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

CHRISTIANE MARA GOULART

UMA CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE SINAIS DE EEG PARA AVALIAR ESTADOS EMOCIONAIS E MENTAIS DE CRIANÇAS COM AUTISMO NA INTERAÇÃO COM ROBÔ MÓVEL

VITÓRIA
2015

CHRISTIANE MARA GOULART

UMA CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE SINAIS DE EEG PARA AVALIAR ESTADOS EMOCIONAIS E MENTAIS DE CRIANÇAS COM AUTISMO NA INTERAÇÃO COM ROBÔ MÓVEL

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: Profª Drª Eliete Maria de Oliveira Caldeira

VITÓRIA

2015

CHRISTIANE MARA GOULART

UMA CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE SINAIS DE EEG PARA AVALIAR ESTADOS EMOCIONAIS E MENTAIS DE CRIANÇAS COM AUTISMO NA INTERAÇÃO COM ROBÔ MÓVEL

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 9 de fevereiro de 2015.

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

Profª. Drª. Sônia Alves Gouvêa
Universidade Federal do Espírito Santo

Profª. Drª. Adriana Rios
University of Alberta (Canadá) /
Universidad del Rosario (Colômbia)

VITÓRIA
2015

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

"Uma Contribuição ao Estudo de Sinais de EEG para Avaliar Estados Emocionais e Mentais de Crianças com Autismo na Interação com Robô Móvel"

Christiane Mara Goulart

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Biotecnologia.

Aprovado por:

Profª. Drª. Eliete Maria de Oliveira Caldeira (UFES)
Coorientadora

Profª. Drª. Sônia Alves Gouvêa (UFES)
Membro Interno

Profª. Drª. Adriana Ríos Rincon (Universidad Del Rosário/Colômbia)
Membro Externo

Vitória-ES, 09 de Fevereiro de 2015.

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

Goulart, Christiane Mara, 1986-

G694c Uma contribuição ao estudo de sinais de EEG para avaliar estados emocionais e mentais de crianças com Autismo na interação com robô móvel / Christiane Mara Goulart – 2015.

143 f. : il.

Orientador: Teodiano Freire Bastos-Filho.
Coorientador: Eliete Maria de Oliveira Caldeira.

Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências da Saúde.

1. Autismo. 2. Emoções. 3. Robótica. 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

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, que me capacitou, está comigo em todos os momentos e colocou em meu caminho pessoas muito especiais, que contribuíram diretamente para o sucesso deste trabalho.

Agradeço ao Professor Teodiano pela orientação, aprendizado e oportunidade de vivenciar uma experiência tão enriquecedora e incrivelmente interessante, e à Professora Eliete pelo carinho, ajuda e direcionamento.

Agradeço a todo pessoal do Laboratório de Automação Inteligente (LAI-2), que me acolheu, ajudou e me proporcionou momentos alegres e agradáveis de convivência.

Um agradecimento especial eu dedico ao Javier, Carlos e Malte, responsáveis por me ensinarem a fazer pesquisa e pela realização de toda parte relacionada à engenharia. Sem eles, a execução deste trabalho não seria possível. Obrigada por me permitirem vivenciar o grandioso significado de trabalho em equipe. O mérito deste trabalho é igualmente de vocês!

À AMAES e EMEF-UFES pela acolhida, contribuição, confiança e aprendizado. Aos pais das crianças participantes do trabalho, por confiarem seus filhos a minha responsabilidade durante os experimentos, especialmente, aos pais das crianças com Transtorno do Espectro do Autismo, pela boa vontade em contribuir com a pesquisa. A todas as crianças, pela participação, aprendizado e enorme contribuição, uma vez que toda a intenção e a realização deste trabalho foram voltadas para elas.

Aos meus pais, Bolivar e Simone, pela educação, confiança e apoio incondicional. A minha irmã Adriana, pela amizade de todos os segundos e pelo exemplo de força de vontade. Ao Samuel, meu marido, pela ajuda, apoio, paciência e compreensão.

Agradeço também à UFES, ao PPG-Biotec, ao CNPq pela bolsa de estudo concedida e àqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram com este trabalho.

RESUMO

O Transtorno do Espectro do Autismo (TEA) caracteriza-se por uma série de distúrbios cognitivos e neurocomportamentais e sua prevalência mundial é estimada em 1 criança com TEA a cada 160 crianças com típico desenvolvimento (TD). Indivíduos com TEA apresentam dificuldade em interpretar as emoções alheias e em expressar sentimentos. As emoções podem ser associadas à manifestação de sinais fisiológicos, e, dentre eles, os sinais cerebrais têm sido muito abordados. A detecção dos sinais cerebrais de crianças com TEA pode ser benéfica para o esclarecimento de suas emoções e expressões. Atualmente, muitas pesquisas integram a robótica ao tratamento pedagógico do TEA, através da interação com crianças com esse transtorno, estimulando habilidades sociais, como a imitação e a comunicação. A avaliação dos estados mentais de crianças com TEA durante a sua interação com um robô móvel é promissora e assume um aspecto inovador. Assim, os objetivos deste trabalho foram captar sinais cerebrais de crianças com TEA e de crianças com TD, como grupo controle, para o estudo de seus estados emocionais e para avaliar seus estados mentais durante a interação com um robô móvel, e avaliar também a interação dessas crianças com o robô, através de escalas quantitativas. A técnica de registro dos sinais cerebrais escolhida foi a eletroencefalografia (EEG), a qual utiliza eletrodos colocados de forma não invasiva e não dolorosa sobre o couro cabeludo da criança. Os métodos para avaliar a eficiência do uso da robótica nessa interação foram baseados em duas escalas internacionais quantitativas: Escala de Alcance de Metas (do inglês *Goal Attainment Scaling - GAS*) e Escala de Usabilidade de Sistemas (do inglês *System Usability Scale - SUS*). Os resultados obtidos mostraram que, pela técnica de EEG, foi possível classificar os estados emocionais de crianças com TD e com TEA e analisar a atividade cerebral durante o início da interação com o robô, através dos ritmos alfa e beta. Com as avaliações *GAS* e *SUS*, verificou-se que o robô móvel pode ser considerado uma potencial ferramenta terapêutica para crianças com TEA.

Palavras-chaves: Autismo. TEA. Sinais Cerebrais. Emoções. EEG. Robótica Móvel.

ABSTRACT

Autism Spectrum Disorder (ASD) is characterized by a series of cognitive and neurobehavioral disorders and its global prevalence is estimated at 1 child with ASD per 160 children typically developed (TD). Individuals with ASD have difficulty in interpreting others' emotions and expressing feelings. The emotions may be associated to the manifestation of physiological signals, and, among them, the brain signals have been much discussed. The detection of brain signals of children with ASD can be beneficial to clarify their emotions and expressions. Currently, many researches integrate robotics to pedagogical treatment of ASD, through the interaction with children with this disorder, stimulating social skills such as the ability of imitation and communication. The evaluation of mental states of children with ASD during their interaction with a mobile robot is promising and innovative. Therefore, the goals of this study were to capture brain signals of children with ASD and TD, as control group, for the study of their emotional states and to evaluate their mental states during the interaction with a mobile robot, and evaluating also the interaction of these children with the robot, using quantitative scales. The technique of brain signals recording chosen was electroencephalography (EEG), which uses electrodes placed noninvasively and painless on the scalp. The methods to evaluate the efficiency of the use of the robotics in this interaction were based on two quantitative international scales: Goal Attainment Scaling (GAS) and System Usability Scale (SUS). Results showed that, using EEG, it was possible to classify emotional states of children with ASD and TD and analyze brain activity during the start of the interaction with the robot, through the alpha and beta rhythms. With GAS and SUS scales, it was found that the robot can be considered a potential therapeutic tool for children with ASD.

Key words: Autism. ASD. Brain Signals. Emotions. EEG. Mobile Robotics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Os lobos do cérebro humano. 29
Figura 2. Exemplos de modelos robóticos usados na interação com crianças com TEA. 38
Figura 3. Ritmos cerebrais no período de tempo de um segundo. 45
Figura 4. Disposição dos eletrodos sobre a cabeça. 47
Figura 5. Comparação das teorias da emoção: James-Lange e Cannon-Bard. 53
Figura 6. Representação do lobo límbico e do circuito de Papez. 55
Figura 7. Modelo circunflexo de emoção de Russell. 57
Figura 8. Modelo bidimensional de emoções.. 58
Figura 9. Equipamentos utilizados no experimento. 66
Figura 10. Versão papel e lápis da autoavaliação *Self-Assessment Manikin* 68
Figura 11. Classes emocionais baseadas na escala bidimensional valência-ativação. 69
Figura 12. Procedimento realizado com crianças com TD e com TEA. 72
Figura 13. *Emotiv EPOC* e representação da disposição dos eletrodos.. 73
Figura 14. Representação do sistema de identificação dos estados emocionais. 74
Figura 15. Representação das posições de eletrodos, segundo o sistema internacional 10-20. 77
Figura 16. Equipamentos componentes do robô móvel. 82
Figura 17. Esquema da proposta da interação entre criança e robô. 85
Figura 18. Contato inicial da criança com TEA com o robô móvel. 86
Figura 19. Ativação cerebral caracterizada pelos ritmos alfa e beta de uma criança com TEA no início da interação com o robô móvel. 108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparação entre métodos de neuroimagem que detectam Alterações Hemodinâmicas e Eletromagnéticas. 43
Tabela 2. Ritmos de EEG. 44
Tabela 3. Seleção das fotos a partir do banco de dados internacional *IAPS*. 70
Tabela 4. *GAS* para três objetivos. 87
Tabela 5. Critérios para a determinação das classes de imagens. 93
Tabela 6. Médias das avaliações das fotos *IAPS* versus *SAM*. 93
Tabela 7. Valores de *p-value* e *d* para a classificação *SAM* de cada foto. 96
Tabela 8. Número de respostas obtidas na avaliação da imagem do robô móvel. .107
Tabela 9. Valores médios dos métodos de avaliação da interação criança-robô: *GAS e SUS*. 110

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. *Boxplot* para valência.....98
Gráfico 2. *Boxplot* para ativação. 98
Gráfico 3. *Boxplot* para dominância. 99
Gráfico 4. Validação das imagens *IAPS* versus *SAM*. 100
Gráfico 5. Resultado dos valores médios da acurácia em todas as configurações de eletrodos para crianças com TD.....102
Gráfico 6. Resultado dos valores médios da acurácia em todas as configurações de eletrodos para crianças com TEA. 104

LISTA DE SIGLAS

A/D	Analógico-Digital
A	*All*
A	Auricular
ABC	*Autism Behaviour Checklist*
AMAES	Associação dos Amigos dos Autistas do Espírito Santo
ANN	*Artificial Neural Network*
ARIA	*Adaptive Robot-Mediated Intervention Architecture*
AS	Síndrome de Asperger
ATP	Adenosina trifosfato (do inglês *adenosine triphosphate*)
AuRoRa	*Autonomous Robotic platform as a Remedial tool for children with Autism*
C	Central
CAR	*Common Average Reference*
CARS	*Childhood Autism Ranking Scale*
CET	Complexo de Esclerose Tuberosa
CF	Configuração dos canais frontais
CL	Canais do hemisfério esquerdo (do inglês *left*)
CO	Configuração dos canais ocipitais
CP	Configuração dos canais parietais
CR	Canais do hemisfério direito (do inglês *right*)
C tot	Canais totais
C4	Configuração de 4 canais
C6	Configuração de 6 canais
C8	Configuração de 8 canais
d	Tamanho do efeito
DFA	Análise da Função Discriminante (do inglês *Discriminant Function Analysis)*
DG	Desoxiglicose
DNA	Ácido desoxirribonucleico (do ingês *deoxyribonucleic acid*)
DSM	*Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*
ECG	Eletrocardiografia

EcoG	Eletrocorticografia
EEG	Eletroencefalografia
EMEF-UFES	Escola Municipal de Ensino Fundamental Experimental de Vitória - Universidade Federal do Espírito Santo
EMG	Eletromiografia
EOG	Eletrooculografia
EVA	Espuma Vinílica Acetinada
F	Frontal
FDA	*Fisher Discriminant Analysis*
FCC	*Federal Communications Comission*
Fp	Frontal polar
GAS	*Goal Attainment Scaling*
GI	Gastrointestinal
IAPS	*International Affective Picture System*
IRM	Imagem por ressonância magnética
IRMf	Imageamento por Ressonância Magnética funcional
IROMEC	*Interactive Robotic Social Mediators as Companions*)
K-NN	K-Vizinhos mais Próximos (do inglês *K-Nearest Neighbors*)
L	*Left*
LDA	Análise de Discriminante Linear (do inglês *Linear Discriminant Analysis*)
MARIA	*Mobile Autonomous Robot for Interaction with Autistics*
MEG	Magnetoencefalografia
NIRS	Espectroscopia no Infravermelho Próximo (do inglês *Near Infrared Spectroscopy*)
NK	*Natural Killer*
O	Ocipital
P	Parietal
PCA	Análise de Componentes Principais (do inglês *Principal Components Analysis*)
Pg	Nasofaringeal
PRE	Potenciais Relacionados a Eventos

PSD	Densidade Espectral de Potência (do inglês *Power Spectral Densities*)
R	*Right*
RM	Ressonância Magnética
RNA	Ácido ribonucleico (do inglês *ribonucleic acid*)
ROBUS	*ROBot Université de Sherbrooke*
SAM	*Self-Assessment Manikin*
SFT	Características Estatísticas de Séries de Tempo (do inglês *Statistical Features of Time Series*)
SPECT	Tomografia Computadorizada por Emissão de Fóton Único (do inglês *Single-photon Emission Computed Tomography*)
SUS	*System Usability Scale*
SVM	Máquina de Vetores de Suporte (do inglês *Support Vector Machine*)
TC	Tomografia Computadorizada
TD	Típico desenvolvimento
TEA	Transtorno do Espectro do Autismo
TEP (ou *PET*)	Tomografia por Emissão de Pósitrons (do inglês *Positron Emission Tomography*)
TGD	Transtorno Globai do Desenvolvimento
TGD-SEO	Transtorno Global do Desenvolvimento sem Outra Especificação
TID	Transtorno Invasivo do Desenvolvimento
TID-SEO	Transtorno Invasivo do Desenvolvimento sem Outra Especificação
WPS	*Wavelet* do Espectro de Potência (do inglês *Wavelet Power Spectral*)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 17

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 20

2.1 O Transtorno do Espectro do Autismo (TEA) 20
2.1.1 Histórico 20
2.1.2 O Espectro Autista 22
2.2 Sistemas Biológicos e Metabólicos no TEA 23
2.2.1 Sistema Metabólico do Estresse Oxidativo 23
2.2.2 Sistema Mitocondrial 24
2.2.3 Sistema Imune 24
2.2.4 Sistema Metabólico-folato 25
2.2.5 Sistema Gastrointestinal 26
2.3 A Genética e o TEA 27
2.4 Escalas de Avaliação Clínica do TEA 28
2.5 Prevalência do TEA 28
2.6 O Cérebro e o TEA 29
2.7 A Robótica e o TEA 35
2.8 Técnicas de Neuroimagem 38
2.8.1 Técnicas para Detecção de Alterações Estruturais e Anatômicas 39
2.8.2 Técnicas para Detecção de Alterações Hemodinâmicas 40
2.8.3 Técnicas para Detecção de Alterações Eletromagnéticas 41
2.9 Eletroencefalografia (EEG) 43
2.9.1 EEG e TEA 48
2.9.2 (Pré-)Processamento de Sinais de EEG 49
2.9.2.1 Registros de EEG 49
2.9.2.2 Pré-processamento para Eliminar Artefatos 49
2.9.2.3 Processamento: Extração de Características e Classificadores 50
2.10 Emoções 52
2.10.1 Definições e Teorias de Emoções 52
2.10.2 O Cérebro e as Emoções 54
2.10.3 Modelagem de Emoções 56
2.10.4 Estimular e Diferenciar Emoções 58
2.10.5 Relação entre Sinais Fisiológicos e Emoções 59

3. OBJETIVOS 62

3.1 Geral 62

3.2 Específicos 62

4. MATERIAIS E MÉTODOS 63

4.1 Aspectos Éticos da Pesquisa 64
4.2 Seleção dos Participantes 64
4.3 Identificação de Estados Emocionais 65
4.3.1 Equipamentos Utilizados 65
4.3.2 Participantes 66
4.3.3 Estímulos Visuais para Evocar Emoções 67
4.3.4 Procedimento Experimental 71
4.3.5 Coleta de Sinais Cerebrais 72
4.3.5.1 Equipamento Utilizado na Captação dos Sinais Cerebrais 73
4.3.6 (Pré-) Processamento 74
4.3.6.1 Seleção dos Canais 74
4.3.6.2 Pré-Processamento: Remoção dos Artefatos 77
4.3.6.3 Processamento: Extração de Características e Classificação 79
4.4 Interação de Crianças com TEA com o Robô Móvel 81
4.4.1 Materiais 81
4.4.1.1 Equipamentos Gerais 81
4.4.1.2 Equipamentos do Robô Móvel 81
4.4.2 Confecção e Avaliação da Imagem Lúdica do Robô 83
4.4.3 Proposta da Interação 84
4.4.4 Métodos de Avaliação do Experimento com o Robô Móvel 87

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 92

5.1 Identificação dos Estados Emocionais Frente aos Estímulos Visuais 92
5.1.1 Avaliação dos Estímulos Escolhidos para Evocar Emoções 92
5.1.1.1 Análise Estatística para a Avaliação das Imagens 95
5.1.2 Identificação de Emoções utilizando a Técnica de EEG 99
5.2 Análise do Processo de Interação Criança-Robô 106
5.2.1 Avaliação da Imagem do Robô Móvel pelas Crianças com TD 106
5.2.2 Avaliação da Atividade Cerebral durante a Visualização do Robô 107
5.2.3 Análise da Interação com o Robô Móvel 109

6. CONCLUSÕES 111

7. REFERÊNCIAS 116

APÊNDICES 136

1. INTRODUÇÃO

O Transtorno do Espectro do Autismo (TEA), em geral, pode ser definido por prejuízos persistentes na interação e comunicação sociais, com dificuldade na expressão e compreensão de sentimentos alheios, além da presença de padrões repetitivos e restritos de comportamento. Tais características podem variar de acordo com a severidade e natureza dos sintomas. O TEA não possui etiologia conhecida e compreende, mais especificamente, o Autismo ou Transtorno Autista, a Síndrome de Asperger e o Transtorno Global do Desenvolvimento sem Outra Especificação (KLIN, 2006; RUTTER, 2005; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013).

Devido à dificuldade de pacientes com TEA em estabelecer comunicação verbal e não verbal, compreender, expressar e interpretar emoções próprias e alheias (SCASSELLATI, ADMONI e MATARI´C, 2012; OTHMAN e WAHAB, 2010), torna-se importante o desenvolvimento acerca do reconhecimento do estado emocional nesses indivíduos, ocasionando uma melhor compreensão do TEA e dos indivíduos acometidos por ele. Para isso, existem numerosos métodos de análise dos sinais fisiológicos que sinalizam determinadas emoções, destacando-se, dentre estes, os sinais elétricos cerebrais, os quais podem ser captados pela técnica de eletroencefalografia (EEG) (PICARD et al., 2001; BOS, 2006; MURUGAPPAN, RAMACHANDRAN e SAZALI, 2010). A EEG é um procedimento clínico que permite o registro da variação da atividade elétrica cerebral, originada pela condução de impulsos elétricos do sistema nervoso (TEPLAN, 2002). Por essa técnica, muitos pesquisadores estudam formas eficientes de identificação e classificação do estado emocional em adultos, como visto em Nasehi e Pourghassem (2012), Kroupi, Yazdani e Ebrahimi (2011), Murugappan, Ramachandran e Sazali (2010), Yuen (2009), Chanel et al. (2007) e Chanel et al. (2006). São poucos os trabalhos existentes na literatura científica que abordam estudos de estados emocionais, utilizando sinais de EEG, em crianças com TEA, especificamente (OTHMAN e WAHAB, 2010), o que torna a execução deste trabalho desafiadora.

Embora, ainda, não haja cura para pessoas que se enquadram no espectro autista, existem tratamentos, de cunho comportamental, aplicados a fim de amenizar os sintomas comportamentais apresentados por esses indivíduos, e, assim, melhorar sua qualidade de vida e independência (MICHAUD e CLAVET, 2001; SCASSELLATI, ADMONI e MATARI´C, 2012). Atualmente, robôs estão sendo desenvolvidos para corroborarem com diagnósticos e tratamentos de crianças com o espectro autista (PCD DEFICIÊNCIA, 2014), e como o auxílio ao tratamento pedagógico, os robôs podem apresentar variadas funcionalidades que favorecem uma interação com essas crianças, de modo a chamar sua atenção, estimulando-as a interagir com o ambiente a sua volta (MICHAUD e CLAVET, 2001; SCASSELLATI, ADMONI e MATARI´C, 2012; ROBINS et al., 2010b). Dessa forma, os robôs podem propiciar uma interação significativa, tornando-se uma possível ferramenta pedagógica para ajudar essas crianças, no que tange a seu desenvolvimento cognitivo e social.

Uma vez que indivíduos com TEA apresentam deficiências na comunicação e na expressão e compreensão de estados emocionais e mentais, os objetivos deste trabalho consistem em captar e analisar os sinais cerebrais de crianças diagnosticadas com TEA e de crianças com típico desenvolvimento (TD) (grupo controle), a fim de identificar seus estados emocionais, frente a estímulos visuais, e avaliar o estado mental durante a interação com um robô móvel. Além disso, como robôs estão sendo utilizados como instrumentos que estimulam habilidades de interações sociais de crianças com TEA, outro objetivo é avaliar a interação dessas crianças com o robô móvel, através de duas escalas internacionais quantitativas: a Escala de Alcance de Metas (do inglês *Goal Attainment Scaling - GAS*) e a Escala de Usabilidade de Sistemas (do inglês *System Usability Scale - SUS*). A primeira permitirá a análise do sucesso da interação entre a criança e o robô, já a segunda medirá e classificará a facilidade de uso (usabilidade) do robô móvel como ferramenta interativa para crianças com TEA.

A justificativa da realização deste trabalho é tentar compreender as crianças com TEA de uma forma melhor, estimular habilidades cognitivas e de interação social utilizando a robótica móvel, e dessa forma, integrar tais crianças à sociedade,

culminando em uma contribuição para o desenvolvimento de um comportamento socialmente aceitável. Como um trabalho de pós-graduação em Biotecnologia, a contribuição é acrescentar aos meios científico e acadêmico um estudo de sinais cerebrais de crianças com TEA, através de EEG, uma vez que são poucas as pesquisas existentes nessa área.

Para desencadear uma maior compreensão do que foi exposto acima, serão abordados os assuntos relativos a este trabalho no tópico de Revisão Bibliográfica. O corpo deste trabalho contará, ainda, com a exposição dos Objetivos Gerais e Específicos quanto ao estudo dos estados emocionais frente a estímulos visuais e estados mentais de crianças com TEA e TD frente a um robô móvel. A seguir, o tópico Material e Métodos abordará os aspectos éticos da pesquisa, além dos materiais e procedimentos envolvidos na identificação dos estados emocionais e na interação das crianças com TEA e TD com o robô móvel. Em sequência, em Resultados e Discussão, serão expostas as avaliações quanto aos estímulos visuais utilizados para evocar emoções, à identificação de emoções a partir dos sinais cerebrais de crianças com TEA e TD, à atividade cerebral durante a visualização do robô e à interação dessas crianças com o robô móvel. Em Conclusões, serão citados os pareceres finais, as limitações deste trabalho e os trabalhos futuros. Ao final, estarão presentes as referências utilizadas e os apêndices relacionados à execução desta pesquisa.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Este tópico abrangerá o histórico e a definição do Transtorno do Espectro do Autismo (TEA), bem como os sistemas biológicos e metabólicos, a genética, as escalas de avaliação clínica e a prevalência relacionados a ele, além do cérebro e seu acometimento neste transtorno. Serão citados também estudos que envolvem a robótica, como um instrumento de estímulo das habilidades sociais e cognitivas de crianças com TEA; técnicas de neuroimagem, com enfoque na Eletroencefalografia; e definições e caracterizações das emoções, bem como sua relação com o cérebro.

2.1 O Transtorno do Espectro do Autismo (TEA)

2.1.1 Histórico

Em 1906, o termo “autismo” foi introduzido na área de psiquiatria, referindo-se a um sinal clínico de isolamento descrito em alguns casos de modo frequente. Foram observados condições comportamentais peculiares, marcantes e únicas, que algumas crianças apresentavam, caracterizando uma síndrome singular relacionada a fenômenos esquizofrênicos até então desconhecida pelo universo científico (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013; KANNER, 1943). Um dos primeiros estudos sobre o autismo é datado de 1943, realizado por Leo Kanner, o qual descreveu um grupo de 11 crianças (8 meninos e 3 meninas), com idade variando de 2 anos e 4 meses a 11 anos, que se encaixava no que denominou “distúrbios autísticos do contato afetivo”. Estes distúrbios foram caracterizados pela incapacidade de estabelecimento de um relacionamento com as pessoas desde o começo de vida, bem como pela ausência de contato afetivo direto; aspectos diferenciados nas habilidades verbais, como a ecolalia (repetição de palavras ou frases ouvidas) e inversão dos pronomes pessoais (‘você’ se referindo ao próprio eu, e ‘eu’ se

referindo a outra pessoa); movimentos motores repetitivos ou estereotipados; desejo obsessivo pela manutenção da monotonia; limitação na variedade de atividades espontâneas; e boa relação com objetos que não interferiam no ambiente solitário da criança.

Kanner (1943) ainda destacou em sua pesquisa que um grande número de crianças que acompanhou possuía pais e parentes cujos interesses permeavam questões artísticas, literárias e científicas, não se apresentando afetivos e sendo, portanto, limitados para o genuíno interesse em pessoas. Por isso, ele colocou em questão se tal fato estaria relacionado à ausência do contato afetivo das crianças observadas. Isso foi enfatizado também nos anos 50 e 60, gerando a hipótese psicológica da "mãe geladeira", justamente pela crença do surgimento do distúrbio autístico ocasionado por pais que não se envolviam emocionalmente com seus filhos (KLIN, 2006).

No início dos anos 60, muitas evidências começavam a apontar o autismo como um distúrbio cerebral, cujos sinais apresentavam-se desde a infância, acometendo indivíduos de todos os países, classes sócio-econômicas e grupos étnico-raciais (KLIN, 2006). Com as crescentes pesquisas realizadas nos anos 80, reconheceu-se e alocou-se o autismo na classe dos Transtornos Invasivos (ou Globais) do Desenvolvimento (TIDs ou TGDs), termos que remetem ao fato de que são acometidas inúmeras áreas funcionais no autismo, com prejuízo no desenvolvimento das habilidades sociais e comunicativas, por exemplo (KLIN, 2006). Atualmente, uma parte dos TGDs refere-se ao que é denominado Transtornos do Espectro do Autismo (TEA), que remetem ao Autismo ou Transtorno Autista, à Síndrome de Asperger (SA) e ao Transtorno Global (ou Invasivo) do Desenvolvimento sem Outra Especificação (TGD-SEO ou TID-SEO) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013; ROSSIGNOL e FRYE, 2012).

2.1.2 O Espectro Autista

O TEA varia basicamente na severidade e natureza dos sintomas, sendo definido por prejuízos persistentes na interação e comunicação sociais, além da presença de padrões repetitivos e restritos de comportamento. O TGD-SEO e o autismo incluem sintomas que podem ou não estar associados ao retardo mental (KLIN, 2006). O autismo tem por sinais a dificuldade em falar sobre sentimentos pessoais e entender os sentimentos de outras pessoas, falta de tendência em compartilhar ou apresentar engajamento em jogos interativos com outros indivíduos, falta de contato visual e de atenção compartilhada, dificuldade de comunicação ou do uso da linguagem e sensibilidade ao contato físico (SCASSELLATI, ADMONI e MATARI´C, 2012). A Síndrome de Asperger é uma variante leve do espectro autista com funcionamento intelectual normal (ZILBOVICIUS et al., 2006). Apesar de ser considerada uma condição tipicamente relacionada à inteligência normal, é caracterizada, assim como o autismo, por déficits na interação social e pela limitação de interesses e comportamentos. No entanto, é marcante em seu desenvolvimento precoce a ausência de retardo clinicamente significativo na linguagem falada ou na sua percepção, no desenvolvimento cognitivo, nas habilidades de autocuidado e na curiosidade acerca do ambiente (KLIN, 2006).

O autismo é considerado uma síndrome neuropsiquiátrica de etiologia ainda não especificada, provavelmente desencadeada por condições multifatoriais de causas genéticas (explicadas à frente na Seção 2.3) e não genéticas (biológicas e ambientais) (RUTTER, 2005; CAMPOS, 2005). Causas ambientais, tais como complicações durante o parto, infecções maternas ou medicação recebida antes e após o nascimento, além de outros fatores que desencadeiam algum tipo de sofrimento fetal agudo ou crônico, são aquelas mais relacionadas à etiologia (CAMPOS, 2005). Por exemplo, existe uma relação entre a rubéola congênita e o autismo. Resultados de um estudo, que utilizou uma grande amostra de crianças com rubéola congênita, demonstrou que uma minoria desenvolveu alguma forma do Transtorno do Espectro do Autismo, cuja taxa foi maior em crianças acometidas por deficiências intelectual, visual e auditiva. Porém, foi relatado que à medida que

essas crianças cresciam, as características autísticas tendiam a diminuir (RUTTER, 2005).

Há também fortes evidências do envolvimento de alguns sistemas biológicos interagindo de forma complexa e altamente interdependente, como o metabólico, mitocondrial, neurológico, gastrointestinal e imunológico, que podem favorecer o surgimento de novos tratamentos quando bem identificados e modelados (RANDOLPH-GIPS, 2011).

2.2 Sistemas Biológicos e Metabólicos no TEA

2.2.1 Sistema Metabólico do Estresse Oxidativo

Segundo revisão de Randolph-Gips (2011), existem níveis elevados de marcadores metabólicos de estresse oxidativo em crianças com TEA e níveis reduzidos do principal antioxidante celular, a glutationa. O estresse oxidativo ocorre quando o organismo não é capaz de neutralizar os radicais livres produzidos, como espécies de nitrogênio e oxigênio reativos. Esse estresse exerce efeitos negativos sobre variados sistemas do organismo, favorecendo o aparecimento de câncer, doenças cardiovasculares e autoimunes. Ainda, ele gera efeitos destrutivos especificamente no cérebro, órgão detentor da maior exigência e consumo de energia, de alta concentração de ácidos graxos poli-insaturados e de menores reservas de glutationa.

2.2.2 Sistema Mitocondrial

Com relação ao sistema mitocondrial, a revisão de Randolph-Gips (2011) menciona que existem indícios que correlacionam doenças e disfunções mitocondriais no autismo, e ainda, uma pequena minoria de pessoas autistas que possuem mutações no DNA mitocondrial. As doenças mitocondriais estão relacionadas a mutações genéticas do DNA mitocondrial, enquanto as disfunções relacionadas a uma redução da função mitocondrial não estão relacionadas necessariamente a essas mudanças genéticas. Durante a produção de ATP (adenosina trifosfato, do inglês *adenosine triphosphate*) pelas mitocôndrias são produzidos radicais livres, como os superóxidos. Diante da capacidade destrutiva desses radicais, a mitocôndria possui uma série de defesas para reduzir tais compostos. Na ocorrência de defeitos genéticos e disfunções, mais radicais livres serão produzidos em quantidades superiores àquelas que as defesas mitocondriais poderiam reduzir, o que desencadeia um estresse oxidativo (ANDREYEV, KUSHNAREVA e STARKOV, 2005). As disfunções do sistema mitocondrial, juntamente com o estresse oxidativo, estão implicadas em várias doenças psiquiátricas e neurológicas, como a doença de Alzheimer e de Parkinson (ROSSIGNOL e FRYE, 2012).

2.2.3 Sistema Imune

São crescentes as evidências da presença de um sistema imune desregulado em crianças com autismo, no que tange às células de defesa do organismo, como as células T, células B e *Natural Killer* (*NK*), e as citocinas (moléculas proteicas que modulam a função de células do sistema imune) (GUPTA, AGGARWAL e HEADS, 1996; RANDOLPH-GIPS, 2011). De acordo com a revisão de Randolph-Gips (2011), tais desequilíbrios são exemplificados pela redução de níveis totais de linfócitos; padrões anormais de subtipos de imunoglobulinas (ou anticorpos) séricas(os), cujo aumento pode induzir o aparecimento de alergias e reações autoimunes, bem como a presença de infecções virais crônicas. Além disso, é comum em crianças autistas

alergias a alimentos. Há indícios de que o sistema imunológico induza comportamentos autistas, uma vez que a sua desregulação pode resultar em inflamação generalizada no cérebro, e citocinas e quimiocinas podem exercer direta influência nas funções cerebrais, relativas ao sono, humor e interação social, além de influenciarem o desenvolvimento do cérebro (PARDO-VILLAMIZAR e ZIMMERMAN, 2009).

2.2.4 Sistema Metabólico-folato

É descrito também que a deficiência de folato cerebral em crianças está relacionada a uma alta taxa de autismo (JYONOUCHI, 2010). Tal deficiência consiste em um distúrbio neuro-desenvolvimental que ocorre quando há anticorpos autoimunes que agem contra os receptores de folato, prejudicando o seu transporte através da barreira hematoencefálica (FRYE, 2013; JYONOUCHI, 2010; MEHLER e PURPURA, 2009). A importância do folato concerne ao seu envolvimento na produção de nucleotídeos (purina e pirimidina), constituintes do DNA e RNA, e em baixos níveis são geradas anormalidades na estrutura do material genético, bem como na sua proliferação celular (FRYE, 2013). Os sintomas decorrentes dessa deficiência associados ao Transtorno do Espectro do Autismo são caracterizados pelo retardo mental, prejuízo motor e da marcha, movimentos anormais, baixo tônus motor, atrasos no desenvolvimento, problemas relativos à fala, convulsões e microcefalia (circunferência pequena da cabeça) (BRADSTREET, 2011). Há semelhanças estruturais entre os receptores de folato e proteínas encontradas no leite, e com uma dieta isenta de leite e suplementação de altas doses de ácido folínico, é relatada uma diminuição da ação autoimune dos receptores de folato (MEHLER e PURPURA, 2009; FRYE, 2013).

