocamento de crianças da APAE durante o jogo “Sequência Sonora”, considerando dois dias de interação: A) Crianças B nos dias 05 e 19/11/21. B) Criança C nos dias 05 e 26/11/21. Fonte: Dados da Pesquisa.....	74
Figura 27. Demonstração do funcionamento do software OpenPose durante o jogo “Arara Vermelha” com imagem captada pela câmera acoplada ao robô MARIA T21. Fonte: Dados da Pesquisa.	75
Figura 28. Demonstração do esqueleto gerado pelo software OpenPose utilizando um vídeo gravado pela câmera externa durante o jogo “Arara Vermelha”. Fonte: Dados da Pesquisa.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Critérios do DSM-V para diagnóstico de TEA. Fonte: Adaptado de CAMPOS, 2019; LORD <i>et al.</i> , 2018.....	26
Tabela 2. Condições associadas ao Transtorno do Espectro Autista. Fonte: Adaptado de LAI; LOMBARDO; BARON-COHEN, 2014; SANCHACK, 2016.	28
Tabela 3. GAS para três objetivos estabelecidos. Fonte: Autoria Própria.....	59
Tabela 4. Fatores e subfatores da Bateria Psicomotora de Fonseca utilizados. Fonte: Adaptado de FONSECA, 1995.....	64
Tabela 5. Crianças da AMAES Vitória participantes do estudo e suas idades. Fonte: Dados da Pesquisa.	67
Tabela 6. Crianças da APAE Vila Velha participantes do estudo e suas idades. Fonte: Dados da Pesquisa.	67
Tabela 7. Valores médios da escala GAS por criança da AMAES*. Fonte: Dados da Pesquisa.....	77
Tabela 8. Valores médios da escala GAS por criança da APAE*. Fonte: Dados da Pesquisa.....	77
Tabela 9. Valores médios da escala SUS. Fonte: Dados da Pesquisa.	80
Tabela 10. Resultados do Teste de Atenção por Cancelamento AMAES. Fonte: Dados da Pesquisa.....	82
Tabela 11. Resultados do Teste de Atenção por Cancelamento APAE. Fonte: Dados da Pesquisa.....	82
Tabela 12. Resultados do Teste de Trilhas para Pré-Escolares AMAES. Fonte: Dados da Pesquisa.....	83
Tabela 13. Resultados do Teste de Trilhas para Pré-Escolares APAE. Fonte: Dados da Pesquisa.....	84
Tabela 14. Perfis psicomotores das Crianças da AMAES de acordo com a Bateria Psicomotora de Fonseca (1995). Fonte: Dados da pesquisa.....	85
Tabela 15. Perfis psicomotores das Crianças da APAE de acordo com a Bateria Psicomotora de Fonseca (1995). Fonte: Dados da pesquisa.....	85

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMAES	Associação dos Amigos dos Autistas do Espírito Santo
APA	<i>American Psychological Association</i>
APAE	Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais
CDC	Centro de Controle e Prevenção de Doenças
CNS	Conselho Nacional de Saúde
<i>Covid-19</i>	<i>Coronavirus Disease 2019</i>
DI	Deficiência Intelectual
DSM	<i>Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders</i>
GAS	<i>Goal Attainment Scaling</i>
ICD	<i>International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems</i>
KASPAR	<i>Kinesics And Synchronisation in Personal Assistant Robotics</i>
LiDAR	<i>Light Detection and Ranging</i>
MARIA T21	<i>Mobile Autonomous Robot for Interaction with Autistics and Trisomy 21</i>
N-MARIA	<i>New Mobile Autonomous Robot for Interacting with Autists</i>
NTA	Núcleo de Tecnologias Assistiva
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
QI	Quociente de Inteligência
RSA	Robótica Socialmente Assistiva
SD	Síndrome de Down
SUS	<i>System Usability Scale</i>
TAC	Teste de Atenção por Cancelamento
TA	Tecnologia Assistiva
TEA	Transtorno do Espectro Autista

TT-PE

Teste de Trilhas para Pré-Escolares

Ufes

Universidade Federal do Espírito Santo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	20
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.1 TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA (TEA)	23
2.1.1 Histórico e classificação nosológica do TEA.....	23
2.1.2 Espectro Autista.....	25
2.1.3 Condições Associadas ao TEA.....	28
2.1.4 Aspectos genéticos e o TEA.....	29
2.1.5 Cenário de terapias	30
2.1.6 Epidemiologia	31
2.2 A ROBÓTICA SOCIALMENTE ASSISTIVA E O TEA	32
2.2.1 Robôs utilizados para interação com crianças com TEA.....	34
2.2.2 Robôs móveis desenvolvidos na Ufes	39
2.2.3 O robô MARIA T21	40
2.2.4 Jogos sérios.....	44
3 OBJETIVOS.....	46
3.1 OBJETIVO GERAL.....	46
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	46
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	47
4.1 QUESTÕES ÉTICAS DA PESQUISA	47
4.2 INTERAÇÃO CRIANÇA-ROBÔ	48
4.2.1 Participantes	48
4.2.2 Jogos sérios utilizados.....	49
4.2.3 Protocolo de testes na AMAES Vitória.....	53
4.2.4 Protocolo de testes na APAE Vila Velha.....	56
4.3 INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO DAS INTERAÇÕES COM O ROBÔ	57
4.3.1 Detecção da Proxêmica e Movimentos das Crianças.....	57
4.3.2 Goal Attainment Scaling (GAS)	59
4.3.3 System Usability Scale (SUS).....	60
4.3.4 Teste de Atenção por Cancelamento	61
4.3.5 Teste de Trilhas para Pré-Escolares	62
4.3.6 Bateria Psicomotora de Fonseca.....	63
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66

5.1 INTERAÇÃO DAS CRIANÇAS COM TEA E O ROBÔ MARIA T21	66
5.1.1 Proxêmica e Deslocamento Durante o Jogo “Sequência Sonora”	68
5.1.2 Detecção de Movimentos pelo OpenPose	74
5.2 RESULTADOS DAS ESCALAS QUANTITATIVAS	76
5.2.1 Resultados da escala GAS	76
5.2.2 Resultados da escala SUS	79
5.3 RESULTADOS DOS TESTES DE AVALIAÇÃO	81
5.3.1 Resultados do Teste de Atenção por Cancelamento	81
5.3.2 Resultados do Teste de Trilhas para Pré-Escolares	82
5.3.3 Resultados da Bateria Psicomotora de Fonseca	84
5.4 ENTREVISTAS	86
5.4.1 Pais de crianças da AMAES	87
5.4.2 Pais de crianças da APAE	89
5.4.3 Psicóloga da APAE	90
5.4.4 Psicólogo da AMAES	92
6 CONCLUSÕES	93
7 LIMITAÇÕES	95
8 PERSPECTIVAS FUTURAS	96
9 REFERÊNCIAS	97
APÊNDICE A – CARTA DE INTENÇÃO PARA AMAES	113
APÊNDICE B – CARTA DE INTENÇÃO PARA APAE VILA VELHA	114
APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	115
ANEXO I – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA/Ufes	118

1. INTRODUÇÃO

Tecnologia Assistiva (TA), conforme conceito proposto pelo Comitê de Ajudas Técnicas da Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República:

Engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que visam promover a funcionalidade relacionada à atividade de pessoas com deficiência, incapacidade ou mobilidade reduzida, visando a sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (BRASIL, 2009, p10).

Nesse sentido, TA pode ser inserida no campo de estudo da Biotecnologia, no qual processos biológicos, organismos, células ou componentes celulares são explorados para desenvolver novas tecnologias, ferramentas e produtos que são úteis em pesquisa, agricultura, indústria e clínica (NATURE, 2019; ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU, 1992).

O Núcleo de Tecnologia Assistiva da Universidade Federal do Espírito Santo (NTA-Ufes), no qual foi desenvolvida esta pesquisa, engloba pesquisas que aplicam conhecimentos em bioinformática, robótica, próteses, ambientes virtuais, interface cérebro-computador, sinais biológicos (cerebrais e musculares), rastreamento ocular, imagens térmicas e expressões faciais, utilizados para monitoramento, reabilitação e terapias para pessoas com diversos tipos de transtornos e deficiências (BASTOS, 2020a).

TA, em especial a robótica, têm assumido uma posição de destaque como uma aliada para as terapias de crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA), sendo utilizadas com o intuito de melhorar a qualidade de vida dessas crianças (DIPIETRO *et al.*, 2019; FEIL-SEIFER; MATARIC, 2011). Diversos estudos evidenciam a importância de robôs socialmente assistivos e jogos sérios como ferramentas para interação com crianças com TEA, tendo como objetivos gerais incentivar as crianças a iniciarem e sustentarem a interação social com familiares, terapeutas ou colegas, bem como estimular habilidades cognitivas e físicas (BOCCANFUSO *et al.*, 2017; FEIL-SEIFER; MATARIC, 2011; TAPUS; MATARIC; SCASSELLATI, 2007).

Basicamente, o Transtorno do Espectro Autista engloba distúrbios do neurodesenvolvimento para os quais os sintomas são frequentemente encontrados nos primeiros anos de vida e cujas principais características são: dificuldades na comunicação social, verbal ou não verbal, e interação social, além de padrões repetitivos e restritos de comportamentos, interesses e atividades (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION - APA, 2013; MEDAVARAPU *et al.*, 2019; RAMÍREZ-DUQUE *et al.*, 2021). Esse transtorno está amplamente difundido, sendo que dados epidemiológicos da Organização Mundial da Saúde (OMS) indicam uma prevalência média a nível mundial de 1 criança com TEA em 160 crianças (OMS, 2021), sendo de 1 em 44 nos Estados Unidos conforme dados do Centro de Controle e Prevenção de Doenças (CDC) (MAENNER *et al.*, 2021).

O TEA afeta as atividades diárias dos indivíduos, restringindo sua participação social e em alguns causando dificuldades nas relações pessoais (TRAVIS; SIGMAN, 1998). A fim de amenizar essas situações, cada vez mais estudos têm explorado as intervenções baseadas em tecnologia para apoiar o dia a dia dessas crianças e adolescentes (BERK-SMEEKENS *et al.*, 2020). Tecnologias baseadas em computador, realidade virtual, aplicativos e a robótica, estão sendo tratadas como abordagens promissoras de intervenções para crianças com TEA, que inclusive costumam se interessar por dispositivos digitais, pela robótica e aparência humanoide dos robôs (MAZON; FAGE; SAUZÉON, 2019; PORTNOVA; IVANOVA; PROSKURNINA, 2020).

A partir desses conhecimentos, foi elaborado um protocolo de interação entre um novo robô móvel construído na Ufes, o MARIA T21 (acrônimo em inglês para *Mobile Autonomous Robot for Interaction with Autistics and Trisomy 21*) e crianças com TEA. Esse novo robô surgiu a partir do desenvolvimento de outros robôs construídos no NTA, e possui diversas melhorias e ferramentas adicionais, como movimento de braços e um projetor de vídeo (embutido no robô) que projeta jogos sérios no chão ou mesas (PANCERI *et al.*, 2020). Nesse sentido, a execução desta pesquisa se justifica pela tentativa de melhor entender o comportamento de crianças com TEA, estimular habilidades cognitivas e de interação social utilizando o robô MARIA T21 e os jogos sérios desenvolvidos.

Neste trabalho, busca-se analisar a interação de crianças com TEA, com idades entre 6 e 13 anos, e o robô MARIA T21, utilizando jogos sérios para contribuir no desenvolvimento da atenção, memória, flexibilidade cognitiva, aspectos psicomotores e interação social. Para tanto, foram utilizados o Teste de Atenção por Cancelamento (MONTIEL; SEABRA, 2012), o Teste de Trilhas para Pré-Escolares (TREVISAN; SEABRA, 2012), e a Bateria Psicomotora de Fonseca (FONSECA, 1995). Adicionalmente foi utilizado um sensor de distância laser (LiDAR) para determinar a localização da criança no ambiente, e o *software* OpenPose para detectar os ângulos de flexão-extensão de juntas das crianças. Dessa maneira, é possível registrar a localização e a movimentação da criança em cada momento, além de sua evolução e desempenho nos jogos. Finalmente, foram realizadas entrevistas com os responsáveis pelas crianças e uma terapeuta de psicologia sobre mudanças notadas nos participantes. Além disso, foram aplicadas duas escalas quantitativas: a Escala de Alcance de Metas (do inglês *Goal Attainment Scaling* - GAS), que permite analisar o sucesso da interação entre a criança e o robô, e a Escala de Usabilidade de Sistemas (do inglês *System Usability Scale* - SUS), a qual é capaz de medir e classificar a usabilidade do robô MARIA T21 como ferramenta interativa para crianças com TEA.

Este trabalho está estruturado em sete capítulos. O Capítulo 2 aborda uma revisão bibliográfica a respeito dos temas pertinentes à pesquisa, dentre eles, características importantes sobre TEA, trabalhos anteriores com robôs e jogos sérios em terapias voltadas para crianças com TEA, além do novo robô socialmente assistivo MARIA T21. No Capítulo 3 encontra-se o objetivo geral da pesquisa e os objetivos específicos que o compõem. O Capítulo 4 descreve os materiais e métodos deste trabalho, tais como o protocolo executado e os jogos sérios utilizados. Este capítulo também inclui os testes, escalas e sistemas utilizados para avaliar tanto as crianças quanto os experimentos, de forma quantitativa e qualitativa. O Capítulo 5 apresenta os resultados das interações criança-robô, bem como a discussão desses resultados e o que eles indicam para o campo de robótica socialmente assistiva voltada para indivíduos com TEA. No Capítulo 6 são apresentadas as conclusões sobre a aplicação do robô MARIA T21 e dos jogos sérios nas intervenções, seguindo o protocolo proposto. Os Capítulos 7 e 8 evidenciam, respectivamente, as Limitações e as Perspectivas Futuras do trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são abordados o histórico e a definição do TEA, bem como as condições associadas a ele, questões genéticas, tratamentos atuais e a prevalência desse transtorno. Ademais, são exemplificados estudos que envolvem a robótica socialmente assistiva como um instrumento de estímulo das habilidades sociais e cognitivas de crianças com TEA, destacando estudos prévios realizados no NTA-Ufes.

2.1 TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA (TEA)

2.1.1 Histórico e classificação nosológica do TEA

O autismo foi descrito pela primeira vez em 1943 pelo psiquiatra Leo Kanner em sua pesquisa intitulada “Distúrbios autistas de contato afetivo”, que trazia estudos de caso de 11 crianças com idades entre 2 e 11 anos (KANNER, 1943). Sistematizando suas observações, Kanner as descreveu como tendo extrema dificuldade de se relacionar com outras pessoas e apresentando um desenvolvimento incomum da linguagem, com falha em aspectos da fala, tendência a rimas e ecolalia (repetição da fala do outro) e a interpretação literal das coisas. Além disso, essas crianças apresentavam alta sensibilidade sensorial e a mudanças no ambiente e em suas rotinas, comportamentos repetitivos e estereotipados, bem como interesses restritos (HARRIS, 2018; KANNER, 1943; KANNER, 1971; MASI *et al.*, 2017). Na época, o autor esclareceu que as evidências eram preliminares e exigiam mais estudos, observações e investigações. Atualmente, estudos mais recentes sobre TEA confirmam as características notadas por Kanner (LORD *et al.*, 2018).

Embora o termo “autismo” já houvesse sido difundido na psiquiatria por Bleuler, em 1908, para descrever a fuga da realidade para um mundo interior observado em pacientes esquizofrênicos, foi a criteriosa descrição feita por Kanner que permitiu a

diferenciação do quadro de autismo de outros como esquizofrenia e psicoses infantis (CAMARGOS *et al.*, 2005; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2014; SHARMA; GONDA; TARAZI, 2018). Posteriormente à publicação de Kanner, no ano de 1944, o trabalho de Hans Asperger foi publicado descrevendo uma “psicopatia autista” em quatro meninos de 7 a 11 anos que tinham dificuldades com a comunicação não verbal e habilidades sociais relacionadas (ASPERGER, 1944). Este artigo se tornou tão importante quanto o trabalho de Kanner no desenvolvimento do conceito de autismo, uma vez que os sintomas principais eram os mesmos, mas acometiam indivíduos de alto funcionamento. A publicação do trabalho em língua alemã dificultou sua divulgação na época, por isso a pesquisa só entrou na comunidade médica de língua inglesa na década de 1970 (WING, 1981). Em 1981, Lorna Wing estudou a síndrome, a rebatizando de “síndrome de Asperger”, a fim de remover as conotações de “psicopatia”. A autora reconheceu as semelhanças entre os critérios propostos por Kanner e Asperger como variedades da mesma condição (CAMARGOS *et al.*, 2005; KLIN, 2006; MASI *et al.*, 2017; WING, 1981).

Para fins de diagnóstico médico, o autismo infantil apareceu pela primeira vez na terceira edição do Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (do inglês *Diagnostic and Statistic Manual of Mental Disorders – DSM-III*), em 1980, descrevendo um dos subgrupos de Transtorno Invasivo do Desenvolvimento. No DSM-III, os critérios para identificar o autismo eram: início antes dos 30 meses de idade, falha na capacidade de resposta a outras pessoas, déficits no desenvolvimento da linguagem, e respostas incomuns a estímulos ambientais, com ausência de esquizofrenia (APA, 1980; KLIN, 2006; MASI *et al.*, 2017; VOLKMAR *et al.*, 1988). Tais critérios foram ampliados no DSM-III-Revisado para incluir os indivíduos que apresentavam os déficits descritos, mas de maneira não precoce, com início durante a infância ou a primeira infância (APA, 1980; MASI *et al.*, 2017; VOLKMAR *et al.*, 1988).

Em 1994, foi lançado o DSM-IV, com critérios similares ao anterior, contudo, esse novo manual introduziu critérios para diagnóstico da Síndrome de Asperger como prejuízos na interação social, comunicação e imaginação, semelhante aos critérios para o Transtorno do Espectro Autista, mas sem os prejuízos na linguagem ou na cognição (APA, 1994; MASI *et al.*, 2017).

A décima versão da Classificação Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde (CID-10) (ICD-10 – sigla em inglês para *International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems*) lançada em 1989 pela OMS, adotou a terminologia “autismo infantil” e “autismo atípico” nos Transtornos Globais do Desenvolvimento, sob o código F84.0 (DOERNBERG; HOLLANDER, 2016; OMS, 2019). O DSM-IV e a CID-10 foram equiparados para evitar possíveis confusões entre pesquisadores clínicos de diferentes partes do mundo guiados por um ou outro sistema nosológico (KLIN, 2006).

O DSM-V, publicado em 2013, adotou o termo Transtorno do Espectro Autista de forma abrangente, sem uma definição em subtipos, e o reorganizou em dois domínios: dificuldades na comunicação social e na interação social; e comportamento, interesses ou atividades restritas e repetitivas (Tabela 1) (CAMPOS, 2019; LAI; LOMBARDO; BARON-COHEN, 2014; SHARMA; GONDA; TARAZI, 2018). Seguindo a mesma linha, o CID-11, que entrou em vigor a partir de 1º de janeiro de 2022, unificou o diagnóstico de TEA sob o código 6A02. Com isso, as subdivisões passaram a ser apenas relacionadas a prejuízos na linguagem funcional e deficiência intelectual (OMS, 2022).

2.1.2 Espectro Autista

O TEA é considerado um conjunto de condições de neurodesenvolvimento que engloba o transtorno autista, a síndrome de Asperger e o distúrbio generalizado do desenvolvimento não especificado de outra forma . Nesse sentido, a nomenclatura “espectro autista” traduz a heterogeneidade de apresentações, intensidades e combinações de sintomas presente no TEA .

Tabela 1. Critérios do DSM-V para diagnóstico de TEA. Fonte: Adaptado de CAMPOS, 2019; LORD *et al.*, 2018.

	Comunicação social	Comportamento repetitivo restrito
Critério	Déficits persistentes na comunicação social e na interação social em vários contextos, apresentando pelo menos três sintomas:	Padrões restritos e repetitivos de comportamento, interesses ou atividades, manifestando pelo menos dois sintomas:
Sintomas	<p>(1) Limitação na reciprocidade social e emocional, variando de abordagem social anormal e falha na conversa normal de vaivém, ao compartilhamento reduzido de interesses, emoções ou afeto, e ao fracasso em iniciar ou responder às interações sociais</p> <p>(2) Déficits em comportamentos comunicativos não-verbais utilizados para interação social, variando de comunicação verbal e não verbal mal integrada a anormalidades no contato visual e linguagem corporal ou déficits na compreensão e uso de gestos, até uma total falta de expressões faciais e comunicação não verbal</p> <p>(3) Déficits em desenvolver, manter e compreender relacionamentos que vão desde dificuldades em ajustar o comportamento para se adequar a vários contextos sociais, a dificuldades em compartilhar brincadeiras imaginativas ou em fazer amigos, até a ausência de interesse em colegas</p>	<p>(1) Movimentos estereotipados ou repetitivos no uso de objetos ou fala.</p> <p>(2) Insistência na mesmice, aderência inflexível a rotinas ou padrões ritualísticos de comportamento verbal ou não verbal</p> <p>(3) Interesses restritos e fixos que são anormais em intensidade ou foco</p> <p>(4) Hiper ou hiporreatividade a estímulos sensoriais do ambiente.</p>
Notas sobre o diagnóstico	<p>Os sintomas devem estar presentes no início do período de desenvolvimento. Eles podem não se manifestar totalmente até que as demandas sociais excedam as capacidades limitadas, ou podem ser mascarados por estratégias aprendidas na vida adulta.</p> <p>Os sintomas causam prejuízo clinicamente significativo nas áreas social, ocupacional ou em outras áreas importantes do funcionamento atual.</p> <p>Esses distúrbios não são mais bem explicados pela deficiência intelectual ou atraso global do desenvolvimento.</p>	
Especificadores	<p>Com ou sem deficiência intelectual associada</p> <p>Com ou sem deficiência de linguagem acompanhante</p> <p>Associado a uma condição médica ou genética conhecida ou fator ambiental</p> <p>Associado a outro distúrbio de neurodesenvolvimento, mental ou comportamental</p> <p>Com catatonia</p>	

A ocorrência de TEA é relatada em todos os grupos raciais, étnicos e socioeconômicos (MAENNER *et al.*, 2020). O TEA pode variar na gravidade e natureza dos sintomas, mas de modo geral é definido por déficits persistentes na comunicação e interação social, bem como na presença de padrões restritos e repetitivos de comportamento (SCASSELLATI; HENNY; MATARIĆ, 2012). Sinais de autismo incluem dificuldade em falar sobre sentimentos pessoais ou compreender os sentimentos dos outros, falta de compartilhar ou se envolver em brincadeiras recíprocas com outros, falta de contato

visual e comportamento de atenção conjunta, dificuldade de comunicar ou usar a linguagem, sensibilidade ao contato físico, dificuldades de reconhecer a linguagem corporal e entender as emoções de outras pessoas (HUIJNEN *et al.*, 2016; SANCHACK, 2016).

Os sintomas associados ao TEA vão de comprometimento leve a profundo, onde os déficits podem prejudicar todas as funções da vida cotidiana. Além disso, a gravidade dos sintomas aumenta em ambientes com demanda que excede a capacidade do indivíduo (LORD *et al.*, 2018). De acordo com o DSM-V (APA, 2013), os níveis de severidade do TEA são nível 1 (que requer suporte), nível 2 (que requer suporte substancial) e nível 3 (que requer bastante suporte substancial).

Entre esses níveis, os sintomas vão de (1): limitações na comunicação social quando não há suporte, dificuldade em iniciar interações sociais, e respostas atípicas a aberturas sociais de outras pessoas. Dificuldade para trocar de atividades, e limitação da independência devido a problemas com planejamento. Passando por (2): déficits marcantes na conversação mesmo havendo suporte, limitação para iniciar interações sociais tendo resposta reduzida a aberturas sociais, e aflição e/ou dificuldade para mudar o foco ou ação. Podendo ser até (3): graves déficits nas habilidades de comunicação e interação social, extrema dificuldade em lidar com mudanças, em mudar o foco ou a ação (APA, 2013; WEITLAUF *et al.*, 2014).

Não existe cura para o autismo, embora as terapias comportamentais possam melhorar a qualidade de vida e a independência do indivíduo, ainda que alguns precisem de altos níveis de apoio ao longo da vida (MUKHERJEE, 2017; OMS, 2021). As intervenções psicossociais precoces são fundamentais para um resultado positivo a longo prazo. As terapias incluem análise de comportamento aplicada, que incentiva comportamentos positivos e desencoraja os negativos, com o intuito de melhorar as habilidades sociais e comunicativas (LAI; LOMBARDO; BARON-COHEN, 2014). Outras abordagens, tal como é o caso deste trabalho, concentram-se na utilização de parceiros não humanos para facilitar a interação social humano-humano (LAI; LOMBARDO; BARON-COHEN, 2014; MUKHERJEE, 2017; OMS, 2021; SCASSELLATI; HENNY; MATARIĆ, 2012).

2.1.3 Condições Associadas ao TEA

A heterogeneidade de apresentação é uma marca do TEA, sendo assim, aproximadamente três quartos das crianças com TEA também sofrem com outro distúrbio médico, psiquiátrico ou neurológico, que adicionalmente pode resultar em deficiência física e/ou mental (SHARMA; GONDA; TARAZI, 2018). Nos diversos estudos as frequências de condições associadas ao TEA apresentam grande variação (Tabela 2). Com relação às condições médicas, são frequentemente identificadas anormalidades do sistema imunológico, distúrbio gastrointestinal, disfunção mitocondrial, distúrbios do sono e epilepsia (BAUMAN, 2010).

Tabela 2. Condições associadas ao Transtorno do Espectro Autista. Fonte: Adaptado de LAI; LOMBARDO; BARON-COHEN, 2014; SANCHACK, 2016.

