

ESTUDO DE ESTADOS EMOCIONAIS E MENTAIS DE CRIANÇAS COM AUTISMO BASEADO EM EEG NA INTERAÇÃO COM UM ROBÔ MÓVEL

C. M. Goulart *, J. F. Castillo-Garcia**, M. Trauernicht**, C. T. Valadão**, E. M. O. Caldeira**,
T. F. Bastos-Filho***

* Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória - ES, Brasil.

** Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória - ES, Brasil.

e-mail: christiane.goulart@aluno.ufes.br

Resumo: Manifestações de distúrbios cognitivos e neuro-comportamentais caracterizam o Transtorno do Espectro Autista (TEA). Indivíduos com TEA possuem dificuldade em compreender e expressar emoções, o que torna o estudo de seus sinais cerebrais relevante para identificar e compreender seus estados emocionais. Robôs móveis a rodas têm sido utilizados, de forma pedagógica, para interagir com crianças com esse transtorno. Avaliar seus estados mentais por EEG durante essa interação permite verificar o efeito cognitivo e social que o robô exerce sobre a criança. Os objetivos deste trabalho são utilizar informação de sinais cerebrais para identificar estados emocionais e mentais de crianças com TEA durante sua interação com um robô móvel, além de avaliar essa interação usando os métodos *Goal Attainment Scaling (GAS)* e *System Usability Scale (SUS)*. Os resultados preliminares mostraram que é possível identificar emoções por EEG. Foi possível também avaliar a atividade cerebral de crianças no início da interação com um robô móvel, através dos ritmos alfa e beta. As escalas *GAS* e *SUS* indicaram que o robô pode ser uma potencial ferramenta terapêutica na interação com crianças com TEA.

Palavras-chave: TEA, Estados Emocionais, EEG, Robô Móvel.

Abstract: *Manifestations of cognitive and neurobehavioral disorders characterize Autism Spectrum Disorder (ASD). Individuals with ASD have difficulty in understanding and expressing emotions, making the study of their brain signals relevant to identify and understand their emotional conditions. Mobile robots have been used, in a pedagogical way, to interact with children with this disorder. Thus, evaluating their mental conditions through EEG signals, during this interaction, allows the assessment of cognitive and social effects that the robot may cause on the child. The goals of this work are to use information about brain signals to identify emotional conditions to identify emotional and mental conditions during their interaction with a mobile robot, in addition to evaluate this interaction using GAS and SUS methods. Preliminary results showed that it is possible to identify*

emotions by EEG. It was also possible to evaluate brain activity of children in the beginning of the interaction with the robot, through alpha and beta rhythms. GAS and SUS scales indicated that robot may be a potential therapeutic tool of interaction for children with ASD.

Keywords: ASD, Emotion Condition, EEG, Mobile Robot.

Introdução

Dentre as características associadas ao Transtorno do Espectro Autista (TEA) destacam-se déficits sociais na comunicação e na produção e percepção de expressões afetivas [1]. A prevalência média global do TEA é 1 em cada 160 crianças [2]. Sua etiologia não é especificada e, ainda, não há cura para essa condição, mas existem tratamentos, em nível comportamental, que podem melhorar a qualidade de vida e a independência desses indivíduos [1].

Além da intervenção humana, a robótica social tem sido utilizada como uma ferramenta para terapia pedagógica e estímulo de habilidades sociais e de comunicação em crianças com TEA [3]. Muitos estudos mostram que a interação entre essas crianças e robôs auxilia a interação com pais, cuidadores e outras pessoas [3].

Diferenciar categorias de emoção não é trivial, pois a demonstração das emoções é diferente para cada indivíduo. Russell [4] propõe um modelo bidimensional de emoção com eixos horizontal (valência) e vertical (excitação), argumentando que todas as emoções podem ser alocadas no espaço de valência-excitação, o que favorece uma descrição quantitativa das emoções.