2.2.5 Sistema Gastrointestinal

Foi descrito um estudo prospectivo que demonstrou que 80% de pacientes com autismo apresentaram sintomas gastrointestinais (GI), como dor abdominal, diarreia crônica e/ou constipação e refluxo gastroesofageal (HORVATH e PERMAN, 2002; ASHWOOD et al., 2004). As doenças GI têm sido evidenciadas por endoscopia em vários estudos, demonstrando inflamação em todo o trato gastrointestinal e atividade anormal da enzima digestiva de carboidrato intestinal (KRIGSMAN et al., 2010; HORVATH et al., 1999). Além disso, anomalias GI, como permeabilidade intestinal aumentada e disbiose, mostraram-se presentes em alguns indivíduos com TEA (D'EUFEMIA et al., 1996).

A permeabilidade intestinal tem sido evidenciada como aumentada em especificamente 43% de crianças com autismo sem sinais clínicos de disfunção intestinal. A permeabilidade intestinal permite que grandes moléculas, que normalmente permaneceriam no lúmen (interior) do intestino, passem para a corrente sanguínea, ou seja, sejam absorvidas, fato que pode originar alergia e processos autoimunes. Dentre vários motivos que ocasionam o aumento da permeabilidade, a proteína glúten contida na dieta desencadeia uma cascata metabólica que regula a abertura das vilosidades do intestino (D'EUFEMIA et al., 1996; TORRENTE et al., 2004; CHOI et al., 2010).

A disbiose é o outro fator citado de alta incidência relacionado ao trato GI e que tem sido notado em crianças com autismo. Ela consiste em um desequilíbrio da flora intestinal, resultante do uso de antibióticos, uma vez que estes eliminam também bactérias benéficas do organismo, estimulando a seleção de microrganismos resistentes. Microrganismos patogênicos resistentes a antibióticos produzem toxinas que podem afetar os cérebros dos indivíduos com autismo. Além disso, é relacionada à disbiose a existência de níveis baixos de enzimas digestivas dissacarídicas em crianças com autismo (D'EUFEMIA et al., 1996; AMARAL et al., 2008).

Restrições alimentares estão sendo levadas em consideração no que diz respeito à melhora do comportamento autístico, uma vez que a remoção de alimentos alérgenos pode resultar no decréscimo de reações autoimunes; a remoção do glúten pode reduzir a permeabilidade intestinal; e a remoção de proteínas da dieta (para qual há atividade enzimática insuficiente), pode reduzir a disbiose (COURCHESNE et al., 2001).

2.3 A Genética e o TEA

Há fortes evidências da relação entre o TEA e a genética, com o envolvimento de cerca de 3 a 10 ou mais genes (PICKLES et al., 1995; RISCH et al., 1999; CARVALHEIRA, VERGANIB e BRUNONI, 2004). Há ainda relatos da existência de 10 a 100 possíveis variações genéticas relacionadas à ocorrência do TEA (JAMES, 2008; RANDOLPH-GIPS, 2011). Um estudo referente à concordância para o TEA em gêmeos, considerando distúrbios cognitivos e sociais, revela que entre dizigóticos há uma concordância de 0 a 10% e entre monozigóticos, de 70 a 90%, (FOLSTEIN e ROSEN-SHEIDLEY, 2001; FREITAG, 2007; RANDOLPH-GIPS, 2006; CARVALHEIRA, VERGANIB e BRUNONI, 2004), o que ratifica o envolvimento da genética como fator relacionado à ocorrência do transtorno autista. Autores citam a associação do surgimento desse transtorno com a hipótese de sinergismo e/ou epistasia entre múltiplos genes, ou seja, uma interação entre eles (CARVALHEIRA, VERGANIB e BRUNONI, 2004). Epistasia genética entende-se por interação genética, em que o efeito de um alelo particular em um fenótipo é dependente de outro alelo em outro locus diferente (PHILLIPS, 2008).

2.4 Escalas de Avaliação Clínica do TEA

Sabe-se pouco sobre a implicação de causas genéticas ou ambientais na condição de um fenótipo autístico mais leve ou mais seriamente fragilizado (RUTTER, 2005). Para a avaliação da severidade dos sintomas autistas, bem como para avaliação clínica, existem descritas na literatura variadas escalas e, dentre elas, são citadas mais comumente a *Childhood Autism Ranking Scale* - *CARS* (SCHOPLER et al,1988) e *Autism Behaviour Checklist – ABC* (EAVES e MILNER, 1993). A primeira consiste em uma escala de quinze itens que auxilia na identificação de crianças com TEA, acima de dois anos de idade, diferenciando o seu grau leve-moderado do grave (PEREIRA, WAGNER e RIESGO, 2007). A última visa a identificar crianças do espectro autista, através de uma descrição detalhada das características comportamentais atípicas de cada indivíduo, e vem sendo utilizada em contextos acadêmicos e constitucionais (MARTELETO e PEDROMÔNICO, 2005).

2.5 Prevalência do TEA

Segundo a *World Health Organization* (2013), estudos recentes apontam que a prevalência média global do TEA é de 62 em 10.000 crianças, isto é, a cada 160 crianças 1 possui o transtorno. Frequências para a ocorrência do TEA relatadas nos últimos anos se aproximaram de 1% da população mundial, com estimativas semelhantes em amostras de crianças e adultos. Porém, não está claro se as taxas mais elevadas refletem uma expansão dos critérios de diagnóstico do *DSM*-IV (*Diagnostic and Statiscal Manual of Mental Disorders - IV*) para incluir casos subliminares, a sensibilização, as diferenças na metodologia de estudo, ou um verdadeiro aumento na frequência de TEA (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2013).

Segundo dados epidemiológicos internacionais, o sexo masculino apresenta maior incidência de TEA, com proporção de aproximadamente 4,2 nascimentos para cada um do sexo feminino (FOMBONNE, 2009).

No Brasil, segundo o Ministério da Saúde (2013), os estudos epidemiológicos referentes ao TEA são escassos, sendo apresentada apenas uma estimativa da prevalência de aproximadamente 500 mil pessoas em âmbito nacional, com base no Censo de 2000.

2.6 O Cérebro e o TEA

O córtex cerebral é dividido em dois hemisférios, o direito e o esquerdo, e subdividido em lobos, nomeados de acordo com os ossos cranianos que os recobrem: frontal, parietal, temporal e ocipital (Figura 1) (KOEPPEN e STANTON, 2009; BEAR, CONNORS e PARADISO, 2008a).

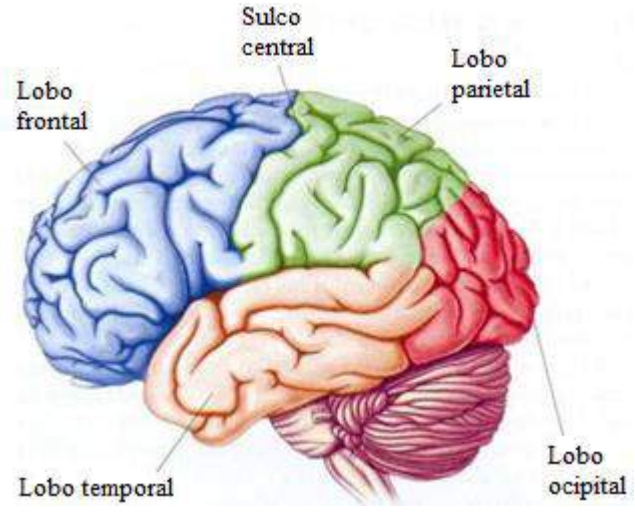


Figura 1. Os lobos do cérebro humano. Fonte: Bear, Connors e Paradiso (2008a).

O lobo frontal tem como uma das principais funções o comportamento motor, apresentando as áreas pré-motora, motora, cingulada motora e motora suplementar,

bem como, o campo visual frontal. Tais áreas estão relacionadas ao planejamento e execução do comportamento motor. Na porção frontal do hemisfério esquerdo, o qual apresenta dominância para a linguagem nos humanos, é situada a região ou área de Broca, primordial para a geração da fala. Funções relacionadas à personalidade e ao comportamento emocional são desempenhadas pelo córtex pré-frontal, onde lesões bilaterais, desencadeadas por doenças ou induzidas cirurgicamente, geram déficits de atenção, dificuldade no planejamento e solução de problemas, distúrbios no comportamento social, com redução do comportamento agressivo, e perda do componente motivacional-afetivo da dor (KOEPPEN e STANTON, 2009).

O lobo parietal, envolvido no processamento e na percepção da informação sensorial, tem como componentes o córtex somatossensorial e o córtex de associação parietal adjacente. Esse lobo está relacionado com outros lobos, influenciando suas funções, como a atividade motora, que é afetada por informações somatossensoriais a partir de conexões com o córtex frontal; ou movimentos voluntários, que são guiados a partir da chegada das informações visuais do lobo ocipital ao córtex de associação parietal e ao lobo frontal. Ainda, o lobo parietal, além de estar envolvido na determinação do contexto espacial, pode transmitir informações somatossensoriais para os centros de linguagem, como a área de Wernicke (KOEPPEN e STANTON, 2009).

O lobo ocipital possui como função primária o processamento e a percepção visuais, os quais estão relacionados ao lobo frontal, uma vez que as conexões dos campos visuais frontais afetam os movimentos oculares, a constrição da pupila e a acomodação dos olhos para a visão próxima (KOEPPEN e STANTON, 2009).

O lobo temporal possui variadas funções dentre as quais destacam-se a audição, o processamento da informação vestibular, o processamento visual mais elevado e o reconhecimento facial, o qual é desempenhado pela superfície inferior do córtex infratemporal, além de estar envolvido no aprendizado e na memória. Fisicamente, o lobo temporal encontra-se envolvido com outras regiões, como uma parte da área de Wernicke, importante para a compreensão da linguagem, localizada na região

posterior do lobo temporal, e a alça de Meyer, parte da via óptica, que passa por esse lobo. Além disso, sua porção medial, pertencente ao sistema límbico, participa do comportamento emocional e da regulação do sistema nervoso autonômico (KOEPPEN e STANTON, 2009).

O TEA é considerado uma disfunção cerebral orgânica devido a evidências como retardo mental associado ao autismo em 70% dos casos e convulsões em 33% dos casos (GILLBERG e COLEMAN, 1996). Investigações por neuroimagem estrutural, incluindo Tomografia Computadorizada (TC) e Ressonância Magnética (RM), indicaram vários pontos de anormalidades anatômicas, incluindo o córtex cerebral, o sistema ventricular e o cerebelo de adultos e crianças não muito jovens com TEA (CODY, PELPHREY e PIVEN, 2002).

Exames anatômicos de imagem cerebral no espectro autista, como a ressonância magnética estrutural, revelaram alterações no cerebelo, na amígdala, no hipocampo, no corpo caloso e no cíngulo (ZILBOVICIUS, MERESSE e BODDAERT, 2006). Muitos autores convergem na questão sobre o tamanho do crânio associado ao autismo, relatando que a macrocefalia esteve presente em cerca de 20% de pessoas do espectro autista estudadas (ZILBOVICIUS, MERESSE e BODDAERT, 2006; RANDOLPH-GIPS, 2011). Com relação ao cerebelo, há divergências em que autores relatam diferenças anatômicas, e outros que relatam uma hipoplasia (baixo desenvolvimento), não necessariamente associada à condição autista e sim ao retardamento mental (HERBERT, 2005; PIVEN et al., 1997). Com relação à amígdala, alguns estudos mostram divergências quanto ao seu volume, inclusive, declaram ausência de anormalidades significativas no espectro autista (HAZNEDAR et al., 2000; ZILBOVICIUS, MERESSE e BODDAERT, 2006). Entretanto, um estudo feito com um grupo de indivíduos com TEA relatou menos neurônios significativamente no total da amígdala e no núcleo lateral que nos indivíduos do grupo controle (SHUMANN e AMARAL, 2006; AMARAL, SCHUMANN e NORDAHL, 2008). Um estudo comparando o corpo caloso de indivíduos com TEA (atípicos) e sem TEA (típicos) revelou uma redução do terço caudal nos indivíduos com TEA (EGAAS, COURCHESNE e SAITOH, 1995).

Em estudo realizado por ressonância magnética anatômica, comparando crianças com o espectro autista primário (ausência de doenças neurológicas associadas) e crianças típicas, encontrou-se uma redução significativa da concentração da massa cinzenta nos sulcos temporais superiores bilateralmente nas crianças atípicas (ZILBOVICIUS, MERESSE e BODDAERT, 2006; RANDOLPH-GIPS, 2011). Ainda, é relatada uma teoria de crescimento cerebral anormal em crianças com o espectro do autismo, quanto ao desproporcional aumento da substância branca, e não da massa cinzenta (HERBERT, 2003; AMARAL, SCHUMANN e NORDAHL, 2008).

A primeira evidência robusta de disfunção do lobo temporal em crianças atípicas em idade escolar foi evidenciada por estudos através da Tomografia por Emissão de Pósitrons (TEP ou *PET,* do inglês *Positron Emission Tomography*) e da Tomografia Computadorizada por Emissão de Fóton Único (*SPECT* do inglês *Single-photon Emission Computed Tomography*), que detectaram individualmente uma significativa hipoperfusão (redução do fluxo sanguíneo cerebral regional) temporal em 16 das 21 crianças com TEA (77%) estudadas. Essa hipoperfusão temporal bilateral concentra-se mais especificamente nos sulcos temporais superiores e no giro temporal superior (ZILBOVICIUS et al., 2000; OHNISHI et al., 2000).

Estudos de imagem funcional de lesão em pacientes humanos e de experimentação com animais retratam que várias regiões cerebrais estão implicadas com o comportamento social, como o lobo frontal, o córtex temporal superior, o córtex parietal e a amígdala (ADOLPHS, 2001; AMARAL, SCHUMANN e NORDAHL, 2008).

O córtex frontal desempenha papel vital em funções que se encontram prejudicadas no espetro do autismo, como de linguagem, cognitivas, sociais e relacionadas à emoção. Já nos primeiros anos de vida, as crianças com TEA demonstram alguns sinais de disfunção do lobo frontal, reparados em anormalidades na atenção social e no desenvolvimento da comunicação verbal e não verbal (COURCHESNE e PIERCE, 2005). Comportamentos estereotipados ou repetidos presentes no espectro autista estão associados com o córtex órbito-frontal e o núcleo caudado (ATMACA et al., 2007; WHITESIDE et al., 2004).

A função da linguagem é distribuída pelas regiões corticais e subcorticais, sendo a linguagem expressiva relacionada à região da Broca no gírus frontal inferior e porções do córtex motor suplementar. No processamento de linguagem, o sulco temporal superior exerce influência, bem como na atenção social (REDCAY, 2008; AMARAL, SCHUMANN e NORDAHL, 2008).

As disfunções das regiões temporais também podem explicar grande parte dos sintomas clínicos relacionados ao Transtorno do Espectro do Autismo, como os déficits perceptivo, emocional e cognitivo. Além disso, as regiões associativas temporais estão estreitamente conectadas aos sistemas sensoriais associativos frontal, parietal e límbico (ZILBOVICIUS, MERESSE e BODDAERT, 2006).

Pensa-se que o lobo temporal é central para o processamento de numerosos estímulos ambientais que ingressam no sistema nervoso por meio dos órgãos sensoriais visuais e auditivos. Consequentemente, ele é essencial para o processamento desses estímulos em padrões estruturados de atividade neural, constituindo as experiências que dão sentido ao mundo ao nosso redor (GLOOR, 1997). A região dos sulcos temporais superiores é cada vez mais reconhecida como um componente essencial do “cérebro social”, e sua disfunção pode explicar também os componentes emocionais e cognitivos do autismo (ALLISON et al., 2000). Além disso, estudos demonstram que o papel dessa estrutura está associado também ao processamento dos movimentos biológicos, como movimentos dos olhos, boca, mãos e corpo, à percepção social, à imitação e à percepção da voz humana (ALLISON et al., 2000; BLAKEMORE e DECETY, 2001; RIZZOLATTI et al., 2001, BELIN, 2000).

Diante do explicitado, entende-se que, por apresentarem anomalias na região temporal, as crianças com TEA possuem também déficits na percepção do olhar, contato visual pobre durante a comunicação, dificuldades em acessar as informações cerebrais para inferir os estados mentais dos demais, incluindo habilidades essenciais para a comunicação interpessoal, criticamente prejudicadas em crianças muito jovens do espectro autista (KLIN et al., 2003).

Com relação ao domínio auditivo, pesquisadores encontraram que as crianças atípicas, em relação às típicas, reagem de forma inadequada aos estímulos sensoriais, em decorrência de uma ativação cortical anormal durante estímulos auditivos. Pesquisas demonstraram que crianças pertencentes ao espectro autista tiveram o córtex associativo posterior direito ativado, ao contrário do grupo controle, que obteve o lado esquerdo ativado. Isso demonstra que as crianças com TEA apresentaram menor ativação da rede temporal esquerda de processamento de palavras (GARREAU et al.,1994). Ressalta-se que a região temporal esquerda está envolvida com a organização cerebral da linguagem e com a associação entre o espectro autista e o padrão anormal da ativação auditiva do córtex temporal esquerdo, inferindo o seu envolvimento nos prejuízos de linguagem e na resposta comportamental inadequada aos sons em indivíduos com TEA (ZILBOVICIUS, MERESSE e BODDAERT, 2006).

Com relação a estudos realizados sobre a percepção facial com indivíduos do espectro autista, através de ressonância magnética funcional, foi demonstrada uma hipoativação na região do giro fusiforme, cuja área é denominada área facial fusiforme. Normalmente, em indivíduos com desenvolvimento típico, essa área é fortemente ativada durante a percepção facial (KANWISHER et al., 1997; SCHULTS et al., 2000).

O cérebro humano contém regiões altamente seletivas para a voz humana, e tais áreas normalmente se localizam bilateralmente ao longo da margem superior do sulco temporal superior (BELIN et al., 2000). Há relatos que mencionam que a percepção vocal também é alterada em indivíduos pertencentes ao espectro autista, comparados a indivíduos com desenvolvimento típico, através da ausência de ativação das áreas seletivas para a voz em indivíduos com TEA, apontando para um processamento cortical anormal durante a percepção de voz nesses indivíduos (ZILBOVICIUS, MERESSE e BODDAERT, 2006).

Relacionando as deficiências perceptivas faciais e vocais citadas, explica-se a dificuldade apresentada por indivíduos com TEA em perceber estímulos socialmente

relevantes, isto é, são deficientes na percepção social (ZILBOVICIUS, MERESSE e BODDAERT, 2006).

2.7 A Robótica e o TEA

Dentro da robótica, encontram-se subáreas denominadas social, assistiva e socialmente assistiva (SCASSELLATI, ADMONI e MATARI´C, 2012). A primeira envolve robôs que realizam interações sociais com pessoas, utilizando a fala, gestos ou outros meios de comunicação. A segunda consiste em robôs capazes de ajudar pessoas que requeiram cuidados especiais, por meio do tratamento ou apoio para pessoas com deficiência física. Finalmente, a terceira consiste na interseção entre as duas subáreas citadas: assistiva (pela confiabilidade, precisão do movimento, e repetibilidade), e social (pelo auxílio ao usuário, treinamento, motivação e por influenciar sua mudança de comportamento). Além disso, a robótica socialmente assistiva permite enfatizar a expressividade emocional e o desenvolvimento do usuário, oferecer uma aparência física ao robô e gerar robustez durante a interação humano-robô (SCASSELLATI, ADMONI e MATARI´C, 2012).

É notória a importância social que a robótica assume atualmente no mundo, visto que é crescente o desenvolvimento de robôs capazes de melhorar a qualidade de vida de pessoas com algum tipo de deficiência física ou mental. A robótica tem permitido o desenvolvimento de pesquisas que envolvem considerações tecnológicas e impactos sociais simultaneamente (SCASSELLATI, ADMONI e MATARI´C, 2012). Existem robôs que podem apresentar utilidades na vida diária humana, como o robô Escort, que se move junto com o humano e o auxilia na vida diária, por exemplo, acompanhando-o enquanto carrega objetos pesados, além de ser capaz de determinar o seu próprio caminho (OHYA, 2002). Outras pesquisas focam na construção de robôs que estabelecem uma interação com crianças com TEA (ROBINS et al., 2010a; DUQUETTE et al., 2007; MICHAUD e CLAVET, 2001; WERRY e DAUTENHAHN, 1999).

Muitos estudos mostram que a interação entre robôs móveis e crianças com TEA é exitosa, uma vez que tais robôs são previsíveis, simples e de fácil compreensão (DUQUETTE et al., 2007), podendo desencadear na criança maior motivação em uma ampla variedade de interações, além de estimular as habilidades sociais, como o contato visual e a imitação (DUQUETTE et al., 2007). Um exemplo disso é o desenvolvimento de robôs móveis, com forma lúdica amigável, como ferramenta pedagógica para ajudar essas crianças, no que tange ao seu desenvolvimento social (MICHAUD e CLAVET, 2001; GOULART et al., 2014; VALADÃO et al., 2014; GARCIA et al., 2013). O desafio é fazer com que o robô móvel possa chamar a atenção da criança e estimulá-la a interagir com o ambiente. Além disso, é possível estabelecer situações de interação significativa e sofisticada, podendo usar a fala, sons, indicações visuais e movimentos (MICHAUD e CLAVET, 2001). Outro exemplo de robô móvel que assume forma de brinquedo é o *ROBUS* (*ROBot Université de Sherbrooke*) (Figura 2-a), que tem como objetivo aumentar a capacidade de atenção da criança e tornar mais interativo o ambiente ao seu redor (MICHAUD e CLAVET, 2001).

Cada criança tem sua forma de interagir com os robôs, sendo que algumas permanecem sentadas no chão, olhando e tocando o robô, quando este se aproxima, enquanto outras se movem em torno dele, mostrando, às vezes, alguma empolgação (MICHAUD e CLAVET, 2001). A literatura se refere a um caso no qual o movimento de um robô ajudou a uma criança a ter consciência sobre o ambiente à sua volta, inclusive estimulando a sua locomoção para ir ao encontro do robô (MICHAUD e CLAVET, 2001).

Dentre os trabalhos existentes, o Projeto *AuRoRa* (*Autonomous Robotic platform as a Remedial tool for children with Autism*) consiste na utilização de uma plataforma robótica móvel autônoma (Figura 2-b), com o objetivo de encorajar uma resposta proativa na criança com TEA na forma de um jogo, favorecendo interações sincronizadas e coordenadas e auxiliando o papel terapêutico e educacional nessas crianças (WERRY e DAUTENHAHN, 1999).

Alguns robôs são classificados como colaboradores humanoides, capazes de interagir com humanos, tentando imitar alguns de seus aspectos, como jogar futebol, dançar, conversar e tocar instrumentos. Um exemplo é o robô humanoide ROBOTA (Figura 2-c), capaz de instigar as habilidades de interação social e de imitação (DUQUETTE et al., 2007). Outro exemplo é o robô humanoide KASPAR (Figura 2-d), que realiza movimentos de cabeça e braços, articulando gestos para interagir com as crianças (ROBINS et al., 2010a).

O Projeto *ARIA* (*Adaptive Robot-Mediated Intervention Architecture*) desenvolveu um sistema robótico adaptativo e individualizado, na forma de um robô humanoide, que possui uma série de instruções verbais e gestuais, auxiliando no desenvolvimento das habilidades básicas de aprendizagem social de crianças com TEA (BEKELLE et al., 2013).

Outro projeto relacionado à robótica e ao TEA utiliza um pequeno robô LEGO *MindStorms NTX*, semelhante à forma humana, que tem como foco promover a coordenação motora sensorial e as capacidades de movimentos precisos de adolescentes do espectro autista, através do desenvolvimento de uma plataforma robótica capaz de promover uma interação social e comunicativa (COSTA et al., 2010).

O Projeto *IROMEC* (*Interactive Robotic Social Mediators as Companions*) investiga como brinquedos robóticos autônomos e interativos podem se tornar mediadores sociais, incentivando crianças com diferentes necessidades especiais (autismo, retardo mental leve e deficiência motora severa) a explorar a variedade de estilos de jogos individuais e jogos colaborativos (interação com colegas, cuidadores, professores, pais e outros) (ROBINS et al., 2010b).

Também existem *softwares* que se baseiam em jogos simples, como o *Touch Story*, com o objetivo de melhorar a compreensão da narrativa de crianças com TEA, através da realização de atividades simples, baseadas em imagens, que abordam componentes primitivos de narrativa, as quais devem ser manipuladas de modo a montar sequências (DAVIS et al., 2007). De uma forma geral, atualmente, percebe-

se que *tablets* e *smart phones touch screen* são usados por familiares como ferramentas de auxílio às crianças com TEA na comunicação e no estímulo à atenção, utilizando cores, animações e concentração.

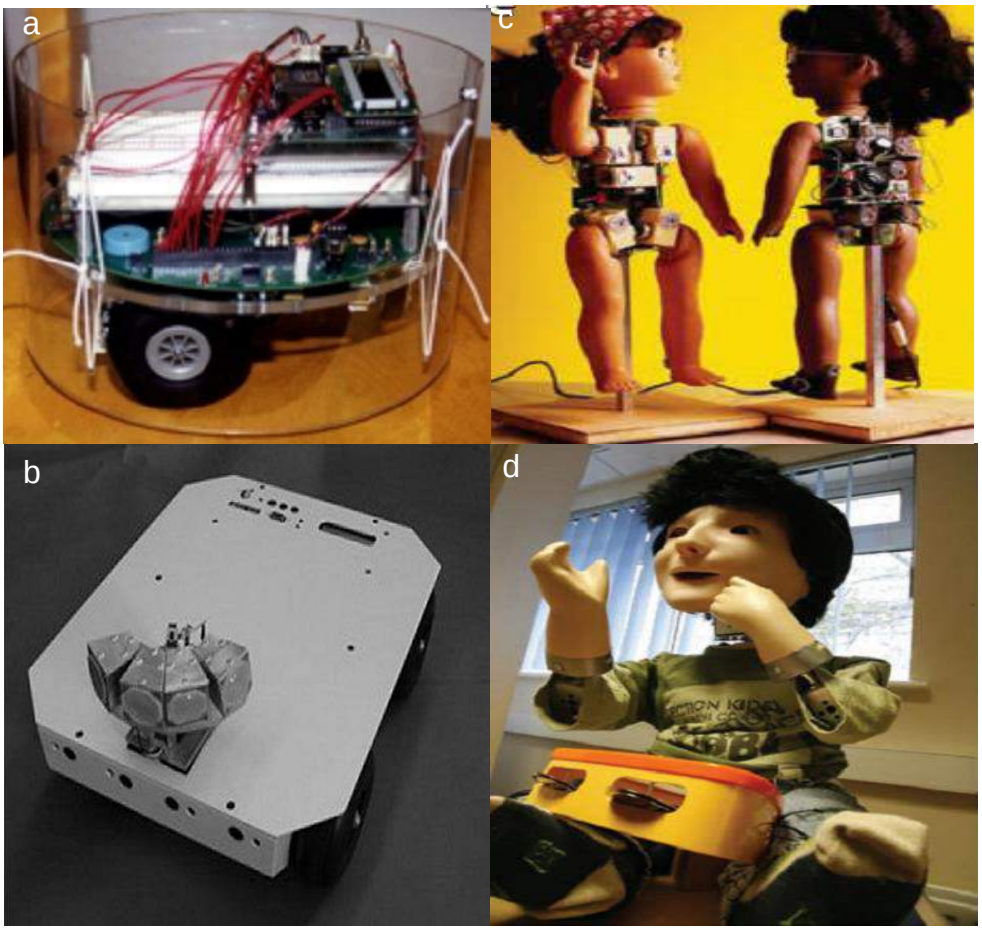


Figura 2. Exemplos de modelos robóticos usados na interação com crianças com TEA. a) Robô móvel *ROBUS*; b) Plataforma robótica móvel (Projeto *AuRoRa*); c) Robô humanoide ROBOTA; d) Robô humanoide KASPAR. Fonte: a) Michaud e Clavet (2001); b) Werry e Dautenhahn (1999); c) Scassellati, Admoni e Matarí c (2012); d) Robins et al. (2010b).

2.8 Técnicas de Neuroimagem

O estudo da neuroanatomia torna-se favorecido com o desenvolvimento e aperfeiçoamento de técnicas e procedimentos que possibilitam gerar imagens do encéfalo vivo, possibilitando detectar Alterações Estruturais e Anatômicas, como por

exemplo, Tomografia Computadorizada (TC) e Ressonância Magnética (RM); Alterações Hemodinâmicas, como por exemplo, Tomografia por Emissão de Pósitrons (TEP), Imageamento por Ressonância Magnética funcional (IRMf) e Espectroscopia no Infravermelho Próximo (*NIRS* do inglês *Near Infrared Spectroscopy*); e Alterações Eletromagnéticas, como por exemplo, Magnetoencefalografia (MEG), Eletrocorticografia (EcoG) e Eletroencefalografia (EEG) (BEAR, CONNORS e PARADISO, 2008a; BAILLET, MOSHER e LEAHY, 2001; LEUTHARDT et al., 2004).

2.8.1 Técnicas para Detecção de Alterações Estruturais e Anatômicas

A TC (Tomografia Computadorizada) é uma técnica não invasiva que gera imagem do plano do encéfalo a ser estudado. Na TC, uma fonte de raios X circunda o plano do encéfalo requerido, e um sensor, sensível à irradiação X, fornece a informação acerca da relativa opacidade obtida a partir de diferentes ângulos de observação. Tal informação é enviada a um computador e é processada por um algoritmo matemático. Dessa forma, é gerada uma reconstrução digital da posição e quantidade de material radiopaco dentro do plano estudado (BEAR, CONNORS e PARADISO, 2008a).

Um método de diagnóstico de imagem, que gradualmente substitui a TC, é chamado de imagem por Ressonância Magnética (RM), pelo qual se obtêm imagens detalhadas do encéfalo, de uma forma também não invasiva. As informações acerca desse método são geradas em resposta ao comportamento de átomos de hidrogênio frente a um forte campo magnético, emitindo sinais eletromagnéticos que são captados por sensores que circundam a região da cabeça e são enviados a um computador, o qual constrói um mapa detalhado do encéfalo (BEAR, CONNORS e PARADISO, 2008a).

2.8.2 Técnicas para Detecção de Alterações Hemodinâmicas

Como muitos processos fisiológicos cerebrais são de natureza química ou elétrica, eles não são visualizados por avaliação anatômica. A ativação de neurônios induz mudanças muito localizadas nos níveis de oxigenação e do fluxo sanguíneo, que podem ser visualizados de acordo com a atividade neural. As respostas hemodinâmicas são processos em que há liberação de glicose e oxigênio através da corrente sanguínea em regiões neurais ativas (NICOLAS-ALONSO e GOMEZ-GIL, 2012). Alterações Hemodinâmicas, no que tange à identificação do fluxo sanguíneo regional e ao metabolismo no interior do encéfalo, podem ser detectadas usando as técnicas TEP, IRMf e *NIRS* (BEAR, CONNORS e PARADISO, 2008a; BAILLET, MOSHER e LEAHY, 2001). Como tais técnicas medem a resposta hemodinâmica, elas são categorizadas como indiretas, porque elas não estão diretamente relacionadas com a atividade neuronal, em contraste com a atividade eletrofisiológica (NICOLAS-ALONSO e GOMES-GIL, 2012).

Na técnica de TEP (Tomografia por Emissão de Pósitrons), basicamente, é introduzida na corrente sanguínea uma solução radioativa de átomos que emitem pósitrons (elétrons de carga positiva), que, por sua vez, interagem com elétrons, produzindo fótons de radiação eletromagnética, em qualquer lugar onde o sangue estiver. Para a análise da atividade metabólica do encéfalo, foram desenvolvidos isótopos emissores de pósitrons de flúor e oxigênio anexados à 2-desoxiglicose (2-DG), a qual é injetada na corrente sanguínea, sendo transportada ao cérebro. Essa 2-DG é captada por neurônios ativos metabolicamente, que, normalmente, utilizam glicose. A 2-DG radioativa é fosforilada no interior dos neurônios, acumulando-se no interior deles. O nível da atividade do encéfalo é demonstrado pelo número de emissões de pósitrons, cujos fótons atingem os detectores e são registrados, permitindo que níveis de atividade de neurônios, em variados lugares do cérebro, sejam calculados, e, portanto, imagens do padrão de atividade cerebrais sejam produzidas. A partir disso, monitora-se a atividade do encéfalo no momento em que uma tarefa é aplicada (BEAR, CONNORS e PARADISO, 2008a).

Por outro lado, o IRMf (Imageamento por Ressonância Magnética funcional) detecta a localização do aumento da atividade neural a partir de medidas das taxas de oxiemoglobina (hemoglobina oxigenada) e desoxiemoglobina (hemoglobina que doou seu oxigênio), uma vez que elas apresentam ressonâncias magnéticas diferentes (BEAR, CONNORS e PARADISO, 2008a; BAILLET, MOSHER e LEAHY, 2001).

Outro método de neuroimagem é a Espectroscopia no Infravermelho Próximo (*NIRS* do inglês *Near Infrared Spectroscopy*), que é um método de registro óptico não invasivo, o qual utiliza a luz infravermelha para caracterizar flutuações adquiridas no metabolismo cerebral durante a atividade neural, isto é, essa técnica mede a atividade cerebral *in vivo*, detectando características de respostas hemodinâmicas do cérebro. A luz infravermelha penetra o crânio a uma profundidade de aproximadamente 1 a 3 cm abaixo da superfície, na qual a intensidade da luz atenuada permite separar as contribuições da oxiemoglobina e da desoxiemoglobina para a função da resposta hemodinâmica (JASDZEWSKI et al., 2003; NICOLAS-ALONSO e GOMEZ-GIL, 2012).

2.8.3 Técnicas para Detecção de Alterações Eletromagnéticas

As Alterações Eletromagnéticas cerebrais podem ser medidas de forma não invasiva, por Eletroencefalografia (EEG) e Magnetoencefalografia (MEG), ou invasiva, através da Eletrocorticografia (ECoG) (BAILLET, MOSHER e LEAHY, 2001; LEUTHARDT et al., 2004).

Nos métodos invasivos, como a EcoG, a atividade elétrica do córtex é registrada por meio de arranjos de micro-eletrodos implantados dentro do crânio, o que envolve riscos significativos à saúde, restringindo seu uso em nível experimental. Na EcoG, os eletrodos podem ser colocados na superfície do córtex, seja do lado de fora da dura-máter (EcoG epidural) ou sob a dura-máter (EcoG subdural). Esse método oferece maior resolução espacial e pode fornecer sinais de alta amplitude, no

entanto, problemas em alcançar e manter gravações estáveis ao longo do tempo podem ocorrer. Por ser uma técnica de cunho cirúrgico, seu uso clínico em humanos vem sendo proibido atualmente (NICOLAS-ALONSO e GOMEZ-GIL, 2012; LEUTHARDT et al., 2004).