Doença	Frequência	Característica
Condições psiquiátricas	63% a 96%	Alta prevalência de ansiedade, transtorno de déficit de atenção/hiperatividade, depressão
Deficiências motoras	51%, diminuindo para 38% ao longo do tempo	Pode incluir hipotonia, apraxia, falta de jeito, caminhar com os dedos dos pés e apresentar atrasos motores; pode melhorar com a terapia ou naturalmente ao longo do tempo
Insônia	50% a 80%	Comumente relatado pelos pais. Mas o uso da melatonina pode melhorar o sono, além de manter hábitos de higiene do sono
Deficiência intelectual	20% a 50%	A Rede de Monitoramento de Autismo e Deficiências do Desenvolvimento (<i>Autism and Developmental Disabilities Monitoring – ADDM</i>) dos Estados Unidos classificou 32% das crianças com Transtorno do Espectro Autista na faixa de deficiência intelectual (Quociente de Inteligência - QI \leq 70, ou na presença da declaração de deficiência intelectual de um examinador); 25% foram classificadas na faixa limítrofe ($71 < \text{QI} < 85$), e 44% foram classificados na faixa média ou acima da média (QI $>$ 85 ou na presença de uma declaração do examinador com capacidade intelectual média ou acima da média)
Epilepsia	12% a 26%	Aumento do risco em adolescentes mais velhos e indivíduos com menor capacidade cognitiva
Problemas gastrointestinais	9% a 91%	Obstipação crônica, diarreia e dor abdominal

Dentre as principais comorbidades neurológicas ou psiquiátricas estão transtorno de déficit de atenção/hiperatividade, transtornos depressivos, transtornos de ansiedade, transtorno bipolar, transtorno desafiador de oposição e deficiência intelectual (DI): tais condições podem inclusive complicar o diagnóstico preciso de TEA (LORD *et al.*, 2018; MASI *et al.*, 2017; TAMMIMIES *et al.*, 2019). Tal como mostrado na Tabela 2, o nível de funcionamento intelectual é extremamente variável em indivíduos com TEA, desde uma deficiência intelectual profunda a habilidades cognitivas superiores (OMS, 2021). Também de acordo com a Tabela 2, a DI está presente em aproximadamente 20 a 50% das crianças com TEA, nas quais os problemas de comportamento também são comuns e incluem automutilação, ansiedade, compulsões, retraimento, comportamento não cooperativo e agressão (PETERS-SCHEFFER *et al.*, 2011).

Os importantes componentes biológicos que podem afetar o neurodesenvolvimento de crianças com TEA são as alterações imunológicas envolvendo as citocinas, imunoglobulinas e a inflamação, as quais são possíveis vias que sustentam o autismo. Além disso, o TEA pode estar associado a doenças alérgicas e autoimunes (LAI; LOMBARDO; BARON-COHEN, 2014). Nesse sentido, uma melhor caracterização das comorbidades é essencial para compreender a heterogeneidade do TEA, podendo contribuir para a identificação de diferentes subgrupos do espectro e terapias específicas para cada um deles.

2.1.4 Aspectos genéticos e o TEA

A etiologia do TEA não está completamente esclarecida, mas evidências apontam que a predisposição genética associada a fatores ambientais exercem um papel coesivo nesse processo, sendo a variação genética considerada um dos principais contribuintes para a heterogeneidade do transtorno (CAMPOS, 2019; MEDAVARAPU *et al.*, 2019; RUTTER, 2005; THAPAR; RUTTER, 2021). Os dados de herança genética do TEA variam de 40% a 90%, com a contribuição de diversos mecanismos mutacionais. Os fatores ambientais também se aplicam, como os riscos pré-natais que incluem idade avançada dos pais e condições maternas, tais como diabetes mellitus, hipertensão e obesidade, ou riscos intrauterinos que incluem infecções maternas e

exposição a toxinas (RUTTER, 2005; SANCHACK, 2016; SHARMA; GONDA; TARAZI, 2018).

Com relação à concordância para o TEA em gêmeos, os monozigóticos apresentam uma taxa de 60% a 92%, e os gêmeos dizigóticos uma taxa entre 0% e 10%, evidenciando o papel de fatores genéticos no processo. Contudo, a concordância incompleta em gêmeos monozigóticos sugere a interferência dos fatores ambientais (CAMPOS, 2019; RUTTER, 2005; THAPAR; RUTTER, 2021). Adicionalmente, as estimativas de risco de recorrência entre irmãos de crianças autistas variam de 3% a 18% (LYALL *et al.*, 2017; SANDIN *et al.*, 2014).

O viés masculino na prevalência de TEA é evidenciado pela proporção de 4 homens diagnosticados para 1 mulher (MAENNER *et al.*, 2020). Aparentemente, o funcionamento intelectual e os fatores genéticos e hormonais de cada sexo podem contribuir para essa proporção. Por isso, diversas teorias tentam explicar essa distribuição, tal como um modelo de “proteção feminina” (FRAZIER *et al.*, 2014; JACQUEMONT *et al.*, 2014; MUKHERJEE, 2017). Vale destacar que a subidentificação do TEA em mulheres é um outro aspecto a ser levado em conta, indicando um viés de gênero nos critérios diagnósticos. Nesse sentido, autores constataram maiores deficiências nas mulheres, com a comunicação social e a interação mais baixas, além de menores habilidades cognitivas e de linguagem, sugerindo que apenas as meninas com sintomas mais graves costumam receber o diagnóstico de TEA (FRAZIER *et al.*, 2014).

2.1.5 Cenário de terapias

Tendo em vista os índices de TEA, é importante encontrar formas de diagnóstico e terapias eficazes que vão além das principais terapias disponíveis. Atualmente, são amplamente utilizados medicamentos que geram diversos efeitos adversos, que têm como alvo os sintomas comportamentais, como ansiedade, hiperatividade, irritabilidade, agressividade e alterações do sono. Entretanto, esses medicamentos não melhoram as principais características de déficits de comunicação social e

comportamentos restritos/repetitivos associadas ao TEA (DEFILIPPIS, 2018; KARAHMADI *et al.*, 2018).

Embora as intervenções psicossociais, como a Análise Comportamental Aplicada (em inglês *Applied Behavior Analysis - ABA*), que configuram a intervenção mais pesquisada e utilizada para o TEA, com foco na aquisição de habilidades, tenham benefícios comprovados para os principais sintomas, o seu custo elevado, a cobertura limitada pelos sistemas público e privado de saúde, e a disponibilidade reduzida de profissionais treinados podem dificultar o uso dessa terapia ou até mesmo impossibilitar seu uso para alguns indivíduos (DEFILIPPIS, 2018; LINSTEAD *et al.*, 2017; MEDAVARAPU *et al.*, 2019). Além disso, devido à natureza heterogênea do TEA, uma única abordagem terapêutica não pode ser estabelecida como a melhor, pois o modelo pode funcionar para algumas crianças e não funcionar para outras (CABIBIHAN *et al.*, 2013).

Evidências científicas indicam que intervenções comportamentais precoces direcionadas ao indivíduo podem melhorar a comunicação social, além de reduzir a ansiedade (LAI; LOMBARDO; BARON-COHEN, 2014; MEDAVARAPU *et al.*, 2019), enfatizando a importância da busca por terapias adequadas. Nesse sentido, robôs socialmente assistivos despontam como ferramentas para estimular habilidades e comportamentos em crianças com TEA, através de situações de interação atraentes e significativas (CABIBIHAN *et al.*, 2013).

2.1.6 Epidemiologia

A prevalência de uma epidemiologia consiste no número de pessoas em uma população que apresenta uma condição em relação à população total, sendo normalmente representada como uma porcentagem ou uma proporção (MAENNER *et al.*, 2020). A prevalência do TEA tem sofrido aumento de forma constante nas últimas décadas, sendo que as elevações nas estimativas podem representar mudanças nos conceitos, definições, disponibilidade de serviço e consciência sobre TEA no público leigo e profissional (LYALL *et al.*, 2017; THAPAR; RUTTER, 2021). Além disso, esse

aumento pode ser parcialmente atribuído aos critérios utilizados nos diagnósticos presentes no DSM-V (APA, 2013), os quais são bastante abrangentes para classificar o TEA, consolidando transtornos anteriormente separados, permitindo assim o aumento da consciência social sobre o transtorno e a disponibilidade de terapias (SANCHACK, 2016).

Segundo avaliações da OMS, estima-se que a prevalência mundial média de TEA seja de 1 criança em 160 (OMS, 2021). Contudo, uma maior porcentagem foi encontrada pela rede monitorada do CDC dos Estados Unidos, considerando dados coletados de 11 comunidades americanas em 2018. Essa agência descreveu no ano passado a prevalência de autismo de 1 em 44 crianças de 8 anos de idade, com uma proporção de homens para mulheres de 4,2 para 1 (MAENNER *et al.*, 2021). Estudos do grupo, com dados de 2016, indicavam uma prevalência de 1 em 54, sendo 4,3 vezes mais prevalente entre meninos do que entre meninas (MAENNER *et al.*, 2020). Esses dados corroboram com as estimativas de estudos em várias nações (MAENNER *et al.*, 2020; SANCHACK, 2016).

No Brasil, as informações a respeito da prevalência de TEA são escassas. De acordo com o Ministério da Saúde existem poucos estudos epidemiológicos referentes ao TEA no país (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2014). Portanto, tendo em vista as estimativas de que o TEA atinja cerca de 1% da população mundial (LAI; LOMBARDO; BARON-COHEN, 2014; PAULA *et al.*, 2011; THAPAR; RUTTER, 2021), é possível inferir que o Brasil, com uma população de mais de 212 milhões, tenha uma prevalência nacional próxima de 2 milhões de pessoas com autismo.

2.2 A ROBÓTICA SOCIALMENTE ASSISTIVA E O TEA

A Robótica Socialmente Assistiva (RSA) envolve robôs projetados para ajudar na interação social de indivíduos, portanto, se encontra na interseção entre a robótica assistiva (robôs que prestam assistência física a um usuário) e a robótica socialmente interativa (robôs que se comunicam com um usuário por meio de interação social)

(FEIL-SEIFER; MATARIC, 2011; RABBITT; KAZDIN; SCASSELLATI, 2015; SCASSELLATI; HENNY; MATARIĆ, 2012). Basicamente, a RSA consiste em uma área da robótica onde os robôs são utilizados para intervenções terapêuticas e de saúde. Existem inúmeros resultados promissores em intervenções terapêuticas utilizando robôs; por isso a RSA tem recebido atenção como uma ferramenta de intervenção para crianças com TEA (CASAS-BOCANEGRA *et al.*, 2020; CERASA *et al.*, 2020). Nesse contexto, a RSA tem auxiliado no diagnóstico e práticas que objetivam melhorar as habilidades sociais, como contato visual e atenção conjunta, reconhecimento de emoções, imitação, compartilhamento de atividades simples e aumento de interação autoiniciada para encorajar a comunicação verbal e não verbal básica nessas crianças (ALI *et al.*, 2020; SCASSELLATI; HENNY; MATARIĆ, 2012; YUN *et al.*, 2017).

A grande maioria dos robôs sociais existentes no mercado são protótipos, ou são implementados em terapias apenas para fins de pesquisa, não havendo sido projetados para intervenções terapêuticas de indivíduos com TEA, sendo muitas vezes utilizados robôs de brinquedo e robôs sociais nessas intervenções. Dessa forma, torna-se crucial que novos robôs com fins terapêuticos para a população com TEA sejam especificamente desenvolvidos (BOCCANFUSO *et al.*, 2017; RAMÍREZ-DUQUE *et al.*, 2021; SCASSELLATI; HENNY; MATARIĆ, 2012).

Nos últimos anos, a terapia do autismo assistida por robô ganhou atenção, tendo os estudos recentes se concentrado em permitir que os robôs reproduzam comportamentos humanos e estimulem comportamentos e habilidades sociais em crianças com TEA (YUN *et al.*, 2017). Para tanto, estão sendo desenvolvidos robôs com diversas aparências, recursos e capacidades funcionais. Dentre eles existem robôs semelhantes a humanoides e robôs semelhantes a animais, com diferentes formas e morfologias (CASAS-BOCANEGRA *et al.*, 2020).

As pesquisas atuais sugerem que crianças com TEA tendem a ser atraídas por robôs, pois essas tecnologias apresentam comportamentos determinísticos e que podem ser constantes, sem surpresas para a criança (COECKELBERGH *et al.*, 2016; MENSAH; BEN HAYFRON-ACQUAH; ASANTE, 2019; TAPUS *et al.*, 2012). A seguir são apresentados alguns robôs que constam na literatura e que foram testados e utilizados

para interação, auxílio e terapia de crianças com TEA em diferentes partes do mundo, tanto em laboratórios de pesquisa como em espaços educacionais e clínicos.

2.2.1 Robôs utilizados para interação com crianças com TEA

A RSA tem uma ampla gama de domínios de aplicação, inclusive como ferramenta de diagnóstico e socialização de crianças com TEA. Esses robôs podem detectar reações ou estados emocionais das crianças, sendo considerados parceiros sociais mais confortáveis para crianças com TEA do que as pessoas (FEIL-SEIFER; SKINNER; MATARIĆ, 2007). Nesse sentido, vários pesquisadores no mundo têm desenvolvido e testado robôs a fim de validar seu uso na terapia com crianças com TEA.

O robô NAO é um dos mais amplamente utilizados em terapias de intervenção robótica para crianças com TEA (Figura 1). Esse robô é programável, podendo movimentar os membros, o tronco e a cabeça; sua aparência e seu comportamento atencioso são bastante atrativos. O NAO possui sensores táteis, sonoros e de posição, além de duas câmeras e microfones (ISMAIL *et al.*, 2019; SO *et al.*, 2018). O robô já se mostrou capaz de atenuar o comportamento estereotipado e a dificuldade de comunicação e interação social de crianças com TEA, além de conseguir um maior contato visual entre a criança e o robô durante a interação do que com a criança e seu professor durante uma aula regular (SHAMSUDDIN *et al.*, 2012).

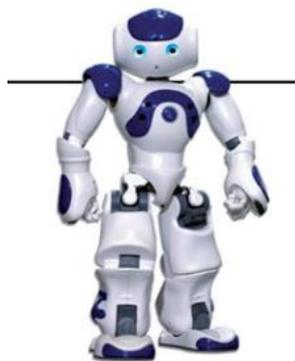


Figura 1. Robô NAO. Fonte: SO *et al.*, 2018

O robô humanoide KASPAR (*Kinesics And Synchronisation in Personal Assistant Robotics*) foi projetado para atuar como um brinquedo terapêutico para crianças com TEA e tem sido utilizado em muitos cenários de interação, pois pode expressar emoções básicas, tais como: alegria, indiferença, tristeza e surpresa, além de realizar gestos e movimentos na parte superior do corpo (DAUTENHAHN *et al.*, 2009). Sensores táteis acoplados ao rosto, pés, tórax e braços do robô e câmeras acopladas aos olhos do robô permitem detectar a interação física entre a criança e o robô (COSTA *et al.*, 2015; DAUTENHAHN *et al.*, 2009). Assim, o KASPAR (Figura 2) pode atuar como mediador social, incentivando a interação das crianças com TEA com outras crianças e adultos, e também estimular o desenvolvimento do toque físico (ROBINS, BEN *et al.*, 2010), o qual representa um elemento crucial no desenvolvimento social dessas crianças.



Figura 2. Robô KASPAR. Fonte: CABIBIHAN *et al.*, 2013

O robô ONO (Figura 3), apesar de pequeno, possui uma face ampla para tornar suas expressões mais proeminentes, e um sistema de detecção que interpreta o comportamento da criança, dinamizando a interação. Esse robô foi testado com crianças com TEA e um grupo controle, permitindo obter uma boa habilidade social das crianças com TEA (RAMÍREZ-DUQUE *et al.*, 2020). Nesse estudo, foi observado que a maioria das crianças com TEA tinha mais interesse em explorar fisicamente o robô do que seguir suas instruções. Também se detectou um maior contato visual da criança com o robô do que com o terapeuta.



Figura 3. Robô ONO. Fonte: RAMÍREZ-DUQUE *et al.*, 2020

O estudo de Casas-Bocanegra (2020) descreve a criação e validação de um robô social para terapias com crianças com TEA, denominado CASTOR (*CompliAnt Soft Robotics*). Esse protótipo possui ampla capacidade de movimentação dos braços e da cabeça, pode imitar expressões faciais, manter contato visual e emitir sons e palavras. Em um estudo de caso com três crianças com TEA foi realizada a socialização com o robô, que perguntava o nome da criança e outras questões de interesse para estabelecer uma conversa. Posteriormente, convidava a criança para brincar de imitação e reconhecer partes do corpo. Os resultados obtidos com esse robô foram considerados promissores, e as crianças tiveram episódios de interação física com o CASTOR, principalmente nos braços (CASAS-BOCANEGRA *et al.*, 2020).

Robôs similares a animais também têm sido utilizados em pesquisas de robótica para crianças com TEA, como o PROBO, um robô social com um tronco móvel e uma tela para interação (Figura 4). Esse robô foi projetado para incentivar a expressão facial, gestos e fala em crianças com TEA (ISMAIL *et al.*, 2019; SALDIEN *et al.*, 2008). Foi utilizado em terapias com crianças com TEA, de alto funcionamento, para reconhecimento de emoções, de acordo com diferentes situações. Os resultados mostram que o desempenho das crianças melhorou na identificação tanto de tristeza quanto de felicidade (POP *et al.*, 2013).



Figura 4. Robô PROBO. Fonte: ISMAIL *et al.*, 2019

Projetado para incentivar a expressão facial, gestos e fala em crianças com TEA, o robô CHARLIE é um protótipo de baixo custo com uma câmera instalada no nariz, a qual detecta a face e as mãos do usuário (Figura 5) (BOCCANFUSO *et al.*, 2017). Em uma intervenção assistida pelo robô, oito participantes com TEA foram avaliados pré e pós-intervenção através de testes psicológicos e psicomotores. Os resultados indicaram um funcionamento adaptativo significativamente melhorado nos domínios de socialização e comunicação (BOCCANFUSO *et al.*, 2017).



Figura 5. Robô CHARLIE. Fonte: BOCCANFUSO *et al.*, 2017

Modelos de robôs mais simples também foram utilizados em terapias com crianças com TEA, tal como um protótipo de robô esférico capaz de acender LEDs, mudar de cor e se mover sobre duas rodas. Esse protótipo foi testado com 20 crianças com TEA e 15 cuidadores responsáveis por realizar atividades com as crianças. Os resultados mostraram que as recompensas sensoriais proporcionadas pelo robô provocaram reações mais positivas do que elogios verbais dos cuidadores. Ademais, as crianças se orientavam mais para o robô. Através de um questionário de aceitação, 87% dos profissionais se mostraram satisfeitos com a experiência e gostariam de continuar

utilizando o robô, enquanto 73% concordaram que o robô agregou valor à terapia (KOSTRUBIEC; KRUCK, 2020).

A fim de entender se os robôs podem auxiliar na aprendizagem de crianças com TEA, um pequeno robô, denominado PvBOT, foi construído para ensinar conceitos básicos em matemática para oito crianças com TEA tanto em aulas de intervenção tradicional quanto em aulas com o robô (Figura 6). Os resultados indicaram um aumento no conhecimento do conteúdo e uma melhor disposição para a aprendizagem, demonstrando o potencial de utilização de robôs como tecnologia assistiva para o aprendizado de crianças com TEA. Entrevistas realizadas com seis professores de educação especial destacaram quatro efeitos da tecnologia: (1) promoveu interesse; (2) aumentou a atenção e o foco; (3) desencadeou interações e comunicação; (4) criou um ambiente de aprendizagem divertido (ARSHAD *et al.*, 2020).

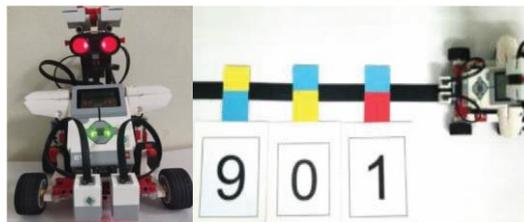


Figura 6. Robô PvBOT. Fonte: ARSHAD *et al.*, 2020

Os robôs também podem ser úteis para diversas outras funções terapêuticas, por exemplo, orientar as crianças durante as tarefas, monitorar o progresso da terapia, e motivar a participação das crianças, servindo como ferramenta estimulante nas sessões de terapia (RABBITT; KAZDIN; SCASSELLATI, 2015). Especialmente no caso de crianças com TEA, os robôs podem incentivar comportamentos sociais, tais como brincar, dançar, dialogar com o robô e com outras crianças, ou com os familiares (FEIL-SEIFER; SKINNER; MATARIĆ, 2007). Os exemplos anteriores mostram a variedade de robôs existentes, e a importância de investigar novas formas de torná-los mais eficientes. Basicamente, a implementação de tecnologias assistivas nas terapias de crianças com TEA podem trazer um tipo de cuidado inovador para esse grupo de indivíduos.

2.2.2 Robôs móveis desenvolvidos na Ufes

Estudos anteriores (BASTOS *et al.*, 2020b; GOULART, 2015, 2019) do Núcleo de Tecnologia Assistiva (NTA-Ufes) desenvolveram e utilizaram robôs socialmente assistivos para interação com crianças com TEA. Por exemplo, O robô MARIA (em inglês – *Mobile Autonomous Robot for Interacting with Autistics*), mostrado na Figura 7, foi o primeiro robô para interação com crianças com TEA desenvolvido no NTA-Ufes. Esse robô utiliza uma plataforma robótica comercial (Pioneer 3DX) para realizar seus movimentos, os quais podiam ser autônomos, na forma de “vai-e-vem” (em função da distância criança-robô, medida por um sensor laser) ou tele-operado por um terapeuta. Uma câmera de vídeo registrava toda a terapia, cujas imagens eram analisadas no final da sessão.

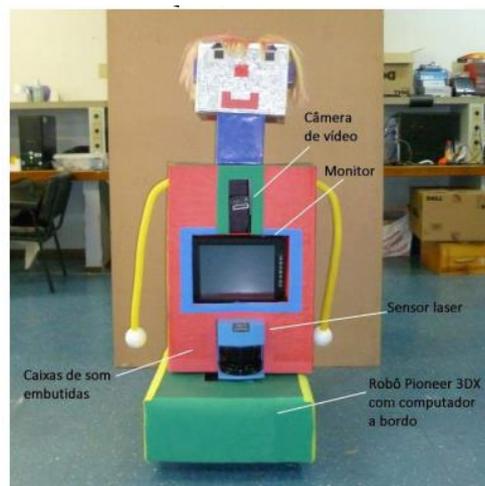


Figura 7. Robô MARIA da Ufes/Brasil. Fonte: GOULART, 2015

Uma segunda versão do robô foi construída em 2019, que foi denominado N-MARIA (em inglês – *New Mobile Autonomous Robot for Interacting with Autistics*). O robô N-MARIA é uma versão melhorada em relação ao robô MARIA, já que possui capacidade de locomoção totalmente autônoma, consistindo em uma grande vantagem não somente em relação ao robô MARIA, mas também em relação aos demais robôs utilizados em terapias com crianças com TEA (Figura 8). Duas rodas motorizadas e uma roda giratória permitem interagir de forma espacial com a criança e realizar percursos autônomos ou pré-programados. Foram desenvolvidas estratégias de controle baseado em proxêmica, permitindo ao robô realizar movimentos suaves de

aproximação e distanciamento da criança, como forma de estabelecer uma relação de “amizade” com a criança (BASTOS *et al.*, 2020b; GOULART, 2019).

O robô N-MARIA possui uma câmera colorida, uma câmera térmica e sensores de toque na superfície do corpo, além de alto-falantes para se comunicar verbalmente com as crianças. Em sua cabeça há uma tela de 10 polegadas (*tablet*), que funciona como rosto, por meio do qual o robô pode expressar emoções, como alegria, raiva, nojo, tristeza, surpresa e neutralidade. O robô N-MARIA foi utilizado em vários experimentos como um agente de interação tanto com crianças com TEA quanto com crianças de desenvolvimento típico (BASTOS *et al.*, 2020b; GOULART, 2019).

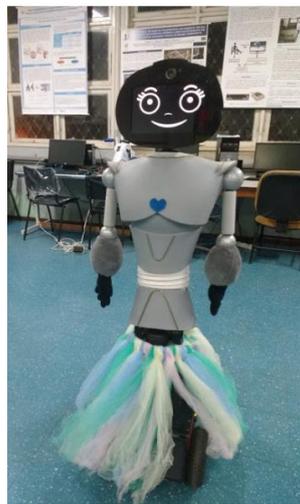


Figura 8. Robô N-MARIA da Ufes/Brasil. Fonte: LAMPIER *et al.*, 2019

2.2.3 O robô MARIA T21

Desde o lançamento do robô N-MARIA, novas ideias surgiram, como a possibilidade de incorporação de jogos sérios no robô, além de estender sua aplicação para terapias com crianças com Síndrome de Down (SD). Para isso, uma nova versão foi desenvolvida com o intuito de incorporar os recursos capazes de melhorar a interação com as crianças com TEA e SD utilizando jogos sérios. Esse novo robô é denominado MARIA T21 (em inglês – *Mobile Autonomous Robot for Interaction with Autistics and Trissomy 21*) (PANCERI *et al.*, 2020), mostrado na Figura 9.



Figura 9. Robô MARIA T21 da Ufes/Brasil. Fonte: Dados da pesquisa

O robô MARIA T21 é portátil, tem uma altura regulável entre 1,10 m e 1,40 m (o que permite uma melhor adaptação às necessidades da criança) e pode ser adaptado a diferentes propostas terapêuticas, atuando como figura de autoridade (como professor), como amigo ou brinquedo. Sua estrutura interna é composta por uma base metálica, e sua estrutura externa foi construída com uma Impressora 3D Tarantula Pro, sendo as peças impressas em material poliácido láctico. Essa estrutura possibilita acomodar e proteger o projetor, bem como os dispositivos e sensores internos, evitando o contato das crianças com esses componentes. Duas rodas maciças de 10 polegadas são acopladas a motores CC (Mabuchi 12V), os quais permitem a locomoção do robô MARIA T21 pelo ambiente. Um sensor laser 360° (LiDAR - *Light Detection and Ranging*), localizado na cintura do robô, permite estimar a localização da criança e seu deslocamento, informação esta que permite controlar os jogos em tempo real.

O robô MARIA T21 também possui braços que se movem, em dois graus de liberdade, os quais são utilizados para reforçar a interação com as crianças e explorar ainda mais os jogos sérios. A movimentação dos braços é feita através de servomotores (Towerpro MG996R). A fonte de energia do robô são baterias do tipo Universal Hoverboard Skate Scooter de 36 V e capacidade de 4400 mAh. Após cada interação, o robô emite um relatório sobre o desempenho da criança, possibilitando avaliar o

engajamento ou a resistência da criança ao protocolo de intervenção estabelecido pelo terapeuta. O robô MARIA T21 também pode expressar diferentes emoções no seu rosto (implementado em uma tela de LCD), dependendo da interação com a criança.

