

ESTUDO DA CONECTIVIDADE CÉREBRO-CORAÇÃO DURANTE DIFERENTES EXIGÊNCIAS COGNITIVAS POR MEIO DA ANÁLISE DA ENTROPIA CARDÍACA

Anna Carolina Huppel de Souza² (PIBIC/CNPq/UEM), Isabela Yurie Uemura Moniwa² (PIBIC/CNPq/UEM), Weverson Vieira do Nascimento⁴, Amanda Vido³(CAPES), Antônio Pereira Jr.⁴, Felipe de Oliveira Matos¹ (Orientador). E-mail: fomatos@uem.br

¹Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Biológicas, Maringá, PR.

²Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências da Saúde, Maringá, PR.

³Universidade Estadual de Londrina, Centro de Educação Física e Esportes, Londrina, PR.

⁴Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Belém, PA.

Ciências Biológicas, Fisiologia/Neurofisiologia

Palavras-chave: entropia; frequência cardíaca; funções executivas.

RESUMO

A entropia, na teoria da informação, é uma medida da complexidade da mensagem utilizada para avaliar sistemas cuja origem da informação é não linear. O presente estudo objetivou avaliar a conectividade entre cérebro e coração, durante a realização de tarefas de funções executivas (FE), por meio das medidas de entropias “Amostrada” (SampEn) e “Multiescala-multinível redefinida” (MSE). Para tal, 28 idosos responderam a três testes de funções executivas e tiveram sua frequência cardíaca registrada continuamente ao longo das tarefas. Nossos resultados mostraram que a análise da entropia foi capaz de detectar diferenças na conectividade cérebro-coração durante os testes de FE, sendo a MSE mais sensível às demandas de esforço cognitivo e a SampEn capaz de diferenciar as FEs.

INTRODUÇÃO

A Entropia é um parâmetro de imprevisibilidade que é medido pelo grau de desordem de um sistema (Castiglioni *et al.*, 2020). É utilizada como ferramenta em pesquisas que avaliam sistemas de informação cujos dados originam-se de condições não lineares. Portanto, é considerada uma opção adequada para avaliação da conectividade entre cérebro e coração (Silva, 2013).

O eixo cérebro coração é um sistema que interliga respostas a estímulos com efeito regulatório sobre a frequência cardíaca (FC). É comandado pelo Sistema Nervoso Autônomo como uma via de direção dupla. Portanto, compõe um sistema complexo que se altera imprevisivelmente conforme demanda das tarefas (Magnon *et al.*, 2022).

As funções executivas (FE) são processos mentais que auxiliam no desenvolvimento de tarefas. As FE, são compostas por 3 domínios, memória

operacional, controle inibitório e flexibilidade comportamental. O principal componente neuronal das FE é o córtex pré-frontal, o qual está intrinsecamente ligado à rede autonômica central, que controla a FC. Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar a entropia cardíaca durante a execução de tarefas de FE como forma de avaliar a conectividade do eixo cérebro-coração.

MATERIAIS E MÉTODOS

Estudo descritivo, exploratório e comparativo.

Amostra

Sob aprovação do Comitê de Ética da Universidade Estadual de Maringá (parecer 1.161.402), vinte e oito idosos saudáveis participaram da pesquisa (sendo 23 mulheres e 5 homens), com idade $66,71 \pm 7,64$ anos. Todos os procedimentos experimentais tiveram início após a assinatura do TCLE.

Procedimentos experimentais

Os participantes responderam a uma anamnese e passaram por uma etapa de familiarização nos testes computadorizados para garantir que todos os idosos estavam aptos a utilizar o computador.

Avaliação cognitiva

Três tarefas cognitivas computadorizadas foram apresentadas por meio do software *Presentation* (©Neurobehavioral system). A primeira foi o N-Back Espacial, composto por três níveis progressivos, que avaliam a capacidade da memória operacional. O desempenho foi medido pelos erros e acertos durante o teste.

A segunda tarefa foi o *Stroop Color* versão Victória, que avalia a atenção seletiva e o controle inibitório. O teste é composto por três níveis, em que o primeiro apresenta as cores e avalia a capacidade descritiva do participante, o segundo são palavras neutras escritas nas cores apresentadas anteriormente, e o terceiro nível são apresentadas palavras (nomes de cores) em cores conflitantes aos nomes escritos. O desempenho foi avaliado por meio do número de erros nos níveis 2 e 3, e pelo tempo das respostas.

A última tarefa foi o teste de Cartas de Wisconsin, cujo objetivo é avaliar a flexibilidade comportamental. São apresentadas 4 cartas contendo imagens em quantidade e cores diferentes, e o avaliado deve combinar uma quinta carta com uma das cartas estímulo. A cada 10 cartas a estratégia de combinação é alterada sem aviso e o participante deve perceber e encontrar uma nova forma de combinar as cartas. O desempenho é avaliado pelo número de erros total e perseverativos até que o sujeito encontre uma nova estratégia para combinar as cartas.

Frequência cardíaca (FC)

A FC foi registrada continuamente durante a execução das três tarefas cognitivas por meio de um cardiofrequencímetro modelo V800 (Polar®, Finlândia). Os intervalos R-R foram analisados offline por meio do software Kubios HRV versão

3.4.2 e um código construído em Python. Os dados foram filtrados e interpolados a 0.4Hz. Sinais com ruído superior a 5% foram excluídos das análises. Foram utilizados dois tipos de entropia, “SampEn” (entropia amostral) e MSE (entropia multiescala-multinível refinada), com o objetivo de verificar qual seria mais sensível às variações na comunicação do eixo cérebro-coração durante tarefas de funções executivas.