Os métodos eletromagnéticos não invasivos, como EEG e MEG, consistem na aquisição dos sinais elétricos e magnéticos, respectivamente, através de eletrodos dispostos sobre o crânio. Eles são convenientes, seguros e baratos, porém possuem baixa resolução espacial, são suscetíveis a artefatos resultantes de movimentos musculares e, na maioria das vezes, exigem treinamento extensivo do usuário (BAILLET, MOSHER e LEAHY, 2001).

Pela MEG, a atividade magnética do cérebro é registrada por meio de indução magnética, medindo-se as correntes intracelulares que fluem através de dendritos, os quais produzem campos magnéticos mensuráveis fora da cabeça. Sua vantagem é que os campos magnéticos são menos distorcidos pelo crânio e couro cabeludo do que os campos elétricos (NICOLAS-ALONSO e GOMEZ-GIL, 2012). Ela tem sido utilizada em estudos experimentais do encéfalo humano e de suas funções cognitivas, além de auxiliar no diagnóstico de epilepsia e distúrbios de linguagem (BAILLET, MOSHER e LEAHY, 2001).

Pela técnica de EEG, o registro da atividade elétrica cerebral é caracterizado por diferenças de potenciais ao longo do tempo entre um eletrodo ativo e um eletrodo de referência, colocados no couro cabeludo. Como o procedimento de EEG é não invasivo e indolor, esta técnica está sendo amplamente utilizada para estudar a organização cerebral de processos cognitivos, tais como percepção, memória, atenção, linguagem e emoção em adultos e crianças saudáveis (TEPLAN, 2002).

A seguir, a Tabela 1 mostra uma comparação resumida entre os principais parâmetros das técnicas de neuroimagem que detectam Alterações Hemodinâmicas e Eletromagnéticas, baseada em Nicolas-Alonso e Gomes-Gil (2012); Baillet, Mosher e Leahy (2001); Bear, Connors e Paradiso (2008); Jasdzewski (2003); Teplan (2002) e Leuthardt (2004).

Tabela 1. Comparação entre métodos de neuroimagem que detectam Alterações Hemodinâmicas e Eletromagnéticas. Fonte: Dados da Pesquisa.

Método de neuroimagem*	Atividade medida	Medida direta / Indireta	Resolução temporal	Resolução espacial	Risco	Portabilidade
EEG	Elétrica	Direta	0,05s	~10mm	Não invasivo	Portável
MEG	Magnética	Direta	0,05s	~5mm	Não invasivo	Não portável
EcoG	Elétrica	Direta	0,003s	~1mm	Invasivo	Portável
IRMf	Hemodinâmica	Indireta	~0,05-1s	~3mm	Não invasivo	Não portável
TEP	Hemodinâmica	Indireta	~60s	~5 a 10mm	Parcialmente invasivo	Não portável
NIRS	Hemodinâmica	Indireta	~1-10ms	~1cm	Não invasivo	Portável

*EEG: Eletroencefalografia; MEG: Magnetoencefalografia; EcoG: Eletrocorticografia; IRMf: Imageameamento por Ressonância Magnética funcional; TEP: Tomografia por Emissão de Pósitrons; *NIRS*: *Near Infrared Spectroscopy*.

2.9 Eletroencefalografia (EEG)

EEG é uma técnica que mede a atividade elétrica do cérebro provocada pelo fluxo de corrente elétrica durante as excitações sinápticas dos dendritos dos neurônios e é extremamente sensível aos efeitos de correntes secundárias (BAILLET, MOSHER e LEAHY, 2001). Sinais de EEG são facilmente gravados através de eletrodos colocados sobre o couro cabeludo de uma forma não invasiva e indolor. No entanto, a EEG pode fornecer sinais de baixa qualidade, isto é, tais sinais captados pelos eletrodos são de baixa amplitude e difíceis de adquirir, uma vez que eles devem atravessar o couro cabeludo e o crânio, além de outras camadas.

Como a amplitude dos biossinais elétricos é da ordem de microvolts, o sinal é muito sensível a ruídos, sendo que o ruído externo mais relevante é causado pela

interferência da rede elétrica de 60 Hz (USAKLI, 2010). Além disso, a técnica de EEG pode ser afetada por ruídos de fundo gerados tanto no interior do cérebro ou externamente sobre o couro cabeludo. Assim, para extrair esses biossinais com precisão, são necessários métodos eficientes de redução de ruído, como filtragem analógica e/ou digital eficiente (NICOLAS-ALONSO e GOMES-GIL, 2012; USAKLI, 2010). No entanto, devido a sua alta resolução temporal, custo relativamente baixo, alta portabilidade e poucos riscos à saúde dos usuários, a técnica de EEG é, de longe, a mais utilizada em neuroimagem (TEPLAN, 2002).

Ritmos de EEG originam-se de potenciais sinápticos excitatórios e inibitórios nos neurônios corticais. Esses ritmos, apresentados na Tabela 2, são caracterizados em várias frequências (Figura 3), que variam em virtude de diversos fatores, como o estado de consciência, a idade do indivíduo, a localização dos eletrodos de registro e a presença ou ausência de droga ou doenças (KOEPPEN e STANTON, 2009; NICOLAS-ALONSO e GOMEZ-GIL, 2012; TEPLAN, 2002).

Tabela 2. Ritmos de EEG. Fonte: Dados da Pesquisa.

(Continua)

Ritmos	Frequências	Ocorrências
Delta (δ)	0.5 – 4 Hz	Possuem larga amplitude e geralmente só são observados em adultos em estado de sono profundo, sendo incomuns em adultos em estado desperto.
Teta (θ)	4 – 8 Hz	Estão relacionados a estados sonolentos e de meditação, além de processos cognitivos, tais como cálculos mentais e consciência.
Alfa (α)	8 – 13 Hz	Estão associados a um estado de vigília, em repouso calmo. No EEG, eles estão presentes nos lobos parietal e ocipital do adulto típico em estado relaxado e de olhos fechados. Sua amplitude aumenta quando os olhos se fecham e o corpo relaxa, e se atenua quando os olhos se abrem e um esforço mental é feito. Podem estar relacionados com a função cerebral da memória.
Beta (β)	13 – 30 Hz	Sinalizam um córtex ativado e estão presentes no EEG gerado quando o indivíduo abre os olhos. São registrados

Ritmos	Frequências	Ocorrências
		nas regiões frontal e central do cérebro e estão associados a atividades motoras. São dessincronizados durante um movimento real, apresentando distribuição simétrica quando não existe nenhuma atividade motora.
Gama (γ)	30 – 100 Hz	Estão relacionados à maior atividade mental e consolidação das informações, além de determinadas funções motoras ou percepções, entre outros, em adultos saudáveis.

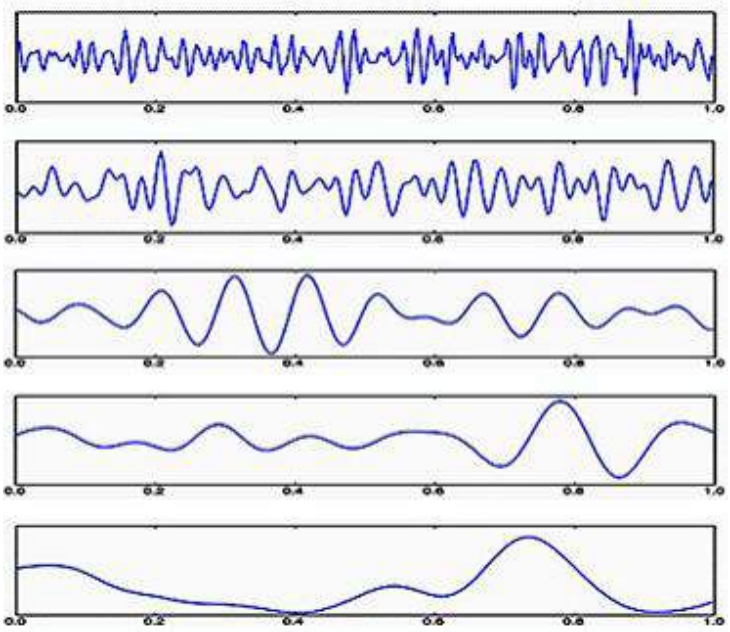


Figura 3. Ritmos cerebrais no período de tempo de um segundo. De cima para baixo: gama, beta, alfa, teta e delta. Fonte: Trauernicht (2014).

O sistema de registro de EEG consiste em (NICOLAS-ALONSO e GOMES-GIL, 2012; TEPLAN, 2002):

- eletrodos, que permitem a aquisição dos sinais cerebrais a partir da superfície da cabeça;

- amplificadores, permitem que os sinais possam ser amplificados com precisão, aumentando sua amplitude;

- conversores A/D (analógico-digitais), que transformam os sinais de analógicos para a forma digital;
- e dispositivo de gravação, um computador ou outro dispositivo aplicável, que armazena e exibe os dados obtidos.

O sinal de EEG é mensurado como a diferença de potencial entre o sinal captado por um eletrodo ativo e o eletrodo de referência. Um terceiro eletrodo extra, conhecido como eletrodo de aterramento, é usado para medir a tensão diferencial entre o eletrodo ativo e o eletrodo de referência. Configurações multicanais podem utilizar até 128 ou 256 eletrodos ativos (TEPLAN, 2002). Os eletrodos preferidos para aplicações neurofisiológicas comuns são, geralmente, feitos de cloreto de prata (AgCl), sendo que a impedância de contato eletrodo - couro cabeludo típica deve estar entre 1 kΩ e 10 kΩ para registrar um sinal preciso (USAKLI, 2010).

Em uma captação de sinal elétrico cerebral de modo não invasivo, como é o caso da técnica de EEG, é necessária a utilização de um material de interface entre o eletrodo e o couro cabeludo. Este material é um eletrólito, que pode ser em gel, pasta ou uma solução salina, de modo a aumentar a condutividade elétrica.

Um dos sistemas de colocação dos eletrodos sobre a cabeça segue o sistema internacional 10-20 (Figura 4), cuja padronização foi adotada pela Federação Internacional em Eletroencefalografia e Neurofisiologia Clínica em 1958. O sistema 10-20 usa dois pontos de referência na cabeça para definir a posição do eletrodo. Uma dessas referências é a násio, localizada na parte superior do nariz, no mesmo nível dos olhos. O outro ponto de referência é o ínio, que se encontra na protuberância óssea na base do crânio. Os planos transversal e médio dividem o crânio a partir destes dois pontos. Os locais dos eletrodos são determinados pela marcação desses planos em intervalos de 10% e 20%, como mostrado na Figura 4. As letras em cada localização correspondem a regiões específicas do cérebro, de tal maneira que o símbolo A representa o lóbulo da orelha (auricular); C, a região central; Pg, a região nasofaringeal; P, parietal; F, frontal; Fp; frontal polar; e O, ocipital. Além disso, os números pares referem-se aos eletrodos sobre o hemisfério

direito do cérebro, e os ímpares, ao hemisfério esquerdo (NICOLAS-ALONSO e GOMES-GIL, 2012).

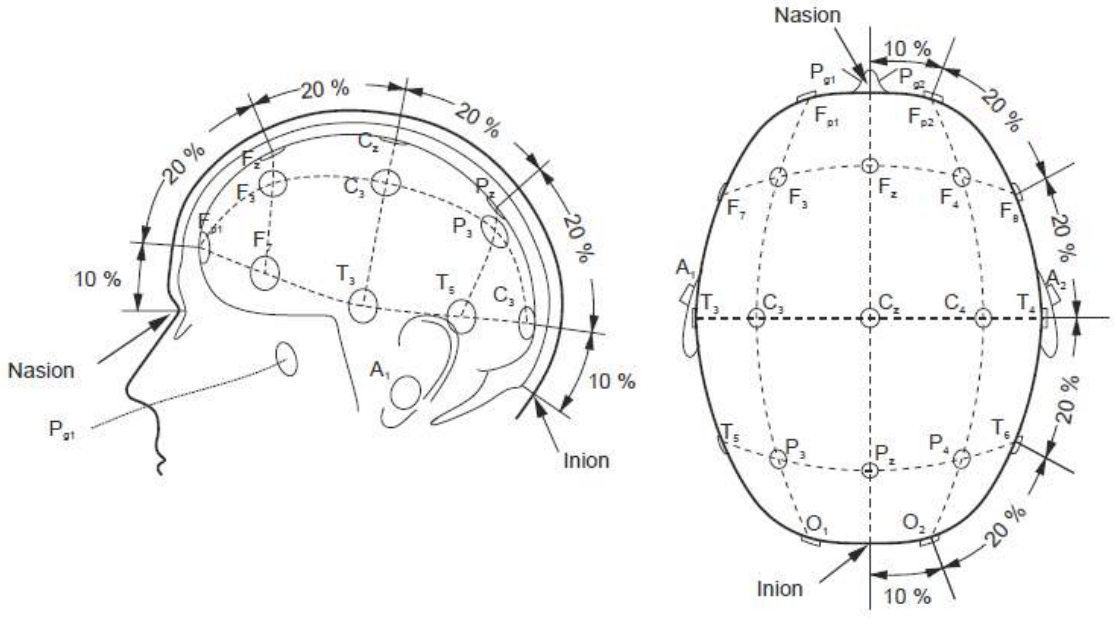


Figura 4. Disposição dos eletrodos sobre a cabeça. Fonte: Nicolas-Alonso e Gomes-Gil (2012).

Dentre inúmeras investigações e aplicações clínicas de EEG em seres humanos, são citadas por Teplan (2002): monitorar o estado de alerta, coma e morte cerebral; localizar áreas de dano por traumatismo craniano, acidente vascular cerebral ou tumor; monitorar envolvimento cognitivo (ritmo alfa); investigar epilepsia e localizar origem; acompanhar o desenvolvimento do cérebro humano; e investigar distúrbio do sono e da fisiologia.

Por ser uma técnica não invasiva, é viável a utilização de EEG em crianças e adolescentes, cuja faixa etária é particularmente importante no estudo sobre as bases biológicas da emoção (DAVIDSON, 1992). Pela técnica de EEG, as ondas cerebrais podem ser diretamente extraídas de um indivíduo humano, cujos padrões podem ser estudados para classificar estados emocionais (YUEN, 2009). Atualmente, são muitos os trabalhos que utilizam EEG para o reconhecimento de emoções, como abordado em Nasehi e Pourghassem (2012), Kroupi, Yazdani e Ebrahimi (2011), Murugappan, Ramachandran e Sazali (2010), Yuen (2009), Chanel et al. (2007) e Chanel et al. (2006).

2.9.1 EEG e TEA

Alguns trabalhos que utilizaram EEG em indivíduos com TEA são descritos na literatura e, dentre eles, destaca-se o de Duffy e Als (2012), que avaliaram dados de coerência de EEG em uma amostra de crianças com TEA, comparada com um grupo controle de crianças neuro-típicas, clinicamente saudáveis, e de mesma faixa etária, objetivando o estudo sobre as diferenças de coerência entre os dois grupos de estudo. Para isso, utilizaram a Análise de Componentes Principais (*PCA*, sigla em inglês para *Principal Components Analysis*) para identificar fatores de coerência espectral de EEG, e a Análise da Função Discriminante (*DFA*, sigla em inglês para *Discriminant Function Analysis*) para determinar o sucesso da discriminação do fator de coerência espectral para os dois grupos. Os resultados gerais desse estudo indicaram um padrão de carga de coerência estável que permitiu diferenciar indivíduos com TEA do grupo controle, o que pode revelar um fenótipo, baseado em coerência de EEG, do espectro autista infantil.

Coben et al. (2008) avaliaram as diferenças topográficas no funcionamento cerebral, usando estimativas de potência absoluta, relativa e total, além de coerências intra e inter-hemisféricas, usando EEG quantitativo. Esse estudo foi desenvolvido com um grupo de vinte crianças com TEA e um grupo controle de mesmo tamanho, pareados por idade, sexo e QI. Os resultados sugeriram uma integração disfuncional das regiões frontal e posterior do cérebro em crianças com TEA, juntamente com um padrão de baixa conectividade neural.

Peters et al. (2013) estudaram os efeitos da conectividade de EEG em redes funcionais cerebrais, através de medidas realizadas em pacientes com Complexo de Esclerose Tuberosa (CET) e TEA, sem TEA, em pacientes com TEA não sindrômicos e com um grupo de controle. A conectividade de EEG foi caracterizada pela coerência média, razão da coerência inter- sobre a intra-hemisférica e razão da taxa de coerência longa sobre a baixa. Além disso, foram realizadas medidas das redes funcionais e feita a análise de resiliência. Um dos resultados identificou no TEA, com e sem diagnóstico de CET, uma diminuição da taxa de coerência longa

sobre a baixa e uma maior resiliência da rede cerebral, refletindo uma rede neural excessivamente degenerada com um excesso de conexões locais e diminuídas especializações funcionais.

2.9.2 (Pré-)Processamento de Sinais de EEG

2.9.2.1 Registros de EEG

Para o estudo dos sinais cerebrais, a atividade mental dos indivíduos é obtida, por EEG, a partir dos canais ou eletrodos dispostos sobre regiões determinadas sobre o crânio, como resultado de Potenciais Relacionados a Eventos (PRE). Tais potenciais são divididos em dois tipos: exógenos, que dependem das propriedades físicas e estimulação sensorial; e endógenos ou cognitivos, que dependem da natureza da interação do sujeito com o estímulo, variando de acordo com a atenção, relevância da tarefa que gera esses potenciais e natureza do processamento requerido (RUGG e COLES, 1995). Esses PREs são obtidos quando um indivíduo é exposto a uma série de estímulos físicos (como visuais, auditivos e motores) ou cognitivos, e é registrada a atividade elétrica cerebral associada aos potenciais (LOPES DA SILVA, 2005).

2.9.2.2 Pré-processamento para Eliminar Artefatos

Contaminações dos sinais de EEG, também referidas como artefatos, podem ser de diversas origens e classificadas em duas categorias: não fisiológicas (ou técnicas), e fisiológicas (NICOLAS-ALONSO e GOMES-GIL, 2012). Artefatos de natureza não fisiológica incluem interferência da rede elétrica, variações na impedância do eletrodo, entre outros, enquanto os artefatos fisiológicos estão normalmente associados com movimentos oculares, como o piscar dos olhos e movimento do

globo ocular, isto é, artefatos oriundos de eletromiografia (EMG) e eletrooculografia (EOG), os quais produzem padrões de amplitude distintos sobre os sinais do cérebro; e com atividade cardíaca, através de suas contrações musculares rítmicas (artefatos de eletrocardiografia - ECG), que introduzem padrões de sinal cíclicos no EEG (FATOURECHI et al., 2007).

Assim, sinais brutos ou crus de EEG necessitam de pré-processamento ou filtragem, de modo a remover esses artefatos indesejados. Por esta razão, um certo número de filtros pode ser aplicado para rejeitar bandas de sinal, centrando-se nos sinais desejados. Por exemplo, um filtro passa-baixas pode ser aplicado para remover componentes de alta frequência, uma vez que sinais de EEG com frequências acima de 90Hz, correspondendo ao intervalo dos ritmos gama, são raramente estudados (TEPLAN, 2002).

Artefatos não fisiológicos podem ser eliminados por filtro *Notch* ("filtro rejeita banda") de 60 Hz, que elimina artefatos oriundos da rede elétrica. Já os artefatos fisiológicos podem ser filtrados por um filtro espacial *CAR (Common Average Reference*), que realiza a média de todos os registros dos eletrodos. Essa média serve de referência para determinar os sinais/ruídos comuns em todos os registros (LUDWIG et al., 2009). O sinal resultante é submetido a métodos de extração de características, a fim de suprimir sinais notoriamente redundantes e extrair os relevantes, bem como reduzir a sobrecarga computacional gerada por análises de grandes conjuntos de dados. O conjunto de informação extraída é então utilizado para treinar e calcular as saídas do classificador (TRAUERNICHT, 2014).

2.9.2.3 Processamento: Extração de Características e Classificadores

No processo de diferenciação das características dos sinais de EEG, são usados algoritmos de extração para reconhecimento de emoções, a fim de extrair um conjunto de características (ou etiquetas) dos sinais. Tais algoritmos são importantes na identificação de características de mudanças fisiológicas dos sinais cerebrais,

que podem se correlacionar com emoções (PICARD et al., 2001). Alguns métodos permitem extrair características que são promissoras no reconhecimento de emoções em testes relacionados com estados fisiológicos afetivos. Dentre eles, destacam-se: Densidade Espectral de Potência (*PSD* do inglês *Power Spectral Densities*) (WELCH, 1967), Características Estatísticas de Séries de Tempo (*SFT* do inglês *Statistical Features of Time Series*) (PICARD et al., 2001) e *Wavelet* do Espectro de Potência (*WPS* do inglês *Wavelet Power Spectral*) (DAUBECHIES, 1992).

De um modo simplificado, um classificador é utilizado para decodificar o vetor de características em um dos possíveis estados emocionais (KIM et al., 2013). Existem muitas abordagens desenvolvidas em relação à classificação de emoções, e os algoritmos mais utilizados nesse processo podem ser divididos em categorias de classificadores, tais como (LOTTE, 2007; NICOLAS-ALONSO e GOMES-GIL, 2012):

- lineares: possuem grande robustez quando manipulando um conjunto de dados de emoção, devido ao número reduzido de parâmetros para especificar. Exemplos de classificadores lineares são: Análise de Discriminante Linear (*LDA* do inglês *Linear Discriminant Analysis*) e Máquina de Vetores de Suporte (*SVM* do inglês *Support Vector Machines*);

- não lineares: um exemplo frequentemente usado é o classificador K-Vizinhos mais Próximos (*K-NN* do inglês *K-Nearest Neighbors*), que permite atribuir a um dado invisível a classe predominante entre os K vizinhos mais próximos dentro de um conjunto de treinamento

2.10 Emoções

2.10.1 Definições e Teorias de Emoções

Dentre muitas definições de emoções, destaca-se um conceito de 1884, que consiste em uma sensação ou um conjunto de sensações causadas por um distúrbio fisiológico que, por sua vez, é provocado por alguma "percepção" (JAMES, 1884). Um conceito mais atual diz que emoções são sentimentos ou respostas frente a uma determinada situação ou ambiente (ARUMUGAM e PURUSHOTHAMAN, 2011).

Nos séculos XIX e XX, foram propostas teorias que relacionavam expressão e experiência emocional, como a Teoria de James-Lange e a Teoria de Cannon-Bard (BEAR, CONNORS e PARADISO, 2008b). Anterior à teoria proposta pelos psicólogos Willian James e Carl Lange, acreditava-se que a emoção era evocada por uma situação, e que o organismo mudava em resposta à emoção. Em oposição a esse conceito, a teoria de James-Lange postulou que alterações fisiológicas são a emoção, e uma vez removidas, a emoção desaparece com elas (JAMES, 1884; BEAR, CONNORS e PARADISO, 2008b). Dessa forma, eles propuseram que a emoção é experimentada em resposta a alterações fisiológicas no organismo. Contradizendo a teoria de James-Lange, o fisiologista Walter Cannon e seu aluno Philip Bard propuseram que a experiência emocional poderia ocorrer de modo independente de uma expressão emocional, ou seja, mesmo quando mudanças fisiológicas não são sentidas. Além disso, foi proposta a relação do tálamo com as respostas emocionais, isto é, quando sinais alcançam o tálamo, são produzidas emoções (CANNON, 1927; CANNON, 1931; BEAR, CONNORS e PARADISO, 2008b).

A título de comparação entre as teorias, enquanto na teoria de James-Lange, é proposto que os sistemas sensoriais reagem às alterações evocadas pelo encéfalo, e as sensações oriundas dessas alterações constituem a emoção, a teoria de Cannon-Bard propõe que a emoção ocorre a partir da ativação apropriada do tálamo

em resposta a uma situação. A Figura 5 demonstra que na teoria de James-Lange, o indivíduo percebe o animal ameaçador (estímulo) e reage e, como consequência das respostas do organismo à situação, é gerada a emoção de medo, isto é, diferentes padrões de atividade somato-visceral podem produzir diferentes emoções. Na teoria de Cannon-Bard, o estímulo desencadeia a emoção de medo, e então ocorre a reação, isto é, diferentes emoções podem produzir diferentes padrões de atividade somato-visceral (BEAR, CONNORS e PARADISO, 2008b).

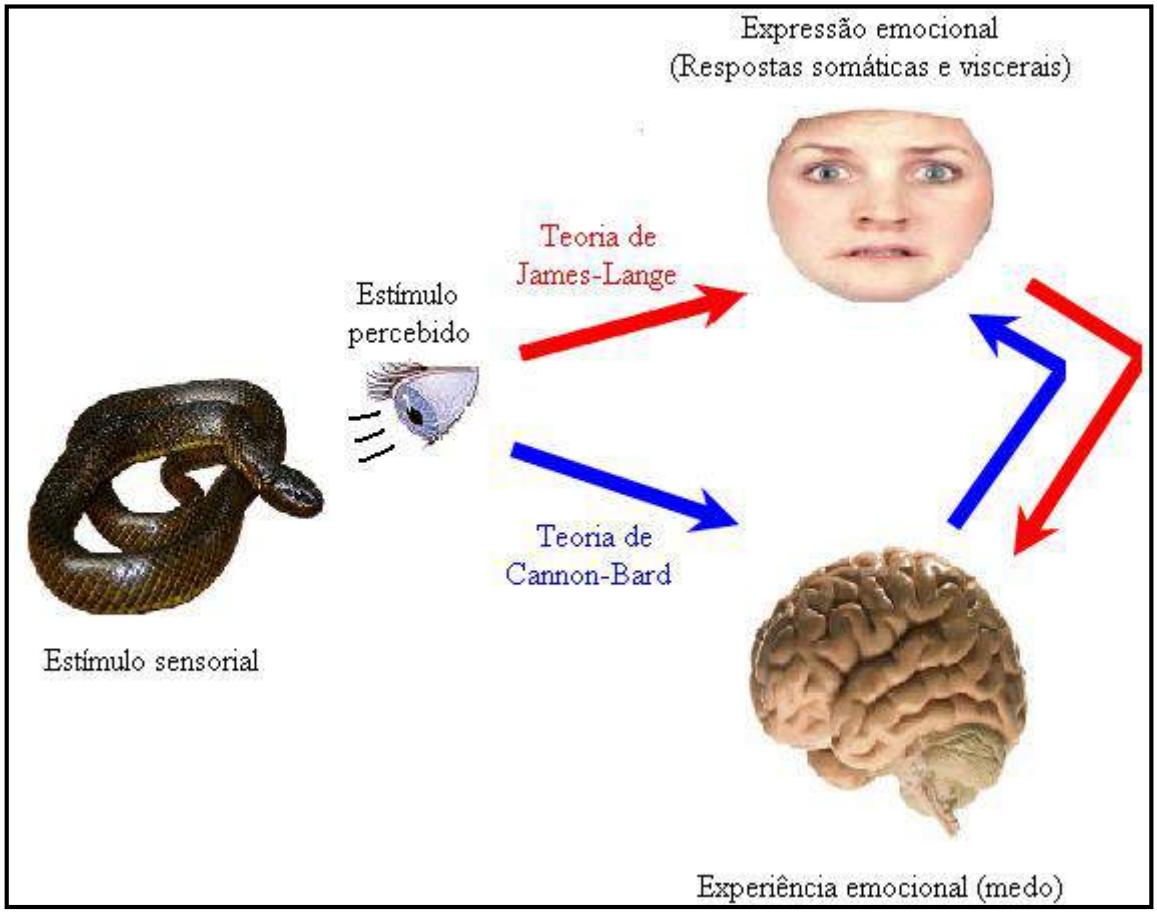


Figura 5. Comparação das teorias da emoção: James-Lange e Cannon-Bard. Fonte: Dados da Pesquisa.

O estado emocional pode ser definido como conjuntos específicos de mudanças na atividade somática e/ou neurofisiológica envolvendo mudanças nas respostas neurofisiológicas, hormonais, no comportamento facial, corporal e vocal (LEWIS, 2008). A emoção está envolvida em todos os aspectos da vida humana e é um

mecanismo adaptativo contínuo relacionado ao propósito de interação humana e expressão, e à reação a estímulos ou eventos e à reavaliação de várias circunstâncias. Por isso, ela tem ganhado um grande interesse e atenção em muitas áreas de pesquisa, como neurologia, psicologia, sociologia e ciência da computação (KROUPI, YAZDANI e EBRAHIMI, 2011).

2.10.2 O Cérebro e as Emoções

O primeiro "mapeamento" das funções cerebrais foi proposto pelo neurologista francês Pierre Paul Broca, através da observação de pacientes com lesão cerebral. Ele identificou o lobo límbico, consistindo principalmente no córtex em torno do corpo caloso e giro cingulado principalmente, além do córtex na superfície medial do lobo temporal, incluindo o hipocampo (Figura 6 (a)) (BEAR, CONNORS e PARADISO, 2008b). O neurologista norte-americano James Papez propôs a existência de um "sistema de emoção" na parede medial do cérebro, que ligaria o córtex ao hipotálamo. Ele acreditava que a experiência emocional era determinada pela atividade no córtex cingulado, e a expressão emocional era governada pelo hipotálamo. Na Figura 6 (b), nota-se que o córtex cingulado projeta para o hipocampo, e este projeta para o hipotálamo por meio do fórnix (feixe de axônios). Efeitos do hipotálamo atingem o córtex por meio de uma estação retransmissora nos núcleos talâmicos anteriores (BEAR, CONNORS e PARADISO, 2008b).

Embora sistema límbico seja ainda um termo bastante usado, a ideia da existência de um sistema único de emoção é questionada, quando é identificado que diferentes regiões do sistema nervoso central estão relacionadas com os estados emocionais (BEAR, CONNORS e PARADISO, 2008b).

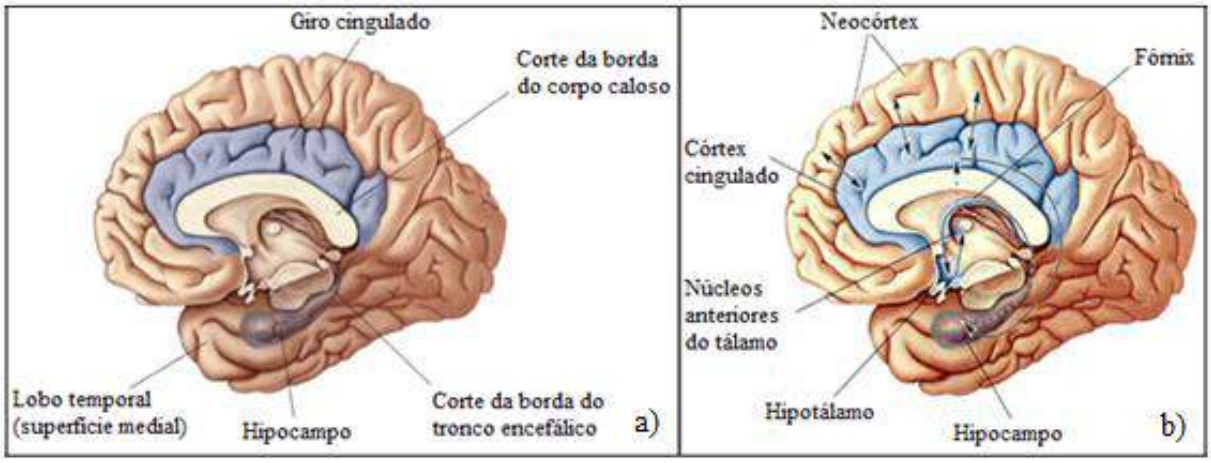


Figura 6. Representação do lobo límbico e do circuito de Papez. a) Lobo límbico definido por Broca; b) Circuito de Papez. Fonte: Bear, Connors e Paradiso (2008b).

Existem numerosos estudos e modelos que exploram as correlações entre diferentes emoções e regiões do cérebro. Há relatos na literatura que mencionam o envolvimento do córtex pré-frontal, especificamente, o córtex órbito-frontal, com a emoção e motivação em primatas, incluindo humanos (ROLLS, 2000; DAVIDSON, 2004). Além disso, o lobo temporal é citado como detentor de estruturas que são envolvidas com emoções, por exemplo, a amígdala, e que funcionam como entradas sensoriais para sistemas cerebrais envolvidos na emoção e motivação (ROLLS, 2000). Ainda, estudos em primatas revelaram que estruturas componentes da região temporal medial encontram-se envolvidas na regulação de reações emocionais e funções de memória (BACHEVALIER, 1994).

Alguns estudos de neuroimagem, objetivando descrever a neuroanatomia funcional da emoção, foram realizados pelas técnicas de TEP e IRMf (PHAN et al., 2001). Esses estudos encontraram uma relação entre a região cerebral do córtex pré-frontal medial e o processamento emocional em que emoções como felicidade, tristeza e nojo apresentaram associação com o aumento da atividade do córtex pré-frontal medial (LANE et al., 1997; PHAN et al., 2001). Além disso, foi relatada uma significativa associação entre a indução da tristeza e a ativação do córtex cingulado subcalossal; a associação entre a indução da felicidade, bem como do nojo, e a ativação do gânglio basal (PHAN et al., 2001); além de uma forte associação entre a indução do medo e a amígdala. Além de estar diretamente relacionada ao medo, a

amígdala exerce um importante papel na mediação da influência de emoção sobre uma gama de funções sociais, como percepção de expressão facial de medo em outras pessoas, e cognitivas, como atenção e memória (LEDOUX e PHELPS, 2008).

Davidson (1992), utilizando medidas eletrofisiológicas da ativação cortical funcional, encontrou relação direta entre a ativação cerebral frontal do hemisfério esquerdo com emoções positivas, e atividade frontal do hemisfério direito com emoções negativas. Além disso, outro trabalho que aborda a relação entre emoção e assimetria frontal é o de Coan e Allen (2004), os quais argumentam que as emoções que se correlacionam com a assimetria são predominantes e podem ser observadas com diferentes procedimentos de estímulo.

2.10.3 Modelagem de Emoções

De uma forma geral, foram propostas teorias para a modelagem de emoções, destacando-se, principalmente, a modelagem categórica e a dimensional (KROUPI, YAZDANI e EBRAHIMI, 2011). Os modelos categóricos investigam e estudam diferentes categorias de emoções, sendo representados pelas seis emoções básicas: felicidade, tristeza, raiva, medo, nojo e surpresa, propostas por Ekman (1994).

Por outro lado, Russell (1980) propôs modelos dimensionais, uma vez que ele relata que a maioria dos psicólogos descreve a emoção como um conjunto de dimensões que variam independentemente umas das outras, tais como desprazer, angústia, depressão, excitação, e assim por diante. No entanto, ele ressalta a existência de evidências de que essas dimensões afetivas são interrelacionadas de uma forma muito sistemática e podem ser representadas por um modelo espacial, em que conceitos afetivos são dispostos em um modelo circunflexo que compreende (Figura 7): o prazer (0°), a excitação (45°), a ativação (90°), a angústia (135°), o desagrado (180°), a depressão (225°), a sonolência (270°) e o relaxamento (315°).