Um *Notebook* Dell Gamer G3-3500-A40 é utilizado para controlar o robô através de uma comunicação Wi-Fi, utilizando um roteador sem fio Archer C6 de banda dupla. No *notebook* é possível acessar a interface de controle do robô e selecionar os comandos pré-programados de frases, movimento dos braços e da cabeça (para cima e para baixo ou para direita e para esquerda), movimentação do robô pelo ambiente e inicialização dos jogos. Vale destacar que o robô pode ser transportado e possui o conceito de repetitividade, logo, a intenção é que no futuro robôs semelhantes sejam produzidos para instituições que realizam terapias com crianças com TEA e/ou SD.

Em seu desenvolvimento, procurou-se garantir que o robô pudesse ajudar diretamente não apenas crianças com TEA e SD, mas também familiares e terapeutas. Todos os dispositivos do robô MARIA T21 estão integrados em sua estrutura física, a qual é coberta com um revestimento sensível ao toque que agrega a capacidade de detectar e responder positivamente ao toque (o que é muito importante para crianças com TEA, que muitas vezes têm aversão ao contato físico). Além disso, o robô MARIA T21 pode projetar jogos sérios no chão ou em uma mesa enquanto interage com as crianças, orientando-as e incentivando-as por meio de músicas e frases verbais pré-gravadas (voz artificial). Todos os dados de interação são registrados após cada interação, e os jogos sérios projetados permitem que a criança interaja com o robô por meio de cartas, texturas e figuras.

Tal como comentado anteriormente, o robô MARIA T21 utilizado nesta pesquisa foi desenvolvido tendo em vista os conhecimentos adquiridos com estudos prévios conduzidos no NTA-Ufes e estabelecendo novos objetivos. Nesse sentido, suas características foram pensadas para atrair a atenção das crianças com TEA e SD, a partir de diversos recursos que potencializam a interação criança-robô (PANCERI *et al.*, 2021). Vale ressaltar que, com base na literatura, as crianças com TEA têm preferência por ambientes estáveis, apresentando dificuldades em compreender pistas sociais. Portanto, as características do robô foram pensadas a partir dessas

evidências científicas e de experiências anteriores (GIULLIAN *et al.*, 2010; MAZZEI *et al.*, 2011; ROBINS *et al.*, 2005; SCASSELLATI; HENNY; MATARIĆ, 2012).

Para tornar a interação criança-robô mais amigável, a cabeça do robô, composta por um *tablet* (Monitor Touch Screen 10.1 Resistivo LCD), possui imagens dinâmicas de olhos que realizam movimentos análogos ao piscar, além da imagem de uma boca que se move à medida que as frases pré-programadas são emitidas. Os olhos e a boca podem mudar de cor e formato de acordo com a expressão facial e, assim, serem associadas a emoções básicas exibidas de acordo com a situação (Figura 10). As emoções exibidas pelo robô MARIA T21 simbolizam neutralidade, medo, tristeza, raiva, felicidade, sendo que os olhos em forma de coração representam maior felicidade associada ao sentimento amoroso. As imagens da animação facial foram feitas com o *software* Paint, e posteriormente animadas através do uso da linguagem Python. Em intervalos de tempo aleatórios, as figuras representativas dos olhos e da boca diminuem, simulando o piscar e o movimento da boca enquanto o robô emite falas pré-gravadas.



Figura 10. Expressões faciais, representativas de emoções, do robô MARIA T21. Fonte: PANCERI *et al.*, 2021

Durante toda a interação com a criança o robô verbaliza mensagens pré-gravadas acionadas pelo engenheiro controlador do robô. As frases programadas são distribuídas em grupos, de acordo com sua finalidade e, assim, são reproduzidas de

forma aleatória. Dentre elas existem mensagens de cumprimentos, de despedida, de tarefas e frases que são emitidas durante o jogo como reforço positivo parabenizando as conquistas (“Você está indo muito bem, continue assim!”) ou de incentivo para novas tentativas em caso de erro (“Essa não é a resposta certa. Tudo bem, vamos tentar de novo?”). A voz em tom amigável é reproduzida através de uma caixa de som JBL (modelo JBLGO2BLK), com conectividade Bluetooth, que fica acoplada ao robô.

A projeção dos jogos sérios pelo robô é feita por um projetor multimídia portátil (LG miniBeam - Modelo PH450U) que fica acoplado na cintura do robô (Figura 9). Esse projetor possui som integrado e capacidade de projetar em curta distância (Figura 11). A identificação dos movimentos da criança é realizada por uma câmera Logitech C920 PRO fixada na face do robô, sendo que a sincronização com os jogos é feita através da plataforma OpenPose, um *software* de detecção de movimentos humanos em tempo real. Uma câmera GoPro Hero 4 Session Edition montada em um tripé é utilizada para a gravação das interações criança-robô.



Figura 11. Projeção de jogos sérios pelo robô MARIA T21. Fonte: PANCERI *et al.*, 2021

2.2.4 Jogos sérios

Jogos sérios podem ser descritos como uma combinação de ferramentas educacionais e de entretenimento utilizadas para treinar habilidades e compensar dificuldades (GROSSARD *et al.*, 2018). Estes jogos oferecem recursos interativos e

podem criar um ambiente envolvente para resolver problemas, além de realizar tarefas e movimentos específicos. Assim, os jogos sérios podem auxiliar nas terapias de reabilitação cognitiva e psicomotora (MAZON; FAGE; SAUZÉON, 2019; SCHREIDER *et al.*, 2019).

Os jogos sérios são realizados normalmente em computadores, *tablets* ou celulares, utilizando equipamentos como óculos de Realidade Virtual e Ambientes Inteligentes (projetores e câmeras). Tendo em vista que crianças com TEA podem experimentar sensibilidades sensoriais a estímulos ambientais, como sons, luz, cheiro e toque, incluindo tocar em novos objetos e ser tocado (MENSAH; BEN HAYFRON-ACQUAH; ASANTE, 2019), alguns estudos (MALINVERNI *et al.*, 2017; TORRES-CARRIÓN *et al.*, 2019; VALENCIA *et al.*, 2017) optaram pela utilização de projetores ou telas associadas a câmeras que captam os movimentos, criando um ambiente semi-imersivo, no qual a criança pode brincar utilizando seu próprio corpo. Isso pode melhorar suas habilidades cognitivas, uma vez que os jogos estimulam a resolução de problemas, a tomada de decisões, o processamento de informações, a criatividade e o pensamento crítico (GOULART, 2019).

Alguns protocolos de jogos sérios para interação infantil foram desenvolvidos na Ufes (PANCERI *et al.*, 2021; SCHREIDER *et al.*, 2019; VALENCIA *et al.*, 2017), os quais aplicam conceitos de um ambiente inteligente com jogos sérios fixos, utilizando projetores e câmeras. Por exemplo, foi realizado um estudo para verificar o efeito de terapias de jogos no equilíbrio postural de uma criança de 9 anos com SD. A mãe da criança relatou episódios frequentes de queda da própria altura, apresentando perfil psicomotor deficiente na avaliação inicial (pontuação 08 na Bateria Psicomotora de Fonseca e 37 na Escala de Berg), o que indicava risco de queda. A criança apresentou melhora considerável após 12 sessões com o protocolo de intervenção baseado em jogos sérios (SCHREIDER *et al.*, 2019). Os resultados evidenciam aspectos positivos dessa modalidade de jogos para a melhora de habilidades das crianças.

Fundamentado pela revisão bibliográfica apresentada anteriormente, o propósito desta pesquisa é demonstrar efeitos cognitivos e sociais da interação de crianças com TEA com o robô MARIA T21. Para o desenvolvimento desta proposta, os objetivos gerais e específicos são listados a seguir.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os efeitos da interação de crianças com TEA e um robô socialmente assistivo (MARIA T21) aplicando jogos sérios que visam o estímulo de habilidades cognitivas e sociais, com base na aderência e desenvolvimento das crianças de acordo com o protocolo empregado.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir as características que devem estar presentes nos jogos sérios e as atividades a serem desempenhadas pelo robô;
- Propor e implementar um protocolo de interação entre as crianças com TEA e o robô MARIA T21 utilizando os jogos sérios, a fim de estimular habilidades cognitivas e sociais;
- Avaliar o desenvolvimento das crianças com TEA através de Testes de Atenção por Cancelamento, Teste de Trilhas para Pré-Escolares e tópicos da Bateria Psicomotora de Fonseca;
- Analisar a proxêmica no momento inicial da interação, bem como o deslocamento da criança no ambiente, por meio de um sensor laser (LiDAR);
- Avaliar a interação visual, verbal e tátil das crianças com o robô, a interação com o mediador e a realização dos jogos utilizando a escala GAS (*Goal Attainment Scaling*);
- Avaliar o robô e os jogos empregando a escala SUS (*System Usability Scale*) tanto para os pais das crianças com TEA quanto para os profissionais das instituições participantes.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia seguida nesta pesquisa, descrita a seguir, está dividida em tópicos que auxiliam na melhor compreensão da execução do trabalho. Inicialmente, constam as informações a respeito dos aspectos éticos da pesquisa. Em seguida, são discriminados os critérios utilizados para a seleção dos participantes. Ainda, descreve-se o protocolo proposto para a interação das crianças com TEA com o robô MARIA T21, sendo abordados os materiais necessários, incluindo os jogos. Por fim, são apresentados os métodos de avaliação dos experimentos, incluindo testes de avaliação cognitiva, escalas quantitativas, entrevistas com os responsáveis pelas crianças e com uma psicóloga, bem como dados técnicos captados pelo sistema projetado.

Para viabilizar o estudo, foram contatadas instituições parceiras e clínicas das cidades da região metropolitana de Vitória-ES que realizam atendimento de crianças com TEA. Foram apresentados a estas instituições os objetivos e necessidades da pesquisa, e, por conseguinte, foram entregues cartas de intenção (APÊNDICES A e B) contendo as informações relacionadas à presente pesquisa. Finalmente, foram definidos os planos de atividades para as instituições a seguir:

- Associação dos Amigos dos Autistas do Espírito Santo (AMAES), localizada no município de Vitória-ES;
- Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE) do município de Vila Velha-ES.

4.1 QUESTÕES ÉTICAS DA PESQUISA

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal do Espírito Santo, sob o número 1.121.638/2015 (ANEXO I).

Portanto, esta pesquisa se alinha às questões éticas inerentes à pesquisa com seres humanos, conforme estipulado na Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde e suas especificações complementares (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012). Este estudo mantém assegurada a privacidade e o sigilo dos participantes, assim como a proteção suas identidades, mantendo confidenciais as informações coletadas.

Os responsáveis legais de todas as crianças selecionadas permitiram a participação na pesquisa assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE C), após devidamente informados sobre os objetivos da mesma, sendo essa permissão um pré-requisito para a coleta de dados.

4.2 INTERAÇÃO CRIANÇA-ROBÔ

4.2.1 Participantes

As crianças com TEA elegíveis a participar deste estudo foram selecionadas pelos profissionais de psicologia da AMAES e APAE, de acordo com os seguintes critérios de inclusão:

- Crianças diagnosticadas com TEA (nível 1 ou 2), de acordo com os critérios do *DSM-V*, e/ou diagnosticadas com Autismo Infantil (F84.0), de acordo com CID 10;
- Faixa etária de 6 a 13 anos;
- Capacidade de compreender os comandos verbais e/ou visuais durante os jogos e intervenções;
- Ausência de experiências traumáticas ou fobias.

Em contrapartida, os critérios de exclusão compreenderam crianças com:

- Doenças neurológicas concomitantes, como epilepsia ou síndromes que afetam o desenvolvimento cerebral;
- Muitos movimentos estereotipados/repetitivos;
- Tendência à agressão e/ou muito agitadas.

4.2.2 Jogos sérios utilizados

Durante os protocolos foram utilizados quatro jogos sérios, a saber, “Amarelinha”, “Sequência Sonora”, “Arara Vermelha” e “Alimentação Saudável”. Os jogos foram elaborados por alunos de Graduação e Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Engenharia da Computação participantes da pesquisa, utilizando a plataforma Unity 3D, a qual faz uso de blocos que podem ser animados associando-os a códigos em linguagem C#. As propostas de utilizar esses jogos surgiram a partir de discussões do grupo de pesquisa a respeito dos seus aspectos lúdicos e terapêuticos que poderiam torná-los interessantes na terapia das crianças com TEA e SD. Nesse sentido, os jogos foram pensados para conter músicas tranquilas de fundo, cores vivas e objetos divertidos, os quais são aspectos utilizados para chamar a atenção das crianças.

O jogo “Amarelinha” visa estimular a atenção compartilhada, a imitação e a interação, habilidades normalmente reduzidas em crianças com TEA, além do equilíbrio e a coordenação motora. Nesse jogo, a criança deve pular por uma amarelinha composta por quadrados numerados de 1 a 9 e com diferentes cores (azul, rosa, laranja, vermelho e verde). Na extremidade inicial da amarelinha há a palavra “Não”, indicando números e/ou cores nos quais a criança não deve pisar. Na extremidade final existe um retângulo com a palavra “céu”, como mostra a Figura 12, que o jogador deve alcançar a cada rodada do jogo.

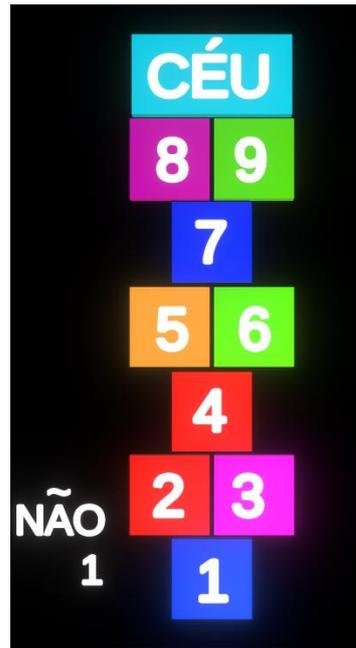


Figura 12. Jogo “Amarelinha”. Fonte: Dados da Pesquisa.

Este jogo possui quatro níveis que aumentam sua dificuldade progressivamente: (1) nesse nível, a criança não pode pisar em um número específico; (2) nesse nível a criança não deve pisar na cor indicada; (3) uma cor e um número aparecem próximos ao comando “Não”, e a criança não pode pisar em nenhum deles; (4) nesse nível, uma cor e dois números são excluídos da rodada. As regras aparecem de forma aleatória, sendo cinco vezes no nível 1, quatro vezes nos níveis 2 e 3, e no nível 4 só cessam com a finalização do jogo no sistema.

O jogo “Sequência Sonora” trabalha tanto a atenção dividida e compartilhada quanto a memória de trabalho e a discriminação de estímulos como sons e cores. Para isso, o robô MARIA T21 projeta diante da criança quatro quadrados de diferentes cores, reproduzindo sons com diferentes notas musicais enquanto eles piscam. A criança deve então pisar nos quadrados que piscaram, repetindo a sequência mostrada pelo robô (Figura 13). No primeiro nível, apenas um item pisca; no nível dois, dois itens piscam ou um item pisca duas vezes, e assim a sequência continua aumentando. Dessa forma, cada nível tem uma complexidade maior que o anterior, e para cada execução correta a criança ganha uma estrela. Em caso de erro o jogo retorna ao nível inicial.



Figura 13. Jogo “Sequência Sonora”. Fonte: Dados da Pesquisa.

O jogo “Arara Vermelha” visa treinar atenção dividida e compartilhada, propriocepção, coordenação motora e equilíbrio postural, que são aspectos importantes para crianças com TEA. Neste jogo, projeta-se no chão um ambiente natural repleto de montanhas, cachoeiras e árvores verdes e vermelhas. Esse ambiente consiste no lar dos personagens do jogo: uma arara-vermelha e seus filhotes (Figura 14). A tarefa da criança é controlar o animal e ir em busca de alimentos. Para isso, a criança deve se posicionar em frente ao robô, no limite da projeção, e levantar os braços para que a arara voe. Caso deseje que o animal suba ou desça, a criança deve levantar ou abaixar os braços; para ir para a esquerda ou direita, o tronco da criança deve ser inclinado para esquerda ou direita e, para manter o curso, basta que a criança permaneça com o tronco na vertical.

No primeiro nível do jogo, um total de 4 frutas devem ser coletadas enquanto a arara passa próximo às árvores vermelhas, para, posteriormente retornar ao ninho e entregá-las aos filhotes. No nível seguinte, a criança deve novamente ir em busca de 4 frutas, mas dando preferência às árvores vermelho-escuras, que são encontradas em menor número. Por fim, a criança deve conduzir a arara ao ninho novamente para os filhotes recolherem as frutas.



Figura 14. Jogo “Arara Vermelha”. Fonte: Dados da Pesquisa.

No Jogo “Alimentação Saudável”, um Avatar se encontra em um campo aberto onde os alimentos caem do céu (Figura 15). O avatar se move para direita ou esquerda, de acordo com a direção para a qual a criança se move, em função da média automaticamente calculada das posições dos pés da criança.

Durante o jogo, a criança deve se posicionar sobre a área verde, a qual simula um gramado, e se mover em direção aos alimentos saudáveis, como maçã e banana. Em contrapartida, a criança deve evitar alimentos que não são tão saudáveis, como hambúrguer e batata frita. Uma barra com uma parte vermelha e outra parte azul indica o estado de saúde do avatar. Se a criança evita alimentos saudáveis e busca os que podem fazer mal à saúde, a parte vermelha da barra cresce, e quando a barra fica completamente vermelha ocorre o fim do jogo (*game over*). Por outro lado, se a criança coleta mais alimentos saudáveis, a porção azul da barra cresce. Neste caso, o jogo finaliza quando a barra se torna completamente azul, e uma mensagem de parabéns é exibida na projeção.

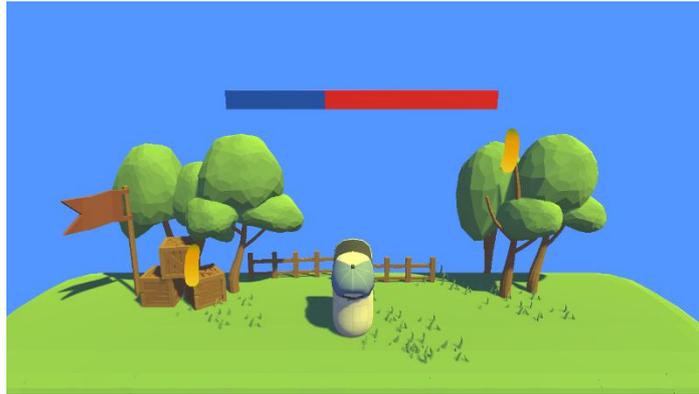


Figura 15. Jogo “Alimentação Saudável”. Fonte: Dados da Pesquisa.

4.2.3 Protocolo de testes na AMAES Vitória

Sete crianças com TEA foram selecionadas para participar da pesquisa na AMAES. Os pais e responsáveis foram contatados para realização presencial de uma anamnese sobre aspectos de vida e desenvolvimento das crianças. Nessa ocasião, os pais e responsáveis foram informados sobre a condução da pesquisa e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE (APÊNDICE C). Em um segundo encontro, as crianças foram avaliadas por testes de domínio público capazes de mensurar características importantes trabalhadas nos jogos. Foram utilizados o Teste de Atenção por Cancelamento (que avalia a atenção seletiva e alternada), o Teste de Trilhas para Pré-Escolares (que avalia a flexibilidade cognitiva) e a Bateria Psicomotora de Fonseca (que avalia aspectos psicomotores, por exemplo, equilíbrio, propriocepção e até mesmo memória de trabalho) (MONTIEL; SEABRA, 2012; MONTIEL; CAPOVILLA, 2008; TREVISAN; SEABRA, 2012; FONSECA, 1995).

O protocolo consistiu em dez sessões de aproximadamente 45 minutos cada, executado em um período de três meses, onde era promovida a interação entre a criança e o robô utilizando os jogos sérios. Tendo em vista que a pesquisa foi realizada no contexto da pandemia mundial de *Covid-19*, todas as crianças e pesquisadores presentes na sala permaneceram de máscara. Ademais, no intervalo de cada sessão, cerca de 5 minutos iniciais foram utilizados para receber a criança e higienizar e suas mãos e também as dos pesquisadores. Nos 10 minutos finais, foi feita novamente a

higienização das mãos das crianças e pesquisadores, bem como limpeza do robô, seguindo as orientações da OMS (OMS, 2020).

Nesse protocolo, foram utilizados os quatro jogos sérios citados: Amarelinha, Sequência Sonora, Arara Vermelha e Alimentação Saudável. Antes dos jogos serem iniciados, a pesquisadora explicava e demonstrava para a criança a maneira correta de jogar. Esse procedimento era repetido quando necessário durante as sessões. No decorrer das interações, a pesquisadora auxiliava a criança na realização das atividades sempre que necessário, principalmente orientando a criança através de comandos verbais. Os experimentos foram realizados na própria AMAES em salas com baixa incidência de luz, para a apropriada projeção dos jogos. Na sala estavam presentes o robô, a criança, a pesquisadora e um engenheiro eletricitista que realizava o controle do robô e dos jogos pelo computador (Figura 16). Sempre que necessário um pai ou responsável também podia permanecer na sala.

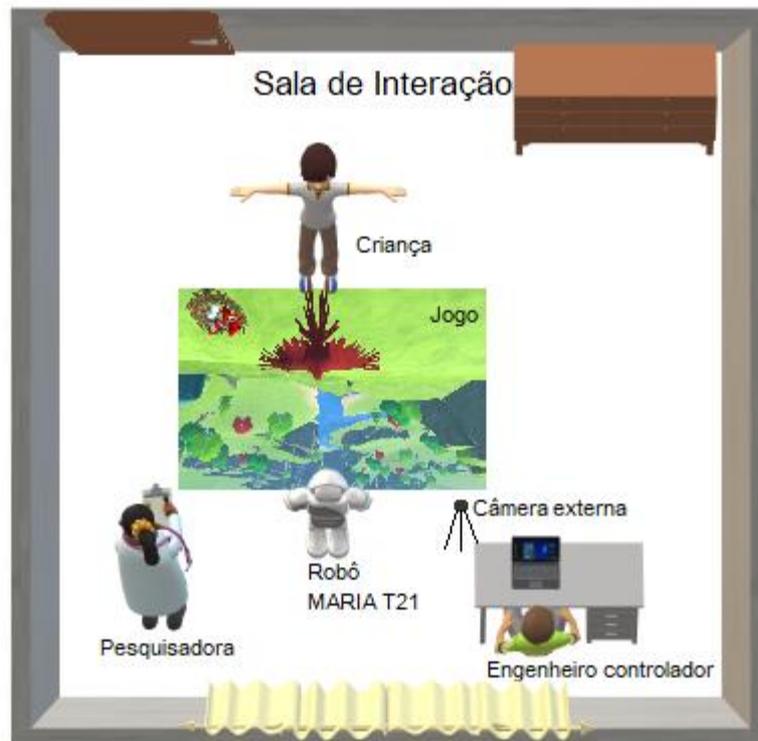


Figura 16. *Layout* da organização da sala de interação criança-robô. Fonte: Autoria Própria via Paint 3D

Na primeira sessão, o robô se apresentava dizendo que seu nome era MARIA T21, perguntava o nome da criança e o que ela gostava de fazer. Em seguida, indagava se a criança gostaria de brincar e, em caso afirmativo, demonstrava felicidade em sua face. A pesquisadora ensinava a forma correta de jogar, esclarecendo eventuais dúvidas. Posteriormente, o engenheiro comandava o robô para iniciar o jogo. Caso a criança não tivesse sido convencida, um novo convite era feito pelo robô. Em casos de resistência da criança, a pesquisadora interferia, incentivando e ajudando a executar o jogo.

Nas sessões seguintes, o robô sempre cumprimentava a criança, demonstrando felicidade pela sua presença, e pedia um abraço. Antes de iniciar o jogo, um breve alongamento era realizado pela criança, de acordo com os comandos do robô e com auxílio da pesquisadora. Todos os jogos, antes de serem iniciados, contavam com uma introdução sucinta, para relembrar a tarefa que a criança deveria realizar. Ao concluir os jogos, a criança era parabenizada e novamente fazia o alongamento. Uma mensagem de despedida emitida pelo robô indicava o fim do protocolo do dia, e que a criança seria aguardada para uma nova interação (Figura 17).

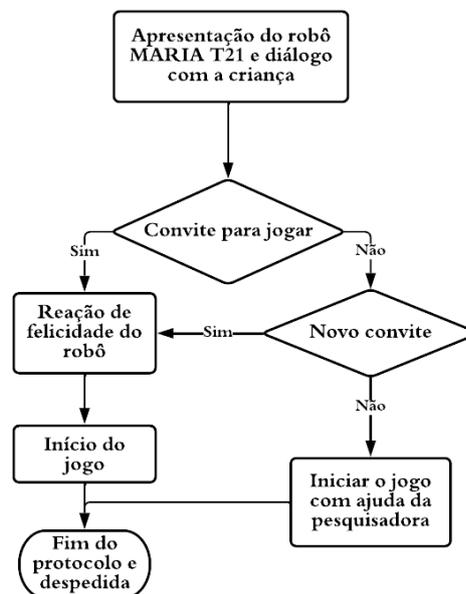


Figura 17. Fluxograma de interação criança-robô. Fonte: Autoria Própria

Ao final da realização do protocolo, as crianças eram reavaliadas pelos mesmos testes utilizados inicialmente, e uma entrevista era conduzida com os pais e responsáveis

pela criança, com a intenção de identificar aspectos positivos das interações do robô com as crianças. Nessa entrevista as questões tratavam sobre mudanças de estereotipia, contato visual, interação social, atenção, memória, compreensão de comandos, percepção dos sentimentos dos outros, comportamento (obediência), mudanças observadas na escola, coordenação motora, percepção de si mesmo no espaço (propriocepção), comunicação (capacidade de se expressar), relacionamentos com os demais, independência, interesse por fazer atividade física e em ter uma alimentação saudável.

4.2.4 Protocolo de testes na APAE Vila Velha

Antes de iniciar o protocolo, os pais e responsáveis pelas quatro crianças selecionadas para participar da pesquisa assistiram a uma apresentação com detalhes sobre a pesquisa e assinaram o TCLE. As crianças passaram pelo processo de avaliação física e cognitiva, assim como feito no protocolo da AMAES, através do Teste de Atenção por Cancelamento, Teste de Trilhas para Pré-Escolares e Bateria Psicomotora de Fonseca. Na APAE, foi obtido acesso ao prontuário das crianças para verificação de informações a respeito de suas características e desenvolvimento.