Estados emocionais e mentais podem ser evidenciados por sinais elétricos cerebrais e têm sido amplamente estudados e avaliados pela técnica de EEG, a qual é um registro da atividade elétrica neuronal do córtex cerebral por meio de eletrodos dispostos no crânio. Ritmos de EEG originam-se de potenciais sinápticos excitatórios e inibitórios nos neurônios corticais e, dentre eles, destacam-se os ritmos *alpha* (8–13 Hz) e *beta* (13–30 Hz) [5]. Essa técnica é utilizada neste trabalho para identificar estados emocionais e

avaliar estados mentais em crianças com TEA e tipicamente desenvolvidas (TD) (grupo controle).

Materiais e métodos

Identificação e classificação de estados emocionais

Foram realizados testes de identificação de emoções através do registro sinais cerebrais por EEG com 13 crianças TD, com faixa etária entre 7 e 11 anos, e 2 crianças com TEA de 7 e 8 anos.

Os testes foram realizados em consonância com os aspectos éticos inerentes à pesquisa com seres humanos, estabelecidos na Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, e em suas normas complementares, aprovados pelo Comitê de Ética da UFES (números 213/10 e 048/08). Além disso, os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido foram assinados por todos os responsáveis legais das crianças que aceitaram e permitiram a participação na pesquisa.

Os estímulos emocionais utilizados foram 15 fotografias coloridas validadas de um banco de dados internacional, denominado IAPS (*The International Affective Picture System*) [6]. Essas fotografias foram divididas em três classes (cada uma contendo cinco fotos), de acordo com o modelo bidimensional de valência-excitação: passivo-neutro, positivo-ativo e negativo-ativo (Figura 1). Nesse modelo bidimensional, em uma escala de 1 a 9, a valência varia de negativo para positivo (ou desagradável para agradável), enquanto que a excitação varia de passivo (ou calma) para ativo (ou animado).

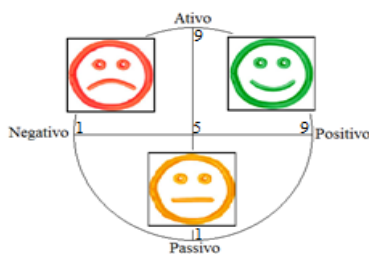


Figura 1. Modelo valência-excitação do experimento.

As imagens foram apresentadas uma a uma à criança sentada em frente a um computador, com os olhos a uma distância de aproximadamente 80 cm da tela. Cada figura foi exibida à criança aleatoriamente durante 6 segundos, com subsequente exibição de uma tela com o sistema de autoavaliação *SAM* (*Self-Assessment Manikin*) [6], para que a criança pudesse classificar as imagens de acordo com os próprios sentimentos. Ao fim da autoavaliação, uma tela preta foi exibida durante 2 segundos.

À medida que as figuras eram mostradas às crianças, seus sinais elétricos cerebrais eram captados pela técnica de EEG. O equipamento utilizado foi o *Emotiv EPOC* [7], sem fios, composto por 14 canais (F3, F4, AF3, AF4, F7, F8, FC5, FC6, T7, T8, P7, P8, O1 e O2), colocado sobre o couro cabeludo da criança.

Na fase de processamento dos sinais, para a extração de características, foi utilizado um subconjunto de características combinadas: SFT+PSD (*Statistical Features of Time e Power Spectral Density*, respectivamente), além do WPS (*Wavelet Power Spectral*), e quatro métodos de classificação: SVM, K-NN, LVQ e LDA (*Support Vector Machine, K-Nearest Neighbours, Learning Vector Quantisation e Linear Discriminant Analysis*, respectivamente). Segundo [8], a precisão média considerada relevante para a classificação de três classes de emoção deve ser maior do que 74%, com um coeficiente de *kappa*: $k = 0,61$, o que permite uma análise de concordância entre os valores etiquetados (baseados na escala *SAM*) e os valores oriundos dos sinais cerebrais gerados.

Interação de crianças com TEA com robô móvel

Quatro crianças, duas TD e duas com TEA (idades entre 7 e 8 anos) participaram deste experimento.

Utilizando o *Emotiv EPOC*, os sinais cerebrais das crianças foram captados e os ritmos alfa e beta foram analisados, a fim de verificar o estado mental durante a interação com o robô móvel.