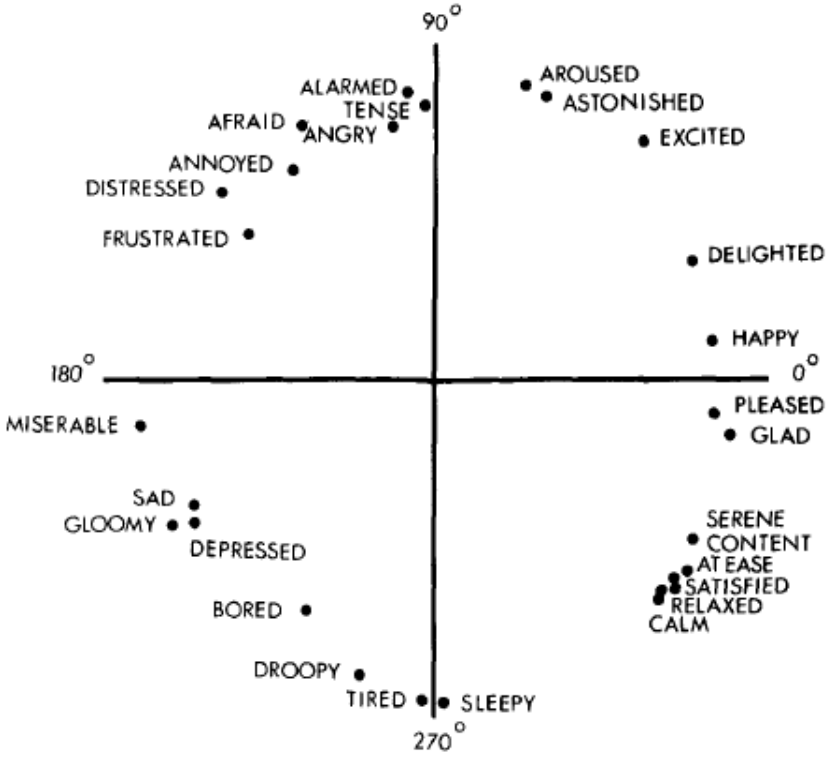


Figura 7. Modelo circunflexo de emoção de Russell. Fonte: Russel (1980).

A dimensão horizontal (leste-oeste) compreende as extremidades prazer e desprazer, e a dimensão vertical (norte-sul) compreende as extremidades ativação e sonolência. Este modelo foi proposto tanto como uma forma de psicólogos poderem representar a estrutura da experiência afetiva, por avaliação através de autorrelato, quanto como uma representação da estrutura cognitiva, que os leigos utilizam na conceituação de afeto.

Em suma, Russell (1980) argumenta que todas as emoções podem ser descritas quantitativamente e podem ser colocadas no espaço de valência-ativação (Figura 8), isto é, caracterizando um modelo bidimensional, com eixos horizontal e vertical, respectivamente. Além disso, há uma terceira dimensão, denominada dominância (RUSSELL e MEHRABIAN, 1977). A valência varia de negativo para positivo (ou desagradável para agradável), enquanto que a ativação varia de passivo (ou calmo) para ativo (ou animado). A dominância varia de fraco sentimento (ou sem controle) a um sentimento competente e forte (com controle sobre tudo).

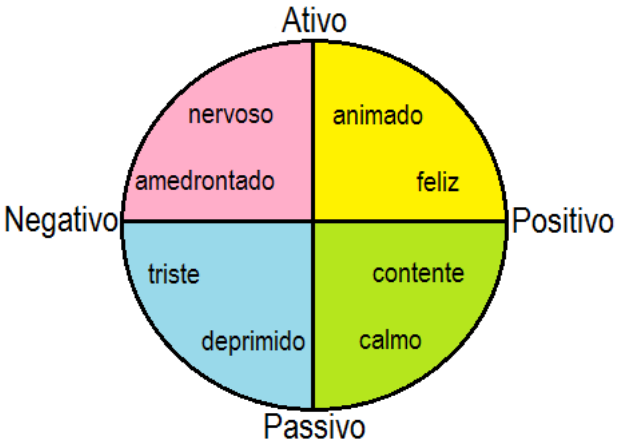


Figura 8. Modelo bidimensional de emoções. A valência compreende o eixo horizontal, e a ativação, o eixo vertical. Fonte: Adaptado de Bos (2006).

2.10.4 Estimular e Diferenciar Emoções

Em geral, há duas abordagens diferentes para evocar emoções: imaginar uma emoção desejada, ou usar imagens, sons ou uma combinação de ambos (BOS, 2006). Quanto à seleção de um estímulo, há o visual: imagens/fotos; o áudio: músicas/sons; os audiovisuais: trechos de filmes/clipes de vídeo; e a recordação de eventos emocionais do passado. Muitos pesquisadores utilizam estímulos visuais, porém possuem menor potencial de provocar emoções do que estímulos audiovisuais (MURUGAPPAN et al., 2010).

Diferenciar categorias de emoção não é uma tarefa fácil e clara, além de que a expressão de emoções é diferente para cada indivíduo. Portanto, caracterizar emoções torna-se uma tarefa difícil (MURUGAPPAN et al., 2010). Na avaliação de emoção em seres humanos, a análise de expressões humanas e de reações fisiológicas é normalmente considerada. Expressões humanas são evidenciadas em pistas verbais e não verbais, compostas de sistemas de reconhecimento de voz e de face, que remetem a emoções (KOELSTRA et al., 2012).

2.10.5 Relação entre Sinais Fisiológicos e Emoções

O reconhecimento de padrões fisiológicos de emoção torna-se potencialmente útil na avaliação e quantificação do estresse, raiva e outras emoções que influenciam a saúde, e ainda assume importantes aplicações na medicina, entretenimento e interação humano-computador (PICARD et al., 2001). Os sinais fisiológicos originam-se do Sistema Nervoso Central (SNC) e do Sistema Nervoso Periférico (SNP) (KOELSTRA et al., 2012), podendo ser avaliados no estudo de emoções. Eles são caracterizados pela temperatura da pele, suor, taxas respiratórias e cardíacas, tensão muscular, sinais cerebrais, dentre outros (PICARD et al., 2001). Os sinais originados a partir do SNC são alvos de grande interesse para o estudo de emoções, especificamente através da técnica de eletroencefalografia (EEG) (BOS, 2006; MURUGAPPAN et al., 2010). Além de emoções, a EEG tem sido amplamente utilizada para estudar processos cognitivos, tais como percepção, memória, atenção e linguagem em adultos e crianças (TEPLAN, 2002).

Diante do crescente estudo acerca do reconhecimento de emoções, através de EEG, alguns trabalhos relacionados são descritos a seguir.

Nasehi e Pourghassem (2012) propuseram um algoritmo de reconhecimento de emoção através de EEG, com base em características espectrais, espaciais e temporais, e classificadores de redes neurais. Os sinais de EEG foram adquiridos a partir dos canais FP1, FP2, F3, F4. Participaram do experimento 10 voluntários saudáveis (6 homens e 4 mulheres, com idades entre 20 e 42 anos), os quais foram estimulados visualmente por fotos de faces, expressando seis emoções (felicidade, surpresa, raiva, medo, desgosto e tristeza), exibidas durante 5 segundos. A precisão média de classificação das emoções obtida foi de 64,78%.

Chanel, Ansari-Asl e Pun (2007) propuseram o reconhecimento de emoções correspondentes a três áreas relevantes do espaço valência-ativação (calma-neutro, ativo-positivo e ativo-negativo), utilizando os sinais fisiológicos periféricos e de EEG. Os participantes foram convidados a recordar dois eventos fortemente emocionais

de suas vidas (um ativo-positivo e outro ativo-negativo), e a manter a calma e relaxar, para a avaliação do estado calmo-neutro. A análise de dados foi feita com um participante do sexo masculino de 30 anos, cujos sinais de EEG foram gravados a partir de 64 canais. Dois classificadores lineares, *LDA* (*Linear Discriminant Analysis*) e *SVM* (*Support Vector Machine*) foram utilizados. Os melhores resultados obtidos foram referentes ao classificador *SVM*, com variação de 67%, para um conjunto de três classes, a 79% para duas classes.

Segundo Chanel et al. (2006), 4 participantes, entre 28-49 anos, tiveram seus sinais cerebrais coletados por 64 eletrodos de EEG, enquanto visualizavam estímulos visuais baseados em fotografias, oriundas de um banco de dados internacional validado (*IAPS - The International Affective Picture System*) e mostradas durante 6 segundos cada uma. Dois classificadores foram testados: *Bayes* e *FDA* (*Fisher Discriminant Analysis*). Baseado no banco de dados do *IAPS*, o classificador *FDA* obteve uma maior precisão média de 55%.

Petrantonakis e Hadjileontiadis (2011) propuseram o reconhecimento de emoções, empregando a teoria da assimetria frontal do cérebro, analisando os canais Fp1, Fp2, F3 e F4 de 16 voluntários saudáveis (9 homens e 7 mulheres, com faixa etária de 19 a 32 anos), durante a visualização de fotografias do banco de dados do *IAPS*, por 5 segundos cada. As análises foram feitas utilizando o classificador *SVM* para avaliar a valência e a ativação, e foi obtido, como um dos resultados de classificação, 94,40% para três determinadas classes de emoções.

O reconhecimento de emoções tem um papel importante na aprendizagem e no desenvolvimento da capacidade de atentar para o que é importante, sendo parte fundamental para compreender a diferença entre o desenvolvimento de crianças típicas e de crianças com TEA, que normalmente apresentam dificuldade em reconhecer emoções (PICARD et al., 2001).

Alguns sinais do TEA, de uma forma geral, compreendem dificuldades de comunicação e sensibilidade ao contato físico, ausência de contato com os olhos e atenção conjunta, falta do engajamento em jogos interativos, além da dificuldade de

falar sobre sentimentos pessoais e compreender os sentimentos dos outros (SCASSELLATI et al., 2012). Estes últimos sintomas podem ser devido à falta de motivação social e contato com os olhos durante a comunicação, gerando pouca informação para o cérebro na interpretação de faces emocionais (OTHMAN e WAHAB, 2010).

Devido à dificuldade em compreender e expressar sentimentos, a caracterização das emoções em indivíduos com TEA pela técnica de EEG desempenha um papel importante na obtenção de conhecimento sobre as suas emoções e expressões. Os sistemas baseados em sinais de EEG têm sido amplamente usados para detectar emoções, como mencionado anteriormente (Seção 2.9). No entanto, é muito difícil encontrar na literatura um sistema ou técnica específica para reconhecer emoções por EEG em pessoas com TEA. Pode-se destacar aqui o trabalho de Othman e Wahab (2010), os quais tentaram compreender o processamento facial emocional de crianças com TEA, a partir de ondas cerebrais, pelos parâmetros de valência e ativação, com a utilização de 8 eletrodos de EEG (F3, F4, C3, C4, T3, T4, P3 e P4). Participaram do estudo 6 crianças diagnosticadas com TEA e 12 crianças com típico desenvolvimento, tendo ambos os grupos faixa etária entre 7 e 9 anos de idade. Os estímulos consistiram em fotografias de faces humanas felizes, tristes e calmas, as quais foram exibidas durante 8 segundos cada. Os resultados acerca da valência mostraram que a dinâmica da emoção de crianças com TEA indicou tendência a uma inversão enquanto observavam as expressões faciais emocionais relacionadas, isto é, o grupo de crianças do espectro autista obteve uma valência positiva ao olhar para as faces tristes, porém uma valência negativa quando observavam faces felizes, comparado aos resultados do grupo controle.

Com base no levantamento bibliográfico realizado anteriormente, a proposta deste trabalho é contribuir com o estudo de sinais cerebrais de crianças com TEA, utilizando o EEG para avaliar seus estados emocionais e mentais, desencadeados por estímulos visuais e pela interação com um robô móvel respectivamente. Para o desenvolvimento dessa proposta, os objetivos gerais e específicos serão listados a seguir.

3. OBJETIVOS

3.1 Geral

Detectar sinais cerebrais de crianças com TEA, utilizando EEG, a fim de identificar estados emocionais de crianças com TEA e com típico desenvolvimento (TD) e avaliar seus estados mentais durante a interação com um robô móvel.

3.2 Específicos

Propor um procedimento para identificação de estados emocionais de crianças com TEA e com TD;

Registrar sinais cerebrais para avaliação dos estados emocionais de crianças com TEA e TD, utilizando EEG;

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

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

Registrar sinais cerebrais para avaliação dos estados mentais de crianças com TEA, utilizando EEG, durante a interação com o robô;

Avaliar a interação criança-robô obtida, utilizando escalas que permitam análises quantitativas: *GAS* (Escala de Alcance de Metas) e *SUS* (Escala de Usabilidade de Sistemas).

4. MATERIAIS E METODOS

A metodologia que foi seguida nesta pesquisa abrangeu os aspectos éticos aplicados durante sua execução e os critérios de inclusão e exclusão para a seleção dos participantes. Ainda, ela foi exposta em duas partes principais para melhor compreensão da execução do trabalho. A primeira parte faz menção à identificação de estados emocionais, onde foram descritos os materiais utilizados, os participantes, os estímulos utilizados para evocar emoções, o procedimento proposto, bem como a coleta dos sinais cerebrais e seu processamento. A segunda parte faz menção à identificação de estados mentais e à proposta da utilização da robótica móvel como instrumento de interação com crianças com TEA. Para a execução desta proposta, foram abordados os materiais utilizados nesta fase, bem como aqueles utilizados para a captação dos sinais cerebrais durante a interação criança-robô, a confecção e uma proposta de avaliação da imagem lúdica do robô, e ainda, a descrição do processo de interação e os métodos quantitativos de avaliação do experimento.

Para ter acesso às crianças, previamente foram enviadas cartas de intenção (APÊNDICES A e C) às instituições parceiras para expor as informações e intenções referentes à pesquisa, e, posteriormente, foram estabelecidos os Acordos de Cooperação (APÊNDICES B e D) com as seguintes instituições:

- Escola Municipal de Ensino Fundamental Experimental de Vitória - Universidade Federal do Espírito Santo (EMEF-UFES);
- Associação dos Amigos dos Autistas do Espírito Santo (AMAES).

4.1 Aspectos Éticos da Pesquisa

Este trabalho encontrou-se em consonância com os aspectos éticos inerentes à pesquisa com seres humanos, estabelecidos na Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, e em suas normas complementares. As informações coletadas foram mantidas em caráter de confidencialidade. Foi assegurada a privacidade e o sigilo, bem como a proteção à identidade dos participantes da pesquisa. Além disso, este trabalho faz uso de dispositivos e equipamentos referenciados e aprovados pelo Comitê de Ética e pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa, cujos números respectivos são 651.475 e 720.696, e pelo órgão internacional *Federal Communications Comission (FCC)*.

Para a coleta de dados, foi pré-requisito a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE E) por todos os responsáveis legais das crianças que aceitaram e permitiram a participação na pesquisa, depois de devidamente informados sobre seu objetivo.

4.2 Seleção dos Participantes

- Crianças com TEA:

Os critérios de inclusão desta pesquisa foram os seguintes:

- Crianças devidamente diagnosticadas com TEA, com base nos critérios do *Diagnostic and Statistical Manual* (*DSM*)- V;
- Faixa etária de 7 a 11 anos;
- Destras;
- Não fazer uso de medicamentos;
- Ausência de vivência de episódios traumáticos ou fobias.

Os critérios de exclusão compreenderam:

- Crianças com ocorrência de doenças neurológicas simultâneas, como epilepsia, hidroencefalia, hemiparesia ou outras síndromes que afetam o desenvolvimento do cérebro;
- Crianças com movimentos estereotipados/repetitivos aguçados;
- Crianças com tendência à agressão;
- Crianças agitadas.

- Crianças com típico desenvolvimento (TD)

Os critérios de inclusão compreenderam:

- Faixa etária de 7 a 11 anos;
- Destras;
- Não fazer uso de medicamentos;
- Ausência de vivência de episódios traumáticos ou fobias.

4.3 Identificação de Estados Emocionais

4.3.1 Equipamentos Utilizados

Os componentes de *hardware* e *software* utilizados nesta pesquisa foram os seguintes: um *laptop* (Intel Core i5, 1,60GHz x 4), para apresentar a interface gráfica, executando o sistema operacional Linux (Ubuntu 12.04.4) com Matlab 8.01 (R2013a); o dispositivo *Emotiv EPOC Headset* de aquisição de sinais de EEG, bem como um receptor USB sem fio, que recebe informações dos 14 eletrodos de EEG, os quais captam os sinais cerebrais do participante. Além disso, foram utilizados um

mouse, um teclado sem fio e uma fita métrica (para medir a distância determinada entre a posição do participante e a tela do *laptop*) (Figura 9).

Figura 9. Equipamentos utilizados no experimento. Fonte: Dados da Pesquisa.

4.3.2 Participantes

Com o intuito de avaliar inicialmente os estímulos escolhidos para evocar emoções, este trabalho contou com a participação de 26 crianças com TD (14 meninas e 12 meninos), com faixa etária entre 7 e 11 anos (8,81 ± 1,02). Tais crianças eram estudantes regulares da Escola Municipal de Ensino Fundamental Experimental de Vitória - Universidade Federal do Espírito Santo (EMEF-UFES).

Para a captação dos sinais cerebrais das crianças, a partir das 26 participantes com TD, foram selecionadas 13 (7 meninas e 6 meninos com idade média de 8,85 ± 1,21), as quais atenderam aos critérios de inclusão descritos na seção 4.2. Além delas, foram coletados os sinais de 2 crianças com TEA, 1 menina e 1 menino, com

7 e 8 anos respectivamente, ambas frequentadoras da Associação dos Amigos dos Autistas do Espírito Santo (AMAES).

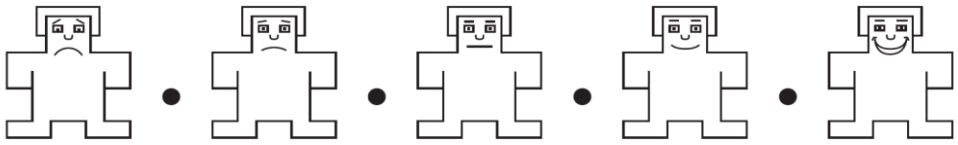
4.3.3 Estímulos Visuais para Evocar Emoções

Para a geração de estados emocionais foram selecionadas fotografias coloridas validadas de um banco de dados internacional, denominado *IAPS* (*The International Affective Picture System*), cuja licença encontra-se documentada no APÊNDICE F. Esse banco de dados disponibiliza fotografias para estudos de emoção e atenção (LANG, BRADLEY e CUTHBERT, 2008).

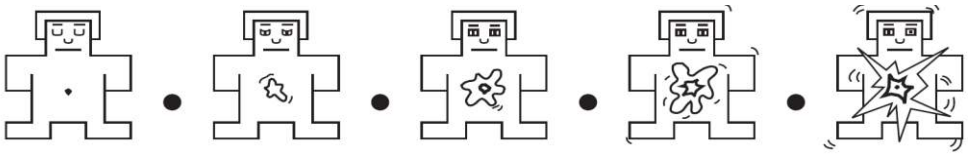
Tal como realizado por Lang, Bradley e Cuthbert (2008), as classificações de cada fotografia do *IAPS* foram obtidas através de um sistema de autoavaliação afetiva relativamente simples, denominado *Self-Assessment Manikin* (*SAM*) (Figura 10), o qual permite avaliar as dimensões de valência, nível de ativação e nível de dominância. Neste sistema, figuras gráficas descrevem os valores ao longo de cada dimensão em uma escala continuamente variável, a qual indica reações emocionais (BRADLEY e LANG, 1994). A Figura 10 ilustra a versão papel e lápis do *SAM*, usada na avaliação emocional dos estímulos visuais. O *SAM* varia de uma caricatura expressando infelicidade até outra expressando sorriso e felicidade, representando a dimensão de valência. Para representar a dimensão de ativação, o *SAM* varia a partir de uma caricatura com expressão relaxada e sonolenta até outra caricatura animada, com os olhos arregalados. Além das duas dimensões citadas, a terceira, denominada dominância, representa o sentimento que varia de dominado a dominador. Para a classificação das fotografias do *IAPS*, o voluntário selecionou uma das 5 caricaturas ou o espaço entre duas delas. A escala de classificação consiste de 1 a 9 pontos para cada dimensão, de modo que a pontuação 1 representa uma baixa valência, ativação ou dominância; já a pontuação 9 representa uma alta valência, ativação ou dominância (LANG, BRADLEY e CUTHBERT, 2008; BRADLEY e LANG, 1994). Como um método conhecido de autoavaliação de

emoções, o sistema de classificação *SAM* também foi utilizado pelas crianças deste estudo.

Avaliação da valência



Avaliação da ativação



Avaliação da dominância

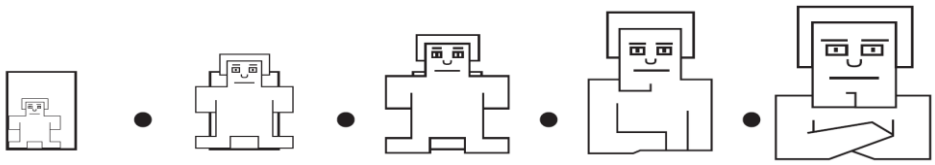


Figura 10. Versão papel e lápis da autoavaliação *Self-Assessment Manikin (SAM)*. Fonte: Adaptado de Lang, Bradley e Cuthbert (2008).

Considerando as dimensões de valência e ativação, com base no modelo bidimensional de classificação, 15 fotografias foram selecionadas a partir do banco de dados *IAPS* e divididas em três classes, cada uma contendo 5 imagens, segundo a Figura 11: Negativo-Ativo, Positivo-Ativo e Passivo-Neutro. Os estados emocionais não cobrem os 4 quadrantes separadamente do espaço valência-ativação, devido à baixa disponibilidade de imagens validadas que evoquem emoções no terceiro e quarto quadrantes, distintamente. As fotografias selecionadas para este trabalho, além de terem sido retiradas de um banco de dados validado (*IAPS*), foram analisadas e aprovadas pela psicóloga Maria Dolores Pinheiro de Souza (CRP - 13,453 - ES), antes de serem exibidas às crianças.

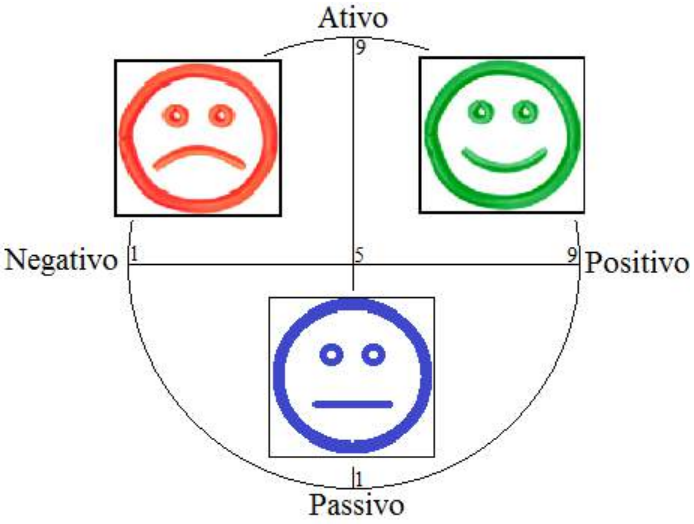


Figura 11. Classes emocionais baseadas na escala bidimensional valência-ativação. Fonte: Dados da Pesquisa.

A seleção das 15 imagens foi realizada via limiares empíricos das pontuações de valência, ativação e dominância para cada foto, de modo a atender às três classes de emoções. Para isto, foram determinados os seguintes critérios de inclusão:

• Seleção de fotografias pertencentes ao banco de dados *IAPS* com classificações validadas por crianças de 7 a 12 anos.
• Seleção com base na faixa de classificação de 1 a 9:

Para a classe Positivo-Ativo, os valores escolhidos foram:

Valência	Ativação	Dominância
>7.0	>5.0	>5,0

Para a classe Negativo-Ativo:

Valência	Ativação	Dominância
<5.0	>5.0	≤5.0

Para a classe Passivo-Neutro:

Valência	Ativação	Dominância
4.0 – 7.0	≤5.0	>4.0

Assim, as fotos selecionadas bem como seus valores médios são destacados na Tabela 3. São exemplos de estímulos pertencentes à classe Positivo-Ativo fotografias de filhotes de animais de estimação; quanto à classe Negativo-Ativo, fotos de animais perigosos e peçonhentos; e quanto à classe Passivo-Neutro, objetos diversos do cotidiano, como guarda-chuva, lâmpada, dentre outros.

Tabela 3. Seleção das fotos a partir do banco de dados internacional *IAPS*. Valores médios de valência, ativação e dominância atribuídos por crianças de 7 a 12 anos (*IAPS)*. Fonte: Baseado em Lang, Bradley e Cuthbert (2008).

N° da foto	Valência	Ativação	Dominância
Positivo-Ativo			
1710	8,845	5,825	7,645
1920	8,75	6,55	7,235
7250	7,985	5,5	7,11
7390	8,145	5,56	7,25
8620	7,6	6,03	6,11
Negativo-Ativo			
1120	4,39	6,97	3,675
1300	4,11	7,325	3,555
6370	3,925	6,21	3,78
7380	3,71	5,45	4,995
9421	3,4	5,44	3,05
Passivo-Neutro			
2130	4,245	4,56	4,86
2320	6,19	2,52	6,065
2810	4,505	4,375	5,915
5020	6,41	2,71	6,55
7090	5,82	2,35	6,74

4.3.4 Procedimento Experimental

Os experimentos com as crianças com TD foram realizados na EMEF–UFES, durante o período de aulas dos alunos, com a permissão prévia dos pais e professores. Antes da visualização das fotos através do computador, foi explicado à criança todo o procedimento da pesquisa, o método de autoavaliação *SAM* e um pré-teste foi realizado para melhor compreensão do experimento e para sanar dúvidas. Três fotos impressas em uma folha A4 foram mostradas à criança e, após a visualização de cada foto, ela deveria marcar as caricaturas do *SAM* (impressas em folha A4) correspondentes ao sentimento vivenciado, para as dimensões da valência, ativação e dominância.

Após o pré-teste, a criança foi convidada a se sentar e ficar relaxada e calma. Para que ela pudesse visualizar as imagens adequadamente e avaliá-las, segundo seus próprios sentimentos, a tela do *laptop* (de 15,6 polegadas) foi colocada em frente aos seus olhos a uma distância de 80 cm, segundo Lithari et al. (2010) e Evans et al. (2011). As imagens foram exibidas pelo programa Matlab de forma aleatória, a fim de evitar que a criança se tornasse habituada frente a um conjunto de fotos da mesma classe, tal como citado por Savran et al. (2006).

O tempo de exibição de cada estímulo visual não é padronizado entre autores, podendo variar em segundos, como pode ser observado em Savran et al. (2006), que utilizaram o tempo de 2,5s; Othman e Wahab (2010), 8s; Petrantonakis e Hadjileontiadis (2011), 5s; Codispoti e De Cesarei (2007), 6s; Nasehi e Pourghassem (2012), 5s; e Chanel et al. (2006) utilizaram 6s. Neste estudo, cada foto foi exibida à criança durante 6 segundos. Em seguida, o sistema de autoavaliação com as caricaturas do *SAM* para cada dimensão (valência, ativação e dominância) foi apresentado na tela, para que a criança avaliasse a emoção evocada pela imagem, clicando com o *mouse*. Subsequentemente, uma tela preta foi exibida durante um intervalo de 2 segundos, a fim de permitir a mudança do estado emocional referente à foto anterior (OTHMAN e WAHAB, 2010). Os procedimentos utilizados nesta pesquisa são demonstrados pela Figura 12.

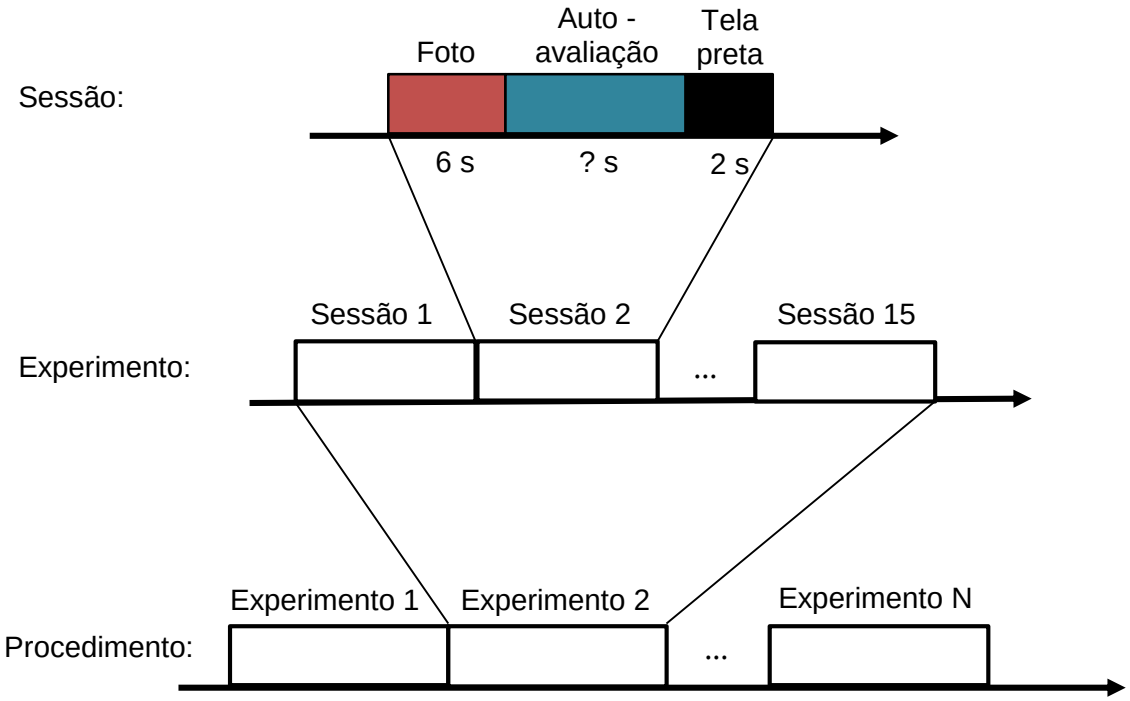


Figura 12. Procedimento realizado com crianças com TD e com TEA. Fonte: Dados da Pesquisa.

O tempo médio gasto no teste de avaliação de emoções variou entre 5 e 7 minutos, dependendo do tempo que a criança levava para marcar as caricaturas do *SAM*, de acordo com as emoções sentidas.

4.3.5 Coleta de Sinais Cerebrais

O mesmo procedimento anterior foi adotado no momento da coleta dos sinais cerebrais. Os eletrodos foram colocados sobre o couro cabeludo da criança depois que ela se sentava em frente à tela do computador. Em seguida, a criança foi orientada a não se mover, não falar e manter suas mãos sobre as pernas de forma confortável durante a visualização das fotos, para evitar a presença de muitos artefatos no período do registro dos sinais. Foi explicado que o momento no qual ela poderia se mover era apenas durante a autoavaliação, clicando sobre as caricaturas correspondentes aos sentimentos provocados pela foto.

4.3.5.1 Equipamento Utilizado na Captação dos Sinais Cerebrais

À medida que as figuras eram mostradas às crianças, seus sinais elétricos cerebrais eram captados pela técnica de EEG, através de um dispositivo colocado no couro cabeludo para captar os sinais cerebrais, permitindo identificar o estado mental da criança no momento em que ela era exposta às fotografias.

O dispositivo de EEG usado foi o *Emotiv EPOC Headset*, que é certificado pela *FCC* (*Federal Communications Comission*) (APÊNDICE G) e de acordo com normas internacionais de segurança, sendo comercializado livremente. É um dispositivo sem fios (Figura 13-a), que grava os dados em uma taxa de amostragem de 128 Hz, com uma largura de banda entre 0,2 e 45 Hz (EMOTIV, 2014).

O *Emotiv EPOC* é composto por 14 canais dispostos de acordo com o sistema internacional 10-20, abrangendo as seguintes regiões cerebrais: AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, AF4 (EMOTIV, 2013) (Figura 13-b).

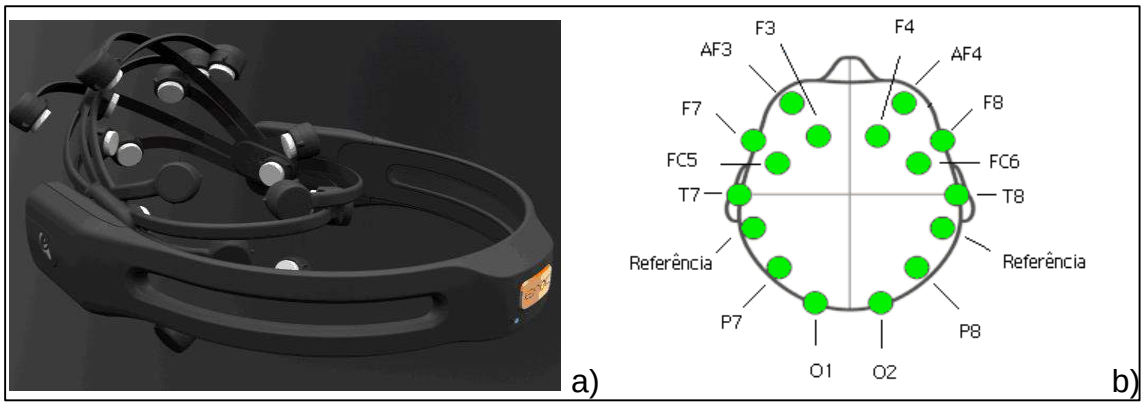


Figura 13. *Emotiv EPOC* e representação da disposição dos eletrodos. a) Dispositivo de captação dos sinais cerebrais: *Emotiv EPOC*. b) Disposição dos eletrodos do *Emotiv EPOC*. Fonte: Emotiv (2013).

Anteriormente à fixação dos eletrodos do dispositivo sobre o crânio, suas esponjas foram umedecidas com uma solução eletrolítica para facilitar o contato elétrico entre o couro cabeludo e os eletrodos (BOSL, et al., 2011). A técnica de EEG foi escolhida

por ser uma técnica não invasiva e sem dor para seres humanos, e possuir alta velocidade e resolução temporal (TEPLAN, 2002; BEAR, CONNORS e PARADISO, 2008a; PETERS et al., 2013). Os sinais do EEG foram captados, usando um *laptop* (Intel Core i5, 1,60GHz x 4).