O protocolo consistiu em quatro sessões de gameterapia com o robô, no período de dois meses, em sessões com cerca de 45 minutos, utilizando os quatro jogos sérios. Ressalta-se que também na APAE foram implementadas as medidas de prevenção à *Covid-19*. A condução das sessões foi realizada na própria instituição, seguindo o mesmo processo de interação descrito no protocolo realizado na AMAES.

Com o encerramento das interações, as crianças eram reavaliadas através dos testes utilizados inicialmente. A fim de identificar as contribuições oriundas das interações das crianças com TEA com o robô, os pais e responsáveis foram entrevistados da mesma forma como feito na AMAES. Ademais, a psicóloga responsável pelo atendimento das quatro crianças foi entrevistada com relação aos pontos positivos da pesquisa, bem como sugestões de melhorias nos jogos e no protocolo.

4.3 INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO DAS INTERAÇÕES COM O ROBÔ

A Escala de Alcance de Metas (GAS - *Goal Attainment Scaling*) e a Escala de Usabilidade do Sistema (SUS - *System Usability Scale*) foram utilizadas, respectivamente, tanto para avaliar a interação das crianças com TEA com o robô e os jogos sérios quanto a usabilidade do sistema. Além disso, foram aplicados os testes de avaliação cognitiva para mensurar a eficiência do protocolo descrito na estimulação de habilidades-alvo das crianças: Teste de Atenção por Cancelamento (TAC), Teste de Trilhas para Pré-Escolares (TT-PE) e aspectos da Bateria Psicomotora de Fonseca. Para detectar aspectos de proxêmica e o deslocamento das crianças, foram utilizados os dados gravados pelo sensor laser (LiDAR) e o *software* OpenPose.

4.3.1 Detecção da Proxêmica e Movimentos das Crianças

A proxêmica é um princípio fundamental da interação e representa a distância entre dois agentes durante uma interação, se aplicando tanto a agentes humanos quanto a interações humano-robô (HENKEL *et al.*, 2014). Esse conceito foi descrito inicialmente pelo antropólogo Edward T. Hall (1966), sendo que para ele o espaço de interação existente em torno de um ser humano poderia ser dividido em diferentes zonas. As quatro zonas de proximidade (Figura 18) foram definidas Michael Argyle (1988) como zona pública, zona social, zona pessoal e zona íntima.

As zonas de proximidade do robô ocupadas pelas crianças, no início das sessões, foram detectadas pelo sensor de distância laser (LiDAR), mostrado na Figura 19, o qual fica localizado na cintura do robô. As gravações dos dados de distância obtidos pelo sensor também permitem identificar o deslocamento das crianças durante a execução dos jogos. Para o jogo “Sequência Sonora”, são gerados gráficos de percursos produzidos pelo deslocamento da criança ao longo do tempo, os quais são utilizados para avaliar se as crianças apresentam maior coordenação dos movimentos, ao final dos testes, comparando duas sessões consecutivas.

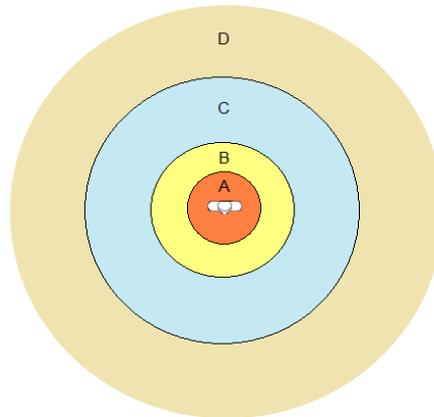


Figura 18. Representação das zonas de proximidade em relação a um indivíduo conforme conceitos de Hall (1966) e Argyle (1988). A) Zona Íntima vai até 0,45 m; B) A Zona Pessoal fica entre 0,45 m e 1,2 m; C) A Zona Social fica entre 1,2 m e 3,6 m; D) A Zona Pública fica acima de 3,6 m. Fonte: Autoria Própria.

A estimativa de posição de indivíduos em um ambiente pode ser útil em vários domínios, tais como no reconhecimento de ações, captura de movimentos, entre outros (OSOKIN, 2018). Contudo, o estudo de movimentos humanos carece de um sistema capaz de capturar movimento sem marcadores, que possua facilidade para ser utilizado e que seja preciso o bastante para avaliar o desempenho motor (NAKANO *et al.*, 2020). Adicionalmente, há que considerar o fato da aguda sensibilidade de crianças com TEA ao toque (WOO; LEON, 2013), o que prejudica o uso de marcadores sobre a pele da criança. Nesse sentido, o OpenPose (*software* para detecção de pontos-chave do corpo humano em tempo real), utilizado neste trabalho, é uma excelente opção, já que utiliza apenas as imagens capturadas por câmeras, sem necessidade de marcadores (QIAO; WANG; LI, 2017), sendo assim uma alternativa na detecção de movimentos de crianças com TEA.



Figura 19. Sensor de distância laser (LiDAR A1 Slamtec). Fonte: slamtec.com.

4.3.2 Goal Attainment Scaling (GAS)

A Escala de Alcance de Metas (*Goal Attainment Scaling - GAS*) é uma técnica matemática que permite quantificar o cumprimento (ou não) de objetivos pré-determinados pelo pesquisador. Cada objetivo recebe uma nota de acordo com o sucesso na sua concretização, variando de -2 (desempenho muito pior do que o esperado) a +2 (desempenho muito melhor do que o esperado), com 0 indicando o desempenho esperado (KRASNY-PACINI *et al.*, 2013; TURNER-STOKES, 2009). Foram definidos três objetivos para essa pesquisa (Tabela 3).

Tabela 3. GAS para três objetivos estabelecidos. Fonte: Autoria Própria

Resultados previstos	Interação com o robô (considerando contatos visual, físico e verbal)	Interação com o mediador	Realização dos jogos
Resultado muito pior que o esperado (-2)	Não apresenta nenhuma forma de contato com o robô e demonstra medo/repulsa	Parece não entender os comandos dados pelo mediador e não os realiza	Não realiza os jogos
Resultado pior que o esperado (-1)	Não apresenta nenhuma forma de contato com o robô e não se interessa por ele	Entende os comandos, mas não os realiza, mesmo sendo encorajado(a)	Conclui até 2 jogos
Resultado esperado (0)	Apresenta pelo menos uma das formas de contato com o robô demonstrando interesse	Entende os comandos e os realiza com ajuda do mediador	Conclui pelo menos 3 dos 4 jogos
Resultado melhor que o esperado (+1)	Apresenta pelo menos duas formas de contato com o robô, mantendo-o por alguns segundos	Entende os comandos e os realiza, encorajado(a) pelo mediador	Conclui os 4 jogos pelo menos uma vez
Resultado muito melhor que o esperado (+2)	Apresenta as 3 formas de contato com o robô, mantendo-o por alguns segundos	Compreende os comandos e os realiza espontaneamente	Conclui os jogos e realiza um deles mais de uma vez

Os dois primeiros objetivos: “Interação com o robô” e “Interação com o mediador”, são importantes para crianças com TEA, devido à sua dificuldade de contato visual e físico, comunicação e interação social (YUN *et al.*, 2017). O terceiro objetivo “Realização dos jogos” avalia o cumprimento das regras do jogo. Os três objetivos citados receberam o mesmo peso (igual a 1), sendo o sucesso na realização dos objetivos calculado pela Equação:

$$T = 50 + C_x \sum X_i$$

onde, C_x é o coeficiente do número de objetivos gerais (que para três objetivos gerais corresponde a 4,56), e X_i é a somatória da pontuação GAS obtida a partir dos objetivos estabelecidos. Um valor de T superior a 50 reflete um desempenho acima do nível esperado; T igual a 50 corresponde ao nível esperado de desempenho; e T inferior a 50 reflete um desempenho abaixo do esperado (KRASNY-PACINI *et al.*, 2013).

4.3.3 System Usability Scale (SUS)

A Escala de Usabilidade do Sistema (*System Usability Scale* - SUS) permite que profissionais e pais ou responsáveis avaliem a facilidade de uso do robô e dos jogos sérios como ferramenta terapêutica para crianças com TEA (BROOKE, 2013; LEWIS; SAURO, 2009). A escala SUS é composta pelos dez itens a seguir (itens ímpares redigidos positivamente; itens pares redigidos negativamente) (BROOKE, 1996).

1. Acho que gostaria de usar este sistema com frequência.
2. Achei o sistema desnecessariamente complexo.
3. Achei o sistema fácil de usar.
4. Acho que precisaria do apoio de um técnico para poder usar este sistema.
5. Achei que as várias funções deste sistema estavam bem integradas.
6. Achei que havia muita inconsistência neste sistema.
7. Imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar este sistema muito rapidamente.
8. Achei o sistema muito complicado de usar.
9. Senti-me muito confiante ao usar o sistema.
10. Eu preciso aprender muitas coisas antes de começar a usar este sistema.

Para utilização da escala SUS, os dez itens foram apresentados aos pais ou responsáveis e, em alguns casos, também aos terapeutas da criança. As respostas são avaliadas em escalas de 5 pontos, numeradas de 1 (“Discordo totalmente”) a 5 (“Concordo totalmente”). Quando um participante não responde algum item, uma pontuação de 3 (o centro da escala de classificação) deve ser atribuída. Para o cálculo dos resultados, a pontuação obtida (que varia de 1 a 5 pontos) deve ser convertida para uma pontuação de 0 a 4 pontos, respectivamente, indicando a posição na escala. Para itens escritos positivamente (1, 3, 5, 7 e 9), a pontuação é a posição da escala menos 1; e para itens escritos negativamente (2, 4, 6, 8 e 10), a pontuação consiste em 5 menos a posição na escala. Assim, a fim de obter a pontuação geral da escala SUS, deve-se multiplicar a soma desses valores por 2,5. Desta forma, os valores através da escala SUS variam de 0 a 100, sendo que bons resultados são obtidos quando a pontuação média é superior a 68 (BROOKE, 2013; LEWIS; SAURO, 2009).

4.3.4 Teste de Atenção por Cancelamento

O Teste de Atenção por Cancelamento (TAC) (MONTIEL; SEABRA, 2012) avalia aspectos de atenção seletiva, a qual é a capacidade de atentar a um determinado tipo de estímulos entre vários disponíveis. O teste ainda avalia a atenção alternada, que é a capacidade de mudar o foco de atenção (HAZIN *et al.*, 2012). O teste possui três partes, nas quais a tarefa é assinalar nas matrizes impressas os estímulos iguais a um alvo previamente determinado. A criança tem um minuto para marcar as figuras de cada tarefa, seguindo a ordem das 15 linhas na matriz, cada uma com 20 figuras geométricas (círculo, quadrado, triângulo, cruz, estrela e traço).

Na primeira parte do teste o estímulo-alvo é impresso na parte superior da matriz (por exemplo, um círculo), e a tarefa da criança é marcar com um traço o estímulo-alvo (o círculo, por exemplo) entre os 300 estímulos (ao todo são 50 círculos). Na segunda parte, o estímulo-alvo aparece sete vezes na matriz, sendo composto por duas figuras (por exemplo, um quadrado e um triângulo), as quais devem ser assinaladas em conjunto. Ambas as partes 1 e 2 avaliam a atenção seletiva. A terceira parte avalia a

atenção seletiva e alternada, pois o estímulo-alvo muda a cada linha da matriz, sendo a primeira figura localizada à esquerda na linha. O número de vezes que o estímulo-alvo aparece varia de 2 a 6 vezes por linha, totalizando 52 aparições. A Figura 20 demonstra de forma sucinta as três partes do teste. O desempenho no teste é pontuado separadamente para cada uma de suas três partes, considerando o total de estímulos corretamente assinalados pela criança (PEREIRA *et al.*, 2018).

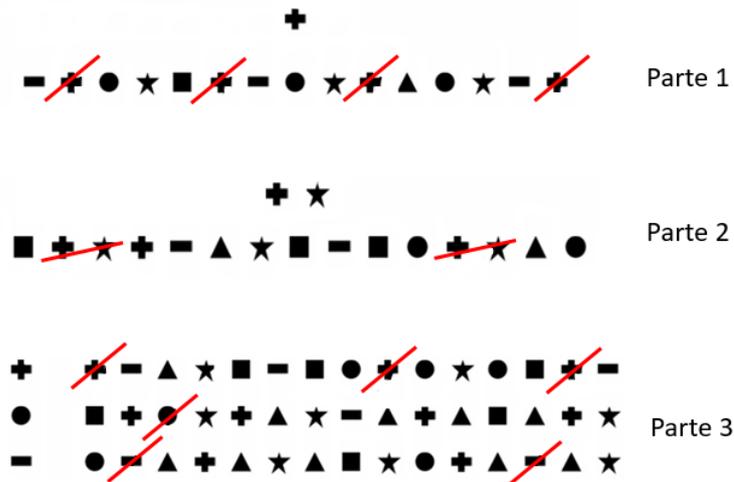


Figura 20. Exemplos das tarefas requeridas em cada parte do TAC. Fonte: PEREIRA *et al.*, 2018

4.3.5 Teste de Trilhas para Pré-Escolares

O Teste de Trilhas para Pré-Escolares (TT-PE) (TREVISAN; SEABRA, 2012) é baseado na versão original do Teste de Trilhas, no qual os estímulos são letras e números. Para não haver exigência de conhecimento acadêmico formal, nesta versão os estímulos são substituídos por figuras.

O teste destina-se especialmente à avaliação da flexibilidade cognitiva que consiste na capacidade de adaptar as estratégias de processamento cognitivo, mudando pensamentos ou ações, de acordo com novas situações (CAÑAS *et al.*, 2003; GEURTS *et al.*, 2009). Esse teste é composto por duas partes: na parte A é dada à criança uma folha com figuras de uma família composta por cinco “cachorrinhos” que devem ser ligados por ordem de tamanho. Nesse processo, competências de atenção,

busca visual e velocidade são mobilizadas. Na parte B, adicionam-se figuras de ossos de tamanhos e cores correspondentes aos dos cachorros, e a criança deve combiná-los de maneira apropriada, na ordem de tamanho, ligando-os alternadamente (Figura 21). Além de atenção, busca visual e velocidade, essa parte do teste exige também flexibilidade cognitiva. Como medidas de desempenho, foi utilizado o número de sequências corretas nas partes A e B do teste (PEREIRA *et al.*, 2018).

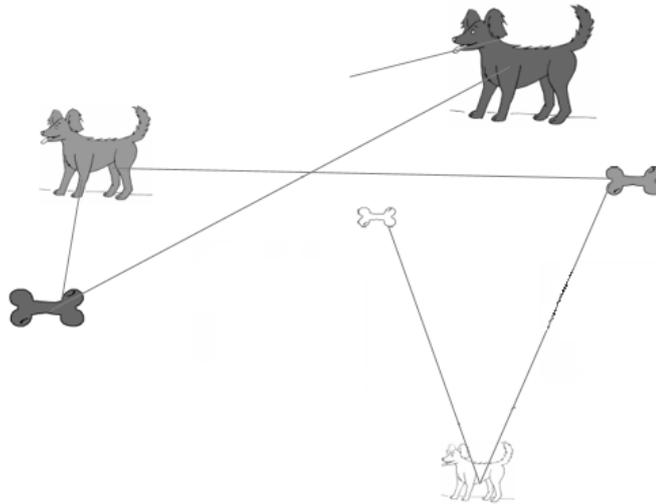


Figura 21. Exemplo da tarefa requerida na parte B do TT-PE. Fonte: PEREIRA *et al.*, 2018

4.3.6 Bateria Psicomotora de Fonseca

A Bateria Psicomotora utilizada neste estudo, elaborada por Fonseca em 1995, é um instrumento de avaliação para crianças com dificuldade de aprendizagem motora, por exemplo, pessoas com deficiências visuais, de comunicação e socioemocionais (GORLA *et al.*, 2003). Os sete aspectos que compõem a bateria são: tonicidade, equilíbrio, lateralização, noção do corpo, estruturação espaço-temporal, praxia global e praxia fina. A bateria está subdividida em 26 subfatores e pode ser utilizada de forma completa ou considerando apenas alguns itens (FONSECA, 1995).

Neste estudo, optou-se por avaliar subfatores somente de quatro aspectos, incluindo equilíbrio (estático e dinâmico, e imobilidade), noção corporal (reconhecimento de direita e esquerda, autoimagem, imitação de gestos e desenho do corpo), estruturação espaço-temporal (rítmica e dinâmica) e praxia fina (velocidade-precisão) (Tabela 4).

Os resultados representam a soma de valores adquiridos na avaliação dos subfatores. Esses valores podem variar entre 1 e 4, indicando as seguintes características e perfis psicomotores (FONSECA, 1995):

- 1 Perfil apráxico - Realização imperfeita, incompleta e descoordenada (fraco).
- 2 Perfil dispráxico - Realização com dificuldades de controle (satisfatório).
- 3 Perfil eupráxico - Realização controlada e adequada (bom).
- 4 Perfil hiperpráxico - Realização perfeita, econômica, harmoniosa e bem controlada (excelente).

A Tabela 4 mostra os subfatores e os critérios de pontuação de cada um deles. Os resultados são obtidos em cada categoria de acordo com as realizações da criança, sendo que para a parte de evolução foi representada a média entre os subitens.

Tabela 4. Fatores e subfatores da Bateria Psicomotora de Fonseca utilizados. Fonte: Adaptado de FONSECA, 1995.

Fatores	Subfatores	Pontuações
Equilíbrio	Imobilidade	1. suporta 30 segundos com presença de desequilíbrios ou queda; 2. suporta entre 30 a 45 segundos com insegurança gravitacional; 3. suporta entre 45 a 60 segundos com ligeiras gesticulações; 4. suporta 60 segundos com controle postural.
	Equilíbrio estático: - Apoio retilíneo - Ponta dos pés - Apoio num pé	1. mantém por menos de 10 segundos, sem abrir os olhos; 2. permanece entre 10 a 15 segundos, sem abrir os olhos; 3. permanece entre 15 a 20 segundos, sem abrir os olhos; 4. permanece por 20 segundos, sem abrir os olhos.
	Equilíbrio dinâmico: - Marcha controlada	1. não realiza a tarefa ou realiza de forma incompleta; 2. realiza a marcha com pausas frequentes e desequilíbrios; 3. realiza a marcha controlada com ligeiro desequilíbrio; 4. realiza a marcha perfeita sem desequilíbrio.
	Equilíbrio dinâmico: Evolução: - para frente - para trás - do lado direito - do lado esquerdo - Pé coxinho esquerdo - Pé coxinho direito	1. não realiza as tarefas ou realiza apresentando mais de três quedas; 2. realiza as tarefas com pausas frequente e com uma a três quedas; 3. realiza com ligeiros desequilíbrios, mas sem queda; 4. realiza sem desequilíbrios e com perfeito controle

		<ul style="list-style-type: none"> - Pés juntos para frente - Pés juntos para trás - Pés juntos com os olhos fechados
Noção corporal	Reconhecimento de direita e esquerda	1. não realiza as tarefas ou realiza uma ou duas ao acaso; 2. realiza duas ou quatro tarefas com confusão; 3. realiza três ou seis tarefas com ligeira confusão; 4. realiza as oito tarefas de forma perfeita.
	Autoimagem	1. se não acertar ou se acertar pelo menos uma vez na ponta do nariz; 2. se acertar uma ou duas vezes a ponta do nariz; 3. se falhar uma ou duas vezes, mas com movimento adequado; 4. se tocar quatro vezes exatamente na ponta do nariz.
	Imitação de gestos	1. não reproduz nenhuma ou apenas uma das figuras com distorção; 2. reproduz duas figuras com distorção; 3. reproduz três figuras com ligeiras distorções; 4. reproduz com perfeição, precisão e acabamento.
	Desenho do corpo	1. não realiza ou realiza um desenho irreconhecível; 2. realiza um desenho muito pequeno ou muito grande; 3. realiza um desenho completo, mas com distorções; 4. realiza um desenho graficamente perfeito.
Estruturação espaço-temporal	Estruturação rítmica	1. reproduz duas das cinco estruturas ou é incapaz de realizar; 2. reproduz três das cinco estruturas revelando irregularidades; 3. reproduz quatro das cinco estruturas; 4. reproduz todas as estruturas.
	Estrutura dinâmica	1. realiza duas das seis figuras; 2. realiza três das seis figuras; 3. realiza quatro das seis figuras; 4. realiza cinco ou seis figuras corretamente.
Praxia fina	Velocidade-precisão	Pontos
		<p>1. realiza menos de 15 pontos ou se não completa a tarefa; 2. realiza entre 20 a 30 pontos; 3. realiza entre 30 e 50 pontos; 4. realiza mais de 50 pontos.</p> <p>Cruzes</p> <p>1. realiza menos de 10 cruzes ou se não completa a tarefa; 2. realiza entre 10 a 15 cruzes; 3. realiza entre 15 a 20 cruzes; 4. realiza mais de 20 cruzes.</p>

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico, são apresentados os resultados obtidos na análise dos testes de interação de crianças com TEA e o robô móvel MARIA T21, tanto por objetivos estabelecidos na escala quantitativa (GAS) quanto pela escala SUS, que permite avaliar a usabilidade do robô. Os dados sobre desenvolvimento cognitivo e psicomotor foram obtidos através dos testes Teste de Atenção por Cancelamento, Teste de Trilhas para Pré-Escolares e Bateria Psicomotora de Fonseca. Ademais, informações importantes para a pesquisa também foram extraídas de entrevistas realizadas com os responsáveis pelas crianças e uma psicóloga da APAE. Os registros do sensor laser (LiDAR) e da plataforma OpenPose serviram como ferramentas para avaliar a proxêmica, a acurácia de movimento e a evolução das crianças no decorrer das sessões.

5.1 INTERAÇÃO DAS CRIANÇAS COM TEA E O ROBÔ MARIA T21

Participaram dos testes onze crianças com TEA atendidas pelas associações AMAES de Vitória/ES e APAE de Vila Velha/ES, as quais tiveram sua identidade preservada e são identificadas conforme quadro abaixo. Para as crianças da AMAES, foi utilizado o identificador “Criança” seguido de um número (Tabela 5), enquanto as crianças da APAE foram identificadas pelo termo seguido de uma letra (Tabela 6).

Em um teste piloto realizado com o robô MARIA T21 foi verificada uma reação de medo por parte da criança quando o robô entrava na sala de forma abrupta (SOUZA *et al.*, 2021). Portanto, nos protocolos executados neste trabalho, o robô já se encontrava dentro da sala antes da entrada da criança. Ademais, anteriormente ao início do protocolo, as crianças tiveram um contato de familiarização com o robô, com o propósito de verificar se alguma delas apresentaria reação negativa que impossibilitasse a participação na pesquisa. É importante ressaltar que as crianças participantes não apresentaram reação ou expressão negativa em relação ao robô.

Alguns momentos dessa interação das crianças com o robô podem ser observados na Figura 22.

Tabela 5. Crianças da AMAES Vitória participantes do estudo e suas idades. Fonte: Dados da Pesquisa.

Participantes	Idade (anos)	Sexo ⁽¹⁾
Criança 1	13	M
Criança 2	12	F
Criança 3	12	M
Criança 4	10	M
Criança 5	8	M
Criança 6	8	F
Criança 7	8	M

1 M – Masculino; F – Feminino.

Tabela 6. Crianças da APAE Vila Velha participantes do estudo e suas idades. Fonte: Dados da Pesquisa.

Participantes	Idade (anos)	Sexo ⁽¹⁾
Criança A	9	M
Criança B	8	M
Criança C	6	M
Criança D	6	F

1 M – Masculino; F – Feminino.

Nos testes realizados, foram observados nas crianças alguns aspectos como curiosidade, empolgação e expressão de surpresa logo de início. Uma reação espontânea da maior parte das crianças foi se aproximar do robô e, ao serem incentivadas pela pesquisadora, elas abraçaram o robô e fizeram perguntas, a fim de estabelecer um diálogo. Uma criança se mostrou relutante em interagir no início, mas em alguns minutos foi atraída pelas falas e movimentos dos braços e deslocamento do robô. Vale destacar que os diálogos e reforços positivos proporcionados pelo robô foram pensados para se alinhar aos interesses das crianças. Essa característica permite que a criança se mantenha motivada e interessada nos jogos (GROSSARD *et al.*, 2018).



Figura 22. Alguns momentos da interação criança-robô. Fonte: Dados da Pesquisa.

Sabe-se que robôs móveis permitem uma interação dinâmica, sendo uma grande vantagem a capacidade do robô de detectar a localização das crianças, garantindo uma distância segura, o que pode ser utilizado como um indicador do interesse da criança pelo robô em comparação com o interesse pelo mediador (BOCCANFUSO *et al.*, 2017). Isso foi verificado no início do protocolo, onde as crianças demonstraram habilidades sociais com o robô, demonstrando que o sistema funciona como uma ferramenta terapêutica e pedagógica interessante para crianças com TEA.

5.1.1 Proxêmica e Deslocamento Durante o Jogo “Sequência Sonora”

A análise da proximica entre as crianças e o robô MARIA T21 foi conduzida considerando os segundos iniciais das gravações feitas a partir do sensor de distância laser (LiDAR). Deve-se salientar que foram consideradas apenas sessões das quais foi possível filtrar os dados, não necessariamente a primeira sessão, pois diversos

fatores causaram interferências nas gravações, dentre eles, o posicionamento da pesquisadora próximo ao ambiente de interação, e os equipamentos componentes das salas utilizadas nas instituições, como: armários, mesas, cadeiras e brinquedos.

Nas Figuras 23 e 24, estão registrados os segundos iniciais das gravações de sete participantes obtidas antes do início dos jogos. Notadamente, muitas vezes eles se aproximavam do robô MARIA T21, atingindo as Zonas Pessoal e Íntima (utilizando o robô como referência). Isso estava ligado à intenção da criança de responder os cumprimentos do robô. Também é possível observar o momento em que a criança se posiciona para aguardar o início dos jogos. Tendo em vista que a base dos jogos sérios projetados (local onde as crianças permaneciam para iniciar os jogos) é localizada a cerca de 2,10 m de distância do robô, nesse momento as crianças atingiam a Zona Social.