Para estabelecer a interação entre o robô e as crianças, o modelo robótico utilizado neste estudo é o PIONNER 3-DX, ao qual foi adaptada uma estrutura lúdica (Figura 2), além de um monitor de vídeo e um sistema de som (a fim de atrair a atenção da criança), e uma câmera de vídeo para capturar imagens do rosto da criança. Um sensor laser também é utilizado para a detecção e localização automática da criança, de modo que se possa estabelecer uma distância mínima de segurança para a interação. Assim, o robô, inicialmente, se aproxima e se afasta da criança, exibindo imagens e sons, estimulando o início de uma interação, na forma de brincadeira [9].

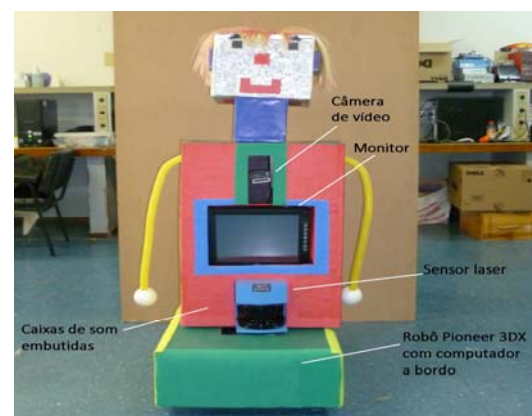


Figura 2. Modelo robótico com sua imagem lúdica.

Para a avaliação da eficiência da interação entre o robô móvel e a criança foram propostos os métodos *GAS* e *SUS*. No método *GAS*, que avalia o sucesso da interação entre a criança e o robô, duas tarefas foram propostas a fim de avaliar a interação da criança com TEA: olhar e tocar o robô. O *SUS* mede e classifica a facilidade de uso do robô móvel como ferramenta

interativa para crianças com TEA. Tais métodos estão abordados e descritos em [1].

Resultados

Identificação e classificação de estados emocionais

Nos testes de identificação de emoções por EEG realizados com crianças TD, somente foram aproveitados os sinais de oito crianças, devido à presença de artefatos nos sinais das demais crianças. Para crianças com TEA, foram aproveitados os sinais das duas crianças.

Foram analisadas nove configurações de eletrodos, expressados pelas letras A (*All*); R (*Right*); L (*Left*); F (*Frontal*); O (*Occipital*); e P (*Parietal*) (Figuras 3 e 4).

Para o grupo de crianças TD, para três classes de emoções, o melhor resultado foi obtido pelo par PSD+SFT / KNN com precisão de 50,38% e $k = 0,17$ (Figura 3). Já, para o grupo de crianças com TEA, o melhor resultado obtido foi pelo par WPS / LDA, com uma taxa de acurácia de 50% e $k = 0,23$ (Figura 4).

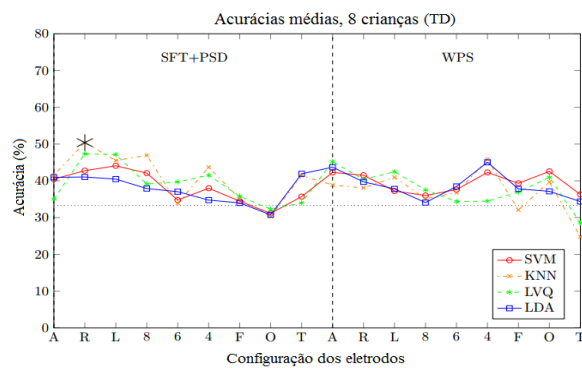


Figura 3. Valores médios da acurácia em todas as configurações de eletrodos para crianças TD.

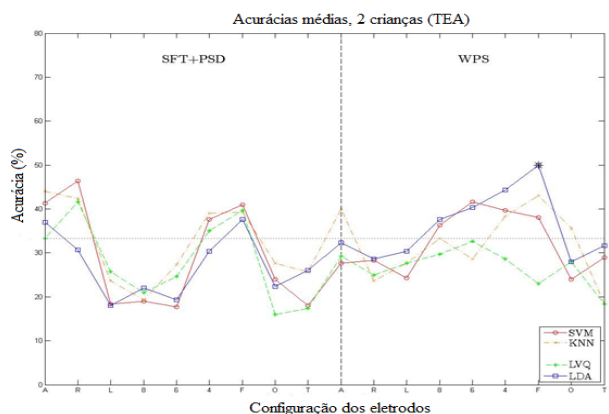


Figura 4. Valores médios da acurácia em todas as configurações de eletrodos para crianças com TEA.