Uma vez que os sinais eram captados, estes precisavam ser processados, ter suas características extraídas e ser classificados (Figura 14) e, para isso, foi utilizado o programa o Matlab 8.01 (R2013a).

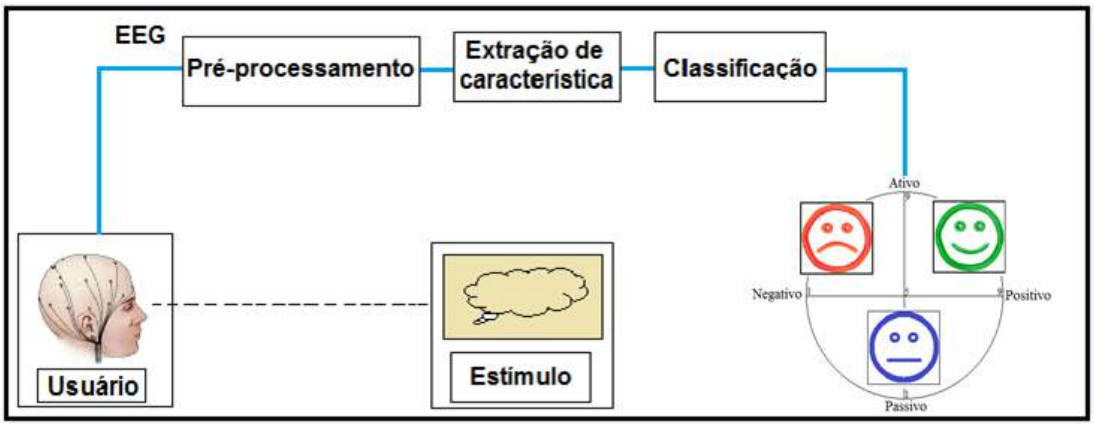


Figura 14. Representação do sistema de identificação dos estados emocionais. Fonte: Dados da Pesquisa.

4.3.6 (Pré-) Processamento

4.3.6.1 Seleção dos Canais

Inicialmente, foram escolhidos os canais (eletrodos) de interesse neste estudo, tendo como base também o estudo com crianças com TEA. De acordo com as literaturas científicas (BOS, 2006; BAUMGARTNER, ESSLEN e JÄNCKE, 2006; OTHMAN e WAHAB, 2010; DAVIDSON et al., 1999), o processamento de emoções

pode ser realizado predominantemente nos lobos cerebrais frontal, temporal e parietal, cujos canais correspondentes são: F3, F4, C3, C4, T3, T4, P3 e P4, de acordo com o sistema internacional 10-20, isto é, uma base de 8 eletrodos. No entanto, em comparação com os canais disponíveis no equipamento *Emotiv EPOC*, apenas dois são encontrados em comum, os canais F3 e F4. Analisando as regiões abrangentes dos canais do *Emotiv*, a partir da Figura 15, são encontradas posições próximas aos seis canais restantes citados. Respectivamente aos canais C3, C4, T3, T4, P3 e P4, os eletrodos do *Emotiv* mais próximos são FC5, FC6, T7, T8, P7 e P8. Os canais AF3 e AF4 foram removidos das análises, uma vez que são propícios à coleta de sinais com artefatos oriundos de movimentos faciais, como o piscar dos olhos e expressões faciais, dentre outros.

Assim, para a análise e extração de características, um conjunto de 12 canais foi definido como:
Canais totais (C tot): F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8.

Outras configurações de eletrodos foram sugeridas para investigar o desempenho ativo na elicitação de emoções em diferentes regiões do cérebro. Dessa forma, para avaliar a influência da ativação da assimetria dos hemisférios, de modo a verificar a noção de que o hemisfério direito possui ativação superior no processamento e expressão de emoções em relação ao hemisfério esquerdo (SCHIFFER et al., 2007), foram analisados os seguintes canais:
Canais do hemisfério direito (CR): FC6, F4, F8, T8, P8, e
Canais do hemisfério esquerdo (CL): FC5, F3, F7, T7, P7.

Para avaliar a configuração de 8 eletrodos, de modo similar à configuração citada acima, os supostos canais utilizados foram:
C8: FC5, FC6, F3, F4,T7, T8, P7 e P8.

Para avaliar as distintas respostas de sinais espaciais e temporais, das áreas especificamente relatadas em Davidson et al. (1999), foi utilizada a configuração de 6 canais:
C6: F3, F4, FC5, FC6, P7, P8.

Para investigar a informação oriunda das regiões frontal e fronto-cortical, foi analisada a configuração de 4 canais:
C4: F3, FC5, FC6, F4.

A região frontal exerce um papel importante como base neural da emoção, como mencionado em Bos (2006), podendo-se avaliar os canais frontais:
CF: F3, F4.

Para investigar a informação oriunda da região parietal, foram avaliados os canais parietais:
CP: P7, P8.

Para investigar a informação oriunda da região ocipital, utilizaram-se os canais ocipitais:
CO: O1, O2.

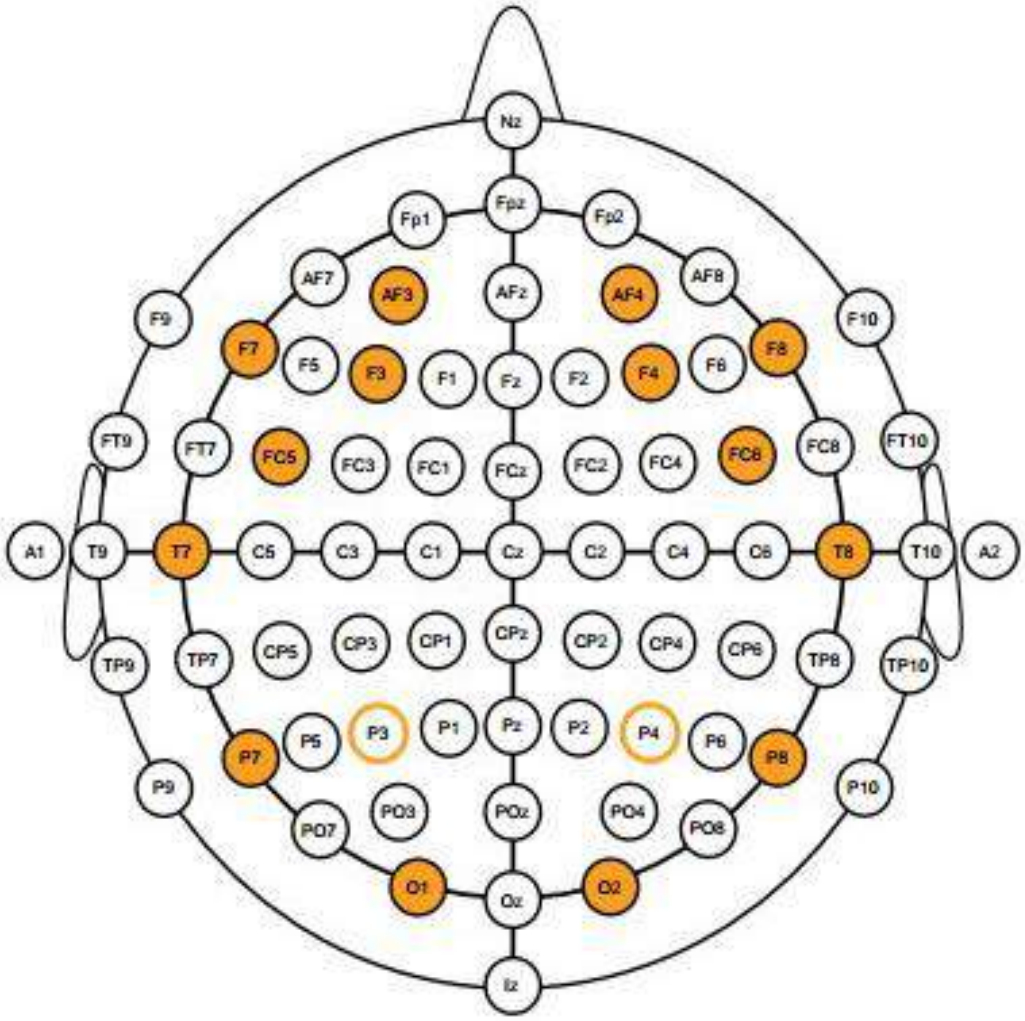


Figura 15. Representação das posições de eletrodos, segundo o sistema internacional 10-20. Eletrodos destacados em laranja referem-se àqueles presentes no *Emotiv EPOC*. Eletrodos com círculos cor laranja remetem à posição das referências no mesmo equipamento. Fonte: Trauernicht (2014).

4.3.6.2 Pré-Processamento: Remoção dos Artefatos

A fim de minimizar o risco de contaminação do sinal através de artefatos causados, por exemplo, por piscar de olhos ou outros tipos de movimento, todos as sessões foram inspecionadas visualmente para a detecção de qualquer tipo de anomalias que pudessem diminuir significativamente a qualidade do sinal cerebral.

A redução de ruídos através da filtragem por cálculo da mediana foi realizada, de modo a eliminar efetivamente ruídos de pulso (LI et al., 2012). Ao invés de filtrar os sinais brutos, no entanto, foi proposto remover valores atípicos resultantes de características extraídas, pois poderiam afetar diretamente o desempenho do reconhecimento da classe. Dessa forma, um método simples foi utilizado para indicar a quantidade de artefatos (contaminação) por canal e sessão, a fim de rejeitar aquele(a) considerado(a) demasiadamente contaminado(a). Assim, pôde-se obter informações valiosas quando analisado o conteúdo de informação em todas as diferentes configurações de canais citadas anteriormente. O método de rejeição simples foi baseado no cálculo da mediana de cada canal em uma sessão (demonstrada na Figura 12), dada a ordem estatística (Equação 1) (TRAUERNICHT, 2014):

$$Y_1 = \min_i X_i, Y_2, ..., Y_{N-1}, Y_N = \max_i X_i \quad (1),$$

onde Y_i é a i-ésima ordem estatística. A mediana (M) estatística da amostra pôde, portanto, ser definida pela Equação 2 (LI et al., 2012):

$$\text{Mediana (M)} = 1/2\ (Y_{N/2} + Y_{1+N/2}) \quad (2),$$

onde N é um número par de amostras, como presente nesta pesquisa, 14 (canais do dispositivo) x 128 (taxa de amostragem do dispositivo) = 768 amostras fornecidas por canal. A mediana foi então subtraída do sinal de entrada para obter as diferenças $\Delta_i, \Delta_{i+1}, ..., \Delta_N$. Em seguida, tal mediana foi recalculada para as diferenças positivas (M+) e negativas (M-) e depois multiplicada por um fator 2, e um critério (empírico) foi especificado, para indicar valores atípicos de sinais positivos e negativos do sinal, a partir da determinação dos limiares positivo e negativo, para valores atípicos de sinal positivo (Equação 3) e para valores atípicos de sinal negativo (Equação 4):

$$\text{Limiar+} = (1 + \text{Critério}) \times 2M+ \quad (3),$$

$$\text{Limiar}- = (1 + \text{Critério}) \times 2M- \quad (4).$$

Qualquer amostra de sinal que excedesse o limiar era considerada um valor atípico, pois se esperava que o sinal se comportasse dentro dos limiares correspondentes a duas vezes a mediana e à margem extra definida (critério). A última etapa foi dividir os valores atípicos positivos e negativos somados pelo número total de amostras, para atingir a proporção de contaminação dentro de uma sessão. Se essa proporção ultrapassasse o critério especificado, a sessão não podereria produzir altas taxas de classificação, e então, era rejeitada. Dessa forma, esse método foi usado para investigar a quantidade de canais específicos e sessões que eram afetados por valores atípicos e outras distorções, auxiliando uma correta rejeição e a interpretação do desempenho de classificação (TRAUERNICHT, 2014).

4.3.6.3 Processamento: Extração de Características e Classificação

A verificação e a escolha dos métodos de extração de características e classificação para esta pesquisa foram desempenhadas através de dois requisitos: usando o conjunto de dados brutos de EEG, como entrada de sinal para extrair características, com base em revisão de literatura científica; e usando vetores individuais ou combinações concatenadas de características para a análise do desempenho de classificação. Essa análise foi baseada em um coeficiente de concordância (coeficiente de *Kappa*), que demonstra a concordância entre a classe de emoção oriunda da autoavaliação da criança e a classe de emoção oriunda do sinal cerebral, cujo valor satisfatório corresponde à $k \geq 0{,}61$ (VIERA e GARRETT, 2005), e em uma taxa de acurácia, isto é, porcentagem de classificações que o sistema realiza corretamente (neste caso, considerando três classes de emoções), cujo valor satisfatório é ≥ 74% (GARCIA et al., 2014; TRAUERNICHT, 2014).

Os extratores de característica testados e utilizados nesta pesquisa foram:
SFT+PSD - Statistical Features of Time + Power Spectral Density;
*WPS - Wavelet Power Spectra*l.

Já os classificadores utilizados foram:

SVM - Support Vector Machine;

K-NN - K-Nearest Neighbors;

LVQ - Learning Vector Quantisation e

LDA - Linear Discriminant Analysis.

4.4 Interação de Crianças com TEA com o Robô Móvel

4.4.1 Materiais

4.4.1.1 Equipamentos Gerais

Os materiais utilizados no procedimento de interação com o robô móvel consistiram em três *laptops* (um para o registro dos sinais cerebrais, um para conectar o monitor, as caixas de som e a vídeo-câmera do robô, e o outro para gerar os comandos gerais dos vídeos e de movimentação do robô), baterias, duas vídeo-câmeras, uma máquina fotográfica, dispositivo *Emotiv EPOC* com um receptor USB sem fio, tapetinho feito de Espuma Vinílica Acetinada (EVA) e fitas adesivas coloridas para a marcação do percurso do robô.

Para a confecção da imagem lúdica do protótipo robótico foram utilizados materiais leves e fáceis de manipular, como os reciclados: caixas de papelão e mangueira sanfonada, além de cartolinas e papéis coloridos, cola branca, fita adesiva, EVA e um suporte de madeira para dar sustentação à câmera de vídeo e ao monitor.

4.4.1.2 Equipamentos do Robô Móvel

A Figura 16 mostra os equipamentos envolvidos na composição do robô móvel. O robô móvel, denominado MARIA (*Mobile Autonomous Robot for Interaction with Autistics*), mostrado na Figura 16 (c), consiste em um modelo PIONEER 3 DX de três rodas (duas rodas direcionadas e uma roda livre) (Figura 16-a), ao qual foi conferida uma imagem lúdica amigável. Ele foi equipado com um monitor e alto-falantes (Figura 16-b), utilizados para a emissão de imagens e sons, a fim de atrair a atenção da criança, e uma câmera de vídeo (Figura 16-b), que capta imagens do

rosto da mesma. Além disso, o robô possui um sensor *laser*, mostrado em azul na Figura 16 (a), para a localização automática da criança, e um computador de bordo para executar regras para a interação com a criança.

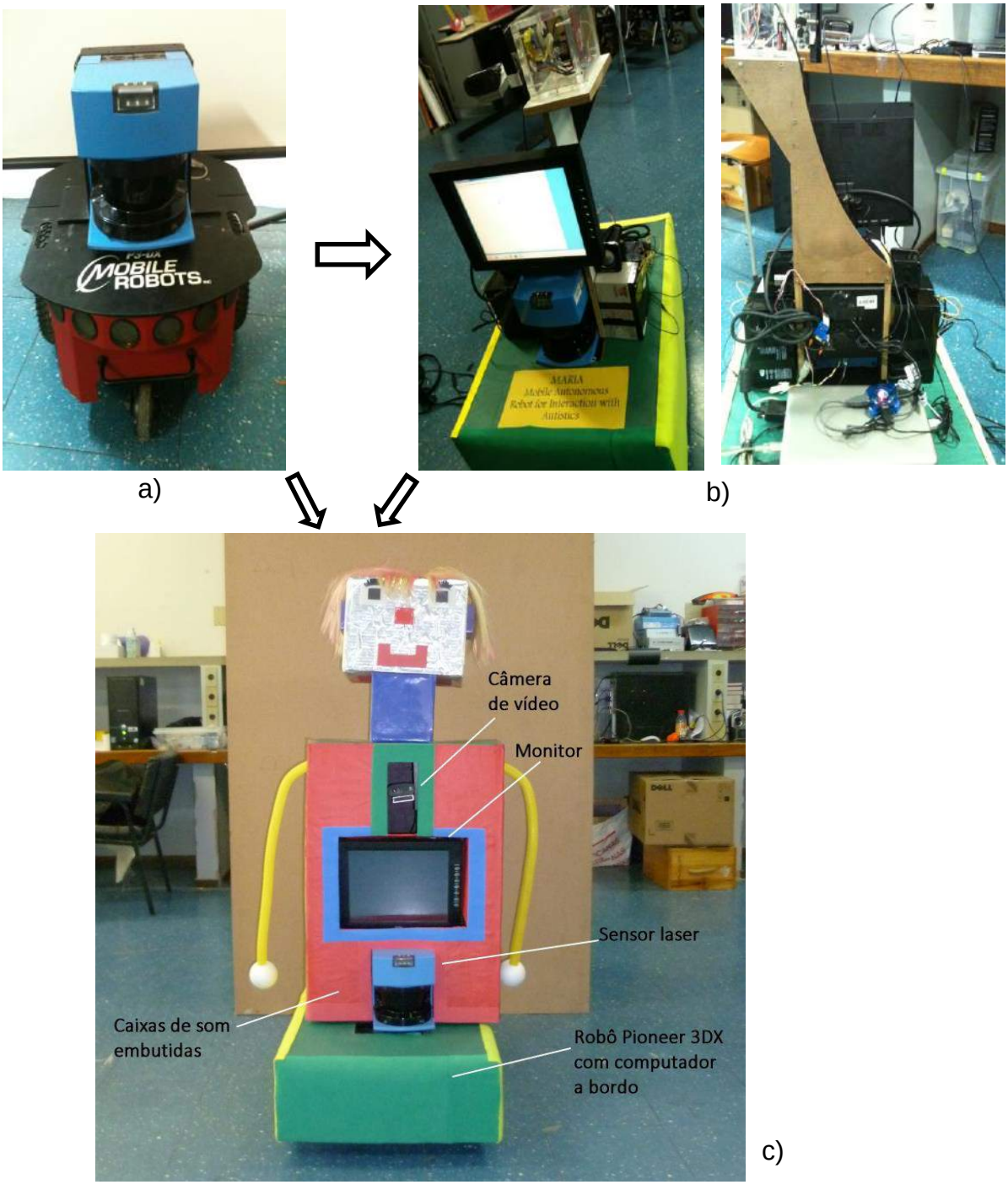


Figura 16. Equipamentos componentes do robô móvel. a) Robô móvel Pioneer 3 DX com o sensor *laser*; b) Robô pioneer 3 DX com *laser*, monitor, caixas de som e baterias (visão anterior à esquerda e visão posterior à direita); c) Robô móvel MARIA, devidamente caracterizado. Fonte: Dados da Pesquisa.

4.4.2 Confecção e Avaliação da Imagem Lúdica do Robô

A confecção da imagem do robô teve como base algumas informações relatadas em Robins et al. (2010b), como a ausência de muitas semelhanças com a forma humana, mantendo características de um robô móvel com a presença do sensor *laser*, monitor e a capacidade de realizar uma sequência de movimentos, e a presença de materiais passíveis de se tatear. Além do suporte da literatura, foram importantes o contato prévio estabelecido com a AMAES para a construção da caricatura, com dicas oferecidas pelas professoras e cuidadoras, e a observação do comportamento das crianças com TEA frente a brinquedos e outros estímulos apresentados nas terapias.

A fim de avaliar a imagem lúdica do robô, um questionário foi elaborado, e para respondê-lo, 42 crianças com TD (com faixa etária entre 7 e 11 anos) foram convidadas, sendo a maioria estudantes da EMEF-UFES. O questionário utilizado nessa avaliação (APÊNDICE H) consistiu em 6 perguntas:

1. Você teve medo do robô?
2. Você gostou da aparência do robô?
3. Você gostou das cores do robô?
4. Você achou o robô bonito?
5. Você achou o robô interessante?
6. Você gostaria de brincar com o robô?

Para que as crianças realizassem uma avaliação pessoal sobre a aparência do robô, foi sugerido e explicado um sistema de respostas, baseado na escala *Liking*, a qual consiste em símbolos feitos com o dedo polegar que, apontado para cima, indica “resposta positiva”; para baixo, “resposta negativa”; e para o lado, “mais ou menos” (KOELSTRA et al., 2012).

As perguntas do questionário também foram feitas a duas crianças com TEA, no entanto, elas pareciam não compreender as perguntas nem o sistema de resposta,

mesmo tendo o auxílio do pesquisador. Sendo assim, apenas os questionários respondidos pelas crianças com TD foram analisados.

4.4.3 Proposta da Interação

Efetivamente, quatro crianças, duas com TD e duas com TEA (faixa etária entre 7 e 8 anos) participaram do teste com o robô. A seleção das crianças foi baseada nos critérios de inclusão/exclusão descritos no item 4.2. Individualmente, a criança, acompanhada por um responsável legal, foi convidada a sentar-se, de uma maneira confortável, em um tapete de EVA disposto sobre o chão.

Anteriormente ao início do experimento, o dispositivo *Emotiv EPOC* foi colocado sobre a cabeça da criança para registrar seus sinais cerebrais durante o processo de interação com o robô, que no momento se encontrava coberto. A fim de avaliar a atividade mental da criança com TEA, com base em sinais de EEG, foram utilizados os ritmos cerebrais mais comumente envolvidos no estudo da atividade cerebral, que são os ritmos alfa e beta (NICOLAS-ALONSO e GOMES-GIL, 2012; TEPLAN, 2002).

O sensor *laser* presente no robô foi usado para detectar e localizar automaticamente a posição da criança. Assim, ele permitiu que o robô se movimentasse em direção à criança, até a uma distância mínima de segurança (cerca de 60 cm), em relação a ela, conforme a Figura 17 esquematiza.

A aquisição dos sinais de EEG e o controle da movimentação do robô foram realizados por computadores distintos, portanto não houve a possibilidade de sincronizar automaticamente as duas tarefas. Entretanto, a aquisição de sinais de EEG foi iniciada manualmente no momento em que o robô foi apresentado à criança.

Com o intuito de estimular a interação da criança com o robô, foi proposto um modo de movimentação do mesmo, denominado modo seguidor, que foi descrito em Garcia et al. (2013) e em Goulart et al. (2014). Neste caso, quando a criança se aproxima do robô, este se afasta, conservando a distância mínima de segurança; caso a criança se afaste do robô, ele se aproxima.

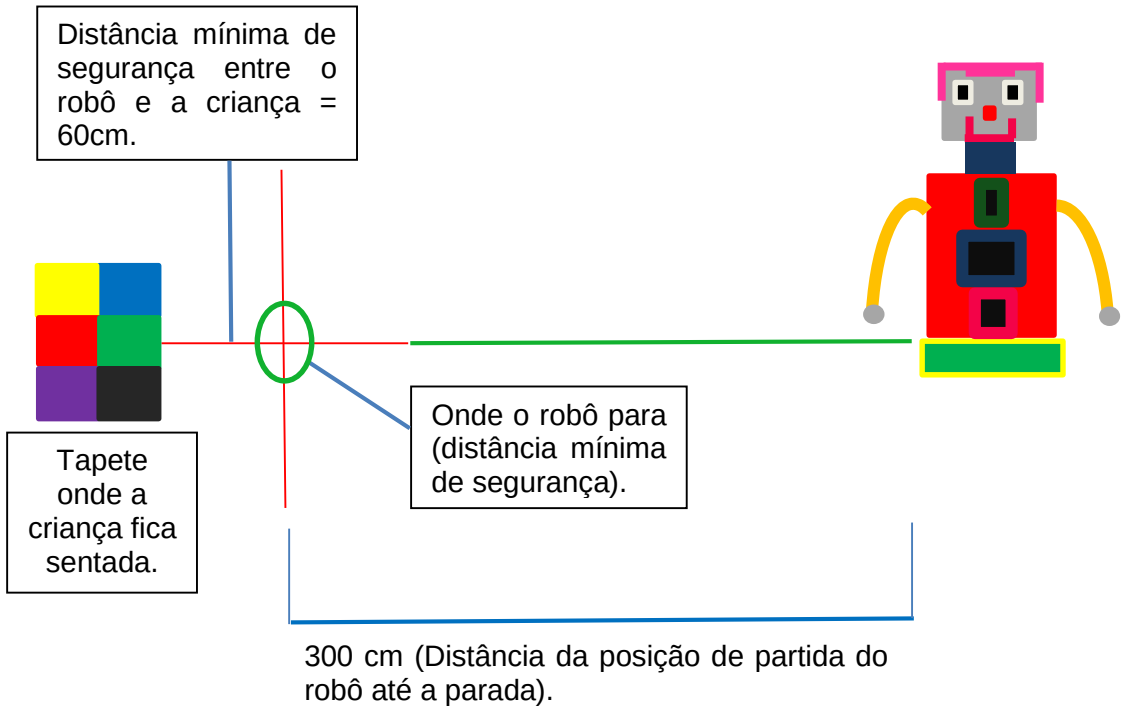


Figura 17. Esquema da proposta da interação entre criança e robô. Fonte: Dados da Pesquisa.

O experimento foi realizado da seguinte forma: Simultaneamente, os sistemas de aquisição de sinais e de controle do robô foram ligados (por dois operadores distintos), e, então, o vídeo musical infantil foi iniciado e o robô, descoberto. Em seguida, o robô deu início ao seu deslocamento em direção à posição da criança, a qual se encontrava sentada no tapete, conforme a Figura 18.

Durante um percurso de 300 cm, o robô seguiu vagarosamente em linha reta por 90 cm e realizou movimento circular em torno do próprio eixo, em seguida percorreu mais 120 cm linearmente e realizou outro movimento circular, voltando a percorrer mais 90 cm em linha reta, atingindo a marcação que indicava a distância mínima de segurança (60 cm), em relação ao local onde se encontrava a criança, como

indicado nas Figuras 17 e 18 (marcação em verde). Esse desempenho, definido a partir de orientações concedidas pela psicóloga do grupo do Laboratório e pelos terapeutas da AMAES, favoreceu um movimento socialmente aceitável por parte do robô, permitindo que a criança visualizasse o mesmo como um todo. Quando o robô atingiu a distância mínima de segurança (60 cm), ele parou, e outro videoclipe foi exibido. Ao fim deste, o monitor foi desligado automaticamente e a criança foi convidada a tocar e a brincar com o robô (comandos dados pela mediadora-pesquisadora), caso ela se interessasse. Assim, esperava-se que a criança se levantasse para interagir com o robô, tocando-o e verificando suas cores e formas. Depois de alguns instantes em que a criança se mantivesse próxima ao robô, como proposta de interação, ele começava a se afastar, da mesma forma que, quando a criança se afastava do robô, ele se aproximava dela, estimulando, dessa forma, a interação através de uma brincadeira.

Figura 18. Contato inicial da criança com TEA com o robô móvel. Fonte: Dados da Pesquisa.

Para avaliar, de forma quantitativa, a interação entre a criança com TEA e o robô móvel, bem como a usabilidade e eficiência do robô em estimular habilidades de interação social dessas crianças, foram utilizadas duas escalas internacionais de avaliação, denominadas: Escala de Alcance de Metas (do inglês *Goal Attainment Scaling - GAS*) e Escala de Usabilidade de Sistemas (do inglês *System Usability Scale - SUS*).

4.4.4 Métodos de Avaliação do Experimento com o Robô Móvel

Goal Attainment Scaling

A escala *GAS* foi utilizada aqui para avaliar o sucesso da interação entre a criança e o robô. Cada meta ou objetivo estipulado na interação recebeu uma pontuação de acordo com o sucesso em realizá-lo. Esta pontuação variou de -2 (tarefa realizada muito pior do que o esperado) a +2 (tarefa realizada muito melhor do que o esperado), com 0 indicando o nível esperado de desempenho (KIRESUK, SMITH e CARDILLO, 1994; KRASNY-PACINI et al., 2013). Assim, a Tabela 4 descreve a proposta dos níveis de realização de três objetivos gerais que foram avaliados no processo de interação entre a criança com TEA e o robô móvel.

Tabela 4. *GAS* para três objetivos. Fonte: Dados da Pesquisa.

(Continua)

		Objetivos		
Realizações previstas	Pontuação	Olhar para o robô	Tocar o robô	Interagir com o mediador
Resultado muito pior do que o esperado	-2	Olhar para o robô por menos que 30 segundos e apresentar	Não tocar o robô	Parecer não compreender os comandos do mediador e não

		Objetivos		
Realizações previstas	Pontuação	Olhar para o robô	Tocar o robô	Interagir com o mediador
		repulsão		os realizar
Resultado pior do que o esperado	-1	Olhar para o robô por menos que 30 segundos e não se interessar	Tocar o robô por menos que 5 segundos	Parecer compreender os comandos do mediador, mas não os realizar, mesmo sendo encorajado(a)
Resultado esperado	0	Olhar para o robô por mais que 30 segundos e manter contato visual com o monitor	Tocar o robô por mais que 5 segundos	Compreender os comandos e os realizar, encorajado(a) pelo mediador
Resultado melhor do que o esperado	+1	Olhar para o robô por mais que 30 segundos e prestar atenção no monitor	Tocar o robô por mais que 5 segundos e prestar atenção no monitor	Compreender os comandos do mediador e os realizar espontaneamente
Resultado muito melhor do que o esperado	+2	Olhar para o robô por mais que 30 segundos e ir em direção a ele espontaneamente	Tocar o robô por mais que 5 segundos e brincar com ele	Compreender os comandos e os realizar espontaneamente e juntamente com o mediador

O motivo da escolha desses objetivos é explicitado a seguir: “Olhar para o robô” foi determinado uma vez que a ausência de contato visual é um dos sinais característicos de pessoas com TEA, como mencionado no Capítulo 1. Para que a criança mantivesse contato visual, o robô foi desenvolvido com apetrechos e dispositivos audiovisuais que desencadeiam o entretenimento e a atenção da criança, aspectos importantes na interação criança-robô, como relatado por Salter, Werry e Michaud (2008). “Tocar o robô” torna-se importante a partir do ponto que esse objetivo pode ser considerado como uma forma de interação e comunicação (SALTER, WERRY e MICHAUD, 2008; ROBINS et al., 2010b). “Interagir com o mediador” permite analisar se o robô favorece a interação da criança com o mediador humano, quando este verbaliza os comandos e quando tenta interagir também com o robô ao lado da criança, uma vez que indivíduos com TEA apresentam dificuldade na interação social, bem como pouco ou nenhum engajamento em jogos interativos (como mencionado em 2.1.2). Em relação ao último objetivo, os comandos corresponderam ao convite feito à criança pela mediadora para tocar o robô e brincar com ele, visto que é relatada a importância do encorajamento da criança ao contato físico com robô, segundo Robins et al. (2010b).

Como foi dado o mesmo peso (igual a 1) aos objetivos gerais, foi utilizada a Equação 5 (KRASNY-PACINI et al., 2013), para calcular o sucesso da realização dos objetivos propostos:

$$T = 50 + Cx\ \Sigma x_i \qquad (5)$$

onde,
Cx é o coeficiente do número de objetivos gerais, que neste caso, para três objetivos gerais, corresponde a 4,56; e
x_i corresponde à pontuação do *GAS* obtida para cada objetivo.

T igual a 50 corresponde ao nível esperado de desempenho; T superior a 50 reflete um desempenho acima do nível esperado; e T inferior a 50 reflete um desempenho abaixo do esperado (KIRESUK, SMITH e CARDILLO, 1994).

System Usability Scale

A escala *SUS* foi utilizada aqui para medir e classificar a facilidade de uso (usabilidade) do robô móvel como ferramenta interativa para crianças com TEA. Ela consiste em dez itens que permitem avaliar o sistema robótico. Os itens pares foram redigidos negativamente, e os itens ímpares, positivamente. Os pais ou responsáveis legais avaliaram o uso do sistema robótico, utilizando uma escala de 5 pontos numerados de 1 ("discordo totalmente") a 5 ("concordo totalmente"), sendo o número 3 o centro da escala de classificação (em caso de ausência de resposta). Os itens foram adaptados para esta pesquisa e são citados a seguir (LEWIS e SAURO, 2009):

1. Eu acho que eu gostaria de usar esse sistema robótico frequentemente.
2. Eu achei o sistema robótico desnecessariamente complexo.
3. Eu achei o sistema robótico fácil de usar.
4. Eu acho que eu precisaria do suporte de um técnico para que eu seja capaz de usar esse sistema robótico.
5. Eu achei que as várias funções no sistema robótico estavam bem integradas.
6. Eu achei que houve muita inconsistência no sistema robótico.
7. Eu imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar o sistema robótico muito rapidamente.
8. Eu achei o sistema robótico muito complicado de usar.
9. Eu me senti muito confiante ao usar o sistema robótico.
10. Eu preciso aprender muitas coisas antes de manusear o sistema robótico.

Após a pontuação dada pelos pais aos dez itens, uma contribuição foi atribuída para tais pontuações, com valores variando de 0 a 4 (sendo 4 o maior valor atribuído). Entende-se essa contribuição da seguinte forma: para os itens ímpares (redigidos de forma positiva), subtrai-se 1 da pontuação dada pelo usuário, e para os itens pares (redigidos negativamente) subtrai-se de 5 o valor da pontuação dada pelo usuário. Em seguida, os valores resultantes são somados e multiplicados por 2,5 para obter o valor total, o qual varia de 0 a 100. Normalmente, na escala *SUS*, valores acima de

68 são considerados acima da média, enquanto que valores abaixo de 68 estão abaixo da média (BROOKE, 2013).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico, serão apresentados os resultados obtidos dos experimentos referentes à identificação dos estados emocionais frente a estímulos visuais, através da análise dos estímulos utilizados para evocar emoções e da identificação dos estados emocionais de crianças com TEA e com TD pela técnica de EEG; e ao processo de interação criança-robô, abrangendo a avaliação da imagem lúdica do robô pelas crianças com TD, da atividade cerebral da criança em contato com o robô e da interação, com o uso das escalas internacionais quantitativas, *GAS* e *SUS*.

5.1 Identificação dos Estados Emocionais Frente aos Estímulos Visuais

5.1.1 Avaliação dos Estímulos Escolhidos para Evocar Emoções

15 fotografias foram previamente selecionadas de um banco de dados internacional validado (*IAPS*). A classificação das fotos desse banco de dados consistiu na autoavaliação por crianças de 7 a 12 anos, habitantes da cidade de Flórida nos Estados Unidos, através do *SAM*, que utiliza os critérios afetivos: valência, ativação e dominância, por meio de uma escala que varia de 1 a 9, sendo considerado neutro o número 5 (LANG, BRADLEY e CUTHBERT, 2008). Tal método de autoavaliação (*SAM*) foi também utilizado pelas crianças desta pesquisa para avaliarem as fotos selecionadas a partir do banco de dados *IAPS*. Portanto, serão apresentados e discutidos resultados referentes à análise dos estímulos visuais (fotografias) sob o ponto de vista emocional de 26 crianças com TD, com idade entre 7 e 11 anos.