Análise estatística

Foram verificadas as distribuições Gaussianas das variáveis por meio do teste de Shapiro-Wilk e realizadas as análises descritivas contendo medidas de tendência central e dispersão. Para variáveis de distribuição normal realizamos ANOVA para medidas repetidas, com posthoc de Sidak, para verificar as diferenças entre a entropia apresentada nos níveis dos testes e entre tarefas. Para dados não paramétricos utilizamos teste de Friedman seguido de Wilcoxon. O nível de significância adotado foi de 95% e os todos os procedimentos estatísticos foram realizados no software SPSS versão 21.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após filtrar os dados das FC, sinais de 20 participantes foram utilizados para as análises das entropias SampEn e MSE. Na figura 1 são mostradas as entropias SampEn (A) e MSE (B) comparadas entre níveis do teste N-back (primeira linha), Stroop (segunda linha) e entre os níveis de maior dificuldade das tarefas N-back, Stroop e Cartas de Wisconsin.

Foram identificadas diferenças entre os níveis dos testes N-back ($p = 0,009$) e Stroop ($p < 0,001$) por meio da MSE (B). As diferenças observadas pelo posthoc de Sidak são apresentadas na figura 1. Quando comparadas as entropias expressadas durante os três testes de FEs, foram detectadas diferenças entre testes por meio da SampEn ($p = 0,004$). As diferenças entre testes podem ser observadas na figura 1.

Nossos resultados com uma amostra de idosos corroboram outro estudo em adultos jovens, que verificou que a MSE foi o método mais adequado para a análise da entropia cardíaca relacionada à atividade neural durante tarefas de FEs (Bouny *et al.*, 2021). Pressupondo o efeito neurodegenerativo decorrente do envelhecimento, o qual traz como uma de suas consequências a redução da variabilidade da frequência cardíaca e, portanto, da complexidade da conectividade cérebro-coração, nossos resultados mostraram que as entropias SampEn e MSE foram sensíveis às alterações da FC decorrentes das demandas cognitivas. Assim, consideramos que, ao utilizarmos em conjunto diferentes métodos de análise da entropia, é possível estudar a complexidade da comunicação do eixo cérebro-coração em idosos.

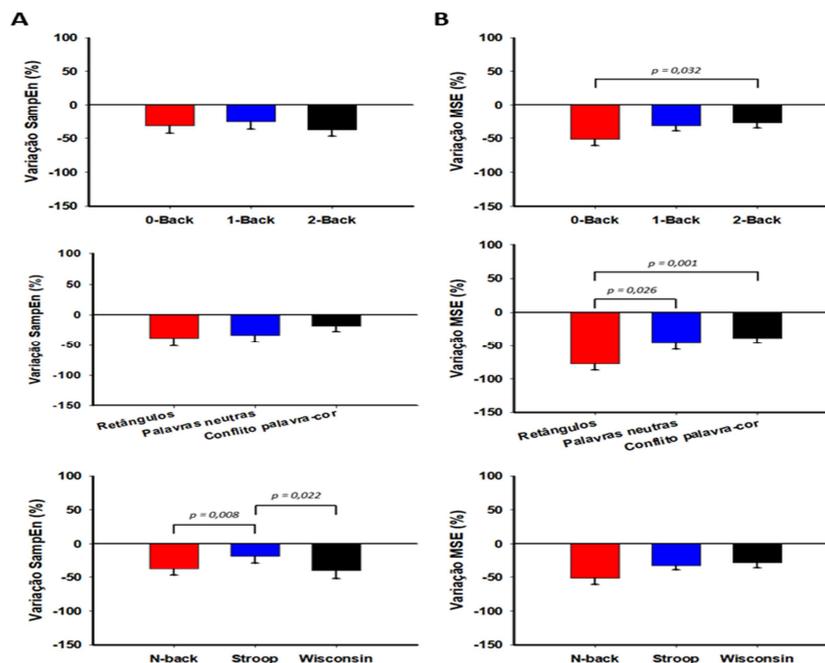


Figura 1 – Comparações entre as entropias SampEn (A) e MSE (B) apresentadas entre nos níveis dos testes N-back, Stroop, e entre as três tarefas.

CONCLUSÕES

Concluimos que a MSE foi melhor para detectar diferenças entre níveis de demanda cognitiva das FEs, enquanto a SampEn parece ser mais sensível para detectar diferenças entre domínios das FE.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq

REFERÊNCIAS

- BOUNY, P. et al. Entropy and multifractal-multiscale indices of heart rate time series to evaluate intricate cognitive-autonomic interactions. **Entropy**. Basel, Switzerland, v. 23, n. 6, p. 663, set. 2021. <https://doi.org/10.3390/e22091005>
- CASTIGLIONI, P.; FAES, L.; VALENZA, G. J. E. Assessing complexity in physiological systems through biomedical signals analysis. **Entropy**. Basel, Switzerland, v. 22, n. 9, 1005, set. 2020. <https://doi.org/10.3390/e22091005>
- MAGNON, V. et al. Does heart rate variability predict better executive functioning? A systematic review and meta-analysis. **Cortex**, v. 155, p. 218-236, out. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2022.07.008>
- SILVA, L. E. V. D. **Análise do sinal de variabilidade da frequência cardíaca através de estatística não extensiva: taxa de q-entropia multiescala**. 2013. Tese (Doutorado em Física Aplicada à Medicina e Biologia) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2013. doi:10.11606/T.59.2013.tde-22032013-114045. Acesso em: 2023-09-20.