Interação de crianças com TEA com robô móvel

Neste experimento, devido aos movimentos corporais variados realizados pelas crianças (o que implicou na geração de numerosos artefatos nos sinais), foi registrada a atividade cerebral (ritmos alfa e beta) de apenas uma criança com TEA, no momento em que a

criança observava o robô, sentada e imóvel (Figura 5).

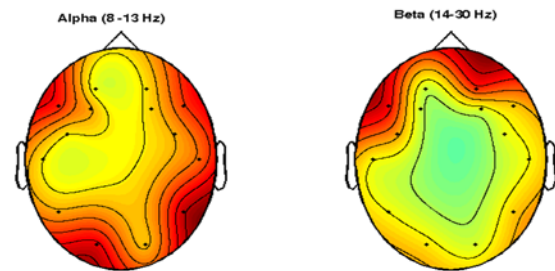


Figura 5. Ativação cerebral caracterizada pelos ritmos alfa e beta de uma criança com TEA no início da interação com o robô móvel.

Os métodos de avaliação da interação entre a criança e o robô móvel foram GAS e SUS, cujos resultados são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores obtidos com a aplicação dos métodos de avaliação da interação criança-robô: GAS e SUS.

	GAS	SUS
Crianças com TEA	56,2	60
Crianças TD	71,7	66,25
Média total	63,5	63,13

Discussão

Identificação e classificação de estados emocionais

Os resultados preliminares obtidos pelos dois grupos (Figuras 3 e 4), com valores médios de 50%, foram inferiores aos valores de referência e, especificamente, os valores de k indicaram uma baixa concordância entre as etiquetas e os valores originados dos sinais das crianças analisadas.

A maior contribuição oriunda dos eletrodos sobre o hemisfério direito, para o grupo de crianças TD, pode estar relacionada a um conteúdo emocional relevante para estímulos negativos, o que é relatado em [10, 11]. Para o grupo de crianças com TEA, a região do córtex frontal conteve informações mais discriminativas para classificar os sinais cerebrais processados em três classes emocionais. Essa região do cérebro possui funções diretamente relacionadas às emoções [12].

O classificador foi treinado com base nos dados rotulados pela própria emoção relatada pelos indivíduos por meio do SAM. Para explicar os resultados inferiores ao especificado por [8], são citadas possíveis razões, tais como, quantidade insuficiente de imagens testadas para um eficiente treinamento e teste do sistema; presença de variáveis ambientais, como a presença de artefatos e movimentos corporais, que contribuem para o surgimento de ruídos, influenciando a qualidade do sinal; pequeno número de voluntários, o que pode altamente influenciar o cálculo das médias, favorecendo a obtenção de valores atípicos ou dados tendenciosos. Além disso, considerando que a resposta emocional esperada pode não ser evocada pela imagem

selecionada, uma vez que o mesmo estímulo pode provocar diferentes emoções [13], torna-se difícil igualar as regiões cerebrais ativadas às emoções evocadas pelas imagens.

Interação de crianças com TEA com robô móvel

Como observado na Figura 5, as regiões mais intensas representam as regiões mais ativadas. Os ritmos alfa são encontrados sobre a região occipital do cérebro, refletindo o processamento visual [5], o que explica uma maior ativação evidenciada nessa área na figura. Já os ritmos beta são registrados nas regiões central e frontal [5]. Observa-se que a região central encontra-se com baixa ativação, o que pode ser explicado pela ausência de movimentação da criança no início da interação. Estes resultados prévios avaliados não são conclusivos, devido ao registro de sinais obtidos de apenas uma criança. No entanto, percebe-se a possibilidade da análise da atividade cerebral por EEG no início da interação.

Com relação à avaliação GAS, valores maiores que 50 refletiram um desempenho acima do nível esperado [1], ou seja, de um modo geral, as crianças desempenharam as atividades avaliadas, superando as expectativas. 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 o caso de uma criança com TEA que transpareceu certo receio de interagir com o robô. No entanto, as outras crianças manifestaram curiosidade e uma interação efetiva, tocando e brincando com o robô, através da mobilidade deste.