A Tabela 5 demonstra os critérios de seleção das fotos, baseados nos valores do *IAPS*, e a organização das mesmas nas classes específicas.

Tabela 5. Critérios para a determinação das classes de imagens. Fonte: Dados da Pesquisa.

Classes	Valência	Ativação	Dominância
Positivo-Ativo	>7.0	>5.0	>5,0
Negativo-Ativo	<5.0	>5.0	≤5.0
Passivo-Neutro	4.0 –7.0	≤5.0	>4.0

Após a seleção e classificação dos estímulos em 3 classes, eles foram exibidos às crianças do grupo de estudo. Através de *SAM*, tais crianças avaliaram cada foto, conferindo uma pontuação para valência, ativação e dominância.

A Tabela 6 contém os valores médios das autoavaliações realizadas pelas crianças deste estudo (avaliação *SAM*). Percebe-se que tais valores de *SAM*, de um modo geral, enquadram-se nos critérios de classificação (conforme a Tabela 5), comparadas aos valores do *IAPS*. No entanto, algumas fotografias encontram-se fora de tais critérios. Particularmente, a fotografia 2130, pela classificação do *IAPS* pertence à classe Passivo-Neutro, e pela avaliação *SAM* (de acordo com as crianças deste estudo), enquadra-se na classe Negativo-Ativo.

Tabela 6. Médias das avaliações das fotos *IAPS* versus *SAM*. Fonte: Dados da Pesquisa.

(Continua)

VALÊNCIA			ATIVAÇÃO			DOMINÂNCIA		
Classe Positivo-Ativo								
Fotos	IAPS	SAM	Fotos	IAPS	SAM	Fotos	IAPS	SAM
1710	8,85	8,69	1710	5,83	5,46	1710	7,65	8,58
1920	8,75	8,62	1920	6,55	6,12	1920	7,24	8,58
7250	7,99	8,46	7250	5,50	*4,96	7250	7,11	8,46
7390	8,15	8,62	7390	5,56	5,50	7390	7,25	8,54
8620	7,60	8,08	8620	6,03	5,65	8620	6,11	8,31

VALÊNCIA			ATIVAÇÃO			DOMINÂNCIA		
Classe Negativo-Positivo								
Fotos	IAPS	SAM	Fotos	IAPS	SAM	Fotos	IAPS	SAM
1120	4,39	2,92	1120	6,97	6,88	1120	3,68	2,92
1300	4,11	2,46	1300	7,33	7,00	1300	3,56	2,15
6370	3,93	2,81	6370	6,21	6,62	6370	3,78	2,58
7380	3,71	2,96	7380	5,45	6,50	7380	5,00	2,96
9421	3,40	2,46	9421	5,44	5,35	9421	3,05	3,46
Classe Passivo-Neutro								
Fotos	IAPS	SAM	Fotos	IAPS	SAM	Fotos	IAPS	SAM
2130	4,25	*3,38	2130	4,56	*5,04	2130	4,86	*3,42
2320	6,19	*7,04	2320	2,52	3,38	2320	6,07	8,27
2810	4,51	4,19	2810	4,38	*5,69	2810	5,92	5,27
5020	6,41	*7,04	5020	2,71	4,69	5020	6,55	7,92
7090	5,82	6,31	7090	2,35	3,46	7090	6,74	7,50

* Valores que não se encontram dentro dos critérios de classificação do *IAPS*.

Como explicado anteriormente, o banco de dados do *IAPS* consiste em um conjunto de fotografias avaliadas do ponto de vista emocional, utilizando os parâmetros valência, ativação e dominância, por crianças habitantes da cidade de Flórida nos Estados Unidos, ou seja, inseridas em outro contexto social. Além disso, o ambiente e o contexto familiar, bem como a idade e o sexo, contribuem para a variação do estado emocional (LEWIS, 2008), o que pode explicar a diferença da classificação *SAM*, oriunda da pontuação dada pelas crianças do grupo deste estudo, em relação à classificação do *IAPS*.

Diante disso, destaca-se a importância de uma prévia validação dos estímulos emocionais pelo grupo de estudo, uma vez que as emoções são subjetivas e dificilmente generalizadas (CHANEL, 2009). Portanto, o sentimento induzido de um participante pela imagem pode ser muito diferente da resposta esperada, como

neste caso, em que houve classificação de emoções diferente daquela apresentada pelo banco de dados internacional validado.

5.1.1.1 Análise Estatística para a Avaliação das Imagens

O teste de Wilcoxon consiste em um teste de hipótese não paramétrico utilizado para amostras pareadas (FONTELLES, 2012). Ele foi realizado no programa Matlab 8.01 (R2013a), para verificar se os valores de *SAM* não apresentaram diferenças estatisticamente significativas em relação aos valores do *IAPS* (nível de significância (α)=0,05 e *p-value* > 0,05 (VALLEJO, 2008)).

A fim de verificar a significância dessas diferenças, foi realizado o teste de tamanho do efeito (*d*), o qual permite quantificar a diferença entre dois valores e avaliar sua magnitude (VALLEJO, 2008). Neste contexto, para determinar o quão pequena ou grande foi a diferença entre os valores de *SAM* e *IAPS*, utilizaram-se os seguintes critérios (VALLEJO, 2008):
d = 0,20 (diferença pequena);
d = 0,50 (diferença moderada);
d = 0,80 (diferença grande).

A Tabela 7 apresenta os valores de *p-value* e *d*, referentes à classificação oriunda da autoavaliação das crianças deste estudo (*SAM*), comparada à classificação do *IAPS*. Para faciliar a análise da tabela, foram considerados e avaliados somente os parâmetros componentes da escala bidimensional mencionada neste trabalho: valência e ativação. Através desta tabela, para o parâmetro valência, verificam-se muitos valores que apresentam diferenças estatisticamente significativas (*p-value* < 0,05). Já a maioria dos valores de ativação apresentam diferenças não significativas (*p-value* > 0,05).

Tabela 7. Valores de *p-value* e *d* para a classificação *SAM* de cada foto. Fonte: Dados da Pesquisa.

Fotos	Valência		Ativação	
	p-value	***d***	*p-value*	***d***
1120	0,014	**+0,82**	*0,371	**º0,04**
1300	0,000	**+1,39**	*0,928	**º0,17**
1710	0,033	**º0,24**	*0,564	**º0,15**
1920	0,033	**º0,15**	*0,908	**º0,18**
2130	0,021	**0,61**	*0,407	**º0,22**
2320	0,023	**0,62**	*0,389	**º0,45**
2810	*0,197	**º0,20**	0,011	**0,72**
5020	0,044	**º0,38**	0,004	**+0,92**
6370	0,018	**0,72**	*0,847	**0,19**
7090	*0,233	**º0,33**	*0,065	**0,58**
7250	0,002	**0,61**	*0,129	**º0,21**
7380	*0,075	**0,57**	0,022	**0,59**
7390	0,033	**0,68**	*0,636	**º0,03**
8620	0,032	**0,53**	*0,513	**º0,15**
9421	0,007	**+0,88**	*0,949	**º0,05**

* *P-value* > 0,05 (diferenças estatisticamente não significativas).
\+ Valores considerados grandes (*d* ≥ 0,80).
º Valores considerados pequenos (*d* ≤ 0,20) e pequenos a moderados (0,20 < *d* < 0,50).

Considerando a análise dos parâmetros valência e ativação juntos para cada foto, verifica-se que a foto 7090 é a única que apresenta valores com diferenças estatisticamente não significativas, indicando que sua avaliação pelas crianças do grupo de estudo (*SAM*) correspondeu à classificação pelas crianças do *IAPS*. Por outro lado, as fotos 1710 e 1920 apresentam valores significativamente diferentes (*p-value* < 0,05) para a valência em relação aos valores de *IAPS*, porém pela análise de *d*, observa-se que a magnitude dessa diferença é considerada pequena. Dessa forma, infere-se que um número maior de avaliações dessas fotos poderia contribuir para que os seus valores de valência apresentem, estatisticamente, diferenças não significativas (*p-value* > 0,05) em relação aos valores do *IAPS*.

É relevante ressaltar que é notória a importância da existência de um banco de dados validado de estímulos para o estudo de emoções. No entanto, embora sejam validados, tais estímulos devem ser testados e avaliados, inclusive estatisticamente, pelo grupo de estudo na fase inicial do trabalho, para que sejam evitados vieses, os quais podem ser gerados pela subjetividade das emoções, idade, sexo, ambiente e contexto sociais e familiares de um indivíduo. Assim, as emoções podem ser diferentes do que é esperado, como ocorreu com a maioria das fotos testadas neste trabalho (valores de *SAM* diferentes dos valores de *IAPS*).

Pelo programa *Minitab Statistical Software* (*Minitab 17*), foram realizados os gráficos *Boxplot* de cada parâmetro de avaliação de emoções (valência, ativação e dominância), como observado pelos Gráficos 1, 2 e 3. O objetivo do *boxplot* é mostrar a variabilidade dos dados estudados. No presente trabalho, foram analisadas as pontuações das avaliações das 15 fotos, pelo método *SAM*, do ponto de vista das crianças com TD. Os resultados das avaliações posicionam as emoções em relação à valência, ativação e dominância das fotografias em uma escala de 1 a 9.

Para a valência, as fotografias despertaram nas crianças o sentimento compreendido entre o valor negativo (1) até o positivo (9). Através do Gráfico 1, verifica-se que as figuras 1710, 1920, 7250 e 7390, pertencentes à classe Positivo-Ativo, destacam-se por terem baixa variabilidade. Além disso, elas foram classificadas com uma pontuação próxima ao máximo permitido.

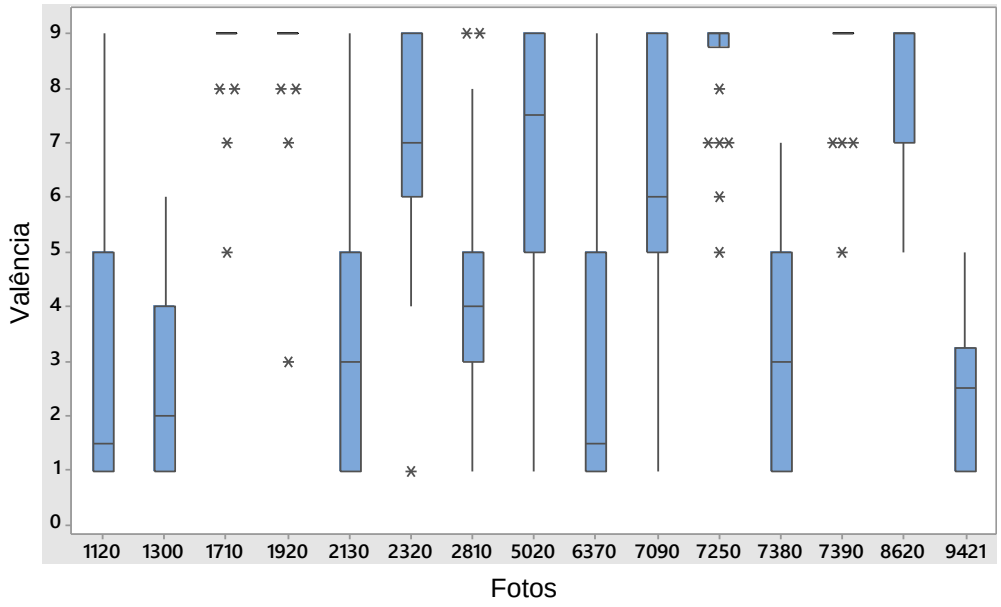


Gráfico 1. *Boxplot* para valência. Fonte: Dados da Pesquisa.

Em relação aos valores de ativação no Gráfico 2, não é identificada uma tendência clara em relação à escala que varia de passivo (1) a ativo (9), visto a grande variabilidade dos resultados. A exceção é encontrada para as figuras 1120, 1300, 7380 (pertencentes à classe Negativo-Ativo) e 2810 (pertencente à classe Passivo-Neutro), que se destacam por despertarem sentimentos mais próximos à classificação da região de “ativo” (maior que 5).

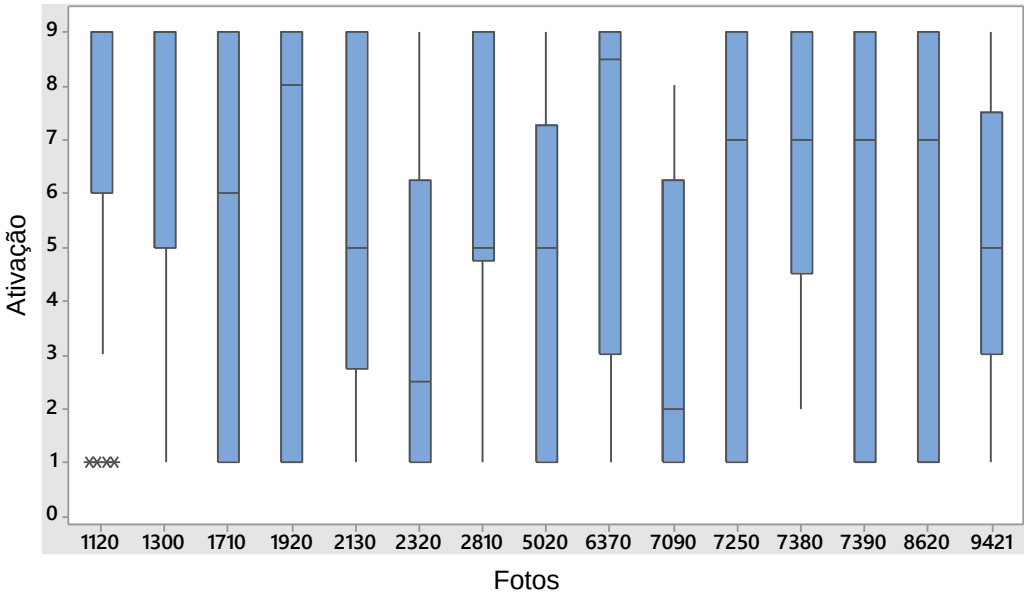


Gráfico 2. *Boxplot* para ativação. Fonte: Dados da Pesquisa.

Para a dominância, como verificado pelo Gráfico 3, a classificação destacou-se pela baixa variabilidade, de um modo geral.

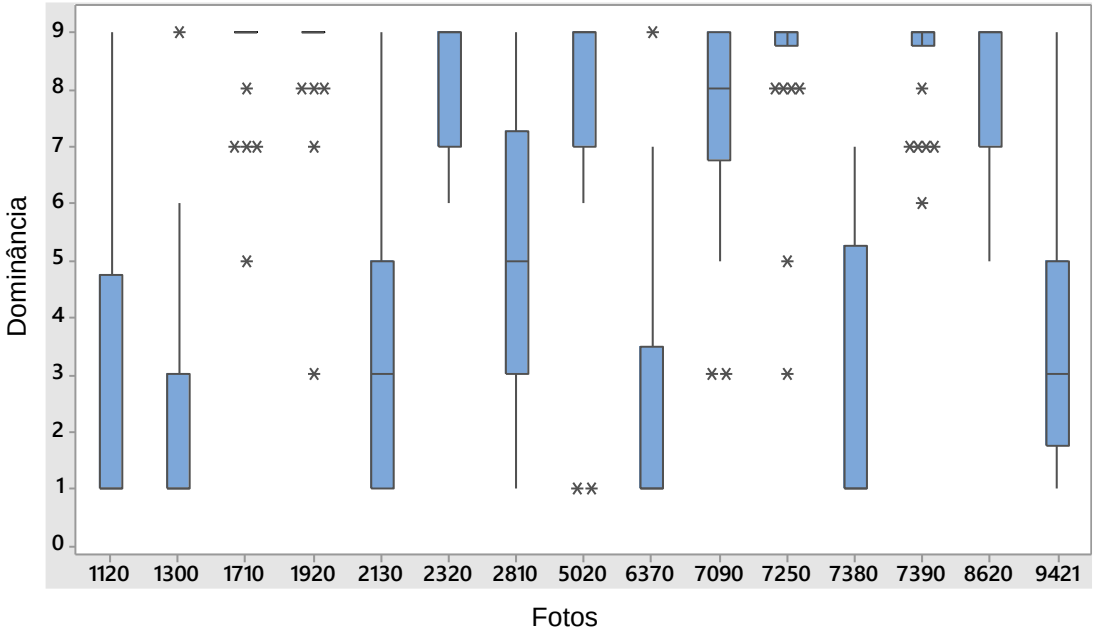


Gráfico 3. *Boxplot* para dominância. Fonte: Dados da Pesquisa.

5.1.2 Identificação de Emoções utilizando a Técnica de EEG

Do grupo de 26 crianças com TD que avaliaram as fotos segundo as emoções que sentiram, 13 crianças foram selecionadas, como grupo controle, com base nos critérios de inclusão para a aquisição dos sinais cerebrais.

Anteriormente à análise dos sinais cerebrais, uma prévia validação dos estímulos foi feita para verificar a diferença das respostas emocionais entre *SAM* e *IAPS*, e determinar as etiquetas (referentes aos valores oriundos de *SAM* ou *IAPS*), que serão usadas pelo sistema de identificação de emoções para classificar os sinais cerebrais.

O modelo de emoções no espaço valência/ativação é utilizado neste estudo, pois essa representação aproxima-se dos sentimentos reais, possibilitando extrair etiquetas de emoção a partir de uma representação contínua (CHANEL et al., 2006). O Gráfico 4 evidencia os valores médios das classificações presentes no banco de dados *IAPS* para cada imagem, distribuídos espacialmente na escala de valência / ativação. Em comparação, encontra-se a distribuição dos valores médios da autoavaliação *SAM* feita pelas 13 crianças selecionadas.

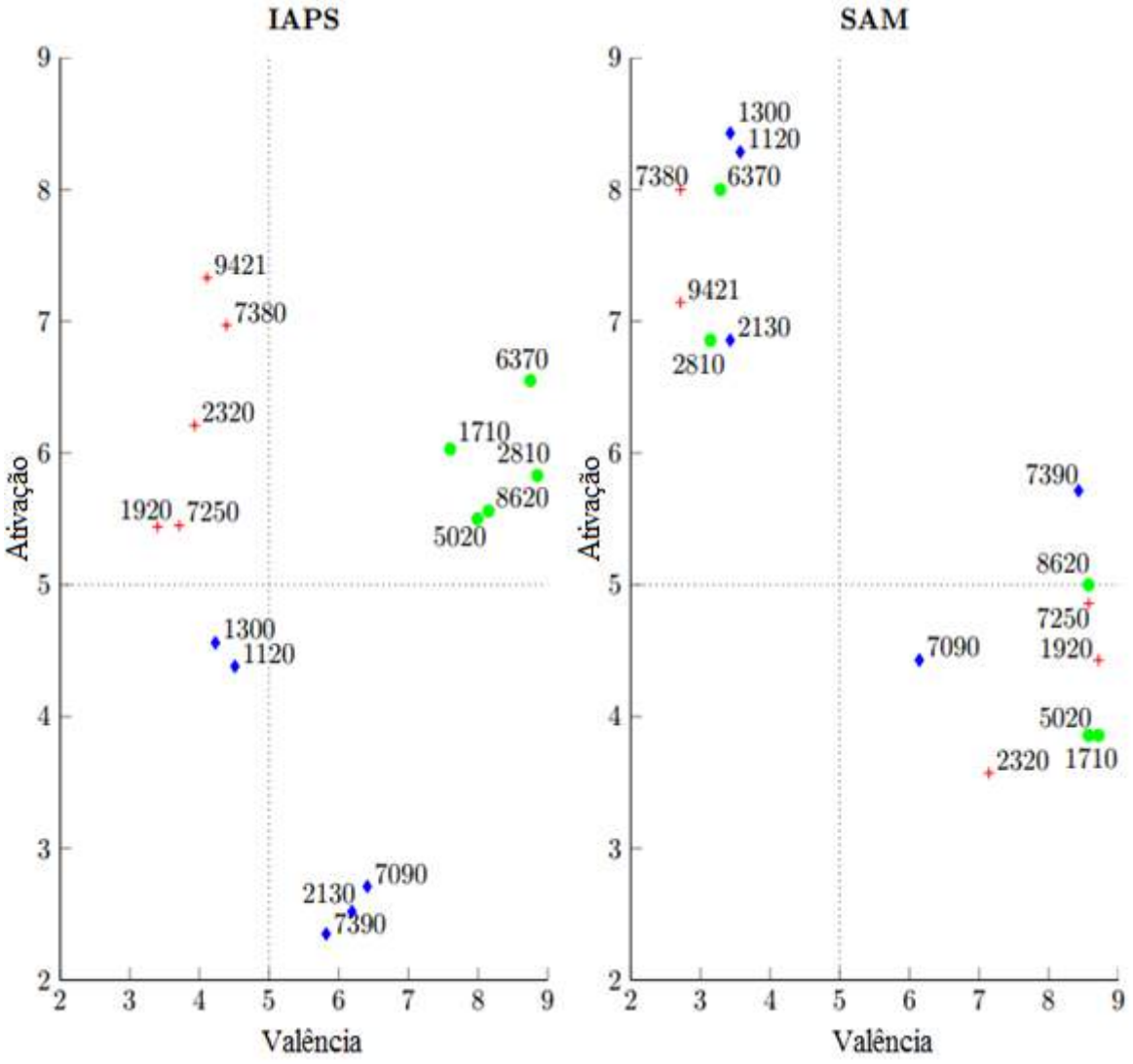


Gráfico 4. Validação das imagens *IAPS* versus *SAM*. Fonte: Dados da Pesquisa.

A disposição das fotos no gráfico *IAPS* (Gráfico 4, à esquerda) faz menção à classificação no modelo bidimensional de emoção (Figura 11), proposto em 4.3.3,

sendo que os números assinalados com bolinnhas verdes referem-se às fotos pertencentes à classe Positivo-Ativo; aqueles com cruzes vermelhas, à classe Negativo-Ativo; e com losangos azuis, à classe Passivo-Neutro.

Através do gráfico *SAM* (Gráfico 4, à direita), percebem-se as disposições das fotografias evidentemente invertidas entre si, em relação às disposições das mesmas no gráfico *IAPS*. Essa inversão pode ser observada para a maioria das imagens da classe Positivo-Ativo (bolinhas verdes), que são encontradas nos espaços das classes Negativo-Ativo e Passivo-Neutro, sendo que o mesmo acontece com os itens das demais classes, isto é, são encontrados em outras posições diferentemente das imagens em *IAPS*. Isso reflete a diferença entre as respostas emocionais evocadas nas crianças do grupo de estudo pelos mesmos estímulos utilizados pelo *IAPS*. Segundo o Gráfico 4, das 15 fotografias, as únicas que corresponderam às classificações do *IAPS* foram 7090, 7380 e 9421.

Diante disso, conclui-se que os valores de *SAM* devem ser utilizados como etiquetas para o treinamento de classificação do sistema, pois correspondem à real emoção relatada pelas crianças do grupo de estudo. Segundo Chanel et al. (2006), sinais fisiológicos se correlacionam melhor com a autoavaliação de emoção do que com os valores do *IAPS*. A autoavaliação (*SAM*) aplicada neste trabalho é um meio pelo qual o indivíduo pode avaliar a própria resposta emocional frente a um estímulo, através da utilização de escalas de avaliação reconhecidas. Isso é vantajoso quando utilizado para o reconhecimento de emoções por EEG, uma vez que o classificador é treinado com base nos dados rotulados pela própria emoção relatada pelas crianças por meio do *SAM*.

Dos sinais cerebrais coletados das 13 crianças, foram aproveitados os sinais de 8 crianças apenas, em virtude da influência de excessos de artefatos, presentes durante o processo de aquisição dos sinais, interferindo na qualidade dos mesmos. Diante do exposto, serão apresentados resultados preliminares, referentes à precisão das classificações dos estados emocionais para as três classes propostas neste trabalho.

O Gráfico 5 mostra os valores médios da acurácia, com base em conjuntos de características selecionadas e para todos os conjuntos de eletrodos, indicados no eixo x com abreviações, isto é, foram analisadas nove configurações de eletrodos, os quais referem-se às regiões de acordo com as suas disposições sobre a cabeça, e são expressados pelas letras A (*All*); R (*Right*), L (*Left*), F (*Frontal*); O (*Occiptal*) e P (*Parietal*). Os sinais foram visualmente inspecionados antes do processamento de sinais, a fim de reduzir a quantidade de potenciais de erro durante o processamento e a classificação do sinal.

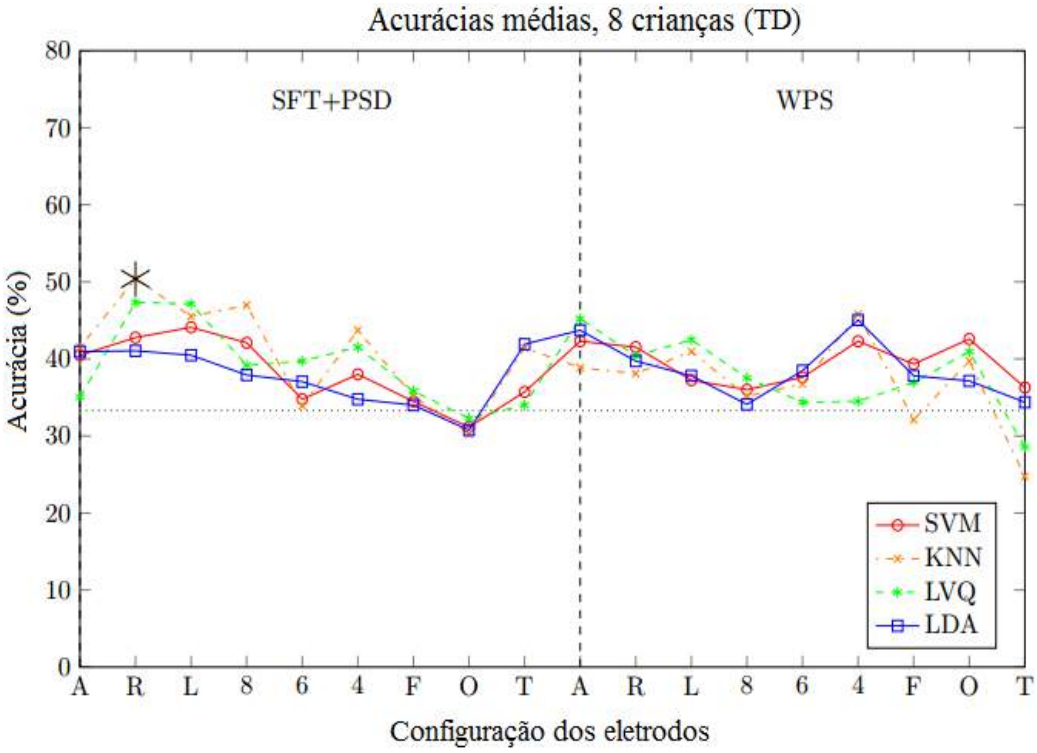


Gráfico 5. Resultado dos valores médios da acurácia em todas as configurações de eletrodos para crianças com TD. Fonte: Dados da Pesquisa.

As informações abaixo da linha horizontal tracejada (33,3%) representam uma classificação nula, ou seja, um evento de classificação ao acaso. Como pode-se observar no Gráfico 5, o maior resultado visualizado é destacado pelo par *PSD + SFT / K-NN* para a configuração dos eletrodos do hemisfério direito (*R*), com taxa de acurácia de 50,38% para as três classes de emoções e k = 0,17, indicando uma baixa concordância entre as etiquetas (valores do *SAM*) e os valores originados dos

sinais cerebrais dos indivíduos, uma vez que a média de desempenho requerida foi baseada em uma taxa de acurácia ≥ 74% com um coeficiente de *kappa: k* ≥ 0,61.
A maior contribuição oriunda dos eletrodos sobre o hemisfério direito pode estar relacionada a um conteúdo emocional relevante para estímulos negativos. Isso pode ser suportado por achados na literatura que relatam uma hipótese referente à superioridade do envolvimento do hemisfério direito, em relação ao esquerdo, em processamento de emoções, especialmente de emoções negativas, e a teoria de assimetria de valência que aborda a dominância do hemisfério direito para as emoções negativas e a maior ativação do hemisfério esquerdo para as emoções positivas (SCHIFFER et al., 2007; HORLINGS et al., 2008; HARMON-JONES, 2004; CACIOPPO, 2004).

O mesmo procedimento experimental foi aplicado para crianças com TEA. No entanto, percebeu-se a falta de compreensão das explicações do experimento, inclusive sobre à autoavaliação *SAM*, sendo assim, tais crianças assinalaram as caricaturas segundo seus próprios critérios.

O Gráfico 6, para o grupo de crianças com TEA, demonstra o resultado dos valores médios de acurácia para as nove configurações dos eletrodos. Estes valores foram oriundos de características extraídas pelo *WPS* com o classificador *LDA*.

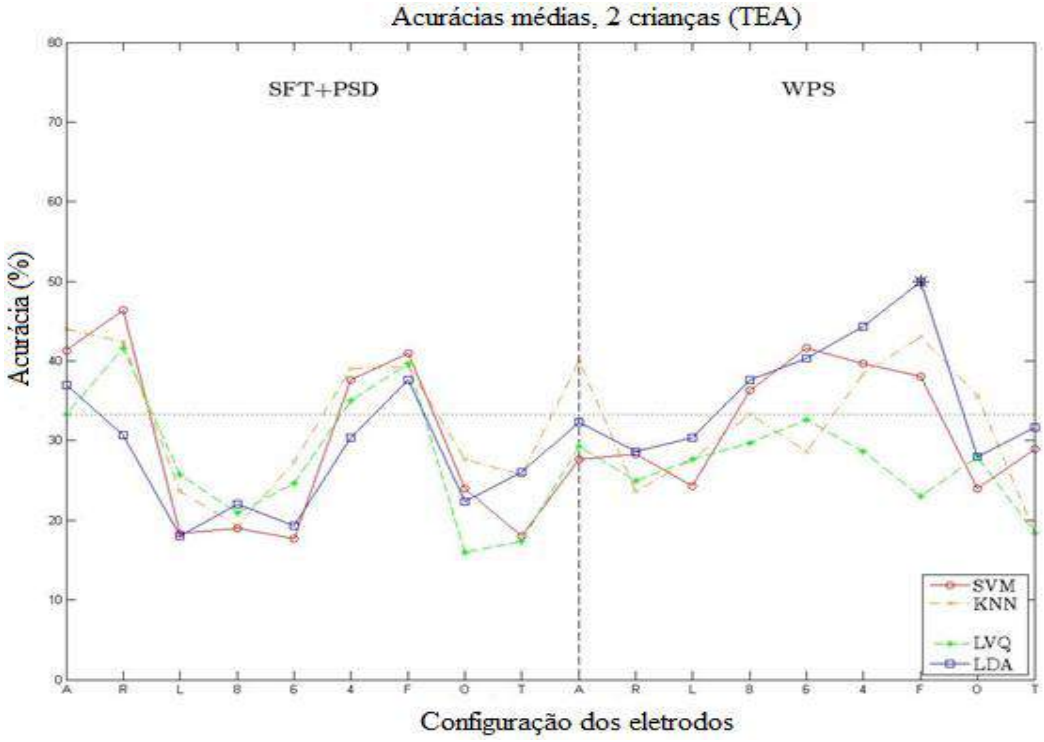


Gráfico 6. Resultado dos valores médios da acurácia em todas as configurações de eletrodos para crianças com TEA. Fonte: Dados da Pesquisa.

Verificou-se a contribuição pelo par de eletrodos frontais (F3/F4), com uma maior precisão de classificação de aproximadamente 50% para as três classes emocionais e *k* = 0,23. Isto sugere que, para os sinais cerebrais testados das crianças com TEA, a região do córtex frontal conteve informações mais discriminativas para classificar os sinais cerebrais processados para três classes emocionais, comparado a outras regiões. O lobo frontal possui funções relacionadas à personalidade, motivação, cognição e comportamento social e emocional (KOEPPEN e STANTON, 2009; COURCHESNE e PIERCE, 2005; ROLLS, 2000; DAVIDSON, 2004) e encontra-se afetado em indivíduos com TEA (COURCHESNE e PIERCE, 2005). Assim, mais testes devem ser realizados para uma efetiva investigação com relação ao efeito dos estímulos visuais sobre o comportamento cognitivo e emocional na região frontal em crianças com TEA.

Fazendo uma analogia simplória com os mesmos parâmetros do grupo controle para a maior acurácia de classificação (extração de características pela combinação de

SFT+PSD, com o classificador *K-NN*, na configuração do conjunto de eletrodos do hemisfério direito), a acurácia média foi inferior para o grupo de crianças com TEA, com valor de aproximadamente 42% e k = 0,16, em relação aos valores de 50,38% e k = 0,17, para o grupo controle. Embora os valores de ambos os grupos para os mesmos parâmetros sejam próximos, pode-se inferir que a metodologia proposta para o reconhecimento de emoções permitiu a distinção entre esses valores e a classificação dos sinais cerebrais para as três classes de emoções. No entanto, é necessário que melhorias sejam implantadas na metodologia, como a seleção de novos estímulos que evoquem emoções de maneira mais intensa, métodos de extração de características e classificadores que possibilitem maiores taxas de acurácia e *kappa*, além de propor outros métodos de autoavaliação de emoções, sendo de fácil compreensão e utilização para crianças com TEA.

Apesar da existência de numerosos classificadores e métodos de extração de características, bem como possibilidades de combinações, verifica-se na literatura uma grande dificuldade na identificação e reconhecimento de emoções, com a obtenção de baixas acurácias para a classificação dos estados emocionais, como descrito a seguir. Em Horlings et al. (2008), 10 voluntários (8 homens e 2 mulheres), com faixa etária entre 19 e 29 anos de idade, participaram do experimento. Para evocar emoção, foram usados os estímulos visuais do banco de dados *IAPS* e para autoavaliação, o *SAM*. Ao considerar as autoavaliações distribuídas nas classes: positivo, neutro e negativo, foram obtidas taxas de classificação de 37% para a valência e 49% para a ativação. Em Schaaff e Schultz (2009), 5 homens, com faixa etária entre 23 e 31 anos de idade, participaram do experimento. Para evocar emoção, foram usados os estímulos visuais do banco de dados *IAPS*, considerando três categorias de valência (alta, média e baixa). Através do classificador *SVM* (*Support Vector Machine*), foi alcançada uma taxa média de reconhecimento de 47,11%. Em Takahashi (2004), 12 homens japoneses, com faixa etária entre 21 e 25 anos de idade, participaram do experimento. Estímulos audiovisuais foram utilizados para evocar cinco emoções (alegria, raiva, tristeza, medo e calma). Utilizando o classificador *SVM*, foi obtida uma taxa de reconhecimento de 41,7% para as cinco emoções e de 66,7% para três emoções (alegria, raiva e calma); já com o

classificador *ANN* (*Artificial Neural Network*), foi obtida uma taxa de reconhecimento de 31,7% para as cinco emoções e de 63,9% para três emoções.