A proxêmica representa uma das várias subcategorias no estudo da comunicação não verbal (THEPSOONTHORN; OGAWA; MIYAKE, 2018). Basicamente, pistas proxêmicas podem ser utilizadas para inferir se duas pessoas estão interagindo, a natureza de seu relacionamento e a valência de sua interação, sendo que a distância interpessoal adotada pode revelar muito sobre as atitudes em relação ao outro (BUNCE; GRAY; COOK, 2021); por exemplo, a reciprocidade da criança ao tratamento carinhoso oferecido pelo robô MARIA T21, ao desejar um bom dia, questionar se a criança está bem, pedir um abraço, entre outros. Evidências anteriores apoiam a teoria de que há uma tendência da interação com robô seguir as regras proxêmicas, assim como na interação com outras pessoas, de modo que a experiência com robôs influencia o quão próximo alguém estaria desse robô (TAKAYAMA; PANTOFARU, 2009). A aproximação natural das crianças deste estudo e o robô MARIA T21 indica como elas se sentiram atraídas pelo robô, inclusive no primeiro contato.

Os dados mostram que o sensor LiDAR e a plataforma OpenPose, além de servir para controle dos jogos, também permitem avaliar o posicionamento e deslocamento das crianças. Vale ressaltar que nos próximos testes é importante reduzir o número de objetos e situações que podem causar interferência na captação dos dados, bem como formular uma etapa do protocolo mais específica para esse tipo de análise.

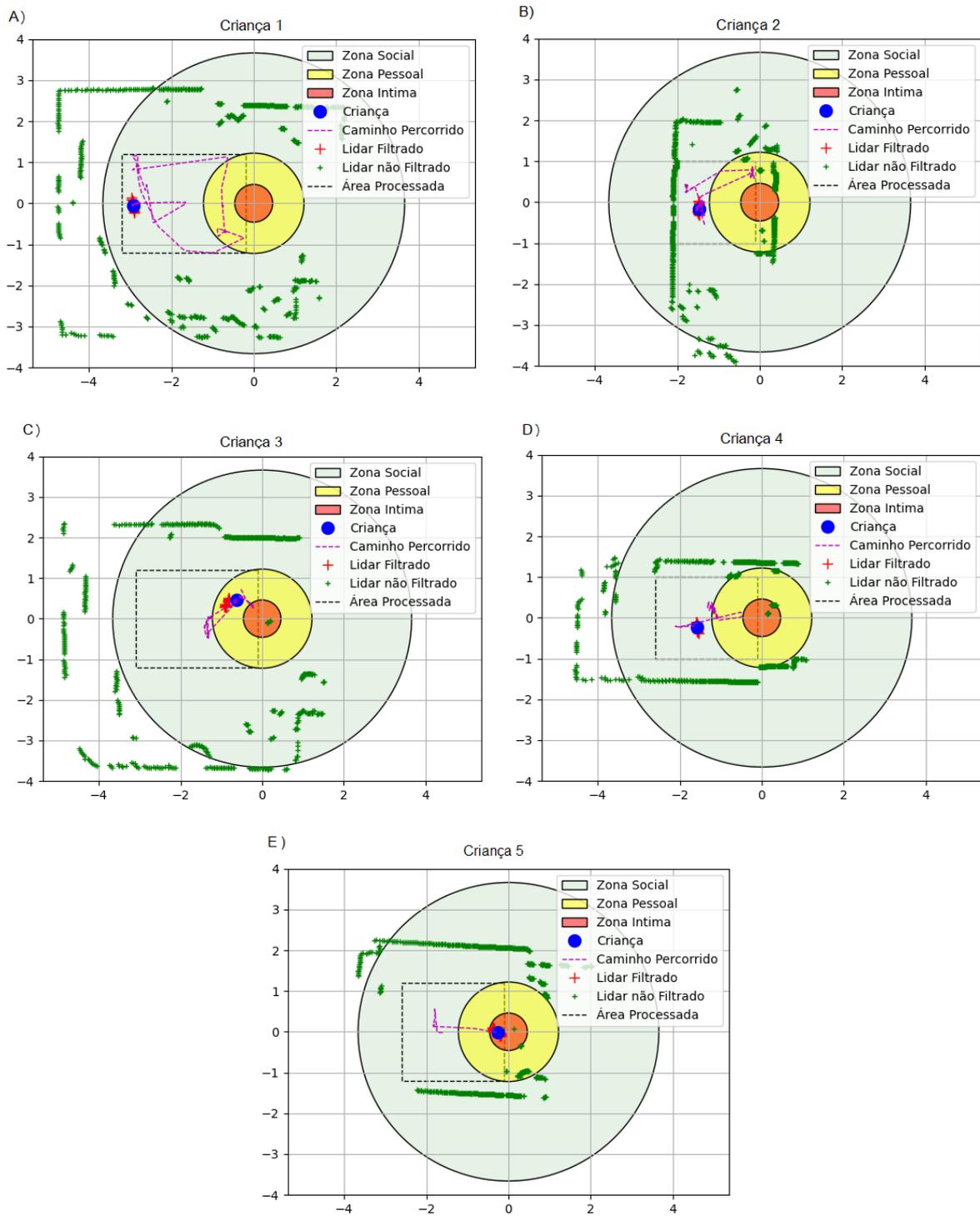


Figura 23. Representação da posição e deslocamento das crianças da AMAES durante os primeiros segundos de gravação. A) Criança 1. B) Criança 2. C) Criança 3. D) Criança 4. E) Criança 5. Fonte: Dados da Pesquisa

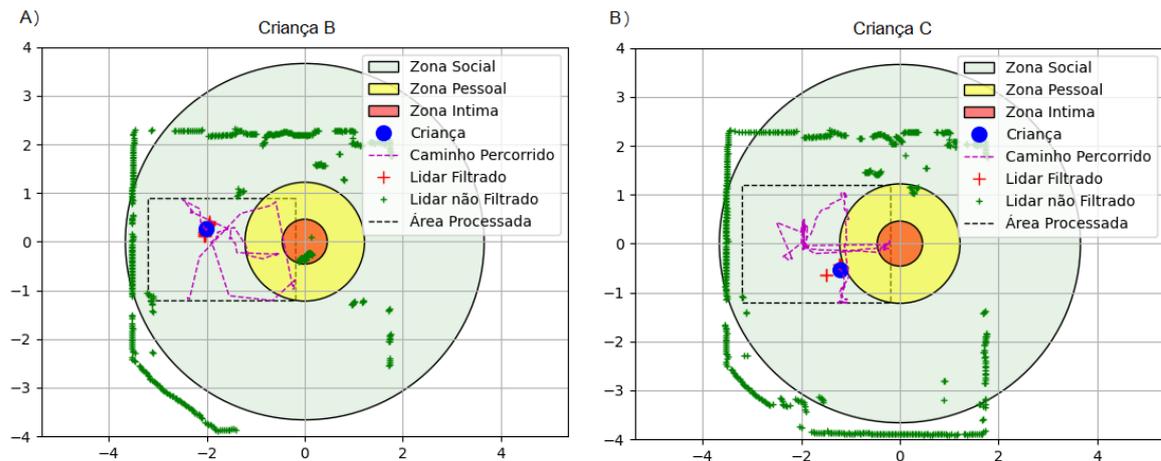
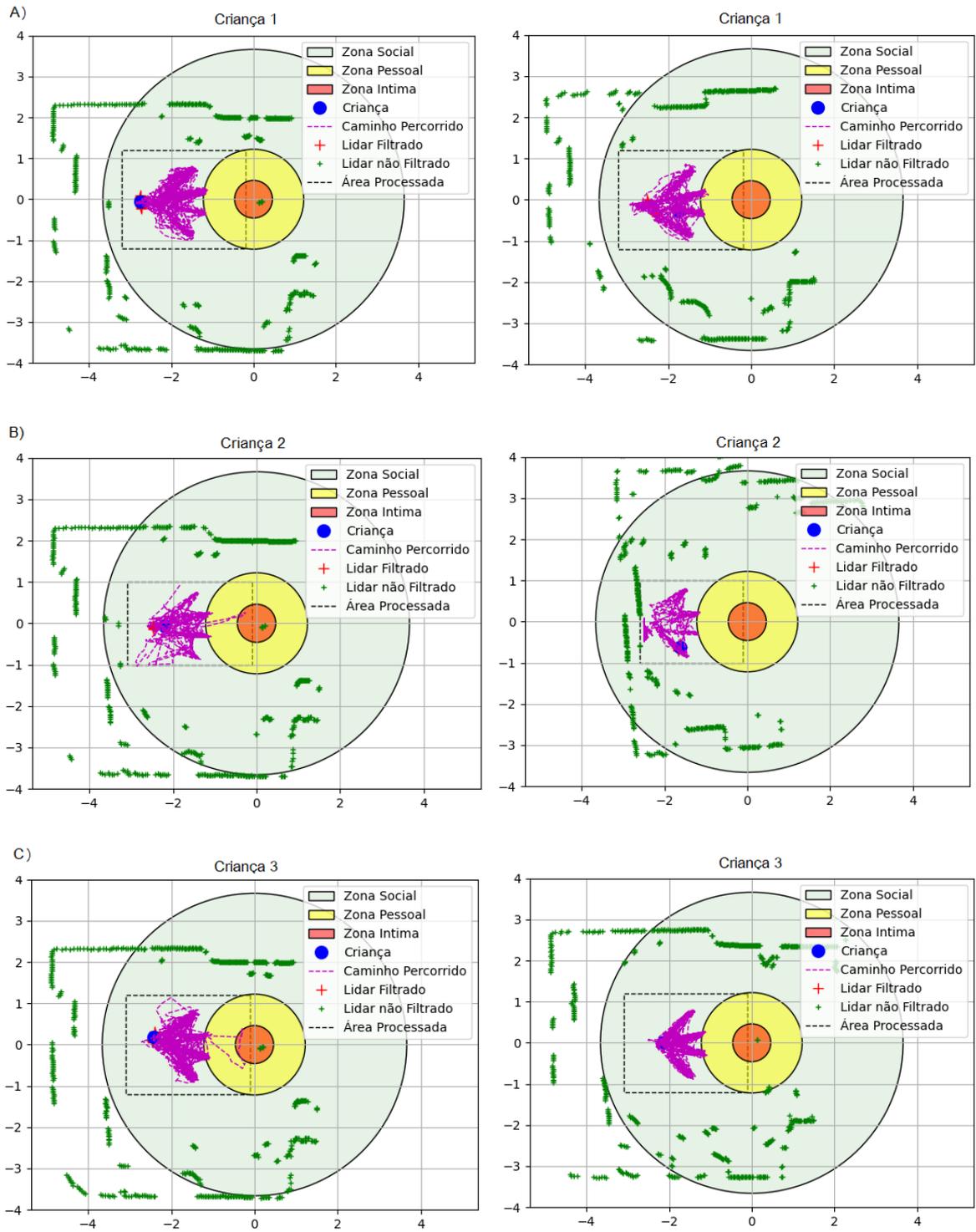


Figura 24. Representação da posição e deslocamento de crianças da APAE durante os primeiros segundos de gravação. A) Crianças B. B) Criança C. Fonte: Dados da Pesquisa.

Para avaliar a evolução dos movimentos das crianças (Figuras 25 e 26), foram analisados os dados de deslocamento registrados pelo sensor LiDAR durante o jogo “Sequência Sonora”, sendo consideradas duas sessões do protocolo. Considerando que no jogo a criança precisava sair da posição inicial e ir até uma de quatro bases posicionadas em um arco de circunferência à sua frente e retornar, o movimento esperado durante o jogo consistia em linhas retas do ponto central até as bases. Portanto, no caso das Crianças 1, 2, 3 e B, é evidente que no segundo exemplo existe uma maior acurácia dos movimentos, pois essas crianças apresentaram movimentos mais controlados durante o jogo. Com isso, nota-se que a metodologia em questão também permite avaliar a evolução de movimentos das crianças nos jogos.



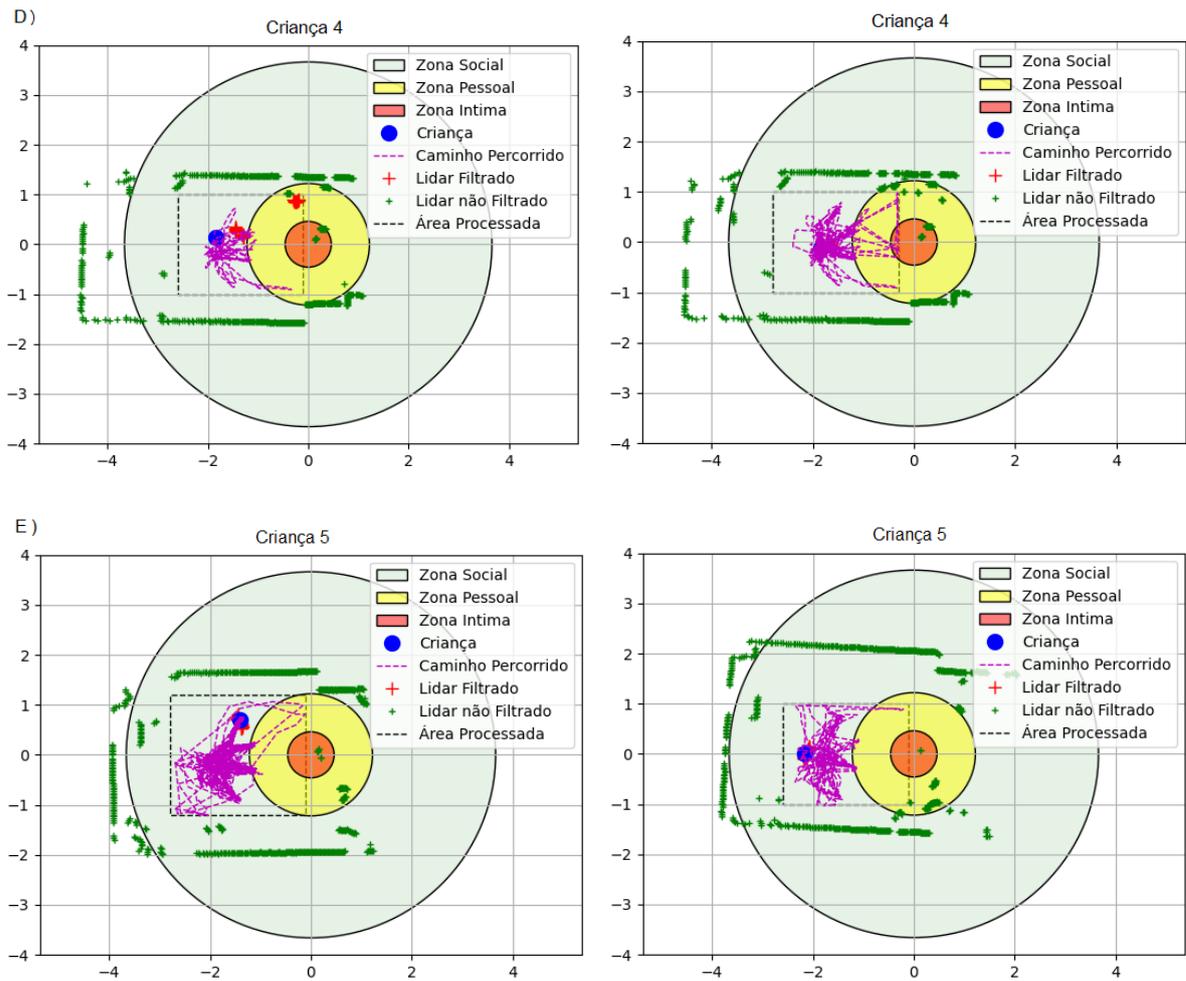


Figura 25. Representação do deslocamento de crianças da AMAES durante o jogo “Sequência Sonora”, considerando dois dias de interação: A) Criança 1 nos dias 28/10/21 e 04/11/21. B) Criança 2 nos dias 28/10/21 e 01/11/21. C) Criança 3 nos dias 28/10/21 e 11/11/21. D) Criança 4 nos dias 15/10/21 e 25/10/21. E) Criança 5 nos dias 27/10/21 e 24/11/21 Fonte: Dados da Pesquisa.

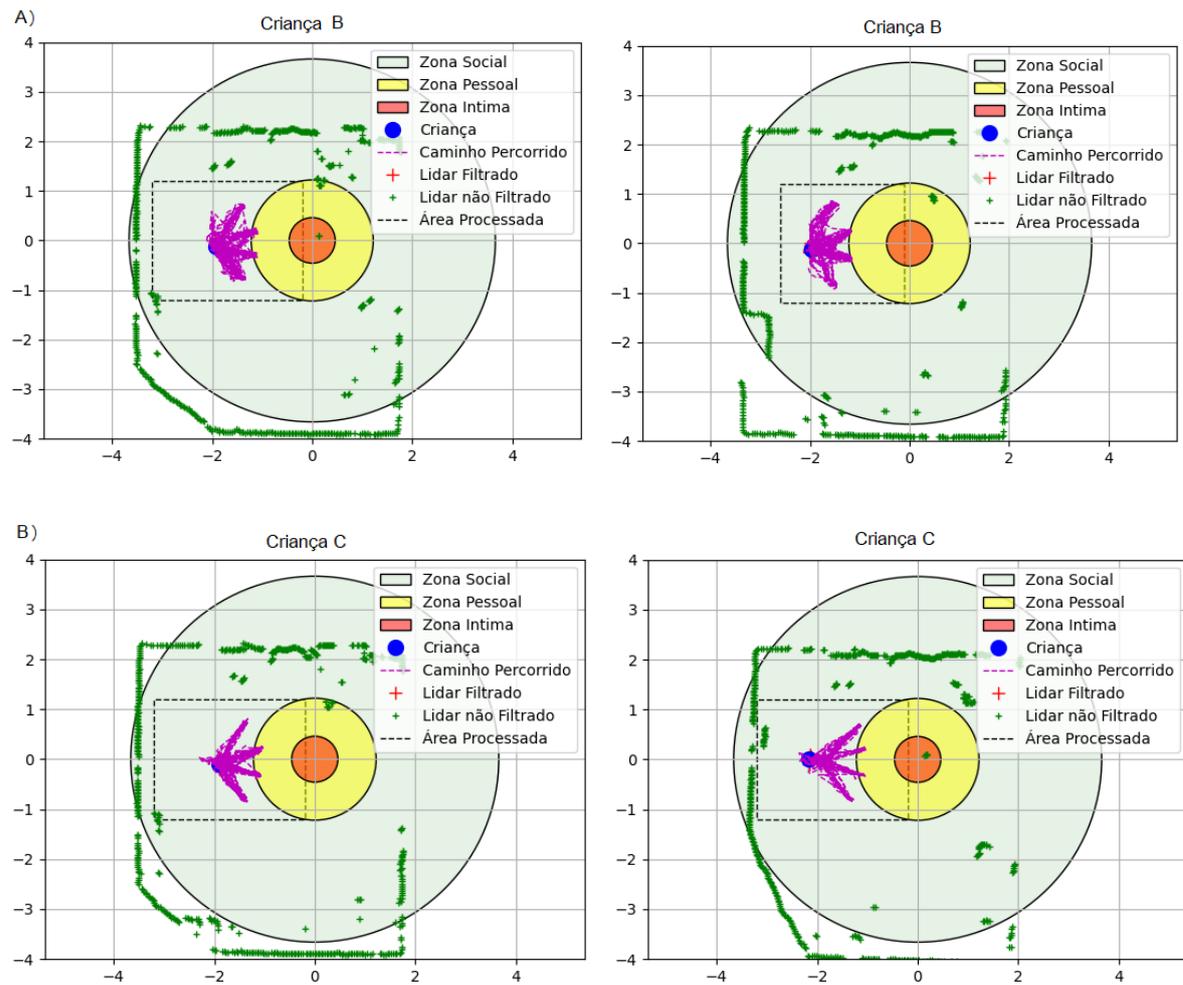


Figura 26. Representação do deslocamento de crianças da APAE durante o jogo “Sequência Sonora”, considerando dois dias de interação: A) Crianças B nos dias 05 e 19/11/21. B) Criança C nos dias 05 e 26/11/21. Fonte: Dados da Pesquisa.

5.1.2 Detecção de Movimentos pelo OpenPose

O OpenPose basicamente identifica o esqueleto humano a partir de pontos-chave, por exemplo, articulações como: ombros, joelhos, tornozelos, e membros como as mãos (OSOKIN, 2018). Neste trabalho, o OpenPose foi utilizado no jogo “Arara Vermelha” para identificar o esqueleto da criança pela câmera acoplada à cabeça do robô MARIA T21. Esse processo permite controlar em tempo real a ave presente no jogo, através da detecção da posição do tronco e membros superiores das crianças (Figura 27).



Figura 27. Demonstração do funcionamento do *software* OpenPose durante o jogo “Arara Vermelha” com imagem captada pela câmera acoplada ao robô MARIA T21. Fonte: Dados da Pesquisa.

Além do processamento em tempo real, o sistema OpenPose também é capaz de analisar a movimentação das crianças através de vídeos gravados durante a interação (Figura 28), fornecendo a possibilidade de avaliar diferenças motoras das crianças durante o jogo. No ambiente de interação, uma câmera Gopro foi posicionada próximo ao robô, como mostrado no *layout* apresentado na Figura 16. A partir dessa câmera, foi possível filmar as sessões, e pretende-se, futuramente, analisar as diferenças motoras dos movimentos das crianças, comparando as sessões iniciais e finais. Destaca-se que foi demonstrado que a captura de movimentos baseada em OpenPose pode servir para estudos na ciência do movimento humano, com uma precisão de cerca de 30 mm da posição de pontos-chave (NAKANO *et al.*, 2020).

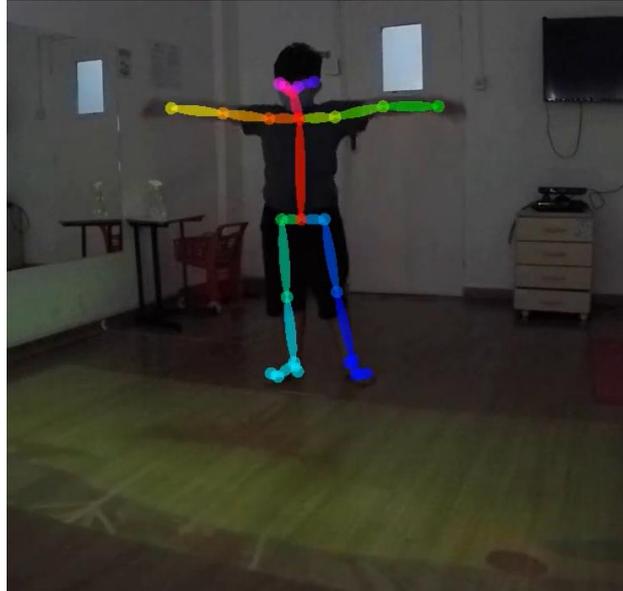


Figura 28. Demonstração do esqueleto gerado pelo *software* OpenPose utilizando um vídeo gravado pela câmera externa durante o jogo “Arara Vermelha”. Fonte: Dados da Pesquisa

5.2 RESULTADOS DAS ESCALAS QUANTITATIVAS

5.2.1 Resultados da escala GAS

A escala GAS tem sido usada em vários campos de pesquisa em reabilitação pediátrica (KRASNY-PACINI *et al.*, 2013). Sabendo que abordagens alternativas são necessárias para medir e monitorar o progresso de habilidades essenciais em crianças com TEA, essa escala é tida como uma abordagem promissora, sendo sensível para medir os resultados de intervenções psicossociais personalizadas em saúde mental e ambientes educacionais (RUBLE; MCGREW; TOLAND, 2012).

Uma vez que na escala GAS valores superiores a 50 refletem um desempenho acima do nível esperado (OTTENBACHER; CUSICK, 1990), as onze crianças com TEA (da AMAES e da APAE) apresentaram um ótimo desempenho. Esse fato pode ser verificado pelos valores médios de cada criança mostrados nas Tabela 7 e 8, tanto na avaliação inicial quanto na avaliação final. Portanto, os objetivos avaliados indicaram

resultados melhores que o esperado e, conseqüentemente, uma interação criança-robô bastante positiva.

Tabela 7. Valores médios da escala GAS por criança da AMAES*. Fonte: Dados da Pesquisa.

Participantes	Inicial	Final
Criança 1	59,12	77,36
Criança 2	54,56	59,12
Criança 3	54,56	77,36
Criança 4	50	77,36
Criança 5	54,56	77,36
Criança 6	40,88	54,56
Criança 7	54,56	77,36
Média total	52,60	71,49

*Os dados foram analisados pelo Teste T pareado, sendo $p < 0,01$.

Tabela 8. Valores médios da escala GAS por criança da APAE*. Fonte: Dados da Pesquisa.

Participantes	Inicial	Final
Criança A	50	68,24
Criança B	54,56	77,36
Criança C	54,56	77,36
Criança D	54,56	68,24
Média total	53,42	72,8

*Os dados foram analisados pelo Teste T pareado, sendo $p < 0,01$.

A comparação entre os dados de cada criança foi feita através do Test t pareado, em que se compara os mesmos indivíduos em momentos diferentes (HSU; LACHENBRUCH, 2014). Considerando um nível de significância (*p value*) menor que 0,05, os valores de p obtidos, que foram menores que 0,01, indicam a significância e diferença real dos dados. Nota-se nas Tabelas 7 e 8 que as pontuações da última sessão foram consideravelmente superiores às pontuações da sessão inicial.

Comparando os dados da escala pré e pós sessões de interação, utilizando os mesmos objetivos (Tabela 3), foi possível constatar uma melhora na interação das crianças com o robô e o mediador, assim como na realização dos jogos. Com relação

ao Objetivo 1 (“Interação com o robô”), a grande maioria dos participantes apresentou na primeira sessão até duas formas de interação com o robô simultaneamente, considerando contato físico, visual e verbal. Nas sessões seguintes, o nível de interação tendeu a aumentar. Dessa forma, na sessão final todas elas conseguiam ter os três tipos de contato com o robô MARIA T21, ainda que as Crianças 1, 2 e 6 precisassem de incentivo da pesquisadora.