A avaliação SUS foi realizada pelos pais das crianças que acompanharam o experimento. Os valores obtidos abaixo de 68 foram considerados inferiores à média [1], inferindo a necessidade de algumas melhorias no sistema robótico, como, por exemplo, o aumento de sua autonomia e inclusão de sistemas de voz artificial, de forma a melhorar a interação com a criança.

Conclusão

Diante do exposto neste trabalho, constatou-se a utilidade dos sinais cerebrais na identificação de estados emocionais e mentais utilizando EEG. Foi verificada a possibilidade de avaliar a atividade cerebral por EEG usando os ritmos alfa e beta, podendo a atividade cerebral ser um método conveniente de avaliação da influência que a interação com o robô móvel exerce sobre crianças com TEA. No entanto, é importante salientar a necessidade da realização de mais estudos no âmbito da identificação e classificação de estados emocionais, pesquisando outros métodos de extração de características e classificadores, que garantam uma maior taxa de acurácia.

O robô utilizado nos testes ainda é um protótipo e mais testes com crianças serão realizados. A escala GAS indicou a ocorrência de uma interação positiva entre as crianças com TEA e TD e o robô móvel. A partir da análise prévia da escala SUS, verificou-se a necessidade

de melhorias no sistema robótico, para que o robô se torne uma ferramenta efetiva para ser utilizada no tratamento pedagógico de crianças com TEA.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e à CAPES pelas bolsas de estudo e pesquisa.

Referências

- [1] Goulart C, Garcia JFC, Valadão C, Trauernicht M, Caldeira FMO, Bastos-Filho, TF. Proposal of Evaluation Methods of Interaction between a Mobile Robot and Children with Autism Spectrum Disorder. In: 5th IEEE BioSIGNALS and Biorobotics Conference (BRC 2014), 2014; p. 6 pg.
- [2] 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/>
- [3] Kim ES, Berkovits LD, Bernier EP, Leyzberg D, Shic F, Paul R and Scassellati B. Social robots as embedded reinforcers of social behavior in children with autism, *J Autism Dev Disord.* 2013; vol. 43, pp. 1038–1049.
- [4] Russell JA. A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology.* 1980; vol. 39, no 6, pp. 1161-1178.
- [5] Nicolas-Alonso LF and Gomez-Gil J. Brain Computer Interfaces, a Review. *Sensors.* 2012; 12(2): p. 1211-1279.
- [6] Lang PJ, Bradley MM & Cuthbert BN. International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. Technical Report A-8. University of Florida, Gainesville, FL. 2008.
- [7] Emotiv. EEG Specifications, 2013. Disponível em: http://www.emotiv.com/eeg/download_specs.php
- [8] Castillo J, Caicedo E, Bastos T. Interfaz Cerebro Computador Adaptativa Basada en Agentes de Software. XX Congresso Brasileiro de Automática - CBA 2014, pp. 1-6, 2014.
- [9] Castillo J, Goulart C, Valadão C, Caldeira E, Bastos T. Robótica Móvil: Una Herramienta para Interacción de Niños con Autismo. In VII Congreso Iberoamericano de Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad - IBERDISCAP, 2013; v. 1, pp. 222-228.
- [10] Anders S, Lotze M, Erb M, Grodd W and Birbaumer N. Brain activity underlying emotional valence and arousal: A response-related fmri study. *Human Brain Mapping.* 2004; vol. 23, no. 4, pp. 200–209.
- [11] Schmidt LA, Trainor LJ, Louis C, Schmidt A, Trainor LJ and Of D. Frontal brain electrical activity (eeg) distinguishes valence and intensity of musical emotions. *Cognition and Emotion.* 2001; pp. 487–500.
- [12] Bastos-Filho TF, Ferreira A, Atencio AC, Arjunan S, Kumar D. Evaluation of Feature Extraction Techniques in Emotional State Recognition. Intelligent 4th International Conference on Human Computer Interaction (IHCI), 2012, pp.1-6.
- [13] Lewis M. The Emergence of Human Emotions. Developmental Changes. *Handbook of Emotions.* 3rd ed. New York: The Guilford Press, pp. 304-319, 2008.