



APLICAÇÃO DO FASTICA NA REMOÇÃO DE ARTEFATOS EM SINAIS DE EEG DE INDIVÍDUOS COM TEA E CONTROLE

Jéssica Franzon Cruz do Espírito Santo, Caroline Pires Alavez Moraes, Aline Neves

Engenharia da Informação, Universidade Federal do ABC, Santo André-SP, Brasil,
e-mail: jessica.franzon@ufabc.edu.br

Resumo: Este trabalho analisou a aplicação do FastICA, na remoção de artefatos em sinais de EEG de indivíduos com TEA e controles neurotípicos. Foram utilizados registros de 28 participantes, submetidos à filtragem, re-referenciamento por CAR e decomposição em componentes independentes. O FastICA identificou principalmente artefatos musculares e ruídos de canal, contribuindo para reduzir interferências dos sinais e apoiar etapas posteriores de extração de atributos e classificação automatizada em estudos sobre o TEA.

Palavras-chave: Transtorno do Espectro Autista; Separação Cega de Fontes; FastICA.

INTRODUÇÃO

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) envolve alterações do neurodesenvolvimento relacionadas à comunicação, à interação social e a padrões comportamentais restritos ou repetitivos (Santo et al., 2021). Embora o diagnóstico seja essencialmente clínico, métodos complementares têm sido investigados, entre eles a eletroencefalografia (EEG), técnica não invasiva que registra a atividade elétrica cerebral (Li et al., 2024).

A análise de EEG requer filtragem e remoção de artefatos para reduzir ruídos e preservar padrões relevantes, especialmente em estudos sobre TEA, nos quais alterações nas bandas delta, alfa e gama têm sido relatadas (Wang et al., 2013). Assim, este trabalho analisou a aplicação do FastICA na remoção de artefatos em sinais de EEG de indivíduos com TEA e controles neurotípicos.

SEPARAÇÃO CEGA DE FONTES

A Análise de Componentes Independentes (ICA, do inglês *Independent Component Analysis*) consistiu em uma técnica de Separação Cega de Fontes amplamente utilizada no processamento de sinais de EEG. Seu objetivo foi decompor os sinais observados em componentes estatisticamente independentes, favorecendo a separação entre atividade neural e interferências fisiológicas ou instrumentais (Hyvarinen et al., 2001).

No modelo linear clássico, o sinal observado foi representado por:

$$\mathbf{x}(t) = \mathbf{A}\mathbf{s}(t), \quad (1)$$

em que $\mathbf{x}(t)$ são os sinais observados, $\mathbf{s}(t)$ às fontes independentes e $\mathbf{A}$ a matriz de mistura.

Antes da estimação das componentes independentes, o FastICA realiza a centralização e o branqueamento dos dados. Após o ajuste dos sinais para média zero, a matriz de covariância é decomposta em autovalores e autovetores, em que podemos calcular a matriz $\mathbf{V}$ para determinar uma matriz de branqueamento que irá auxiliar o algoritmo baseado em ICA. Dessa forma a matriz $\mathbf{V}$ é uma matriz linear invertível e pode ser descrita pela expressão:

$$\mathbf{V} = \mathbf{E} \mathbf{D}^{-1/2} \mathbf{E}^T \quad (2)$$

onde $\mathbf{E}$ é uma matriz ortogonal cujas colunas são os autovetores e $\mathbf{D}$ é uma matriz diagonal com os autovalores da matriz de correlação de $\mathbf{x}(t)$.

Assim, o sinal branqueado é descrito por:

$$\mathbf{z}(t) = \mathbf{V}\mathbf{x}(t) \quad (3)$$

Após o branqueamento, obteve-se o vetor transformado $\mathbf{z}(t)$, utilizado na estimação da matriz de separação $\mathbf{W}$. Assim, a ICA buscou estimar:

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{W}\mathbf{z}(t), \quad (4)$$

de modo que as componentes estimadas em $\mathbf{y}(t)$ fossem o mais independentes possível entre si.

FASTICA

O FastICA (*Fast Independent Component Analysis*) é um algoritmo de Separação Cega de Fontes que estima componentes independentes a partir da maximização da não gaussianidade. Com base no Teorema do Limite Central, o método assume que misturas de fontes independentes tendem a ser mais gaussianas do que as fontes originais. Assim, ao buscar projeções com maior não gaussianidade, o FastICA favorece a recuperação das componentes independentes (Hyvarinen; Oja, 2001).



MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados sinais de EEG do *Dataset 1* do conjunto *Data for Electrophysiological Signatures of Brain Aging in Autism Spectrum Disorder*. A amostra analisada incluiu 28 participantes, sendo 14 com TEA e 14 controles neurotípicos, todos com 15 canais em comum e idades entre 36 e 74 anos. Os sinais foram submetidos à filtragem passa-banda de 1–100 Hz e ao re-referenciamento por *Compute Average Reference* (CAR) (Angulo-Ruiz et al., 2023).

REMOÇÃO DE ARTEFATOS

Após as etapas de filtragem e re-referenciamento, aplicou-se o algoritmo FastICA para decompor os sinais de EEG em componentes independentes. Essa etapa teve como objetivo separar a atividade neural de possíveis interferências fisiológicas e instrumentais, como ruídos de canal, atividade muscular, interferências cardíacas e piscadas oculares.

Na inspeção dos componentes estimados, optou-se por não remover automaticamente os componentes associados à piscada ocular (*eye blink*), considerando que esse padrão poderia conter informações potencialmente relevantes para a diferenciação entre indivíduos com TEA e controles neurotípicos. Dessa forma, o FastICA foi utilizado como etapa central de remoção e análise de artefatos, contribuindo para a preparação dos sinais destinados às etapas posteriores de extração de atributos e classificação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na etapa de remoção de artefatos, o FastICA decompôs os sinais de EEG em componentes independentes, permitindo identificar fontes associadas a interferências fisiológicas e instrumentais. Considerando os 28 participantes analisados, foram identificados 199 componentes artefatuais. Em média, os artefatos musculares foram os mais frequentes, com 3,61 componentes por participante, seguidos por ruídos de canal, com média de 2,14, ruído de linha, com média de 1,25, e atividade cardíaca, com média de 0,11, conforme apresentado na Tabela 1.

Esses resultados indicaram maior sensibilidade do FastICA à identificação de artefatos musculares e ruídos de canal. Os componentes associados à piscada ocular (*eye blink*) não foram removidos automaticamente, considerando seu possível valor informativo para a diferenciação entre indivíduos com TEA e controles neurotípicos (Kang et al., 2020). Além disso, o FastICA tem um custo computacional baixo, convergindo rapidamente, em torno de 72 segundos por sujeito.

Tabela 1. Média de componentes artefatuais identificados pelo FastICA por participante.

Tipo de artefato	Quantidade média de artefatos
Artefato muscular	3,61
Ruído de canal	2,14
Ruído de linha	1,25
Atividade cardíaca	0,11

CONCLUSÃO

Este trabalho analisou a aplicação do algoritmo FastICA na remoção de artefatos em sinais de eletroencefalograma de indivíduos com Transtorno do Espectro Autista e controles neurotípicos. Os resultados demonstraram que o método convergiu rapidamente e permitiu identificar componentes associados a diferentes tipos de interferências fisiológicas e instrumentais, com maior ocorrência de artefatos musculares e ruídos de canal.

Em conjunto, os achados reforçaram a importância das etapas de pré-processamento na análise de sinais de EEG e evidenciaram o potencial do FastICA como estratégia de apoio à preparação dos dados para estudos voltados à identificação de padrões neurofisiológicos associados ao TEA. Como trabalhos futuros, pretende-se ampliar a análise com novas estratégias de remoção de artefatos, extração de atributos e classificação automatizada.

REFERÊNCIAS

- ANGULO-RUIZ, B. Y. et al. Linear and non-linear analyses of EEG in a group of ASD children during resting state condition. *Brain Topography*, v. 36, p. 736–749, 2023.
- HYVARINEN, A.; KARHUNEN, J.; OJA, E. *Independent Component Analysis*. New York: John Wiley & Sons, 2001. ISBN 0-471-22131-7.
- KANG, J. et al. The identification of children with autism spectrum disorder by SVM approach on EEG and eye-tracking data. *Computers in Biology and Medicine*, 2020.
- LI, J. et al. Identification of autism spectrum disorder based on electroencephalography: a systematic review. *Computers in Biology and Medicine*, 2024.
- SANTO, J. et al. Home automation for people with autism spectrum disorder. In: *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2021*. Cham: Springer, 2021. p. 119–141. Conference paper.
- WANG, J. et al. Resting state EEG abnormalities in autism spectrum disorders. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, v. 5, p. 24, 2013.