Para o segundo objetivo (“Interação com mediador”), sete das onze crianças conseguiram entender os comandos e realizá-los aos serem encorajadas pela pesquisadora, especialmente sobre a forma correta de jogar. As Crianças A e D, bem como a Criança 4, apesar de entenderem os comandos, demandavam ajuda do mediador para executá-los, inclusive com relação ao posicionamento e movimento do corpo. A Criança 6 exibiu maior nível de dificuldade, parecendo não entender os comandos dados pelo mediador e, assim, não conseguindo realizá-los sozinha. Nesse caso, foi necessário dar suporte até mesmo físico para a criança. Ao final do protocolo, sete crianças compreendiam os comandos e os realizaram espontaneamente. As Crianças A e D precisaram de encorajamento por questões de confiança em suas respostas, e a Criança 2 precisou de encorajamento devido à sua resistência em participar de todo o protocolo. Por outro lado, a Criança 6 dependia da ajuda do mediador para jogar. Nesse caso, o robô MARIA T21 atuou para facilitar a interação criança-mediador, favorecendo a comunicação entre ambos.

A respeito do Objetivo 3 (“Realização dos jogos”), dez crianças concluíram até 2 jogos dos 4 utilizados, sendo que as Crianças 4 e 6 tiveram um desempenho melhor apenas em 1 jogo. Nesses casos, os jogos que apresentaram maior taxa de conclusão foram a “Amarelinha” e a “Sequência Sonora”. Ademais, a Criança 1 mostrou melhor desenvoltura, conseguindo concluir 3 jogos, incluindo o jogo “Arara Vermelha”. Findando os protocolos, foi possível notar que as Crianças 2 e 6 tiveram um desempenho pior que o esperado (“Concluíram até 2 jogos”), aquela por resistência a alguns jogos, e essa por dificuldade na execução. As Crianças A e D concluíram todos os 4 jogos pelo menos uma vez. Sete crianças completaram todos os jogos e, no intervalo de tempo programado, conseguiram realizar pelo menos um deles mais de uma vez, principalmente o jogo “Arara Vermelha”.

De acordo com (SCASSELLATI; HENNY; MATARIĆ, 2012), estudos com interações repetidas permitem que os usuários se ajustem e forneçam dados para um curso de tempo, podendo mostrar uma evolução de seus comportamentos em relação ao robô. De fato, em todos os casos houve alguma melhora no desempenho das crianças, tanto nas instituições em que foram realizadas 10 sessões como nas que foram realizadas 4 sessões. Os valores presentes nas Tabela 7 e 8 refletem esses avanços em relação aos objetivos estipulados. Vale ressaltar que estudos anteriores (GOULART, 2015) com uma sessão de interação criança-robô avaliada pela escala GAS obtiveram resultados abaixo da média total obtida na avaliação final deste estudo, evidenciando a importância do contato constante com o robô para tornar as melhorias maiores e mais evidentes. Esses dados demonstram a capacidade dos robôs servirem como ferramenta para terapia de crianças com TEA, despertando o interesse das crianças e atuando na promoção de desenvolvimento cognitivo e social (COSTA *et al.*, 2015).

A literatura aponta o benefício da aplicação de jogos sérios e/ou interação com robôs sociais para a terapia de crianças com TEA. Nesse sentido, já foi relatada a eficiência clínica do uso de robôs e jogos sérios para apoiar sessões de terapia de crianças com TEA, provocando melhoria em comportamentos relacionados às interações sociais, como sorrir, fazer contato visual e compartilhar emoções, além de aumentar o envolvimento nas sessões (MALINVERNI *et al.*, 2017; VALENTINE *et al.*, 2020). As evidências também indicam que esse tipo de terapia pode contribuir para a vida familiar, uma vez que já foi relatada a diminuição do estresse parental (JOUEN *et al.*, 2017).

5.2.2 Resultados da escala SUS

A escala SUS foi preenchida pelos pais e responsáveis pelas crianças de ambas as instituições participantes após acompanharem pelo menos uma sessão, bem como por terapeutas (um psicólogo e uma arte-terapeuta da AMAES e uma psicóloga da APAE). A Tabela 9 apresenta os valores médios obtidos, os quais em todas as situações ultrapassam os 70 pontos e, portanto, são considerados superiores à média,

uma vez que a média da escala SUS é de 68 pontos (BROOKE, 2013). Esses resultados mostram que os terapeutas e os pais consideraram a funcionalidade do sistema jogos-robô consistente, bem integrada e fácil de utilizar, expressando interesse em utilizá-lo com frequência como uma ferramenta para apoio da terapia de crianças com TEA. Isso é especialmente válido, tendo em vista a importância de se apoiar crianças com TEA, abordando o desenvolvimento pessoal, social, emocional, de comunicação e linguagem (ARSHAD *et al.*, 2020).

Tabela 9. Valores médios da escala SUS. Fonte: Dados da Pesquisa.

Valores médios para SUS	
Pais AMAES	76,07
Pais APAE	72,50
Profissionais	78,33
Média total	75,63

Previamente, a escala SUS foi empregada para avaliação de um jogo colaborativo voltado para crianças com TEA que, nesse caso, foi bem avaliado por terapeutas da área, sendo considerada uma ferramenta apta a facilitar a interação social de pessoas com TEA (WEISS *et al.*, 2011). Ademais, estudos anteriores realizados no nosso grupo de pesquisa do NTA (GOULART, 2015), utilizando a escala SUS, indicaram a necessidade de mais testes e de melhorias na versão anterior do sistema robótico (N-MARIA), bem como da avaliação por parte de profissionais que trabalham com indivíduos com TEA. Assim, os achados desta pesquisa demonstram que a incorporação de novas tecnologias e a integração entre elas permitiram a organização de um sistema que é visto de forma positiva, de acordo com a percepção de profissionais que devem operar o robô futuramente e dos responsáveis pelas crianças, que são público-alvo do sistema desenvolvido.

5.3 RESULTADOS DOS TESTES DE AVALIAÇÃO

5.3.1 Resultados do Teste de Atenção por Cancelamento

Embora os testes com intuito de análise dos aspectos cognitivos utilizados possuam domínio público, neste trabalho eles foram aplicados pela autora, que possui formação na área de educação.

Os resultados nas Tabelas 10 e 11 evidenciam que a maioria das crianças tiveram ganhos em aspectos de seletividade e alternância atencional avaliados pelo Teste de Atenção por Cancelamento. A queda de pontuação da Criança 3 na avaliação pós-intervenções pode ser parcialmente atribuída ao pouco engajamento dela no dia da avaliação, já que de acordo com a mãe, a criança estava em processo de troca de medicamento. Processo similar ocorreu com a Criança 4, que por mudanças na administração de medicamentos se mostrou um pouco mais agitada nas últimas sessões do estudo.

Dentre os participantes da AMAES (Tabela 10), a Criança 6 foi a que demonstrou maior dificuldade nos jogos e na realização dos testes, obtendo menores pontuações. Sua dificuldade foi observada tanto em manter atenção na tarefa do Teste de Atenção por Cancelamento como em ter coordenação motora fina para executá-la. Na parte 2 do Teste de Atenção por Cancelamento pós-intervenções, a criança não marcou nenhum ponto.

Na instituição APAE (Tabela 11), todas as crianças tiveram ganho nas três partes do teste, comparando os resultados pré e pós-intervenção, exceto a Criança C que não alterou a pontuação na parte 2 do Teste de Atenção por Cancelamento. Nesse caso, todas as médias totais anteriores superam as médias totais posteriores. Os dados positivos indicam a validade dos jogos sérios e da interação com o robô para estimular o desenvolvimento da atenção em crianças com TEA.

Tabela 10. Resultados do Teste de Atenção por Cancelamento AMAES. Fonte: Dados da Pesquisa.

Participantes	Inicial			Final		
	parte 1	parte 2	parte 3	parte 1	parte 2	parte 3
Crianças						
Criança 1	25	2	31	31	3	37
Criança 2	21	4	32	35	4	29
Criança 3	23	2	23	14	2	18
Criança 4	18	2	18	15	3	18
Criança 5	14	2	19	23	5	17
Criança 6	5	2	8	8	0	3
Criança 7	16	2	17	16	2	25
Média	17,42	2,28	21,14	20,28	2,71	21

Tabela 11. Resultados do Teste de Atenção por Cancelamento APAE. Fonte: Dados da Pesquisa.

Participantes	Inicial			Final		
	parte 1	parte 2	parte 3	parte 1	parte 2	parte 3
Crianças						
Criança A	5	0	6	10	1	10
Criança B	21	2	19	25	3	22
Criança C	14	1	12	22	1	17
Criança D	6	1	10	12	2	13
Média	11,5	1	11,75	17,25	1,75	15,5

5.3.2 Resultados do Teste de Trilhas para Pré-Escolares

A flexibilidade cognitiva medida pelo Teste de Trilhas para Pré-Escolares é definida como a rapidez com que o sistema de conceitos da pessoa muda seletivamente em resposta a estímulos ambientais apropriados (SCOTT, 1962). Nesse teste, o desempenho é medido pelo total de sequências feitas corretamente em cada uma de suas partes (A e B), sendo a parte B a principal para avaliar a flexibilidade cognitiva (PEREIRA *et al.*, 2018).

Observando os dados na Tabela 12 é possível notar que para os participantes advindos da AMAES, no segundo momento de aplicação do teste, seis das sete crianças completaram as sequências, contudo, não houve alterações nas médias da parte A. Em contraste, a parte B evidenciou elevações significativas, especialmente para as Crianças 1 e 3, as quais obtiveram pontuação máxima nessa parte do teste na avaliação final.

Com relação às crianças da APAE (Tabela 13), foram notadas mudanças nas médias das partes A e B, sendo que todas elas completaram a parte A, e as Crianças B e C também atingiram a pontuação máxima na parte B. De acordo com a psicóloga que realiza terapia dessas crianças, um dos principais pontos notados no indivíduo B foi o aumento da flexibilidade cognitiva. Mais uma vez, os resultados obtidos indicam a validade do sistema utilizado neste trabalho para o desenvolvimento de aspectos cognitivos em crianças com TEA.

Tabela 12. Resultados do Teste de Trilhas para Pré-Escolares AMAES. Fonte: Dados da Pesquisa.

Participantes	Inicial		Final	
	parte A	parte B	parte A	parte B
Criança 1	4	1	4	9
Criança 2	2	2	4	3
Criança 3	4	0	4	9
Criança 4	4	1	4	3
Criança 5	4	1	4	4
Criança 6	3	1	1	0
Criança 7	4	2	4	3
Média	3,57	1,14	3,57	4,42

Tabela 13. Resultados do Teste de Trilhas para Pré-Escolares APAE. Fonte: Dados da Pesquisa.

Participantes	Inicial		Final	
	parte A	parte B	parte A	parte B
Criança A	1	1	4	1
Criança B	4	1	4	9
Criança C	4	1	4	9
Criança D	2	5	4	2
Média	2,75	2	4	5,25

5.3.3 Resultados da Bateria Psicomotora de Fonseca

A psicomotricidade é um importante aspecto em crianças com deficiência, portanto, deve ser apropriadamente observada e avaliada. Nesse sentido, alguns instrumentos avaliatórios encontrados na literatura são úteis, dentre eles a Bateria Psicomotora de Fonseca (GORLA *et al.*, 2013). Essa bateria tornou factível identificar perfis psicomotores das crianças com TEA antes e depois das intervenções, como mostrado a seguir (Tabelas 14 e 15).

Algumas crianças que realizaram 10 sessões evoluíram do perfil dispráxico (2 pontos) para o perfil eupráxico (3 pontos), geralmente nos subfatores de equilíbrio, e do perfil eupráxico (3 pontos) para o hiperpráxico (4 pontos) nos demais subfatores. Dentre as crianças que realizaram 4 sessões, ocorreram algumas mudanças, principalmente do perfil apráxico (1 ponto) para o dispráxico (2 pontos) em subfatores de equilíbrio, enquanto nos demais subfatores as alterações foram variadas ou os valores se mantiveram (não houve alterações).

Tabela 14. Perfis psicomotores das Crianças da AMAES de acordo com a Bateria Psicomotora de Fonseca (1995). Fonte: Dados da pesquisa.

Subfatores ⁽¹⁾	Inicial													Final												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Criança 1	3	3	3	2	3	2,92	3	3	3	3	3	2	4	4	4	4	3	3	3,5	4	4	3	3	4	2	4
Criança 2	2	2	2	1	3	2,64	3	3	3	4	3	1	4	3	3	3	2	3	3,21	4	3	3	4	3	2	4
Criança 3	3	2	3	2	3	2,64	4	4	3	3	3	2	4	3	3	3	2	3	3,21	4	4	4	4	4	3	4
Criança 4	2	2	2	1	2	2,07	1	3	3	2	1	1	3	3	3	3	2	3	2,57	3	4	3	2	3	1	4
Criança 5	2	2	2	1	2	2,07	2	3	3	3	3	2	4	3	3	3	2	3	2,57	3	4	3	3	3	3	4
Criança 6	1	1	1	1	1	1,35	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1,42	1	2	2	2	1	1	3
Criança 7	3	2	2	1	3	2,42	4	4	3	2	3	2	4	4	3	3	2	3	3,28	4	4	3	3	4	2	4

⁽¹⁾ A) Imobilidade. B) Apoio retilíneo. C) Ponta dos pés. D) Apoio num pé. E) Marcha controlada. F) Expresso como média para subfatores de evolução no banco. G) Reconhecimento direita-esquerda. H) Autoimagem. I) Imitação de gestos. J) Desenho do corpo. K) Estruturação dinâmica. L) Estruturação rítmica. M) Velocidade – precisão.

Tabela 15. Perfis psicomotores das Crianças da APAE de acordo com a Bateria Psicomotora de Fonseca (1995). Fonte: Dados da pesquisa.

Subfatores ⁽¹⁾	Inicial													Final												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Criança A	1	1	1	1	1	1,28	1	2	2	2	2	1	3	1	2	2	1	2	1,85	1	2	2	2	3	1	4
Criança B	2	2	1	1	1	1,92	3	3	3	3	3	2	4	3	2	2	2	2	2,35	3	4	3	3	3	2	4
Criança C	3	3	3	2	3	3,21	4	3	3	3	3	3	4	3	4	4	2	3	3,35	4	4	4	3	4	3	3
Criança D	1	1	2	1	2	1,85	1	3	3	3	3	1	3	2	2	2	1	2	2	1	3	3	3	3	2	4

⁽¹⁾ A) Imobilidade. B) Apoio retilíneo. C) Ponta dos pés. D) Apoio num pé. E) Marcha controlada. F) Expresso como média para subfatores de evolução no banco. G) Reconhecimento direita-esquerda. H) Autoimagem. I) Imitação de gestos. J) Desenho do corpo. K) Estruturação dinâmica. L) Estruturação rítmica. M) Velocidade – precisão.

O maior déficit psicomotor foi observado na Criança 6 que, como relatado, também apresentou maiores déficits cognitivos, especialmente exibindo dificuldade em compreender os comandos dirigidos a ela durante a avaliação. Contudo, apesar de ter mantido o padrão das notas nos subfatores, a criança apresentou melhora, ainda que discreta, do planejamento das atividades e movimentos com menor amplitude, bem como no controle dos movimentos. Cumpre salientar que na avaliação inicial, a criança não conseguia realizar a transferência da posição sentada no chão para a

posição em pé (queixa da mãe em relação aos aspectos motores), e na avaliação final a criança conseguiu se levantar com auxílio das mãos.

A Criança A também apresentou menores resultados iniciais se comparados com os demais participantes, já que em ambas as avaliações houve dificuldade de compreensão dos comandos. Contudo, na avaliação realizada ao final do protocolo, ela apresentou uma discreta melhora em relação ao controle dos movimentos. Como característica de algumas crianças com TEA, a Criança 2 apresentou grande sensibilidade ao som, o que pode ter prejudicado o teste de estruturação rítmica.

Estudos têm utilizado a psicomotricidade como ferramenta de trabalho, tendo em vista que ela atua na organização das emoções, percepções e cognições, visando a utilização em respostas adaptativas previamente planejadas e programadas (SARMENTO *et al.*, 2010). Para Fonseca (1995), o perfil psicomotor qualifica potencialidades e dificuldades de aprendizagem psicomotora da criança, conferindo suporte para identificar e intervir nessas dificuldades, aos poucos satisfazendo aquelas mais específicas de cada indivíduo. No presente estudo, esse tipo de avaliação permitiu observar a contribuição do protocolo no desenvolvimento da memória de trabalho, propriocepção e equilíbrio nas crianças participantes. Basicamente, a psicomotricidade alcançada com o uso dos robôs proporciona às crianças uma apropriação de sua imagem e esquema corporal, além da consciência de seu corpo dentro de um ambiente ou de um contexto (MATTOS; KABARITE, 2005).

5.4 ENTREVISTAS

Findando o protocolo de interação, uma entrevista estruturada foi conduzida com os pais e responsáveis com propósito de identificar aspectos positivos das interações para as crianças com TEA atendidas. Nessa entrevista, as questões tratavam sobre mudanças nas características como de estereotipia, contato visual, interação social, atenção, memória, compreensão de comandos, percepção dos sentimentos dos

outros, comportamento, mudanças na escola, coordenação motora, percepção de si mesmo no espaço (propriocepção), comunicação, relacionamentos, independência, interesse por atividade física e alimentação saudável.

5.4.1 Pais de crianças da AMAES

Tendo como base a entrevista realizada com o pai da Criança 1, ela diminuiu a estereotipia, mas em momentos de agitação ainda costuma balançar os braços. Sua responsabilidade e o contato visual melhoraram, visto que tinham regredido bastante durante o isolamento decorrente da pandemia. Os pais relatam que ela sempre teve boa interação com os familiares, mas na escola enfrenta muito preconceito. A atenção trabalhada nos jogos melhorou nos últimos meses; a memória que já era boa também demonstrou evolução. Aumentou sua autonomia e foco, como para andar sozinha ou atravessar a rua, pois antes era distraída. A coordenação motora e o equilíbrio melhoraram, mas a propriocepção não, pois costuma esbarrar nas pessoas. Não houve grande evolução na comunicação, mas durante as intervenções, a criança, que praticamente não falava, forneceu uma resposta firme para a pesquisadora, sobre o que ela desejava fazer no jogo. O pai da criança achou a comunicação do grupo e os jogos utilizados muito bons. Curiosamente, a criança se interessou por uma alimentação saudável passando a ingerir saladas.

Para o pai da Criança 2, ainda existe estereotipia de olhar para o horizonte e para mão, tendo contato visual direcionado, por isso costuma usar óculos escuros. Contudo, passou a interagir mais, melhorou a atenção, a concentração, e atualmente interpreta melhor os comandos, mas ainda em sentido muito literal. O equilíbrio apresentou avanços, bem como a propriocepção, deixando de esbarrar tanto nas coisas e pessoas. A criança se mostra mais independente, até mesmo indo ao banheiro sozinha. Com relação à alimentação, se interessou em comer outras coisas, por exemplo, carne. E antes, apresentava muita resistência à atividade física, mas passou a praticar karatê inclusivo da AMAES.

A mãe da Criança 3 indicou com empolgação as mudanças percebidas, sendo uma delas a queda das estereotípias, como bater na cabeça ou mover os braços em círculos quando a criança se encontrava nervosa. Houve aumento do contato visual com as pessoas em geral e da interação, passando a iniciar conversas com os pais, os convidando para assistirem filmes juntos e pedindo abraços aos familiares. Destaca-se que durante os protocolos, a criança costumava conversar com a pesquisadora sobre assuntos de seu interesse. Para a mãe, a criança está mais atenta ao que os outros falam, retendo mais as informações, se expressando melhor, conseguindo ser mais independente e percebendo melhor o sentimento dos outros. Essa mudança foi comentada até por profissionais da escola. Também foi relatado que a criança melhorou todos os aspectos motores questionados, e passou a se interessar por atividade física, passando a participar das aulas de educação física.

A Criança 4 também apresentou melhora da estereotípias de tapar os ouvidos e andar na ponta do pé. Também foram percebidas melhoras da atenção e da memória para executar atividades da escola, atividades de higiene pessoal e ouvir o que os pais falavam, além de compreender melhor os comandos. Para a mãe, a coordenação motora, que era bastante prejudicada, evoluiu muito, e também passou a esbarrar menos nas coisas, devido à melhora da propriocepção. Também foi relatado que a criança diminuiu muito a sua restrição alimentar, possibilitando uma alimentação melhor. A entrevistada considerou muito válida a pesquisa, sendo um importante estimulante para a criança. Deve-se ressaltar que em alguns momentos a criança demonstrava bastante insegurança para jogar, mas foi constantemente incentivada pelo robô e a pesquisadora.

O robô MARIA T21 serviu como um estímulo para a Criança 5 comparecer à instituição nas manhãs de sessão de terapia. Nesse caso, a diminuição da estereotípias também foi notada, bem como o fato de estar mais comunicativa, interessada e compreendendo melhor os comandos dos pais. A coordenação motora mudou bastante, mas ainda manteve a característica de esbarrar nas coisas. A mãe atribuiu a melhora na independência e da alimentação ao incentivo e controle que a família oferece constantemente.

A participante que mais apresentou dificuldades nos jogos (Criança 6), de acordo com a mãe, alcançou melhora do contato visual, da interação social, do relacionamento com outras crianças e da comunicação. Entretanto, ela manteve as dificuldades de atenção e coordenação motora, mas teve ganhos de independência e compreensão de comandos.

Por fim, a Criança 7 passou a interagir mais, ficar mais atenta, e ser mais independente e cuidadosa com as tarefas que realiza. Está entendendo mais os sentimentos dos outros, permanecendo mais calma e com a memória melhor. A avó afirmou que pela primeira vez viu a criança contar uma história completa. Entretanto, a criança permanece andando na ponta dos pés e se esbarrando nas coisas.

5.4.2 Pais de crianças da APAE

Muitas características da Criança A são associadas à sua falta de motivação para realizar atividades que fujam do cotidiano. Apesar de ainda possuir dificuldade de contato visual, ela melhorou a interação social, principalmente pela alteração do comportamento, e apresenta mais atenção e compreensão de comandos. Alterações marcantes de coordenação motora e independência não foram percebidas.

A Criança B, antes mesmo do fim das sessões, já dizia que iria sentir falta do robô. Para a mãe, as intervenções superaram quaisquer expectativas, ao auxiliar na coordenação motora, reconhecimento de expressões e comandos por parte da criança, causando muitos benefícios. Para ela, as sessões foram utilizadas como aliadas, pois a mãe sempre comentava da importância de ficar atenta e organizar os pensamentos, assim como fazia nos jogos. Vale ressaltar que a criança também obteve melhora na interação, tendo mais interesse em iniciar conversas com os colegas, passando a prestar mais atenção a fala e sentimento dos outros. Uma maior mobilidade física foi percebida pelo aumento da agilidade e cuidado ao brincar ou realizar tarefas.

No caso da Criança C, a avó relatou que ela possui contato com a criança apenas em alguns momentos, mas afirmou que o neto gostava muito do robô, porém, apresentava dificuldade de lidar quando perdia nos jogos. Foi relatado que a criança melhorou a interação com as pessoas, a comunicação e o relacionamento com os colegas de escola, bem como um pouco da atenção, da independência e da coordenação motora. Entretanto, não alterou a percepção do outro.

O robô MARIA T21 serviu como um meio para a avó da Criança D incentivar o melhor comportamento da criança. Essa criança possui dificuldade para se enturmar, pois diversas vezes fala de assuntos que as outras crianças não se interessam e, ainda, tem dificuldade de se expressar. A atenção dependia da vontade da criança, pois alguns dias ela estava mais atenta, outros nem tanto.

5.4.3 Psicóloga da APAE

A psicóloga entrevistada realiza o atendimento das crianças da APAE presentes no estudo, portanto, forneceu informações importantes sobre o quadro de cada uma delas após a realização do protocolo. Nesse sentido, são abordados os apontamentos referentes a cada criança e sugestões feitas pela profissional.

Para a profissional, a Criança A tem como característica interesses restritos. Nesse sentido, foi marcante o desenvolvimento de seus interesses e habilidades, bem como da motivação e confiança, como foi observado no jogo “Amarelinha”. Os dados obtidos mostraram que com o passar das sessões a criança evoluiu na maioria dos jogos e diminuiu a tendência em confirmar a ação com a pesquisadora antes de executá-la. Toda a intervenção e mudança “animou os familiares ao mostrar as capacidades da criança e que o manejo das situações deve ser feito pela família, a fim de manter as mudanças”. Nesse caso, “o robô MARIA T21 compôs o processo de produção de saúde e cuidado”.

Em relação à Criança B, foram notados aumentos da confiança, segurança e maturidade. A psicóloga acredita que ela se expôs mais e se abriu para o novo,

indícios da flexibilização do pensamento (CARDOSO, 2017). A afirmação vai ao encontro dos resultados da criança B no Teste de Trilhas para Pré-Escolares. No caso, após as sessões, a criança conseguiu pontuação máxima (9 pontos), sendo que antes das sessões havia marcado apenas 1 ponto. O ganho de socialização foi notado, principalmente, pelo fato de a criança entrar na sala sozinha e realizar os jogos com a equipe.

Durante as intervenções foi possível notar a busca da Criança C por um bom desempenho, mantendo-se concentrada nos jogos, possivelmente devido à sua resistência em perder nas brincadeiras. De acordo com a profissional, essa criança já apresentava boas habilidades, todavia, ampliou seu interesse pelos jogos e sua socialização, aceitando bem os auxílios da pesquisadora. Basicamente, na presença da equipe, a criança se comportava bem quando perdia, por isso a psicóloga considera que ela levou as situações com leveza e aprendeu a expressar o porquê de estar bravo e como se colocar frente à própria frustração. Por isso, considerou que todo o sistema é uma boa ferramenta para trabalhar a frustração das crianças.

Por fim, de acordo com a entrevistada, a criança D treinou habilidades, aceitou bem a interferência na brincadeira e a condução da interação. Ainda, as sessões ajudaram na relação familiar, principalmente com a irmã gêmea e o primo. Trabalhou aspectos de atenção e interesse, pois a criança costuma se relacionar mais com coisas de interesse próprio. O robô auxiliou na melhora para socialização e para realizar atividades formais escolares, ao tornar as atividades mais divertidas.

Dentre as sugestões da profissional, estão: esperar mais tempo para a criança interpretar os comandos emitidos, e elaborar um tempo na sessão para a criança vivenciar mais o ambiente, o robô, e experimentar a brincadeira. Para ela, alguns aspectos dos jogos tornam difíceis para algumas crianças, por exemplo, os obstáculos (pedras) no jogo “Arara Vermelha”, então, seria viável considerar a remoção desses obstáculos. Concluindo, a profissional indica que é evidente que cada criança vai se relacionar de formas diferentes na interação, mas a vantagem é que o sistema permite várias formas de intervenção.