Para explicar baixos valores de acurácia obtidos neste estudo, são citadas possíveis razões, tais como, quantidade insuficiente de imagens testadas para um eficiente treinamento e teste do sistema; pequeno número de voluntários dos grupos de estudo, o que pode altamente influenciar o cálculo das médias, favorecendo a obtenção de valores atípicos ou dados tendenciosos. Além disso, movimentos musculares (piscar de olhos, apertar os dentes, movimentos de ombros e pernas, entre outros), presença de variáveis ambientais, como a possível presença de barulhos externos, assim como a própria interferência da rede elétrica ou ruídos de fundo gerados tanto no interior do cérebro ou externamente sobre o couro cabeludo, contribuem para o surgimento de artefatos, que diminuem a qualidade do sinal (USAKLI, 2010; NICOLAS-ALONSO e GOMEZ-GIL, 2012; TEPLAN, 2002).

5.2 Análise do Processo de Interação Criança-Robô

5.2.1 Avaliação da Imagem do Robô Móvel pelas Crianças com Típico Desenvolvimento (TD)

42 crianças com TD avaliaram a imagem do robô móvel e tal avaliação pode ser observada através da Tabela 8, a qual demonstra que, de uma forma geral, as crianças aprovaram a imagem lúdica do robô, uma vez que as porcentagens de respostas positivas foram maiores que 85% para as perguntas de 2 a 6 (para as quais a resposta positiva foi esperada). Para a pergunta número 1 (para qual se esperou resposta negativa), foi apresentada porcentagem de resposta negativa igual a 95%, indicando que a aparência do robô foi agradável à maior parte das crianças.

Tabela 8. Número de respostas obtidas na avaliação da imagem do robô móvel. Fonte: Dados da Pesquisa.

	Número de respostas obtidas			
Questionário / Resposta	Negativo	Positivo	Médio	Porcentagem
1) Você teve medo do robô?	40	0	2	95% negativo
2) Você gostou da aparência do robô?	0	42	0	100% positivo
3) Você gostou das cores do robô?	0	37	5	88% positivo
4) Você achou o robô bonito?	1	37	4	88% positivo
5) Você achou o robô interessante?	1	40	1	95% positivo
6) Você gostaria de brincar com o robô?	1	38	3	90% positivo

5.2.2 Avaliação da Atividade Cerebral durante a Visualização do Robô

Diante das variadas aplicações da técnica de eletroencefalografia, foi proposto e realizado um experimento com o objetivo de identificar e avaliar a atividade cerebral de crianças com TEA, no momento da interação com o robô móvel. Tal teste foi realizado com quatro crianças, duas com TD e duas com TEA, com idades entre 7 e 8 anos. Devido à realização de numerosos movimentos corporais da maioria das crianças, foi possível a análise da atividade cerebral de apenas uma criança do espectro autista de 7 anos nos ritmos alfa e beta (Figura 19). Foram processados os sinais cerebrais referentes às primeiras 1024 amostras obtidas pelo equipamento *Emotiv EPOC*, sendo que a Figura 19 apresenta uma fotografia representativa da sequência dos resultados obtidos. As amostras analisadas correspondem ao período em que a criança observava o robô, sentada e sem muitos movimentos, enquanto ele se movia vagarosamente em direção a ela para iniciar uma possível interação.

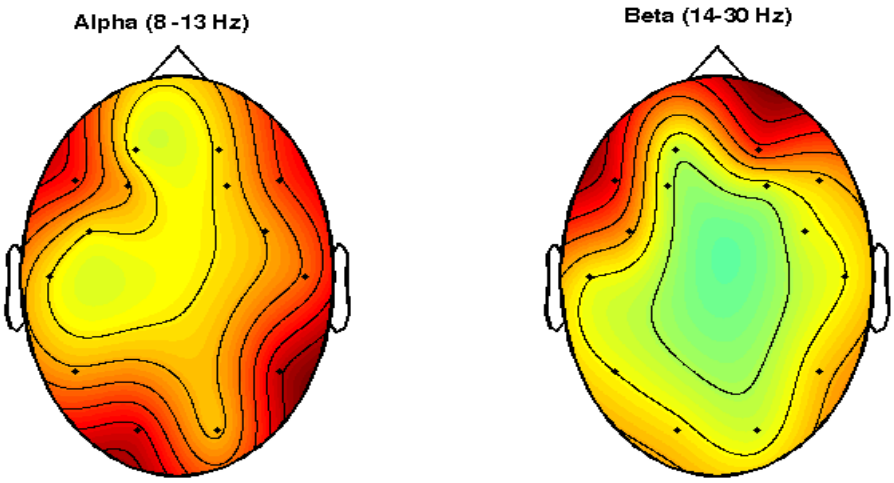


Figura 19. Ativação cerebral caracterizada pelos ritmos alfa e beta de uma criança com TEA no início da interação com o robô móvel. Fonte: Dados da Pesquisa.

Na Figura 19, as regiões coloridas de forma mais intensa representam as regiões mais ativadas. Os ritmos alfa, presentes em estado de relaxamento mental, são encontrados, de forma mais evidente, sobre a região ocipital do cérebro, refletindo principalmente, o processamento visual (NICOLAS-ALONSO e GOMEZ-GIL, 2012). Isso explica a maior ativação evidenciada nessa área cerebral durante o experimento, como mostrado na figura. Já os ritmos beta são fortemente registrados nas regiões central e frontal (NICOLAS-ALONSO e GOMEZ-GIL, 2012). A Figura 19, pela presença dos ritmos beta, revela a ativação da região frontal desencadeada pelo robô móvel. Tal região, além de estar relacionada com o processamento de emoções, está envolvida no controle da atenção, comportamento social e linguagem, funções comprometidas no TEA (COURCHESNE e PIERCE, 2005). Diante disso, é interessante a realização de mais estudos que comprovem a função terapêutica do robô móvel como uma ferramenta que estimula atividades comandadas pela região frontal e comprometidas no transtorno autista.

Através deste experimento, foi observada a grande dificuldade na obtenção de sinais cerebrais durante todo o momento da interação, ou melhor, durante toda a execução do teste, uma vez que a existência de variados movimentos corporais realizados pelas crianças gerou numerosos artefatos nos sinais, diminuindo sua qualidade. Os resultados prévios avaliados não são conclusivos, devido ao registro de sinais

obtidos de apenas uma criança com TEA. No entanto, percebe-se a possibilidade da análise da atividade cerebral por EEG no início da interação, desde que a criança realize o menor número de movimentos possíveis nos primeiros minutos da visualização do robô, de modo a obter melhor qualidade do sinal.

5.2.3 Análise da Interação com o Robô Móvel

Além dos sinais cerebrais, dois métodos de avaliação da interação entre a criança e o robô móvel MARIA foram utilizados: *GAS* e *SUS*. De acordo com *GAS*, valores maiores que 50 refletem um desempenho acima do nível esperado (KIRESUK et al., 1994; OTTENBACHER e CUSICK, 1990), e isso foi verificado pelos valores médios na Tabela 9, ou seja, de um modo geral, as crianças desempenharam as atividades avaliadas superando as expectativas. Estes resultados prévios permitem inferir que houve uma interação positiva entre as crianças e o robô móvel, em geral.

É importante ressaltar que não houve nenhuma reação ou expressão negativa por parte das crianças em relação ao robô móvel. Frente a este, as crianças apresentaram reações diversas, como uma criança com TEA que transpareceu certo receio de interagir no início, no entanto, as outras crianças (com TD e TEA) manifestaram curiosidade e uma interação efetiva, tocando e brincando com o robô.

Analisando o objetivo 3 da escala *GAS* (interagir com o mediador) (Tabela 4), três crianças (2 com TD e 1 com TEA) realizaram os comandos dados pela mediadora (tocar o robô e brincar com ele) de modo espontâneo e continuaram interagindo, brincando com o robô inclusive no momento em que a mediadora se aproximou para interagir também. No caso da criança com TEA, pode-se inferir que o robô favoreceu o seu engajamento contínuo, mesmo quando a mediadora começou a interagir também com o robô. Além disso, foi observado que a mesma criança interagiu com o robô de diferentes formas, caminhando junto e ao lado dele, segurando sua mão; utilizando a mão do robô como microfone, balbuciando palavras sobre ela; tentando ligar o monitor, para assistir mais vídeos; e, ainda, quando indagada pela mãe sobre

as partes do corpo do robô, a criança indicava cada uma delas apontando no robô. Dessa forma, percebe-se que robôs são capazes de atuar como uma ferramenta chave, despertando a atenção de crianças com TEA, e, assim, podendo ser viáveis na promoção de seus desenvolvimentos cognitivo e social (COSTA et al., 2010).

A avalição *SUS* foi realizada pelos pais das crianças que acompanharam o experimento. Os valores obtidos (Tabela 9) são considerados inferiores à média, uma vez que se encontram abaixo de 68 (BROOKE, 2013), inferindo a necessidade de algumas melhorias no sistema robótico. O robô utilizado ainda é um protótipo e mais testes com crianças e o robô devem ser realizados, e ajustes, implementados.

Tabela 9. Valores médios dos métodos de avaliação da interação criança-robô: *GAS e SUS*. Fonte: Dados da Pesquisa.

	GAS	*SUS*
Crianças com TEA	56,84	60
Crianças com TD	75,08	66,25
Média total	65,96	63,13

Considerando as avaliações pelas escalas quantitativas, torna-se interessante que outros profissionais da área da saúde, como terapeutas e pedagogos envolvidos com a temática do TEA, façam uso do robô bem como do monitor acoplado a ele, como meio para a efetivação do tratamento pedagógico de crianças com TEA. Para este fim, o robô pode favorecer a realização de jogos e atividades que permitam a interação com outras crianças e com o ambiente a sua volta, que despertem a atenção, trabalhem cores e formas de objetos, números, alfabeto, comunicação verbal e tarefas do dia a dia, isto é, estimulando o desenvolvimento cognitivo e características sociais dessas crianças.

6. CONCLUSÕES

Este estudo comprovou, de uma forma geral, que os sinais cerebrais podem ser utilizados como instrumento de estudo para o reconhecimento de emoções e para a avaliação mental através dos ritmos alfa e beta. Assim, esses sinais podem ser caracterizados como uma ferramenta importante e alternativa para o estudo das regiões cerebrais e habilidades relacionadas a elas em indivíduos com o transtorno autista, os quais possuem regiões cerebrais comprometidas, como a frontal e temporal.

Com relação à análise da autoavaliação (*SAM*) dos estímulos visuais realizada pelas crianças deste estudo, observou-se que houve discrepância entre a sua classificação e a classificação das crianças participantes da validação do banco de dados internacional (*IAPS*). Assim, conclui-se a importância de uma avaliação prévia da seleção e classificação de estímulos utilizados pelo grupo de estudo, ainda que sejam obtidos a partir de um banco de dados validados, uma vez que as respostas emocionais podem ser diferentes.

O procedimento experimental proposto inerente ao registro dos sinais cerebrais por EEG possibilitou identificar e classificar estados emocionais de crianças com TEA e de crianças com TD, embora as taxas de acurácia e concordância para as três classes de estados emocionais mostraram-se inferiores aos valores de referência expostos neste trabalho. Isto indica que alguns ajustes em tal procedimento devem ser acrescentados, como a seleção de mais fotografias capazes de evocar mais acentuadamente emoções, aplicação de outros extratores de características e classificadores de modo a aumentar a taxa de acurácia do reconhecimento de emoções e de outras escalas de autoavaliação que sejam mais fáceis de compreender pelas crianças com TEA, especialmente.

Foi verificada a possibilidade de análise da atividade cerebral através dos ritmos alfa e beta em crianças com TEA, utilizando EEG, porém mais experimentos devem ser realizados para a obtenção de resultados conclusivos. Por tal análise, pode-se

estudar a influência do robô, como estímulo audiovisual, na ativação de áreas cerebrais de crianças com TEA e, assim, verificar a sua importância no processo cognitivo das mesmas.

A imagem lúdica amigável do robô móvel foi agradável às crianças, e, juntamente aos equipamentos multimídia, chamou sua atenção. Pelas análises da interação da criança com o robô, através dos valores obtidos pela escala *GAS*, verificou-se que, de um modo geral, ocorreu uma interação positiva entre as crianças e o robô móvel, sem episódios de experiências negativas, como a presença de medo ou reações negativas da parte da criança. A interação positiva consistiu no estímulo à atenção, toque e movimentação das crianças pelo ambiente, além disso, elas compreenderam os comandos dados pela mediadora-pesquisadora, e continuaram sua interação com o robô mesmo quando a mediadora iniciou uma interação com o robô também. Diante disso, pode-se inferir que ele favoreceu o engajamento compartilhado na interação de ambos (a criança e a mediadora) ao mesmo tempo.

A partir dos valores obtidos da escala *SUS*, utilizada pelos pais para avaliar a facilidade de uso do robô, verificou-se a necessidade de implantação de melhorias no sistema robótico, como conferir maior autonomia ao robô móvel, integrar os sistemas de aquisição de sinais de EEG e de controle do robô e adicionar mecanismos que aumentem a interação social.

De um modo geral, as avaliações *GAS* e *SUS* mostraram-se instrumentos importantes na análise do uso do robô como potencial ferramenta terapêutica para pais, professores, terapeutas e pesquisadores da área, de modo a contribuir com o desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais de crianças com TEA.

O caráter inovador deste trabalho consistiu na proposta de utilização de sinais cerebrais para o estudo de emoções e para avaliação do estado mental da criança com TEA durante a interação com um robô móvel. Além disso, apesar da presença de resultados meramente preliminares, constatou-se que a utilização da robótica na interação social dessas crianças confirma ao meio acadêmico/científico, de uma forma criativa, a existência de uma interação positiva com crianças com TEA,

possibilitando o estímulo de habilidades cognitivas e sociais, como a atenção, além da interação com pessoas. Assim, este estudo caracteriza-se como uma contribuição à gama de estudos relativos ao Transtorno do Espectro do Autismo, especificamente com estudos sobre os sinais cerebrais de crianças com TEA e a importância da robótica como auxílio ao estímulo de habilidades cognitivas e sociais para terapeutas, pais, cuidadores, professores e pesquisadores. Dessa forma, este trabalho pode ser utilizado como base para o avanço no desenvolvimento de pesquisas na área do TEA.

Limitações

O experimento proposto para a identificação e classificação de estado emocionais apresentou muitas limitações, especificamente em relação às crianças com Transtorno do Espectro do Autismo (TEA), começando pela resistência que muitas delas apresentaram para a colocação dos eletrodos sobre a cabeça; o pequeno número obtido de crianças com TEA que atenderam aos critérios de inclusão e exclusão; a incompreensão, por parte dessas crianças, das informações passadas antes e durante a execução do teste, principalmente relacionadas às escalas de autoavaliação de emoções (*SAM*); a presença de movimentos musculares, que desencadearam inúmeros artefatos no processo de aquisição dos sinais, inclusive por parte das crianças com TD. Inerente a isso, lidar com crianças impõe desafios adicionais em termos de idade, sexo e estado emocional individual, podendo influenciar o experimento. Somando-se a isso, o fato de realizar os testes em ambiente escolar das crianças tornou-se desafiador, devido à existência de muitas variáveis ambientais exteriormente à sala do experimento, que, na maioria das vezes, não puderam ser controladas, como o barulho realizado por outras crianças. Além disso, embora tenha um baixo custo, seja indolor e não invasivo, o dispositivo de EEG utilizado neste estudo, o *Emotiv EPOC*, apresenta qualidade inferior para a aquisição de sinais cerebrais, comparado a um equipamento de aplicação médica. Diante do exposto, pode ser explicada a dificuldade de encontrar na literatura trabalhos que abordem o reconhecimento de emoções, utilizando EEG, em crianças,

especificamente em crianças com TEA. Em adição, constatou-se a dificuldade existente na identificação de emoções utilizando sinais cerebrais, devido a uma quantidade grande de artefatos que podem prejudicar a qualidade e o processamento dos sinais cerebrais coletados.

Uma dificuldade encontrada durante a realização do experimento proposto para a interação entre a criança e o robô foi relativa à falta de integração das tarefas computacionais. Os sistemas de aquisição dos sinais cerebrais por EEG e de controle do robô e seus aparatos foram realizados em computadores distintos, não havendo a possibilidade de sincronizar as ações do robô e a captação dos sinais da criança. A ausência de sincronismo resultante impede que alguns processamentos sejam realizados com precisão.

Trabalhos futuros

A fim de aumentar os valores de acurácia para a classificação de estados emocionais a partir dos sinais cerebrais, tornam-se necessários trabalhos futuros que objetivem o estudo de novas técnicas e ferramentas mais eficientes, que possibilitem a pesquisa de emoções em indivíduos com TEA e sofram menos interferências de movimentos corporais, além de possuírem menos pontos de contato com o corpo da criança. Inerente a isso, torna-se necessária a pesquisa de novos métodos, bem como, banco de dados de estímulos que evoquem efetivamente estados emocionais em crianças e que os experimentos ocorram em lugares isentos de grandes interferências, como numerosos ruídos sonoros.

Recomenda-se o estudo de estados mentais com um maior número de crianças com TEA e com TD, para que seja traçado um perfil de comparação entre a atividade cerebral desencadeada pelo robô entre os dois grupos, e um perfil para a avaliação da influência que o robô pode execer como ferramenta estimuladora de habilidades cognitivas e sociais.

É proposto como trabalho futuro, avaliar na literatura científica outras formas e atividades eficazes para o estímulo de habilidade sociais e cognitivas de crianças com TEA, embutir ferramentas que desencadeiem maior autonomia ao robô e implantar um sistema de comunicação para estimular habilidades referentes à comunicação verbal em crianças com TEA. Além disso, propõe-se utilizar a vídeo-câmera para obter imagens faciais para que sejam processadas, de modo a verificar a possibilidade da associação entre as expressões faciais (juntamente aos sinais cerebrais) de crianças com TEA e a melhoria das habilidades sociais e cognitivas. Em acréscimo, é interessante que outros profissionais da área façam uso do robô e o avaliem quanto à promoção de atividades pedagógicas que auxiliem tarefas interativas e cognitivas e favoreçam o desenvolvimento da criança com TEA. Dessa forma, é esperado que o robô se torne um instrumento efetivo para ser utilizado no tratamento pedagógico de crianças com TEA por pais, professores e pesquisadores.

Para a melhoria do experimento de interação criança-robô, recomenda-se a integração e sincronismo dos sistemas computacionais responsáveis pelo controle de movimentação do robô, da aquisição de imagens pela câmera de vídeo, do sistema multimídia e captura dos sinais de EEG. Desta maneira, outros experimentos que exijam sincronismo poderão ser realizados, além de facilitar a análise e garantir a precisão dos resultados obtidos. Outras vantagens da integração dos sistemas são permitir que experimentos sejam realizados por apenas uma pessoa, que pode ser um terapeuta, um pesquisador, pais e professores, e reduzir o número de equipamentos necessários a serem transportados para o ambiente de realização dos testes.

7. REFERENCIAS

ADOLPHS, R. The neurobiology of social cognition. **Current Opinion in Neurobiology**, v. 11, n. 2, p. 231–239, 2001.

ALLISON, T.; PUCE, A.; MCCARTHY, G. Social perception from visual cues: role of the STS region. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 4, n. 7, p. 267-278, 2000.

AMARAL, D. G.; SCHUMANN, C. M.; NORDAHL, C. W. Neuroanatomy of autism. **Trends in Neurosciences**, v. 31, n. 3, p. 137-145, 2008.

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. **Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-5**, fifth edition. Arlington, VA, Amerian Psychiatric Association, 2013.

ANDREYEV, A. YU.; KUSHNAREVA, YU. E.; STARKOV, A. A. Mitochondrial metabolism of reactive oxygen species. **Biochemistry (Moscow)**, v.70, n. 2, p. 200-214, 2005.

ARUMUGAM, D.; PURUSHOTHAMAN, S. Emotion classification using facial expression. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, v. 2, n.7, p. 92-98, 2011.

ASHWOOD, P.; ANTHONY, A.; TORRENTE, F.; WAKEFIELD, A. J. Spontaneous mucosal lymphocyte cytokine profiles in children with autism and gastrointestinal symptoms: mucosal immune activation and reduced counter regulatory interleukin-10. **Journal of Clinical Immunology**, v. 24, n. 6, p. 664-673, 2004.

ATMACA, M.; YILDIRIM, H.; OZDEMIR, H.; TEZCAN, E.; POYRAZ, A. K. Volumetric MRI study of key brain regions implicated in obsessive-compulsive disorder. **Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry**, v. 31, n. 1, p. 46–52, 2007.

BACHEVALIER, J. Medial temporal lobe structures and autism: A review of clinical and experimental findings. **Neuropsychologia**, v. 32, n. 6, p. 627 -648, 1994.

BAILLET, S.; MOSHER, J. C.; LEAHY, R.M. Electromagnetic Brain Mapping. **IEEE Signal Processing Magazine**, v. 18, n. 6, pp. 14-30, 2001.

BASTOS-FILHO, T. F.; FERREIRA, A.; ATENCIO, A. C.; ARJUNAN, S.; KUMAR, D. Evaluation of feature extraction techniques in emotional state recognition. In: 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT HUMAN COMPUTER INTERACTION 2012 (IHCI 2012), 2012, Kharagpur. **Proceedings of the 4th International Conference on Intelligent Human Computer Interaction 2012 (IHCI 2012)**, p. 1-6.

BAUMGARTNER, T., ESSLEN, M., JÄNCKE, L. From emotion perception to emotion experience: Emotions evoked by pictures and classical music. **International Journal of Psychophysiology**, v. 60, n. 1, p. 34-43, 2006.

BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. A Estrutura do Sistema Nervoso. In: _____. **Neurociências:** desvendando o sistema nervoso; 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008. p. 167-204 (a).

BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. Os mecanismos da emoção no encéfalo. In: _____. **Neurociências**: desvendando o sistema nervoso; 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008. p. 563-583 (b).

BEKELE, E. T.; LAHIRI, U.; SWANSON, A. R.; CRITTENDON, J. A.; WARREN, Z. E.; SARKAR, N. A step towards developing Adaptive Robot-mediated Intervention Architecture (ARIA) for children with autism. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 21, n. 2, p. 289-299, 2013.

BELIN, P.; ZATORRE, R. J.; LAFAILLE, P.; AHAD, P.; PIKE, B. Voice-selective areas in human auditory cortex. **Nature**, v. 403, p. 309-312, 2000.

BLAKEMORE, S. J.; DECETY, J. From the perception of action to the understanding of intention. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 2, p. 561-567, 2001.

BOS, D.O. EEG-based Emotion Recognition: The Influence of Visual and Auditory Stimuli. **Journal Emotion**, v. 57, n. 7, p. 1798-1806, 2006.

BOSL ,W.; TIERNEY, A.; TAGER-FLUSBERG, H.; NELSON, C. EEG complexity as a biomarker for autism spectrum disorder risk. **BMC Medicine**, v. 9, n. 18, p. 1-16, 2011.

BRADLEY, M. M.; LANG, P. L. Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. **Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry**, v. 25, n. 1, p. 49-59, 1994.

BRADSTREET, J. Surprisingly Common Findings of Cerebral Folate Autoimmunity in Autism©. 2011. Disponível em: <http://drbradstreet.org/2011/02/22/surprisingly-common-findings-of-cerebral-folate-autoimmunity-in-autism/>. Acesso em: 5 outrubro 2013.

BROOKE, J. SUS: a retrospective. **Journal of Usability Studies**, v. 8, n. 2, p. 29-40, 2013.

CACIOPPO, J. T. Feelings and emotions: roles for electrophysiological markers. **Biological Psychology**, v. 67, n. 1-2, p. 235–243, 2004.

CAMPOS, R. C. Aspectos Neurológicos do Autismo Infantil. In: CAMARGOS JR., W. (Org.), **Transtornos invasivos do desenvolvimento**: 3º Milênio. Brasília: Corde, 2005, p. 20-22.

CANNON, W. B. Again the James-Lange and the thalamic theories of emotion. **Psychological Review**, v. 38, n. 4, p. 281-295, 1931.

CANNON, W. B. The James-Lange theory of emotions: a critical examination and an alternative theory. **The American Journal of Psychology**, v. 39, n. 3-4, p. 106-124, 1927.

CARVALHEIRA, G.; VERGANIB, N.; BRUNONI, D. Genética do Autismo. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, v. 26, n. 4, p. 270-272, 2004.

CHANEL, G. **Emotion assessment for affective computing based on brain and peripheral signals**. 2009. 180p. Thèse de doctorat - Université de Genève, Helsinki, Finland, 2009.

CHANEL, G.; KRONEGG, J.; GRANDJEAN, D.; PUN, T. Emotion assessment: arousal evaluation using EEGs and peripheral physiological signals. **Multimedia Content Representation, Classification and Security**. Springer Lecture Notes in Computer Sciences, v .4105, p. 530-537, 2006.

CHANEL, G.; ANSARI-ASL, K.; PUN, T. Valence-arousal evaluation using physiological signals in an emotion recall paradigm. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS, MAN AND CYBERNETICS, 2007, Montreal. **Proceedings IEEE International Confenrence Systems, Man and Cybernetics**, p. 2662–2667.

CHOI, Y. J.; SEELBACH, M. J.; PU, H.; EUM, S. Y.; CHEN, L.; ZHANG, B.; HENNIG, B.; TOBOREK, M. Polychlorinated biphenyls disrupt intestinal integrity via NADPH oxidase-induced alterations of tight junction protein expression. **Environmental Health Perspectives**, v. 118, n. 7, p. 976-981, 2010.

COAN, J. A.; ALLEN, J. J. B. Frontal EEG asymmetry as a moderator and mediator of emotion. **Biological Psychology**, v. 67, n. 1-2, p. 7-50, 2004.

COBEN, R.; CLARKE, A. R.; HUDSPETH, W.; BARRY, R. J. EEG power and coherence in autistic spectrum disorder. **Clinical Neurophysiology**, v. 119, n. 5, p. 1002-1009, 2008.

CODISPOTI, M.; DE CESAREI, A. Arousal and attention: Picture size and emotional reactions. **Psychophysiology**, v. 44, n. 5, p. 680–686, 2007.

CODY, H.; PELPHREY, K.; PIVEN, J. Structural and functional magnetic resonance imaging of autism. **International Journal of Developmental Neuroscience**, v. 20, n. 3-5, p. 421-438, 2002.

COSTA, S.; SANTOS, C.; SOARES, F.; FERREIRA, M.; MOREIRA, F. Promoting interaction amongst autistic adolescents using robots. 32nd ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY (EMBC), 2010, Buenos Aires, Argentina. **Proceedings of International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society**, p. 3856-3859.

COURCHESNE, E.; KARNS, C. M.; DAVIS, H. R.; ZICCARDI, R.; CARPER, R. A.; TIGUE, Z. D.; CHISUM, H. J.; MOSES, P.; PIERCE, K.; LORD, C.; LINCOLN, A. J.; PIZZO, S.; SCHREIBMAN, L.; HAAS, R. H.; AKSHOOMOFF, N. A.; COURCHESNE, R. Y.Unusual brain growth patterns in early life in patients with autistic disorder: an MRI study. **Neurology**, v. 57, n. 2; p. 245-254, 2001.

DAUBECHIES, I. Ten lectures on wavelets. CBMS-NSF REGIONAL CONFERENCE SERIES IN APPLIED MATHEMATICS, 1992, Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM). ISBN 978-0-89871-274-2, p. 357, 1992.

DAVIDSON, R. J.; ABERCROMBIE, H.; NITSCHKE, J. B.; PUTNAM, K. Regional brain function, emotion and disorders of emotion. **Current Opinion in Neurobiology**, v. 9, n. 1, p. 228–234, 1999.

DAVIDSON, R. J. Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion. **Brain and Cognition**, v. 20, n. 1, p. 125-151, 1992.

DAVIDSON, R. J. What does the prefrontal cortex “do” in affect: perspectives on frontal EEG asymmetry research. **Biological Psychology**, v. 67, n. 1-2, p. 219–234, 2004.

DAVIS, M.; OTERO, N.; DAUTENHAHN, K.; NEHANIV, C. L.; POWER, S. D. Creating a software to promote understanding about narrative in children with autism: Reflecting on the design of feedback and opportunities to reason. In: IEEE 6th INTERNATIONAL CONFERENCE ON DEVELOPMENT AND LEARNING, 2007. ICDL, 2007, London. **Proceedings of 6th International Conference On Development And Learning**, p. 64-69.

D'EUFEMIA, P.; CELLI, M.; FINOCCHIARO, R.; PACIFICO, L.; VIOZZI, L.; ZACCAGNINI, M.; CARDI, E.; GIARDINI, O. Abnormal intestinal permeability in children with autism. **Acta Paediatrica**, v. 85, p. 1076-1079, 1996.

DUFFY, F.H.; ALS, H. A stable pattern of EEG spectral coherence distinguishes children with autism from neurotypical controls - a large case control study. **BMC Medicine**, v. 10, n. 64, p. 1-18, 2012.

DUQUETTE, A.; MICHAUD, F.; MARCIER, H. Exploring the use of a mobile robot as an imitation agent with children with low-functioning autism. Autonomous Robots, v. 24, p. 147-157, 2007.

EAVES, R. C.; MILNER, B. The criterion-based validity of the childhood autism rating scale and the autism behaviour checklist. **Journal of Abnormal Child Psychology**, v. 21, n. 5, p. 481-485, 1993.

EGAAS, B.; COURCHESNE, E.; SAITOH, O. Reduced size of corpus callosum in autism. **Archives of Neurology**, v. 52, n. 8, p. 794-801, 1995.

EKMAN, P. (Ed); DAVIDSON, R. J. (Ed). **The nature of emotion**: Fundamental questions. Series in affective science. New York, NY, US: Oxford University Press, 1994.

EMOTIV, 2014. **Emotiv Epoc**. Disponível em: <http://emotiv.com/epoc.php>. Acesso em: 04 agosto 2014.

EMOTIV, 2013. **EEG Specifications**. Disponível em: <http://www.emotiv.com/eeg/download_specs.php>. Acesso em: 11 outubro 2013.

EVANS, J. L.; SELINGER, C.; POLLAK, S. D. P300 as a measure of processing capacity in auditory and visual domains in specific language impairment. **Brain Research**, v. 1389, p. 93–102, 2011.

FATOURECHI, M.; BASHASHATI, A.; WARD, R. K.; BIRCH, G. E. EMG and EOG artifacts in brain computer interface systems: A survey. **Clinical Neurophysiology**, v. 118, v. 3, p. 480–494, 2007.

FOLSTEIN, S. E.; ROSEN-SHEIDLEY, B. Genetics of autism: complex aetiology for a heterogeneous disorder. **Nature Reviews Genetics**, v. 2, p. 943-955, 2001.

FOMBONNE, E. Epidemiology of pervasive developmental disorders. **Pediatric Research**, v. 65, n. 6, p. 591-598, 2009.

FONTELLES, M. J. **Bioestatística aplicada à pesquisa experimental**: volume 2. 1ª ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012.

FREITAG, C. M. The genetics of autistic disorders and its clinical relevance: a review of the literature. **Molecular Psychiatry**, vol. 12, p. 2-22, 2007.

FRYE, R. E.; SEQUEIRA, J. M.; QUADROS, E. V.; JAMES, S. J.; ROSSIGNOL, D. A. Cerebral Folate Receptor Autoantibodies in Autism Spectrum Disorder. **Molecular Psychiatry**, v.18, p. 369–381, 2013.

GARCIA, J. F. C.; CAICEDO, E.; BASTOS FILHO, T. F. Interfaz Cerebro Computador Adaptativa Basada en Agentes de Software. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, 2014, Belo Horizonte. **Anais do Congresso Brasileiro de Automática**. v. 1. p. 1-6.

GARCIA, J. F. C.; GOULART, C.; VALADÃO, C.; CALDEIRA, E. M. O.; BASTOS-FILHO, T. F. Robótica Móvil: Una Herramienta para Interacción de Niños con Autismo. In: VII CONGRESO IBEROAMERICANO DE TECNOLOGÍAS DE APOYO A LA DISCAPACIDAD, 2013, SANTO DOMINGO. **Memorias del VII Congreso Iberoamericano de Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad**, 7 p.

GARREAU, B.; ZILBOVICIUS, M.; GUERIN, P, SAMSON, Y.; SYROTA, A.; LELORD, G. Effects of auditory stimulation on regional cerebral blood flow in autistic children. **Developmental Brain Dysfunction**, v. 7, n. 2-3, p. 119-128, 1994.

GILLBERG, C.; COLEMAN, M. Autism and medical disorders: a review of the literature. **Developmental Medicine and Child Neurology**, v. 38, p. 191-202, 1996.

GLOOR, P. **The temporal lobe and limbic system**. New York: Oxford University Press, 1997, 865 p.

GOULART, C. M.; GARCIA, J. F. C.; VALADÃO, C. T.; CALDEIRA E. M. O.; BASTOS-FILHO, T. F. Mobile Robotics: A Tool for Interaction with Children with Autism. In: IEEE 23rd INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INDUSTRIAL ELECTRONICS 2014 (ISIE 2014), 2014, Istanbul. **Proceedings of the IEEE 23rd International Symposium on Industrial Electronics**. p. 1555-1559.

GUPTA, S.; AGGARWAL, S.; HEADS, C. Brief Report: Dysregulated Immune System in Children with Autism: Beneficial Effects of Intravenous Immune Globulin on Autistic Characteristics. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, v. 26, n. 4, p. 439-452, 1996.

HARMON-JONES, E. Contributions from research on anger and cognitive dissonance to understanding the motivational functions of asymmetrical frontal brain activity. **Biological Psychology**, v. 67, n. 1-2, p. 51–76, 2004.

HAZNEDAR, M. M.; BUCHSBAUM, M. S.; WEI, T. C.; HOF, P. R.; CARTWRIGHT, C.; BIENSTOCK, C. A.; HOLLANDER, E. Limbic circuitry in patients with autism spectrum disorders studied with positron emission tomography and magnetic resonance imaging. **American Journal of Psychiatry**, v. 157, n. 12, p. 1994-2001, 2000.