5.4.4 Psicólogo da AMAES

A respeito da AMAES, o psicólogo realiza atendimento apenas de algumas crianças, pois a instituição contempla diversos projetos e profissionais. Nesse sentido, ele não tem contato com a maioria das crianças participantes do trabalho. Assim, ele contribuiu com um comentário geral, se pronunciando positivamente sobre o projeto em questão, afirmando que a instituição recebeu comentários positivos dos profissionais e dos pais que frequentam o espaço. Esses costumavam falar do projeto com “brilho nos olhos”, demonstrando bastante interesse para que seus filhos participassem, inclusive pelo fato da pesquisa estar acontecendo dentro da instituição, que já possui confiança dos usuários.

Ressalta-se que as terapias de crianças com TEA requerem intervenção intensiva e são um desafio em termos de recursos humanos (BONO *et al.*, 2016). Formar profissionais para lidar com as condições de crianças com TEA leva anos, portanto, para superar a escassez de pessoal, o desenvolvimento de ferramentas robóticas pode ser um aliado, ampliando o número de crianças assistidas e o tempo de terapia (BONO *et al.*, 2016; ISMAIL *et al.*, 2019).

6. CONCLUSÕES

Os dados compilados no presente estudo demonstram que a interação criança-robô se apresentou positiva para as crianças com TEA, sendo observadas reações de felicidade e empolgação, tanto ao conhecerem o robô pela primeira vez quanto ao encontrarem o robô MARIA T21 na sala para as sessões. A interação das crianças com o robô e o mediador e a realização dos jogos foram quantificadas pela escala GAS, e foram comparados os resultados na primeira e última sessão de cada criança, os quais indicaram melhora nos três objetivos analisados e um resultado significativo ($p < 0,01$). Conforme observações feitas durante o estudo e sugestão de uma psicóloga, algumas crianças tiveram dificuldades nos jogos. Nesse sentido, nota-se a importância de implementar fases ainda mais simples. Em contrapartida, fases mais complexas podem ser inseridas para estimular crianças com maiores habilidades.

Ademais, a grande maioria das crianças aumentou a interação com o robô no decorrer do protocolo e convivência, considerando contato visual, físico e verbal. A interação com o mediador também foi ampliada, sendo observados frequentes diálogos entre os pesquisadores e a criança a respeito de características e atividades do robô e assuntos diversos de interesses das crianças, por exemplo, filmes, jogos e atividades cotidianas. Geralmente, as crianças conseguiram melhorar o desempenho nos jogos à medida que aprenderam a jogar, identificando a importância de prestar atenção aos comandos e seguir as regras do jogo. As mensagens de incentivo emitidas pelo robô e até mesmo os incentivos dados pela pesquisadora muitas vezes serviram para motivar as crianças durante os jogos.

A proxêmica foi medida utilizando um sensor de distância laser (LiDAR), onde os segundos iniciais dos registros mostraram algumas crianças ocupando zonas bem próximas ao robô, Zonas Íntima e Pessoal. Durante os jogos, as crianças permaneceram na Zona Social do robô a maior parte do tempo. Através do sensor laser, foi feito o acompanhamento de parte das crianças durante o jogo “Sequência Sonora”. A comparação de duas sessões mostrou que algumas crianças passaram a ter movimentos mais organizados quando se deslocavam para pisar nos quadrados do jogo.

Através da escala SUS e entrevistas realizadas neste estudo foi possível demonstrar que os pais e responsáveis, assim como os terapeutas de crianças com TEA, possuem uma visão positiva a respeito do robô MARIA T21 e suas funcionalidades. As entrevistas evidenciaram mudanças positivas de características das crianças participantes, dentre elas: diminuição das estereotípias, aumento do contato visual, interação social, comunicação, atenção, compreensão de comandos e percepção de sentimentos; melhora nos relacionamentos, aumento da independência, interesse por atividade física e alimentação saudável, entre outras características pertinentes.

Em suma, cumpre salientar que os testes de avaliação, Teste de Atenção por Cancelamento e de Trilhas para Pré-Escolares, além da Bateria Psicomotora de Fonseca, indicaram evolução da atenção, flexibilidade cognitiva e características psicomotoras na maioria dos participantes, na comparação entre os dados obtidos antes do início do protocolo e os resultados observados após o fim dele. Assim, dada a relevância dos protocolos utilizando o robô MARIA T21 e a capacidade de estimular habilidades sociais, cognitivas e psicomotoras das crianças, observadas através dos métodos de avaliação utilizados neste estudo, acredita-se que existem evidências concretas do potencial do sistema utilizado para a terapia de crianças com TEA.

7. LIMITAÇÕES

O cenário de *Covid-19* enfrentado nos últimos dois anos acarretou diversas limitações quanto ao contato com crianças com TEA, dada a condição de saúde e maior risco em relação à doença. Para tanto, o Conselho Nacional de Saúde (CNS) recomendou que todas as pessoas com deficiência fossem incluídas como grupo de risco para a infecção pela *Covid-19*. Tendo em vista que, para todos os efeitos legais, pessoas com TEA são consideradas pessoas com deficiência (CNS, 2020). Nesse sentido, os testes com o robô só puderam ocorrer após grande parte da população adulta estar vacinada. Esse fator limitou o tempo de protocolo, especialmente na APAE Vila Velha, onde foram realizadas somente quatro sessões.

Ainda, outra limitação foi a impossibilidade de realização dos testes na Ufes, pois, conforme a terceira edição atualizada do Plano de Contingência da Ufes em Tempos de *Covid-19*, “os laboratórios devem identificar as atividades essenciais e o que pode ser reduzido/suspenso. Idealmente, experimentos de longo prazo não devem ser iniciados” (Ufes, 2021). Nesse caso, foi crucial a colaboração das instituições de terapia de crianças com TEA (AMAES e APAE), permitindo a condução do estudo em seus espaços.

Outras limitações estão associadas ao próprio sistema, em especial, a baixa iluminação do ambiente, pois esta teve que ser mantida baixa, para se obter uma melhor definição das imagens projetadas pelo robô. Entretanto, este fator dificultou, em alguns momentos, a detecção da criança pelo *software* OpenPose. Da mesma maneira, a interferência causada por objetos presentes nas salas e pela permanência da pesquisadora próximo à área de jogo afetaram a captação de dados pelo sensor laser (LiDAR) e OpenPose.

8. PERSPECTIVAS FUTURAS

Dada a relevância dos protocolos utilizando o robô MARIA T21 e a capacidade de estimular habilidades sociais, cognitivas e psicomotoras, pretende-se conferir continuidade ao trabalho promovendo a elaboração de novos jogos sérios e a incorporação de novas fases e desafios nos jogos já produzidos. Ademais, está entre os planejamentos testar a plataforma também com crianças com Síndrome de Down, principalmente para estimular o desenvolvimento de aspectos motores e cognitivos.

A respeito dos sistemas de avaliação, a intenção é incorporar momentos com movimentos específicos nos protocolos, de forma a permitir que o *software* OpenPose possa detectar a evolução de aspectos motores das crianças, por exemplo, a mudança do centro de massa do corpo, equilíbrio e angulação de movimentos. Outra atividade futura é formular um protocolo em que haja menos interferência de indivíduos e objetos durante a sessão, visto que esses fatores limitam a captação dos dados da posição e deslocamento da criança pelo sensor de distância laser (LiDAR).

9. REFERÊNCIAS

ARGYLE, Michael. *Bodily Communication*. York, U.K.: Methuen, 1988.

ALI, Sara et al. Comparing the Effectiveness of Different Reinforcement Stimuli in a Robotic Therapy for Children with ASD. *IEEE Access*, v. 8, p. 13128–13137, 2020.

POP, Cristina Anamaria et al. Can the social robot probo help children with autism to identify situation-based emotions? A series of single case experiments. *International Journal of Humanoid Robotics*, v. 10, n. 3, p. 1350025, 2013.

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION (APA). “Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-III, third edition”. Washington, DC, American Psychiatric Association, 1980.

APA. “Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-IV, fourth edition”. Washington, DC, American Psychiatric Association, 1994.

APA. “Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-V, fifth edition”. Washington, DC, American Psychiatric Association, 2013.

ARSHAD, Noreen Izza et al. Robots as Assistive Technology Tools to Enhance Cognitive Abilities and Foster Valuable Learning Experiences among Young Children with Autism Spectrum Disorder. *IEEE Access*, v. 8, p. 116279–116291, 2020. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9114974/>. Acesso em: 25 nov. 2020.

ASPERGER, Hans. Die “Autistischen psychopathen” im kindesalter. *Archiv für psychiatrie und nervenkrankheiten*, v. 117, n. 1, p. 76-136, 1944.

BASTOS, Teodiano F. Tecnologias assistivas na Universidade Federal de Espírito Santo (Ufes). In. RODRIGUES, Olira Saraiva; ARAÚJO, Cláudia Helena Dos Santos;

DA COSTA MARCO, Mary Aurora. Acessibilidade e tecnologias assistivas: Sentidos da Educação. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 6, p. 37325-37333, 2020.

BASTOS, Teodiano et al. Development of a Socially Assistive Robot Controlled by Emotions Based on Heartbeats and Facial Temperature of Children with Autistic Spectrum Disorder. In: *Proceedings of the Future Technologies Conference*. Springer, Cham, 2020. p. 228-239.

BAUMAN, Margaret L. Medical Comorbidities in Autism: Challenges to Diagnosis and Treatment. *Neurotherapeutics*, v. 7, n. 3, p. 320-327, 2010.

BOCCANFUSO, Laura et al. A low-cost socially assistive robot and robot-assisted intervention for children with autism spectrum disorder: field trials and lessons learned. *Autonomous Robots*, v. 41, n. 3, p. 637-655, 2017.

BONO, Valentina et al. GOLIAH: A Gaming Platform for Home-Based Intervention in Autism – Principles and Design. *Frontiers in psychiatry*, v. 7, p. 70, 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012. Aprova as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Brasília, 2012. Disponível em: http://www.conselho.saude.gov.br/web_comissoes/conep/index.html. Acesso em: 12 jul. 2021.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Diretrizes de Atenção à Reabilitação da Pessoa com Transtornos do Espectro do Autismo (TEA). Brasília, 2014. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_atencao_reabilitacao_pessoa_autismo.pdf. Acesso em: 12 jul. 2021.

CAMARGOS, Walter et al. Transtornos Invasivos Do Desenvolvimento 3º Milênio. Coleção Estudos e Pesquisas na Área da Deficiência. CORDE, 2005.

BRASIL. Tecnologia Assistiva. Comitê de Ajudas Técnicas, Subsecretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência. Brasília: CORDE, 2009. 140p.

BROOKE, John. SUS: a retrospective. *Journal of usability studies*, v. 8, n. 2, p. 29-40, 2013.

BROOKE, John. SUS: A "quick and dirty" usability scale. In: Jordan, P. W., Thomas, B. A., Weerdmeester, A. L., McClelland, I. L (Eds). *Usability Evaluation in Industry*. London: Taylor & Francis, p189-194, 1996.

BUNCE, Carl; GRAY, Katie L. H.; COOK, Richard. The perception of interpersonal distance is distorted by the Müller-Lyer illusion. *Scientific Reports*, v. 11, n. 1, p. 1-7, 2021.

CABIBIHAN, John John et al. Why Robots? A Survey on the Roles and Benefits of Social Robots in the Therapy of Children with Autism. *International Journal of Social Robotics*. Kluwer Academic Publishers, v. 5, n. 4, p. 593-618, 2013.

CAMPOS, Rodrigo Carneiro De. *TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA-TEA*. Belo Horizonte: Unimed, 2019.

CASAS-BOCANEGRA, Diego et al. An Open-Source Social Robot Based on Compliant Soft Robotics for Therapy with Children with ASD. In: *Actuators*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 9, n. 3, p. 91, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-0825/9/3/91>. Acesso em: 23 nov. 2020.

CARDOSO, Diana Maria Pereira. *Funções executivas: habilidades matemáticas em crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA)*. 2016. 159f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

CAÑAS, José J. et al. Cognitive flexibility and adaptability to environmental changes in dynamic complex problem-solving tasks. *Ergonomics*, v. 46, n. 5, p. 482–501, 2003.

CERASA, Antonio et al. Brief Report: Neuroimaging Endophenotypes of Social Robotic Applications in Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, v. 51, n. 7, p. 2538-2542, 2020.

COECKELBERGH, Mark et al. A Survey of Expectations About the Role of Robots in Robot-Assisted Therapy for Children with ASD: Ethical Acceptability, Trust, Sociability, Appearance, and Attachment. *Science and Engineering Ethics*, v. 22, n. 1, p. 47–65, 2016.

CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE. Recomendação nº 31, de 30 de abril de 2020. Recomenda medidas emergenciais complementares que visam a garantia dos direitos e da proteção social das pessoas com deficiência no contexto da COVID-19. Brasília, 2020. Disponível em: <https://conselho.saude.gov.br/recomendacoes-cns/1146-recomendacao-n-031-de-30-de-abril-de-2020>. Acesso em: 10 fev. 2022.

COSTA, Sandra et al. Using a Humanoid Robot to Elicit Body Awareness and Appropriate Physical Interaction in Children with Autism. *International Journal of Social Robotics*, v. 7, n. 2, p. 265–278, 2015.

DAUTENHAHN, Kerstin et al. KASPAR - a minimally expressive humanoid robot for human-robot interaction research. *Applied Bionics and Biomechanics*, v. 6, n. 3–4, p. 369–397, 2009.

DEFILIPPIS, Melissa. The Use of Complementary Alternative Medicine in Children and Adolescents with Autism Spectrum Disorder. *PsychoPharmacology Bulletin*, v. 48, n. 1, p. 40, 2018.

DIPIETRO, Joan et al. medicina Computer-and Robot-Assisted Therapies to Aid Social and Intellectual Functioning of Children with Autism Spectrum Disorder. *Medicina*, v. 55, n. 8, p. 440, 2019.

DOERNBERG, Ellen; HOLLANDER, Eric. Neurodevelopmental Disorders (ASD and ADHD): DSM-5, ICD-10, and ICD-11. *CNS Spectrums*, v. 21, n. 4, p. 295-299. Cambridge University Press, 2016

FEIL-SEIFER, David; MATARIC, Maja J. Socially assistive robotics: Ethical issues related to technology. *IEEE Robotics and Automation Magazine*, v. 18, n. 1, p. 24. 2011.

FEIL-SEIFER, David; SKINNER, Kristine; MATARIĆ, Maja J. Benchmarks for evaluating socially assistive robotics. *Interaction Studies*, v. 8, n. 3, p. 423-439, 2007.

FONSECA, Vitor da. INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO. Bateria Psicomotora (BPM). Manual de Observação Psicomotora, Significação Psiconeurológica dos Fatores Psicomotores. Porto Alegre: Artes Médicas, 371p. 1995.

FRAZIER, Thomas W. et al. Behavioral and cognitive characteristics of females and males with autism in the simons simplex collection. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, v. 53, n. 3, p. 329-340. e3, 2014.

GIULLIAN, Nicole et al. Detailed requirements for robots in autism therapy. In: 2010 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. IEEE, 2010. p. 2595-2602.

GORLA, José Irineu et al. Bateria psicomotora de Fonseca: uma análise com o portador de deficiência mental. *Lecturas: Educación física y deportes*, n. 62, p. 26, 2003. Disponível em: <https://www.efdeportes.com/efd62/fonseca.htm>. Acesso em: 18 jan. 2022.

GOULART, Christiane Mara. Unobtrusive Technique Based On Infrared Thermal Imaging For Emotion Recognition In Children-With-Asd-Robot Interac. 2019. 215 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2019.

GOULART, Christiane Mara. Uma Contribuição ao Estudo de Sinais de EEG para Avaliar Estados Emocionais e Mentais de Crianças Com Autismo na Interação com Robô Móvel. 2015. 143 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

GROSSARD, Charline et al. ICT and autism care: State of the art. *Current Opinion in Psychiatry*. v. 31, n. 6, p. 474-483, 2018.

GEURTS, Hilde M.; CORBETT, Blythe; SOLOMON, Marjorie. The paradox of cognitive flexibility in autism. *Trends in cognitive sciences*, v. 13, n. 2, p. 74-82, 2009.

HALL, Edward T. *The Hidden Dimension*. New York, NY, USA: Doubleday, 1966

HARRIS, James. Leo Kanner and autism. 75-year perspective. *International Review of Psychiatry*. v. 30, n. 1, p. 3-17. Taylor and Francis Ltd., 2018.

HAZIN, Izabel et al. Dados Normativos do Teste de Atenção por Cancelamento (TAC) em Estudantes do Ensino Fundamental Izabel. *Psico*, v. 43, n. 4, 2012.

HENKEL, Zachary et al. Evaluation of proxemic scaling functions for social robotics. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, v. 44, n. 3, p. 374–385, 2014.

HUIJNEN, Claire A. G. J. et al. Mapping Robots to Therapy and Educational Objectives for Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, v. 46, n. 6, p. 2100-2114, 2016.

HSU, Henry; LACHENBRUCH, Peter A. Paired t test. *Wiley StatsRef: statistics reference online*, 2014.

ISMAIL, Luthffi Idzhar et al. Leveraging Robotics Research for Children with Autism: A Review. *International Journal of Social Robotics*. Springer Netherlands, v. 11, n. 3, p. 389-410, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12369-018-0508-1>. Acesso em: 29 nov. 2020.

JACQUEMONT, Sébastien et al. A higher mutational burden in females supports a “female protective model” in neurodevelopmental disorders. *American Journal of Human Genetics*, v. 94, n. 3, p. 415–425, 2014. Disponível em: </pmc/articles/PMC3951938/?report=abstract>. Acesso em: 27 jan. 2021.

JOUEN, Anne-Lise et al. GOLIAH (Gaming open library for intervention in autism at home): A 6-month single blind matched controlled exploratory study. *Child and Adolescent Psychiatry and Mental Health*, v. 11, n. 1, p. 1-14, 2017.

KANNER, Leo. Autistic disturbance of affective contact. *Nervous child*, v. 2, n. 3, p. 217-250, 1943.

KANNER, Leo. Follow-up Study of Eleven Autistic Children Originally Reported in 1943. *Journal of Autism and Childhood Schizophrenia*. v. 1, n. 2, p. 119-145, 1971.

KARAHMADI, Mojgan et al. Efficacy of Memantine as Adjunct Therapy for Autism Spectrum Disorder in Children Aged <14 Years. *Advanced Biomedical Research*, v. 7, n. 1, p. 131, 2018.

KLIN, Ami. Autismo e síndrome de Asperger: uma visão geral *Brazilian Journal of Psychiatry*, v. 28, p. s3-s11, 2006.

KOSTRUBIEC, Viviane; KRUCK, Jeanne. Collaborative Research Project: Developing and Testing a Robot-Assisted Intervention for Children With Autism. *Frontiers in Robotics and AI*, v. 7, p. 37, 2020.

KRASNY-PACINI, A. et al. Goal Attainment Scaling in rehabilitation: A literature-based update. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. Elsevier Masson, v. 56, n. 3, p. 212-230, 2013.

LAI, Meng Chuan; LOMBARDO, Michael V.; BARON-COHEN, Simon. Autism: Search strategy and selection criteria. *Lancet Publishing Group*, v. 383, p. 896-910, 2014.

LAMPIER, Lucas Côgo et al. Effect of Image Resolution on Remote Photoplethysmography: Towards Emotion Detection in Children with Autism Spectrum Disorder. *Galoa Events Proceedings*, 2019.

LEWIS, James R.; SAURO, Jeff. The factor structure of the system usability scale. In: *International conference on human centered design*. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 94-103, 2009.

LINSTEAD, E et al. An evaluation of the effects of intensity and duration on outcomes across treatment domains for children with autism spectrum disorder. *Translational*

Psychiatry, v. 7, n. 9, p. e1234-e1234, 2017. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/tp2017207>. Acesso em: 17 dez. 2020.

LORD, Catherine et al. Autism spectrum disorder. *The lancet*, v. 392, n. 10146, p. 508-520, 2018.

LYALL, Kristen et al. The Changing Epidemiology of Autism Spectrum Disorders. *Annual Review of Public Health*, v. 38, p. 81–102, 2017.

MAENNER, Matthew J. et al. Prevalence and Characteristics of Autism Spectrum Disorder Among Children Aged 8 Years - Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 11 sites, United States, 2018. *MMWR Surveillance Summaries*, v. 70, n. 11, p. 1, 2021.

MAENNER, Matthew J. et al. Prevalence of Autism Spectrum Disorder Among Children Aged 8 Years - Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 11 Sites, United States, 2016. *MMWR Surveillance Summaries*, v. 69, n. 4, p. 1, 2020.

MALINVERNI, Laura et al. An inclusive design approach for developing video games for children with Autism Spectrum Disorder. *Computers in Human Behavior*, v. 71, p. 535–549, 2017.

MASI, Anne et al. An Overview of Autism Spectrum Disorder, Heterogeneity and Treatment Options. *Neuroscience Bulletin*, v. 33, n. 2, p. 183-193, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12264-017-0100-y>. Acesso em: 16 dez. 2020.

MATTOS, Vera; KABARITE, Aline. Perfil psicomotor: um olhar para além do desempenho. In: *Perfil psicomotor: um olhar para além do desempenho*. p. 119, 2005.

MAZON, Cécile; FAGE, Charles; SAUZÉON, Hélène. Effectiveness and usability of technology-based interventions for children and adolescents with ASD: A systematic review of reliability, consistency, generalization and durability related to the effects of intervention. *Computers in Human Behavior*. Elsevier Ltd, v. 93, p. 235-251, 2019.

MAZZEI, Daniele et al. Development and evaluation of a social robot platform for therapy in autism. In: 2011 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE, p. 4515-4518, 2011.

MEDAVARAPU, Srinivas et al. Where is the Evidence? A Narrative Literature Review of the Treatment Modalities for Autism Spectrum Disorders. *Cureus*, v. 11, n. 1, 2019.

MENSAH, Rose-Mary Owusuaa; BEN HAYFRON-ACQUAH, James; ASANTE, Michael. Longitudinal study of interactions among Ghanaian autistic children and Rosye, a humanoid robot. *International Journal of Computer Techniques*, v. 6, n. 4 2019. Disponível em: <http://www.ijctjournal.org/Volume6/Issue4/IJCT-V6I4P2.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2020.

MONTIEL, J.; CAPOVILLA, A. Teste de Atenção por Cancelamento: análise de critérios de correção. *Cognição*, v. 14, n. 54, p. 289-96, 2008.

MONTIEL, J. M., & SEABRA, A. G. Teste de atenção por cancelamento. In A. G. Seabra & N. M. Dias (Eds.), *Avaliação neuropsicológica cognitiva: Atenção e funções executivas*. São Paulo: Memnon, p. 57-66, 2012.

MUKHERJEE, Sharmila Banerjee. Autism Spectrum Disorders - Diagnosis and Management. *Indian Journal of Pediatrics*, v. 84, n. 4, p. 307-314. Springer India, 2017

NATURE. Collections. Editor's choice: biotechnology, 2019. Disponível em: <https://www.nature.com/srep/collections?page=10&proof=thttps%3A%2F%2Fwww.nature.com%2Farticles%2Fsj.bdj.2014.353%3Fproof%3Dt>. Acesso em: 20 abr. 2021.

NAKANO, Nobuyasu et al. Evaluation of 3D markerless motion capture accuracy using OpenPose with multiple video cameras. *Frontiers in sports and active living*, v. 2, p. 50, 2020.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). "Autism spectrum disorders" [online], 2021. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>. Acesso em: 28 ago. 2021.

OMS. International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 10th Revision (ICD-10). Version: 2019.

OMS. International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 11th Revision (ICD-11) for Mortality and Morbidity Statistics. Version: 2022.

OMS. Uso de máscara no contexto da COVID-19. Orientação provisória de 1º de dezembro de 2020. 2020

ONU. Convention on Biological Diversity. Brasil, 1992. 35p.

OSOKIN, Daniil. Real-time 2d multi-person pose estimation on cpu: Lightweight openpose. arXiv preprint arXiv:1811.12004, 2018.

OTTENBACHER, Kenneth J.; CUSICK, Anne. Goal attainment scaling as a method of clinical service evaluation. The American Journal of Occupational Therapy, v. 44, n. 6, p. 519-525, 1990

PANCERI, J. A. C. et al. Proposal of a New Socially Assistive Robot with Embedded Serious Games for Therapy with Children with Autistic Spectrum Disorder and Down Syndrome. In: Proceedings of XXVII Brazilian Congress on Biomedical Engineering. Vitória, 2020.

PANCERI, João Antonio Campos et al. A new socially assistive robot with integrated serious games for therapies with children with autism spectrum disorder and down syndrome: A pilot study. Sensors, v. 21, n. 24, 2021.

PAULA, Cristiane S et al. Autism in Brazil - perspectives from science and society. Revista da Associação Médica Brasileira, v. 57, n. 1, p. 2-5, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ramb/a/cSqWJjFbv4QKm44TWjn6dnd/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 4 ago. 2021.

PEREIRA, Ana Paula Prust et al. Executive functions in childhood: Assessment and preliminary normative data for Portuguese preschoolers. *Revista Iberoamericana de Diagnostico y Evaluacion Psicologica*, v. 4, n. 49, p. 171–188, 2018.

PETERS-SCHEFFER, Nienke et al. A meta-analytic study on the effectiveness of comprehensive ABA-based early intervention programs for children with Autism Spectrum Disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*. *Research in Autism Spectrum Disorders*, v. 5, n. 1, p. 60-69, 2011.

PORTNOVA, Galina V; IVANOVA, Oxana; PROSKURNINA, Elena V. Effects of EEG examination and ABA-therapy on resting-state EEG in children with low-functioning autism. *AIMS Neuroscience*, v. 7, n. 2, p. 153–167, 2020. Disponível em: <http://www.aimspress.com/journal/neuroscience>. Acesso em: 17 dez. 2020.

QIAO, Sen; WANG, Yilin; LI, Jian. Real-time human gesture grading based on OpenPose. In: 2017 10th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI). IEEE, 2017. p. 1-6.