HERBERT, M. R.; ZIEGLER, D. A.; DEUTSCH, C. K.; O'BRIEN, L. M.; LANGE, N.; BAKARDJIEV, A.; HODGSON, J.; ADRIEN, K. T.; STEELE, S.; MAKRIS, N.; KENNEDY, D.; HARRIS, G. J.; CAVINESS, V. S. Dissociations of cerebral cortex, subcortical and cerebral white matter volumes in autistic boys. **Brain**, v. 126, n. 5, p. 1182–1192, 2003.

HERBERT, M. R. Large brains in autism: the challenge of pervasive abnormality. **Neuroscientist**, v. 11, n. 5, p. 417-440, 2005.

HORLINGS, R.; DATCU, D.; ROTHKRANTZ, L. J. M. Emotion Recognition using Brain Activity. In: 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SYSTEMS AND TECHNOLOGIES AND WORKSHOP FOR PHD STUDENTS IN COMPUTING. **Proceedings of the 9th International Conference on Computer Systems and Technologies and Workshop for PhD Students in Computing**. n. 6, p. 1-6, 2008.

HORVATH, K.; PERMAN, J. A. Autistic disorder and gastrointestinal disease. **Current Opinion Pediatrics**, v. 14, n. 4, p. 583- 587, 2002.

HORVATH, K.; PAPADIMITRIOU J. C.; RABSZTYN A.; DRACHENBERG C.; TILDON, J. T. Gastrointestinal abnormalities in children with autistic disorder. **Journal of Pediatrics**, v. 135, n. 5, p. 559-563, 1999.

JAMES, S. J. Oxidative stress and the metabolic pathology of autism. In: Zimmerman A. W. **Autism**: current theories and evidence. Totowa, NJ: Humana Press, 2008. p 245–268.

JAMES, W. What is an emotion? **Mind**, v. 9, n. 34, p. 188–205, 1884.

JASDZEWSKI, G.; STRANGMAN, G.; WAGNER, J.; KWONG, K. K.; POLDRACK, R. A.; BOAS, D. A. Differences in the hemodynamic response to event-related motor and visual paradigms as measured by near-infrared spectroscopy. **NeuroImage**, v. 20, n. 1, p. 479–488, 2003.

JYONOUCHI, H. Autism Spectrum Disorders and Allergy: observation from a pediatric allergy/immunology clinic. **Expert Review of Clinical Immunology**, v. 6, n. 3, p. 397-411, 2010.

KANNER, L. Autistic disturbances of affective contact. **Nervous Child**, v. 2, p. 217-250, 1943.

KANWISHER, N.; MCDERMOTT, J.; CHUN, M. M. The fusiform face area: a module in human extrastriate cortex specialized for face perception. **Journal of Neuroscience**, v. 17, n. 11, p. 4302-4311, 1997.

KIM, M. K.; KIM, M.; OH, E.; KIM, S. P. A review on the computational methods for emotional state estimation from the human EEG. **Computational and Mathematical Methods in Medicine**, v. 2013, 13 p., 2013.

KIRESUK, T. J.; SMITH, A.; CARDILLO, J. E. (Ed). **Goal Attainment Scaling**: applications, theory and measurement. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1994.

KLIN, A.; JONESM, W.; SCHULTZ, R.; VOLKMAR, F. The enactive mind, or from actions to cognition: lessons from autism. Philosophical Transactions of the Royal Society. **Biological Sciences**, v. 358, p. 345-360, 2003.

KLIN, A. Autismo e síndrome de Asperger: uma visão geral. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, v. 28, n. 1, p. S 3-11, 2006.

KOELSTRA, S.; MUHL, C.; SOLEYMANI, M.; LEE, JS.; YAZDANI, A.; EBRAHIMI, T.; PUN, T.; NIJHOLT, A.; PATRAS, I. DEAP: A database for emotion analysis using physiological signals. **IEEE Transactions on Affective Computing**, v.3, n. 1, 2012.

KOEPPEN, B. M.; STANTON, B. A. (Eds). Funções Cerebrais Superiores do Sistema Nervoso. In: BERNE & LEVY: **Fisiologia**. 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

KRASNY-PACINI, A.; HIEBEL, J.; PAULY, F.; GODON, S.; CHEVIGNARD, M. Goal Attainment Scaling in rehabilitation: A literature-based update. **Annals of Physical and Rehabilitation Medicine**, v. 56, n. 3, p. 212–230, 2013.

KRIGSMAN, A.; BORIS, M.; GOLDBLATT, A.; STOTT, C. Clinical presentation and histologic findings at ileocolonoscopy in children with autistic spectrum disorder and chronic gastrointestinal symptoms. **Autism Insights**, v. 2, p. 1-11, 2010.

KROUPI, E.; YAZDANI, A; EBRAHIMI, T. EEG correlates of different emotional states elicited during watching music videos. **Affective Computing and Intelligent Interaction**, v. 6975, p. 457-466, 2011.

LANE, R. D.; REIMAN, E. M.; AHERN, G. L.; SCHWARTZ, G. E.; DAVIDSON, R. J. Neuroanatomical correlates of happiness, sadness, and disgust. **American Journal of Psychiatry**, v. 154, n. 7, p. 926-933, 1997.

LANG, P. J.; BRADLEY, M. M.; CUTHBERT, B. N. International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. Technical Report A-8. University of Florida, Gainesville, FL. 2008.

LEDOUX, J. E.; PHELPS, E. A. Emotional Networks in the Brain. In: LEWIS M.; HAVILAND-JONES, J. M.; BARRETT, L. F. (Ed.). **Handbook of Emotions**. 3. ed. New York: The Guildford Press, 2008. p. 159-179.

LEUTHARDT, E. C.; SCHALK, G.; WOLPAW, J. R.; OJEMANN, J. G.; MORAN, D. W. A brain-computer interface using electrocorticographic signals in humans. **Journal of Neural Engineering**, v. 1; n. 2, p. 63–71, 2004.

LEWIS, J. R.; SAURO, J. The factor structure of the System Usability Scale. In: KUROSU, M. (Ed.). **Human Centered Design** HCII 2009. Berlin: Springer-Verlag, 2009. v. 5619, p. 94-103, 2009.

LEWIS, M. The Emergence of Human Emotions. Developmental Changes. In: LEWIS M.; HAVILAND-JONES, J. M.; BARRETT, L. F. (Ed.). **Handbook of Emotions**. 3. ed. New York: The Guildford Press, 2008. p. 304-319.

LI, X-OU.; WANG, F.; CHEN, X.; WARD, R. K. A P300-based BCI classification algorithm using median filtering and bayesian feature extraction. In: IEEE 14th International Workshop on Multimedia Signal Processing (MMSP) 2012, Banff. **Proceedings of the 14th International Workshop on Multimedia Signal Processing**. p. 305-308.

LITHARI, C.; FRANTZIDIS C. A.; PAPADELIS C.; VIVAS, A. B.; KLADOS, M. A.; KOURTIDOU—PAPADELI, C. ; PAPAS, C. ; IOANNIDES, A. A.; BAMIDIS, P. D. Are females more responsive to emotional stimuli? A neurophysiological study across arousal and valence dimensions. **Brain Topography**, v. 23, n. 1, p. 27–40, 2010.

LOPES DA SILVA, F. Event-related potentials: Methodology and Quantification. In: NIEDERMEYER, E.; LOPES DA SILVA, F. (Eds.). **Electroencephalography**: basic principles, clinical applications, and related fields. Philadelphia: Williams & Wilkins, 2005.

LOTTE, F.; CONGEDO, M.; LÉCUYER, A.; LAMARCHE, F.; ARNALDI, B. A review of classification algorithms for EEG-based brain-computer interfaces. **Journal of Neural Engineering**, v. 4, 24 p., 2007.

LUDWIG, K. A.; MIRIANI, R. M.; LANGHALS, N. B.; JOSEPH, M. D.; ANDERSON, D. J.; KIPKE, D. R. Using a common average reference to improve cortical neuron recordings from microelectrode arrays. **Journal of Neurophysiology**, v. 101, n. 3, p. 1679-1689, 2009.

MARTELETO, M. R. F.; PEDROMÔNICO, M. R. M. Validity of Autism Behavior Checklist (ABC): preliminary study. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, v. 27, n. 4, p. 295-301, 2005.

MEHLER, M. F.; PURPURA, D. P. Autism, fever, epigenetics and the locus coeruleus. **Brain Research Reviews**, v. 59, n. 2, p. 388-392, 2009.

MICHAUD, F.; CLAVET, A. Robotoy contest — designing mobile robotic toys for autistic children. In: **Proceedings of The American Society for Engineering Education** (ASEE'01), Alberqueque, NM, 2001.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (BRASIL). **Diretrizes da Atenção à Reabilitação da Pessoa com Transtornos do Espectro do Autismo (TEA)**. Brasília: Ministério da Saúde, 2013.

MURUGAPPAN, M., RAMACHANDRAN, N.; SAZALI, Y. Classification of human emotion from EEG using discrete wavelet transform. **J. Biomedical Science and Engineering**, v. 3, p. 390-396, 2010.

NASEHI, S.; POURGHASSEM, H. An optimal EEG-based emotion recognition algorithm using gabor features. **WSEAS Transactions on Signal Processing**, v. 8, n. 3, p. 87-99, 2012.

NICOLAS-ALONSO, L. F.; GOMEZ-GIL, J. Brain computer interfaces, a review. **Sensors**, v.12, n. 2, p. 1211-1279, 2012.

OHNISHI, T.; MATSUDA, H.; HASHIMOTO, T.; KUNIHIRO, T.; NISHIKAWA, M.; UEMA, T.; SASAKI, M. Abnormal regional cerebral blood flow in childhood autism. **Brain**, v. 123, n. 9, p.1838-1844, 2000.

OHYA, A. Human robot interaction in mobile robot applications. In: 11th IEEE INTERNATIONAL WORKSHOP ON ROBOT AND HUMAN INTERACTIVE COMMUNICATION 2002. **Proceedings of the 11th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication.** p. 5–10.

OTHMAN, M.; WAHAB, A. Affective face processing analysis in autism using electroencephalogram. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY FOR THE MUSLIM WORLD (ICT4M), 2010, Jakarta. **Proceedings of the International Conference on Information and Communication Technology for the Muslim World**. p. 23-27.

OTTENBACHER, K. J.; CUSICK, A. Goal Attainment Scaling as a method of clinical service evaluation. **American Journal of Occupational Therapy**, v. 44, n. 6, p. 519-525, 1990.

PARDO-VILLAMIZAR, C.; ZIMMERMAN, A. Inflamation and neuroimmunity in the pathogenisis of autism. In: CHAUHAN, A.; CHAUHAN, V.; BROWN, W. T. (Eds.). **Autism**: Oxidative Stress, Inflammation, and Immune Abnormalities. USA: CRC Press, 2009. p. 225-244.

PCD DEFICIÊNCIA. Robôs são usados para diagnósticos e tratamentos em crianças com autismo na Croácia. **Pessoa Com Deficiência (PCD)**, 29 jan. 2014. Disponível em: <http://pessoascomdeficiencia.com.br/site/2014/01/29/robos-sao-usados-para-diagnosticos-e-tratamento-em-criancas-com-autismo-na-croacia/> Acesso em: 5 setembro 2014.

PEREIRA, A. M. **Autismo Infantil**: Tradução e validação da CARS (Childhood Autism Rating Scale) para uso no Brasil. 2007. 99 f. Dissertação (Mestrado em

Ciências Médicas: Pediatria) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas: Pediatria, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

PETERS, J. M.; TAQUET, M.; VEGA, C.; JESTE, S. S.; FERNÁNDEZ, I. S.; TAN, J.; NELSON, C. A.; SAHIN M.; WARFIELD, S. K. Brain functional networks in syndromic and non-syndromic autism: a graph theoretical study of EEG connectivity. **BMC Medicine**, v. 11, n. 54, p. 1-16, 2013.

PETRANTONAKIS P. C.; HADJILEONTIADIS, L. J. A novel emotion elicitation index using frontal brain asymmetry for enhanced EEG-based emotion recognition. **IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine**, v. 15, n. 5, p. 737–746, 2011.

PHAN, K. L.; WAGNER, T.; TAYLOR, S. F.; LIBERZON, I. Functional neuroanatomy of emotion: a meta-analysis of emotion activation in pet and fMRI. **NeuroImage**, v. 16, n. 2, p. 331-348, 2002.

PHILLIPS, P. C. Epistasis — the essential role of gene interactions in the structure and evolution of genetic systems. **Nature Reviews Genetics**, v. 9, p. 855-867, 2008.

PICARD, R. W.; VYZAS, E.; HEALEY, J. Toward Machine Emotional Intelligence: Analysis of Affective Physiological State. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, v. 23, n. 10, p. 1175-1191, 2001.

PICKLES, A.; BOLTON, P.; MACDONALD, H.; BAILEY, A.; LE COUTEUR, A.; SIM, C. H.; RUTTER, M. Latent-class analysis of recurrence risks for complex phenotypes with selection and measurement error: a twin and family history study of autism. **American Journal of Human Genetics**, v. 57, n. 3, p. 717-726,1995.

PIVEN, J; SALIBA, K; BAILEY, J; ARNDT, S. An MRI study of autism: the cerebellum revisited. **Neurology**, v. 49, n. 2, p. 546-51, 1997.

RANDOLPH-GIPS, M. Autism: A Systems Biology Disease. In: FIRST IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTHCARE INFORMATICS, IMAGING AND SYSTEMS BIOLOGY (HISB) 2011, San Jose. **Proceedings of the First IEEE International Conference on Healthcare Informatics, Imaging and Systems Biology.** p. 359-366.

REDCAY, E. The superior temporal sulcus performs a common function for social and speech perception: implications for the emergence of autism. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 32, n. 1, p. 123–142, 2008.

RISCH, N.; SPIKER, D.; LOTSPEICH, L.; NOURI, N.; HINDS, D.; HALLMAYER, J. et al. A genomic screen of autism: evidence for a multilocus etiology. **American Journal of Human Genetics**, v. 65, n. 2, p.493-507, 1999.

RIZZOLATTI, G.; FOGASSI, L.; GALLESE, V. Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 2, n. 9, p. 661-670, 2001.

ROBINS, B.; AMIRABDOLLAHIAN, F.; JI, Z.; DAUTENHAHN, K. 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 IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ROBOT AND HUMAN INTERACTIVE COMMUNICATION 2010, RO-MAN, 2010, Viareggio. **Proceedings of the 19th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication**. p. 704-711 (a).

ROBINS, B.; FERRARI, E.; DAUTENHAHN, K.; KRONREIF, G.; PRAZAK-ARAM, B.; GELDERBLOM, G.; TANJA, B.; CAPRINO, F.; LAUDANNA, E.; MARTI, P. Human-centred design methods: development scenarios for robot assisted play informed by user panels and field trials. **International Journal of Human-Computer Studies**. v. 68, n. 123, p. 873-898, 2010 (b).

ROLLS, E. T. The brain and emotion. **Behavioral and Brain Sciences**, v. 23, n. 2, p. 177–234, 2000.

ROSSIGNOL, D. A.; FRYE, R. E. Mitochondrial dysfunction in autism spectrum disorders: a systematic review and meta-analysis. **Molecular Psychiatry**, v. 17, p. 290–314, 2012.

RUGG, M. D.; COLES, M. G. H. (Eds.). **Electrophysiology of mind**: Event-related brain potentials and cognition. New York: Oxford University Press, 1995.

RUSSELL, J. A.; MEHRABIAN, A. Evidence for a three-factor theory of emotions. **Journal of Research in Personality**, v. 11, n. 3, p. 273-294, 1977.

RUSSELL, J. A. A circumplex model of affect. **Journal of Personality and Social Psychology**, v. 39, n. 6, p. 1161-1178, 1980.

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

SALTER, T., WERRY, I., MICHAUD, F. Going into the wild in child–robot interaction studies: issues in social robotic development. **Intelligent Service Robotics**, v. 1, n. 2, p. 93–108, 2008.

SAVRAN, A.; CIFTCI, K.; CHANEL, G.; MOTA, J. C.; VIET, L. H.; SANKUR, B.; AKARUN, L.; CAPLIER, A.; ROMBAUT, M. Emotion detection in the loop from brain signals and facial images. In: FINAL PROJECT REPORT, 2006, eNTERFACE'06, Dubrovnik. **Proceedings of the eNTERFACE 2006**. p. 69-80.

SCASSELLATI, B.; ADMONI, H.; MATARI´C, M. Robots for use in autism research. **Annual Review of Biomedical Engineering**, v. 14, p. 275-294, 2012.

SCHAAFF, K.; SCHULTZ, T. Towards an EEG-based Emotion Recognizer for Humanoid Robots. In: THE 18th IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ROBOT

AND HUMAN INTERACTIVE COMMUNICATION, 2009. RO-MAN 2009, Toyama. **Proceedings of the 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication**. p. 792-796.

SCHIFFER, F.; TEICHER, M.H.; ANDERSON, C.; TOMODA, A.; POLCARI, A.; NAVALTA, C. P.; ANDERSEN, S. L. Determination of hemispheric emotional valence in individual subjects: A new approach with research and therapeutic implications. **Behavioral and Brain Functions**, v. 3, n. 13, 21 p., 2007.

SCHOPLER, E; REICHLER, R; ROCHEN, R. B. **The Childhood Autism Ranting Scale (CARS)**. Los Angeles, Ca: Western Psychological Services, 1988.

SCHULTZ, R. T.; GAUTHIER, I.; KLIN, A.; FULBRIGHT, R. K.; ANDERSON, A. W.; VOLKMAR, F.; SKUDLARSKI, P.; LACADIE, C.; COHEN, D. J.; GORE, J. C. Abnormal ventral temporal cortical activity during face discrimination among individuals with autism and Asperger syndrome. **Archives Gen Psychiatry**, v. 57, n. 4, p. 331-340, 2000.

SCHUMANN, C. M.; AMARAL, D. G. Stereological analysis of amygdala neuron number in autism. **Journal of Neuroscience**, v. 26, n. 29, p. 7674–7679, 2006.

TAKAHASHI, K. Remarks on Emotion Recognition from Multi-Modal Bio-Potential Signals. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL TECHNOLOGy, 2004. IEEE ICIT'04. **Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Technology**. v. 3, p. 1138-1143.

TEPLAN, M. Fundamentals of EEG measurement. **Measurement Science Review**, v. 2, n. 2, p. 1-11, 2002.

TORRENTE, F.; ANTHONY A.; HEUSCHKEL R. B.; THOMSON M. A.; ASHWOOD P.; MURCH S. H. Focal-enhanced gastritis in regressive autism with features distinct from Crohn's and Helicobacter pylori gastritis. **The American Journal of Gastroenterology**, v. 99, p. 598-605, 2004.

TRAUERNICHT, M. **Detection of human emotions through the analysis of brain waves**. 2014. 104 f. Graduation Report (Fulltime Honours Bachelor Advanced Sensor Applications). Hanze University of Applied Science Groningen, Netherlands.

USAKLI, A. B. Improvement of EEG signal acquisition: an electrical aspect for state of the art of front end. **Journal Computational Intelligence and Neuroscience**, v. 2010, n. 12, 7 p., 2010.

VALADÃO, C.; SARMIENTO, J.; GOULART, C.; GARCIA, J. F. C.; BASTOS-FILHO, T. F. Manipulation Technologies for Developing Cognitive Skills. In: BASTOS-FILHO. T. F.; KUMAR, D. K.; ARJUNAN, S. (Org.). **Devices for mobility and manipulation for people with reduced abilities** (Rehabilitation science in practice series). 1. ed. CRC Press, 2014, v. 1, p. 167-178.

VALLEJO, P. M. Estadística inferencial: el contraste de medias. In: _____. **Estadística aplicada a las Ciencias Sociales**. Madrid: Universidad Pontificia Comillas, 2008. 41 p.

VIERA, A. J., GARRETT, J. M. Understanding interobserver agreement: the kappa statistic. **Family Medicine**, v.37, n. 5, p. 360-363, 2005.

WELCH, P. D. The use of fast fourier transform for the estimation of power spectra: A method based on time averaging over short, modified periodograms. **IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics**, v. 15, n. 2, p. 70– 73, 1967.

WERRY, I., DAUTENHAHN, K. Applying robot technology to the rehabilitation of autistic children. 7th SYMPOSIUM ON INTELLIGENT ROBOTICS SYSTEMS 1999 (SIRS'99), Coimbra. **Proceedings of the 7th Symposium on Intelligent Robotics Systems**. 8 p.

WHITESIDE, S. P.; PORT, J. D.; ABRAMOWITZ, J. S. A meta-analysis of functional neuroimaging in obsessive-compulsive disorder. **Psychiatry Research: Neuroimaging**, v. 132, n. 1, p. 69–79, 2004.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Questions and answers about autism spectrum disorders (ASD)**. Online Q&A, 2013. Disponível em: <http://www.who.int/features/qa/85/en/> Acesso em: 15 janeiro 2014.

YUEN, C. T.; SAN, W. S.; RIZON, M.; SEONG, T. C. Classification of human emotions form EEG signals using statistical features and neural network. **International Journal of Integrated Engineering**, v. 1, n. 3, p. 71-79, 2009.

ZILBOVICIUS, M.; BODDAERT, N.; BELIN, P.; POLINE, J. B.; REMY, P.; MANGIN, J. F.; THIVARD, L.; BARTHÉLÉMY, C.; SAMSON, Y. Temporal lobe dysfunction in childhood autism: a PET study. **The American Journal of Psychiatry**, v. 157, n. 12, p. 1988-1993, 2000.

ZILBOVICIUS, M.; MERESSE, I.; BODDAERT, N. Autismo: neuroimagem. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, v. 28, n. 1, p. S 21-28, 2006.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Modelo da Carta de Intenção encaminhada à AMAES

Christiane Goulart
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, 16 de julho de 2013.
Assunto: Autorização para desenvolvimento de trabalho com crianças com autismo na AMAES.

Prezados Senhores,

Meu nome é Christiane, sou aluna de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), na área de Biorobótica, orientada pelo Prof. Dr. Teodiano Freire Bastos Filho, e estou desenvolvendo um trabalho de pesquisa que avalia a interação entre as crianças com autismo e um robô móvel, na forma de brinquedos, ao serem expostas aos mesmos.

O objetivo da nossa pesquisa é avaliar as emoções expressas pelas crianças com autismo durante essa interação com o robô. Na pesquisa que queremos desenvolver, colocaremos eletrodos superficiais sobre a cabeça das crianças, com a finalidade de captar os sinais cerebrais elétricos, semelhante a um exame de eletrocardiograma. Todo o procedimento será realizado com equipamento aprovado pela ANVISA e com autorização do Comitê de Ética da UFES, o que implica em segurança dos procedimentos, característica indolor e forma não-invasiva de obtenção dos sinais cerebrais, sem qualquer risco à saúde da criança.

Com a realização dessa pesquisa, pretende-se gerar novas possibilidades, isto é, novas ferramentas pedagógicas que visam a contribuir para o desenvolvimento social das crianças com autismo, estimulando suas habilidades visuais, comunicativas, físicas e um comportamento interativo, de modo a melhorar sua qualidade de vida.

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

Agradecemos antecipadamente a atenção dispensada.
Respeitosamente,

Christiane Mara Goulart
Mestranda do PPGBiotec/UFES

Prof. Dr. Teodiano Freire Bastos Filho
Professor do PPGBiotec/UFES

APÊNDICE B - Acordo de Cooperação com a AMAES

Vitória, 26 de agosto de 2013.

Prof. Dr. Teodiano Freire Bastos Filho
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
Av. Fernando Ferrari, 514
29075-910 Vitória-ES

Prezado Professor,

A Associação dos Amigos dos Autistas (AMAES) concorda em estabelecer um Acordo de Cooperação com o seu Grupo de Pesquisa, com vista à realização de experimentos de pesquisa com crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA) da nossa Associação.

Atenciosamente,

Edirlene Donato Del Pupo
Presidente da Associação dos Amigos dos Autistas do Espírito Santo (AMAES)
Av. Fernando Ferrari, S/N (Goiabeiras)
29016-095 Vitória-ES
Tel.: (27) 3327 1836

Edirlene Donato Del Pupo
Presidenta
AMAES

04.889.668/0001-07
Associação dos Amigos dos Autistas
do Estado do ES Santo
AV: Fernando Ferrari nº 2115
CEP: 29.075041
Vitória -ES

APÊNDICE C - Modelo da Carta de Intenção encaminhada à EMEF-UFES

UFES

Christiane Goulart
Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras.
CEP 29075-910, Vitória – ES.
Universidade Federal do Espírito Santo

Escola Municipal de Ensino Fundamental Experimental de Vitória - UFES
Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras.
CEP 29075-910, Vitória – ES.

Vitória, 11 de fevereiro de 2014.
Assunto: Autorização para desenvolvimento de trabalho com crianças de 7 a 11 anos na Escola Municipal de Ensino Fundamental Experimental de Vitória - UFES.

Prezada Senhora Diretora,

Meu nome é Christiane, sou aluna de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), orientada pelo Prof. Dr. Teodiano Freire Bastos Filho, e estou desenvolvendo um trabalho de pesquisa que avalia o reconhecimento de emoções em crianças, utilizando Eletroencefalografia (EEG).

Nesse projeto de pesquisa que queremos desenvolver, colocaremos eletrodos superficiais sobre a cabeça das crianças, com a finalidade de captar os sinais cerebrais elétricos, semelhante a um exame de eletrocardiograma. Por EEG, tais sinais serão coletados no momento em que as crianças são submetidas a estímulos em forma de fotografias, para que sejam desencadeados os estados emocionais. As fotografias utilizadas foram validadas em um trabalho da Universidade da Flórida – U.S., que desenvolve trabalhos relativos à classificação de estados emocionais.

Todo o procedimento será realizado com equipamento aprovado pela ANVISA e com autorização do Comitê de Ética da UFES, o que implica em segurança dos procedimentos, característica indolor e forma não-invasiva de obtenção dos sinais cerebrais, sem qualquer risco à saúde da criança.

Com a realização dessa pesquisa, pretende-se gerar novas possibilidades, isto é, bancos de dados de sinais cerebrais relativos a emoções de crianças e, posteriormente, utilizá-lo como padrão em pesquisa com crianças com necessidades especiais, tais como aquelas que se enquadram no Transtorno do Espectro Autista. Futuramente, esse projeto poderá contribuir para o desenvolvimento social dessas crianças, de modo a melhorar sua qualidade de vida.

Diante do exposto, solicitamos permissão para que possamos desenvolver essas atividades com crianças na faixa etária de 7 a 11 anos na Escola Municipal de Ensino Fundamental UFES em Vitória-ES. Declaramos, também, que nos colocamos à disposição para o esclarecimento de qualquer dúvida.

Agradecemos antecipadamente a atenção dispensada.
Respeitosamente,

Christiane Mara Goulart
Mestranda do PPGBiotec/UFES

Prof. Dr. Teodiano Freire Bastos Filho
Professor do PPGBiotec/UFES

APÊNDICE D - Acordo de Cooperação com a EMEF-UFES

Vitória, 25 de fevereiro de 2014.

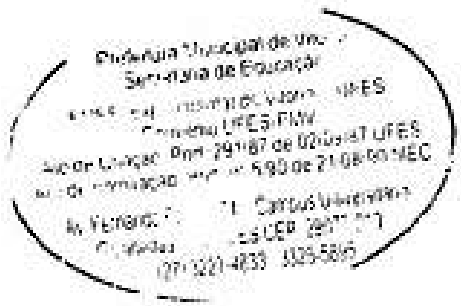
Prof. Dr. Teodiano Freire Bastos Filho
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
Av. Fernando Ferrari, 514
29075-910 Vitória-ES

Prezado Professor,

A Escola Municipal de Ensino Fundamental – UFES concorda em estabelecer um Acordo de Cooperação com o seu Grupo de Pesquisa, com vista à realização de experimentos de pesquisa com as crianças da nossa Escola.

Atenciosamente,

Rosemara Santana Lovati
Diretora da Escola Municipal de Ensino Fundamental Experimental de Vitória – UFES
Av. Fernando Ferrari, 514 (Goiabeiras)
29075-910 Vitória-ES
Tel.: (27) 3227 4833
9887 5 17 81



APÊNDICE E - Modelo do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

NOME DO PACIENTE:
DATA DE NASCIMENTO:
RESPONSÁVEL:
ENDEREÇO:
TELEFONE:

Eu, _____
portador(a) do registro e identidade número_____, responsável pelo paciente_____,
declaro que li e concordo com as afirmações abaixo relacionadas:

1. Título da Pesquisa: Detecção e Caracterização de Estados Emocionais por EEG em Crianças com e sem Autismo e Interação com Robô Móvel.

2. Pesquisadores Responsáveis: Dr. Teodiano Freire Bastos Filho e Christiane Mara Goulart.

3. A pesquisa consiste na aquisição de sinais eletroencefalográficos (impulsos elétricos gerados no córtex cerebral) e exposição de fotografias validadas internacionalmente, as quais desencadeiam estados emocionais.

4. A pesquisa será realizada com os sinais captados do córtex cerebral, através de equipamento comercial de eletroencefalograma.

5. A pesquisa não envolve riscos, pois o exame realizado não requer sedação ou anestesia, bem como não envolve qualquer procedimento invasivo.

6. Terei direito a desistir de participar da pesquisa a qualquer momento sem que isto traga prejuízos a mim ou à pessoa sob a minha responsabilidade.

7. Terei direito a todas as informações pertinentes à pesquisa, mesmo que isto comprometa a minha participação na mesma.

8. Autorizo a divulgação e publicação dos resultados dos exames exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

Confirmo que li e entendi todas as instruções que me foram repassadas pelos coordenadores desta pesquisa e, portanto, dou meu consentimento livre e esclarecido para participar da mesma.

Vitória, ____ de _____ de 2014.

_____
Paciente ou Responsável

_____
Pesquisador Responsável

APÊNDICE F - Licença concedida pelo banco de dados internacional *IAPS*

CSEA IAPS Request Confirmation Página 1 de 1

From: "CSEA" <media@cseamedia.org>
Subject: CSEA IAPS Request Confirmation
Date: Sat, June 22, 2013 6:25 pm
To: tfbastos@ele.ufes.br

Hello, Teodiano Bastos-Filho.

Your request has been received. Please read, print out, sign, scan, and email t
agreement to media@cseamedia.org if you have not already done so.

IAPS Statement of Use

In accepting the IAPS materials, I agree to not to make the IAPS available
to the media (television, magazines, etc.) or to place them on any internet
or computer-accessible websites. I also agree not to publish the IAPS in any
print format-- including JOURNALS, newspapers, etc. I also agree that I will not
provide
the IAPS materials to profit making companies or organizations and I agree not t
distribute my username and password to unauthorized parties.

Name: Teodiano Bastos-Filho
Email: tfbastos@ele.ufes.br

Date _____
Signature _____

*Important- Access to the downloads is only possible after we have
received a signed and scanned copy of the IAPS Statement of Use.

Within 30 days of receiving your signed copy of the IAPS Statement of Use,
you will receive a username and password, and the link to download the IAPS.
This link should not be shared, distributed, or linked to from another website.

If you have any questions or concerns, please contact us at media@cseamedia.org.
Please do not call the CSEA or email other members of our center with matters
pertaining to the request and download of the IAPS. Thank you.

--
Phorm v3.5.2 by Holotech Enterprises http://www.holotech.net/

APÊNDICE G - Certificado de conformidade do *Emotiv EPOC Headset*

TCB

GRANT OF EQUIPMENT AUTHORIZATION

TCB

Certification
Issued Under the Authority of the
Federal Communications Commission
By:

Compliance Certification Services
47173 Benicia Street
Fremont, CA 94538

Date of Grant: 04/28/2010
Application Dated: 04/28/2010

Emotiv Systems Inc
199 New Montgomery Street
Suite 1202
San Francisco, CA 94105

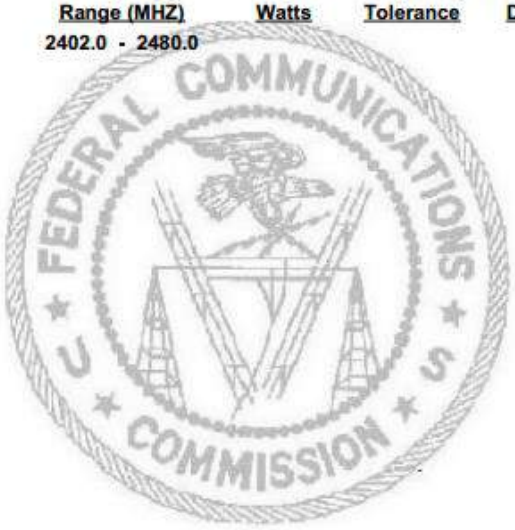
Attention: Geoffrey Mackellar , Research Manager

NOT TRANSFERABLE

EQUIPMENT AUTHORIZATION is hereby issued to the named GRANTEE, and is VALID ONLY for the equipment identified hereon for use under the Commission's Rules and Regulations listed below.

FCC IDENTIFIER: XUE-EPOC01
Name of Grantee: Emotiv Systems Inc
Equipment Class: Part 15 Low Power Transceiver, Rx Verified
Notes: Wireless EEG Headset for PC Interface and Gaming

Grant Notes	FCC Rule Parts	Frequency Range (MHZ)	Output Watts	Frequency Tolerance	Emission Designator
	15C	2402.0 - 2480.0			



APÊNDICE H - Questionário para a validação da aparência do robô

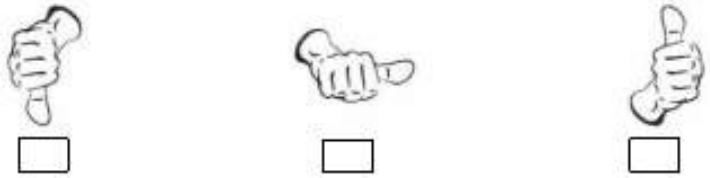
Data: / /14 Criança: Idade:

Questionário para a validação da aparência do robô aplicado a crianças.

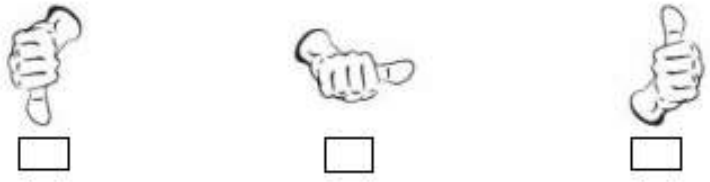
1) Você teve medo do robô?

2) Você gostou da aparência do robô?

3) Você gostou das cores do robô?



4) Você achou o robô bonito?

5) Você achou o robô interessante?

6) Você gostaria de brincar com o robô?