RABBITT, Sarah M.; KAZDIN, Alan E.; SCASSELLATI, Brian. Integrating socially assistive robotics into mental healthcare interventions: Applications and recommendations for expanded use. *Clinical Psychology Review*. Elsevier Inc. v. 35, p. 35-46, 2015.

RAMÍREZ-DUQUE, Andrés A. et al. Collaborative and Inclusive Process with the Autism Community: A Case Study in Colombia About Social Robot Design. *International Journal of Social Robotics*, v. 13, n. 2, p. 153-167, 2021.

RAMÍREZ-DUQUE, Andrés A. et al. Robot-Assisted Intervention for children with special needs: A comparative assessment for autism screening. *Robotics and Autonomous Systems*, v. 127, p. 103484, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.robot.2020.103484>. Acesso em: 29 nov. 2020.

ROBINS, B. et al. Robotic assistants in therapy and education of children with autism: Can a small humanoid robot help encourage social interaction skills? *Universal Access in the Information Society*, v. 4, n. 2, p. 105–120, dez. 2005.

ROBINS, Ben et al. Tactile interaction with a humanoid robot for children with autism: A case study analysis involving user requirements and results of an initial implementation. In: *19th International Symposium in Robot and Human Interactive Communication*. IEEE, 2010. p. 704-711, 2010.

RUBLE, Lisa; MCGREW, John H.; TOLAND, Michael D. Goal attainment scaling as an outcome measure in randomized controlled trials of psychosocial interventions in autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, v. 42, n. 9, p. 1974–1983, 2012.

RUTTER, Michael. Aetiology of autism: findings and questions. *Journal of Intellectual Disability Research*, v. 49, n. 4, p. 231-238, 2005.

SALDIEN, Jelle et al. On the Design of the Huggable Robot Probo. *JOURNAL OF PHYSICAL AGENTS*, v. 2, n. 2, 2008.

SANCHACK, Kristian E. Primary Care for Children with Autism Spectrum Disorder: Primary Care Principles. *American Family Physician*, p. 94, v. 12, p. 972-979, 2016.

SANDIN, Sven et al. The Familial Risk of Autism. *JAMA*, v. 311, n. 17, p. 1770–1777, 2014. Disponível em: <https://jamanetwork.com/journals/jama/article-abstract/1866100>. Acesso em: 4 jul. 2020.

SARMENTO, Renata de Oliveira Vasconcelos et al. Efeitos da intervenção psicomotora em uma criança com diagnóstico de tdah (transtorno do déficit de atenção/hiperatividade) em seus aspectos psicomotores. *Revista digital de Educação Física*, v. 3, n. 1, p. 1-12, 2010.

SCASSELLATI, Brian; HENNY, Admoni; MATARIĆ, Maja. Robots for use in autism research. *Annual Review of Biomedical Engineering*. *Annual Reviews*, v. 14, p. 275-

294, 2012. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-bioeng-071811-150036>. Acesso em: 18 dez. 2020.

SCHREIDER, Luz et al. Proposta de Ambientes Virtuais para a Intervenção na Propriocepção de Crianças com Síndrome de Down: Protocolo de Aplicação. IWAT, 2019.

SCOTT, William A. Cognitive Complexity and Cognitive Flexibility. *Sociometry*, p. 405-414, 1962.

SENSOR LiDAR A1 Slamtec. slamtec.com, 2022. Disponível em: <https://www.slamtec.com/en/Lidar/A1>. Acesso em: 20 de jan. 2022.

SHAMSUDDIN, Syamimi et al. Initial response in HRI-A case study on evaluation of child with Autism Spectrum Disorders interacting with a humanoid robot NAO. *Procedia Engineering*, Elsevier Ltd., v. 41, p. 1448-1455, 2012.

SHARMA, Samata R; GONDA, Xenia; TARAZI, Frank I. Autism Spectrum Disorder: Classification, diagnosis and therapy. *Pharmacology & therapeutics*, v. 190, p. 91-104, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2018.05.007>. Acesso em: 20 dez. 2020.

SO, Wing Chee et al. Using a social robot to teach gestural recognition and production in children with autism spectrum disorders. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, v. 13, n. 6, p. 527–539, 18 ago. 2018.

SOUZA, Josiany Carlos De et al. Proposal of Serious Games and Assistive Robot to Aid Therapies of Children with Autism Spectrum Disorder. In: *Seminário de Engenharia Biomédica*, Universidade de Uberlândia, 2021.

TAKAYAMA, Leila; PANTOFARU, Caroline. Influences on Proxemic Behaviors in Human-Robot Interaction. In: *2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*. IEEE, 2009. p. 5495-5502.

TAMMIMIES, Kristiina et al. Association between Copy Number Variation and Response to Social Skills Training in Autism Spectrum Disorder. *Scientific Reports*, v. 9, n. 1, p. 1-8, 2019.

TAPUS, Adriana; MATARIC, Maja J.; SCASSELLATI, Brian. Socially assistive robotics [Grand challenges of robotics]. *IEEE Robotics and Automation Magazine*, v. 14, n. 1, p. 35–42, 2007.

TAPUS, Adriana et al. Children with autism social engagement in interaction with Nao, an imitative robot: A series of single case experiments. *Interaction studies*, v. 13, n. 3, p. 315-347, 2012.

THAPAR, Anita; RUTTER, Michael. Genetic Advances in Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, v. 51, n. 12, p. 4321-4332, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10803-020-04685-z>. Acesso em: 19 dez. 2020.

THEPSOONTHORN, Chidchanok; OGAWA, Ken Ichiro; MIYAKE, Yoshihiro. The Relationship between Robot's Nonverbal Behaviour and Human's Likability Based on Human's Personality. *Scientific Reports*, v. 8, n. 1, p. 1-11, 2018.

TORRES-CARRIÓN, Pablo V et al. Improving Cognitive Visual-Motor Abilities in Individuals with Down Syndrome. *Sensors*, v. 19, n. 18, p. 3984, 2019.

TRAVIS, Lisa L; SIGMAN, Marian. Social deficits and interpersonal relationships in autism. *Mental retardation and developmental disabilities Research Reviews*, v. 4, n. 2, p. 65-72, 1998.

TREVISAN, B. T., & SEABRA, A. G. Teste de trilhas para pré-escolares. In A. G. Seabra & N. M. Dias (Eds.), *Avaliação neuropsicológica cognitiva: Atenção e funções executivas*. São Paulo: Memnon, p. 92-100, 2012.

TURNER-STOKES, Lynne. Goal attainment scaling (GAS) in rehabilitation: A practical guide. *Clinical Rehabilitation*, v. 23, n. 4, p. 362–370, 2009.

UFES. Plano de Contingência da Ufes em Tempos de Covid-19. 3 ed. Vitória: Ufes, 2021. 114p. Disponível em: https://www.ufes.br/sites/default/files/anexo/planocontingencia_2aed_v1a_2.pdf. Acesso em: 10 de fev. 2022.

UFES. Conselho De Ensino, Pesquisa E Extensão. Resolução nº 58/2020, de 18 de dezembro de 2020. Adota providências para o Ensino-Aprendizagem Remoto Temporário e Emergencial – Earte de PósGraduação em tempos de pandemia. Vitória, Ufes/CEPE, 2020. Disponível em: https://daocs.ufes.br/sites/daocs.ufes.br/files/field/anexo/r._58.2020_-_earte_pos.pdf. Acesso em: 10 de fev. 2022.

VALENTINE, Althea Z. et al. A systematic review evaluating the implementation of technologies to assess, monitor and treat neurodevelopmental disorders: A map of the current evidence. *Clinical Psychology Review*. Elsevier Inc. v. 80, p. 101870, 2020.1 ago. 2020

VALENCIA, Nicolás et al. Serious game for post-stroke upper limb rehabilitation. In: *Converging Clinical and Engineering Research on Neurorehabilitation II*. Springer, p. 1445-1450, 2017.

VAN DEN BERK-SMEEKENS, Iris et al. Adherence and acceptability of a robot-assisted pivotal Response treatment protocol for children with autism spectrum disorder. *Scientific reports*, v. 10, n. 1, p. 1-11, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65048-3>. Acesso em: 16 de jan. 2022.

VOLKMAR, Fred R et al. DSM-III and DSM-III-R Diagnoses of Autism. *The American journal of psychiatry*, 1988.

WEISS, Patrice et al. Usability of Technology Supported Social Competence Training for Children on the Autism Spectrum. In: *2011 International Conference on Virtual Rehabilitation*. IEEE, p. 1-8, 2011.

WEITLAUF, Amy S. et al. Brief report: DSM-5 “levels of support:” A comment on discrepant conceptualizations of severity in asd. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, v. 44, n. 2, p. 471–476, 2014.

WING, Lorna. Asperger’s syndrome: a clinical account. *Psychological Medicine*, v. 11, p. 115-129, 1981.

WOO, Cynthia C.; LEON, Michael. Environmental enrichment as an effective treatment for autism: a randomized controlled trial. *Behavioral neuroscience*, v. 127, n. 4, p. 487, 2013.

YUN, Sang-Seok et al. Social skills training for children with autism spectrum disorder using a robotic behavioral intervention system. *Autism Research*, v. 10, n. 7, p. 1306–1323, 2017.

APÊNDICE A – CARTA DE INTENÇÃO PARA AMAES

Josiany Souza
Sheila da Luz
Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras
CEP 29075-910, Vitória – ES
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)



Associação dos Amigos dos Autistas do Espírito Santo (AMAES)
Av. Fernando Ferrari, s/n, Goiabeiras
CEP 29016-095, Vitória – ES

Vitória, 20 de julho de 2021

Assunto: Autorização para desenvolvimento de pesquisa com crianças com TEA na AMAES

Prezados Senhores,

Nós, Josiany e Sheila, cursamos Mestrado e Doutorado, respectivamente, no Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia (PPGBiotec) da UFES, sob a orientação dos Professores Dr. Teodiano Freire Bastos Filho e Dra. Eliete Maria de Oliveira Caldeira. Estamos desenvolvendo uma pesquisa que avalia a interação entre crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA) e Síndrome de Down (SD) com um novo robô socialmente assistivo utilizando jogos sérios.

O objetivo da nossa pesquisa é a aplicação de um protocolo que estimule habilidades psicomotoras, cognitivas e sociais em crianças com TEA e SD através do robô. O robô é denominado MARIA-T21, o qual possui a capacidade de estimular essas habilidades através da projeção de jogos educativos e de reabilitação no ambiente. A finalidade é proporcionar a estas crianças uma maior interação com o meio, estimulando e ampliando seus sentidos, bem como mensurar o impacto desses jogos e da interação no seu desenvolvimento cognitivo, social e psicomotor.

O robô conta também com sistemas de aquisição de imagens para análise de movimento e posição da criança, além de parâmetros como análise da frequência cardíaca e das emoções através de uma câmera térmica.

A pesquisa está autorizada pelo Comitê de Ética da UFES, número 1.121.638, implicando em segurança dos procedimentos, característica indolor e forma não-invasiva, sem risco à saúde das crianças.

Diante do exposto, solicitamos permissão para que possamos desenvolver essas atividades com as crianças com TEA na unidade da AMAES em Vitória-ES. Declaramos, também, que nos colocamos à disposição para esclarecimento de qualquer dúvida.

Agradecemos desde já.
Atenciosamente,

Equipe MARIA-T21

Josiany Carlos de Souza
Mestranda do PPGBiotec/UFES

João Panceri
Doutorando do PPG Engenharia Elétrica/UFES

Sheila da Luz
Doutoranda do PPGBiotec/UFES

Dr. Teodiano Freire Bastos Filho
Professor do PPGBiotec e PPG Engenharia Elétrica/UFES

Éberty Freitas
Doutorando do PPG Engenharia
Elétrica/UFES

Dra. Eliete Maria de Oliveira Caldeira
Professora do Departamento de Engenharia Elétrica/UFES

APÊNDICE B – CARTA DE INTENÇÃO PARA APAE VILA VELHA

Josiany Souza
 Sheila da Luz
 Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras
 CEP 29075-910, Vitória – ES
 Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)



Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE)
 R. Cabo Aylson Simões, 1050, Centro
 CEP 29100-320, Vila Velha - ES

Vila Velha, 08 de outubro de 2021

Assunto: Autorização para desenvolvimento de pesquisa com crianças com TEA na APAE

Prezados Senhores,

Nós, Josiany e Sheila, cursamos Mestrado e Doutorado, respectivamente, no Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia (PPGBiotec) da UFES, sob a orientação dos Professores Dr. Teodiano Freire Bastos Filho e Dra. Eliete Maria de Oliveira Caldeira. Estamos desenvolvendo uma pesquisa que avalia a interação entre crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA) e Síndrome de Down (SD) com um novo robô socialmente assistivo utilizando jogos sérios.

O objetivo da nossa pesquisa é a aplicação de um protocolo que estimule habilidades psicomotoras, cognitivas e sociais em crianças com TEA e SD através do robô. O robô é denominado MARIA T21, o qual possui a capacidade de estimular essas habilidades através da projeção de jogos educativos e de reabilitação no ambiente. A finalidade é proporcionar a estas crianças uma maior interação com o meio, estimulando e ampliando seus sentidos, bem como mensurar o impacto desses jogos e da interação no seu desenvolvimento cognitivo, social e psicomotor.

O robô conta também com sistemas de aquisição de imagens para análise de movimento e posição da criança, além de parâmetros como análise da frequência cardíaca e das emoções através de uma câmera térmica.

A pesquisa está autorizada pelo Comitê de Ética da UFES, número 1.121.638, implicando em segurança dos procedimentos, característica indolor e forma não-invasiva, sem risco à saúde das crianças.

Diante do exposto, solicitamos permissão para que possamos desenvolver essas atividades com as crianças com TEA ou SD na unidade da APAE em Vila Velha-ES. Declaramos, também, que nos colocamos à disposição para esclarecimento de qualquer dúvida.

Agradecemos desde já.
 Atenciosamente,

Equipe MARIA-T21

Josiany Carlos de Souza
 Mestranda do PPGBiotec/UFES

João Panceri
 Doutorando do PPG Engenharia Elétrica/UFES

Sheila da Luz
 Doutoranda do PPGBiotec/UFES

Dr. Teodiano Freire Bastos Filho
 Professor do PPGBiotec e PPG Engenharia Elétrica/UFES

Éberty Freitas
 Doutorando do PPG Engenharia
 Elétrica/UFES

Dra. Eliete Maria de Oliveira Caldeira
 Professora do Departamento de Engenharia Elétrica/UFES

APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Dados e identificação do **Pai/Responsável**

Nome: _____ Sexo: F () M ()

CPF: _____ Data de nascimento: __/__/__

Endereço completo: _____
 _____ Telefone: (____)

Dados e identificação da **Criança/Jovem**

Nome: _____ Sexo: F () M ()

Data de nascimento: __/__/__

Seu filho(a) (ou a criança/jovem pela qual o(a) Sr.(a) é responsável) está sendo convidado a participarda pesquisa intitulada **“Uma Nova Proposta para Terapia Psicomotora e Método de Avaliação Funcional para Intervenção na Propriocepção, Equilíbrio Postural e Marcha em Crianças com Síndrome de Down e com Transtorno do Espectro Autista Utilizando Robô Assistivo”** e **“Análise da interação de Crianças com Transtorno do Espectro Autista e Síndrome de Down Utilizando Robô Assistivo e Jogos Sérios”**, sob a responsabilidade de Sheila da Luz Schreider (Fisioterapeuta) e Josiany Carlos de Souza (Bióloga).

JUSTIFICATIVA, OS OBJETIVOS E OS PROCEDIMENTOS:

Crianças com Síndrome de Down (SD) e Transtorno do Espectro Autista (TEA) podem apresentar dificuldades no desenvolvimento neuropsicológico e motor que prejudicam habilidades necessárias em muitas funções cotidianas, como habilidades cognitivas, sociais e a autopercepção corporal. Nesse sentido, as pesquisas se justificampela necessidade de se criar técnicas para o treinamento da cognição e sociabilidade, e da autopercepção corporal em crianças com SD e TEA. Para isso, utilizaremos o robô MARIA-T21, o qual possui a capacidade de estimular essas habilidades através da projeção de jogos educativos e de reabilitação no ambiente. O robô conta também com sistemas de aquisição de imagens para análise de movimento e posição da criança, além de parâmetros como frequência cardíaca e emoções através de uma câmera térmica.

O objetivo deste estudo é a aplicaçãode um protocolo de jogos sérios que estimulem as habilidades psicomotoras, cognitivas e sociais em crianças com SD e TEA utilizando um robô socialmente assistivo (MARIA T21, a fim de proporcionar a estas criançasuma maior interação com o meio, estimulando e ampliando seus diversos sentidos, bem como mensurar o impacto desses jogos e da interação no desenvolvimento cognitivo, social e psicomotor dos participantes.

O(s) procedimento(s) de coleta de dados será realizado obedecendo a seguinte ordem: para recrutamento das crianças, contactamos instituições de ensino especial (APAEs de Vila Velha e de Vitória, Vitória Down, Clínica Despertar e outras clínicas que realizam atendimento a crianças com SD e TEA na região metropolitana de Vitória). Após a seleção das crianças (conforme os critérios de inclusão e de exclusão), seguiremos para as fases de avaliação e aplicação do protocolo de jogos sérios. Durante a avaliação a criança passará por teste de avaliação neuropsicológica, no qual se mensura a capacidade da criança entender a linguagem verbal, a atenção aos comandos e a memória. Ainda, passará por teste de autopercepção corporal, onde se observará se a criança reconhece e nomeia as partes do corpo, e se diferencia direita e esquerda. Para a aplicação dos testes utilizaremos o espaço físico do Núcleo de Tecnologias Assistivas (NTA) da Ufes, localizado no prédio CT-2 do campus Goiabeiras da UFES. O tempo estimado para a coleta de dados é de duas a doze semanas.

DESCONFORTOS E RISCOS, E BENEFÍCIOS: o estudo apresenta risco mínimo, utilizando testes simples e atividades de reabilitação por meio do protocolo (a aplicação do protocolo será realizada por profissionais da saúde, incluindo uma Fisioterapeuta), utilizando jogos sérios para treino das habilidades cognitivas e da autopercepção corporal. Como benefício podemos citar a utilização de novas tecnologias nas intervenções terapêuticas que tenham como objetivo melhorar a qualidade de vida das crianças e jovens com TEA e SD.

FORMA DE ACOMPANHAMENTO E ASSISTÊNCIA: será assegurado o direito a indenização e assistência necessária, caso sejam identificados e comprovados danos provenientes desta pesquisa.

GARANTIA DE ESCLARECIMENTO, LIBERDADE DE RECUSA E GARANTIA DE SIGILO: Você será esclarecido(a) sobre a pesquisa em qualquer aspecto que desejar. Você é livre para recusar a participação da criança pela qual é responsável, retirar seu consentimento ou interromper a participação dela a qualquer momento. A participação da criança é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou perda de benefícios. A sua identidade será tratada pelos pesquisadores com padrões profissionais de sigilo. Os resultados serão arquivados e permanecerão confidenciais. Não haverá identificação da criança em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo. Uma cópia deste consentimento informado será arquivada no Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Espírito Santo, e outra será fornecida a você.

CUSTOS DA PARTICIPAÇÃO, RESSARCIMENTO E INDENIZAÇÃO POR EVENTUAIS DANOS: a participação no estudo não acarretará custos para você e não será disponível nenhuma compensação financeira adicional. Será assegurado o direito a indenização caso você sofrer algum dano decorrente dessa pesquisa.

NOTA DE ESCLARECIMENTO: As instituições APAEs, Vitória Down, Clínica Despertar e demais clínicas não são responsáveis pela aplicação da pesquisa.

DECLARAÇÃO DA PARTICIPANTE OU DO RESPONSÁVEL PELO(A)
PARTICIPANTE:

Eu, _____,
responsável legal do(a) _____,
anos, fui informada(o) dos objetivos da pesquisa acima de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que em qualquer momento poderei solicitar novas informações e revogar minha decisão se assim o desejar. Também sei que caso existam gastos adicionais, estes serão absorvidos pelo orçamento da pesquisa. Em caso de dúvidas poderei contatar os pesquisadores responsáveis pelo estudo, Fisioterapeuta Sheila da Luz Schreider e Bióloga Josiany Carlos de Souza, sempre que julgar necessário, pelos telefones (27) 99907-3695 e (27) 99744-0918, E-mails: sheiladaluz@gmail.com e josianysouza96@gmail.com, o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), pelo telefone: (27) 3145-9820, E-mail: cep.goiabeiras@gmail.com, localizado à Av. Fernando Ferrari, 514 (Goiabeiras), Vitória, ES, CEP 29075-910. **Concedo meu consentimento livre e esclarecido para a participação voluntária da criança/jovem pela qual sou responsável no projeto de pesquisa supracitado, bem como para a gravação e divulgação de imagens com finalidade científica e nas redes sociais do projeto, sem a identificação do(a) participante.** Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Vitória, ___ de _____ de 2021.

Assinatura do(a) Responsável

Fisioterapeuta Sheila da Luz Schreider

Bióloga Josiany Carlos de Souza

ANEXO I – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA/Ufes

CENTRO DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE/UFES



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: RECONHECIMENTO DE EMOÇÕES DE CRIANÇAS COM AUTISMO ATRAVÉS DE EXPRESSÕES FACIAIS E IMAGENS TÉRMICAS DURANTE A INTERAÇÃO COM UM ROBÔ MÓVEL

Pesquisador: Christiane Mara Goulart

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 44899015.0.0000.5060

Instituição Proponente: Centro de Ciências da Saúde

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.121.638

Data da Relatoria: 24/06/2015

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto de pós-graduação em Biotecnologia. É um estudo transversal. Pesquisa observacional, cujo objetivo é avaliar sinais fisiológicos (expressões faciais e temperatura corporal) de crianças com Transtorno do Espectro do Autismo (TEA) para o estudo do reconhecimento de suas emoções durante a interação com um robô móvel. Será realizada com crianças com Transtorno do Espectro do Autismo (TEA), oriundas da Associação dos Amigos dos Autistas do Espírito Santo (AMAES), e crianças com típico desenvolvimento (TD), matriculadas na Escola Municipal de Ensino Fundamental Experimental de Vitória - Universidade Federal do Espírito Santo (EMEF-UFES), ambas com faixa etária entre 6 e 11 anos. O modelo de amostragem adotado para a pesquisa foi o de uma amostra aleatória composta por 2 grupos de crianças. O primeiro será um grupo composto por 30 crianças com TEA e o outro, por 30 crianças com TD, para análise de comparação.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Reconhecer emoções de crianças com TEA e com típico desenvolvimento (TD), através do registro de expressões faciais e variação da temperatura corporal manifestados durante a interação com um robô móvel. Além disso, analisar a interação da criança com o robô móvel e avaliá-lo como

Endereço: Av. Marechal Campos 1468

Bairro: S/N

CEP: 29.040-091

UF: ES

Município: VITORIA

Telefone: (27)3335-7211

E-mail: cep@ccs.ufes.br

CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE/UFES



Continuação do Parecer: 1.121.638

uma

ferramenta no desenvolvimento social de crianças com TEA.

Objetivo Secundário:

Captar as expressões faciais e a variação da temperatura corporal de crianças com TEA e com TD (típico desenvolvimento), para avaliação e reconhecimento dos seus estados emocionais.

Construir uma imagem lúdica amigável para caracterizar o robô móvel, de modo que desperte a atenção da criança com TEA e estimule-a à interação.

Propor um procedimento que permita interação entre a criança com TEA e o robô móvel.

Definir as habilidades sociais que serão avaliadas durante a interação com o robô.

Avaliar a interação criança-robô, utilizando a escala quantitativa: Goal Attainment Scaling - GAS.

Submeter o robô ao teste e avaliação pelos terapeutas que trabalham com as crianças com TEA, utilizando a escala System Usability Scale - SUS.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

De acordo com a pesquisadora, os riscos e benefícios são:

"Riscos:

Psicológicos: A imagem lúdica do robô pode não agradar a criança, desencadeando emoções negativas, como medo. Diante disso, todos os procedimentos experimentais serão acompanhados por um profissional de Psicologia e pelo terapeuta da criança. Físicos: Com relação ao robô móvel, se manuseado de forma imprópria pela criança, pode ocasionar leves escoriações na pele. Para evitar tal risco, o robô possuirá imagem lúdica composta por materiais leves e maleáveis, como Espuma Vinílica Acetinada (EVA), e a criança será acompanhada durante todo o procedimento experimental pelos pesquisadores e o terapeuta. Além disso, o robô se movimentará devagar e conterà dispositivos que garantam a integridade física da criança, como o Kinect, que localizará a posição da criança e proporcionará que o robô fique a uma distância mínima da criança, além de possuir um botão de segurança, que acionará a parada imediata do robô, se necessário.

Benefícios:

Compreensão das emoções expressas por crianças com TEA e estímulo às habilidades de interação social nessas crianças através da robótica móvel, para que desenvolvam um comportamento socialmente aceitável. Como um trabalho de pesquisa de pós-graduação, a contribuição é acrescentar aos meios científico e acadêmico um estudo de emoções de crianças com TEA, através da avaliação de sinais fisiológicos: atividade da musculatura facial e temperatura corporal em conjunto, uma vez que são poucas as pesquisas existentes nessa área. O robô poderá ser testado

Endereço: Av. Marechal Campos 1468

Bairro: S/N

CEP: 29.040-091

UF: ES

Município: VITORIA

Telefone: (27)3335-7211

E-mail: cep@ccs.ufes.br

**CENTRO DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE/UFES**



Continuação do Parecer: 1.121.638

e avaliado pelos terapeutas das crianças, podendo contribuir, futuramente, com pais e profissionais como uma ferramenta que permitirá a melhor compreensão de emoções de crianças com TEA e estimulará o comportamento social das mesmas."

Os riscos e benefícios estão de acordo com o previsto na Res. CNS466/12.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa de relevância científica e social.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Folha de rosto apresentada e assinada pelo reitor - adequada

Projeto Detalho apresentado

TCLE apresentado e adequado

Assentimento livre e esclarecido apresentado e adequado

Carta de anuência das instituições apresentadas

Recomendações:

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

A pesquisadora adequou todas as pendências

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

VITORIA, 24 de Junho de 2015

Assinado por:
Cynthia Furst Leroy Gomes Bueloni
(Coordenador)

Endereço: Av. Marechal Campos 1468

Bairro: S/N

UF: ES

Telefone: (27)3335-7211

Município: VITORIA

CEP: 29.040-091

E-mail: cep@ccs.ufes.br