

REGISTRO DE SINAIS DE ELETROENCEFALOGRAFIA PARA DETECÇÃO DAS RESPOSTAS AUDITIVAS DE REGIME PERMANENTE

Cesar Augusto Botazini dos Santos¹, Henrique Bazoni², Ysabella Rezende Carlos³, Thomaz
Rodrigues Botelho⁴, Ricardo Carminati de Mello⁵, Tiago Zanotelli⁶
Engenharias

Introdução e Objetivo

O Censo de 2022 no Brasil indicou que cerca de 2,5 milhões de pessoas (1,2% da população) têm dificuldades auditivas, mesmo com o uso de aparelhos auditivos (IBGE, 2022). A deficiência auditiva é a deficiência sensorial mais comum, e a detecção precoce é crucial para tratamentos eficazes, como implantes ou próteses auditivas.

A Resposta Auditiva de Regime Permanente (ASSR) é uma técnica neurofisiológica valiosa para avaliar a função auditiva, especialmente em bebês, crianças pequenas e pessoas com deficiência cognitiva (PICTON et al., 2003; AIKEN; PICTON, 2008). Ela é baseada na detecção de sinais cerebrais relacionados à modulação de frequência nos estímulos sonoros, oferecendo uma abordagem objetiva para monitorar e interpretar atividades cerebrais em resposta a estímulos sonoros.

O procedimento da ASSR envolve a apresentação de estímulos sonoros modulados em frequência e a análise das respostas cerebrais (ROSS; HERDMAN; PANTEV, 2005). Este estudo busca investigar a ASSR por meio da análise do eletroencefalograma (EEG), visando desenvolver um protocolo experimental e computacional para coleta e pré-processamento de dados. Além disso, pretende-se analisar as técnicas de detecção objetiva multivariada para interpretar os dados da ASSR e embasar a análise e interpretação dos resultados.

Método e Metodologia

A. Detectores de Resposta Objetiva

Os detectores de resposta objetiva são modelos matemáticos baseados em critérios estatísticos para a tomada de decisão sobre a presença ou ausência da ASSR. A tomada de decisão é realizada com base no teste de rejeição da hipótese nula (H_0) (KAY, 1998). A ASSR é

¹ Graduando em Engenharia Elétrica, Instituto Federal do Espírito Santos - IFES, cesarb.dossantos@hotmail.com;

² Graduando em Engenharia Elétrica, Instituto Federal do Espírito Santos - IFES, henriquebazoni@gmail.com;

³ Graduando em Engenharia Elétrica, Instituto Federal do Espírito Santos - IFES, ysabella_rezende@hotmail.com;

⁴ Doutor em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Espírito Santos- UFES, thomazrb@ifes.edu.br;

⁵ Doutor em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Espírito Santos- UFES, ricardo.c.mello@ufes.br;

⁶ Doutor em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG, tiagoz@ifes.edu.br.

definida como presente quando o valor da ORD na frequência de modulação, ou seus harmônicos, excede um limiar estatístico, valor crítico, caso contrário é definida como ausente (DOBIE e WILSON, 1993). O valor crítico é encontrado para um nível de significância α definido a priori, que nesse trabalho foi considerado como 5%. Para analisar os dados desse trabalho foram utilizados dois detectores, a Magnitude Quadrática da Coerência (MSC), realiza a análise de apenas um canal de informação, e a extensão da MSC para múltiplos canais, a Multipla Magnitude Quadrática da Coerência (MMSMC).

B. Estimulação de Múltiplas Frequências

Cada voluntário foi submetido a uma estimulação sonora com oito tons AM, de ordem dois (AM2), para evocar a ASSR. As frequências da portadora foram 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, mantendo-se as mesmas para ambas as orelhas. Para as frequências de modulação, foram empregadas as frequências de 81, 85, 89 e 93 Hz para o ouvido direito e 83, 87, 91 e 95 Hz para o ouvido esquerdo. Por fim, a intensidade sonora foi variada em níveis de 70, 50 e 30 dB de *Sound Pressure Level* (SPL).

C. Sinais de EEG

Os sinais de EEG foram de registrados de 23 voluntários adultos (média de idade de 22 anos) com audição normal. Dentre esses voluntários, 18 eram do sexo masculino e 5 do sexo feminino. Todos os voluntários assinaram o termo de livre consentimento na participação da pesquisa, e o projeto de pesquisa recebeu aprovação do comitê de ética local da instituição (CEP/IFES No. 5.264.663). As coletas foram realizadas no Núcleo de Pesquisa em Eletrônica e Processamento de Sinais (NEPS), no *campus* São Mateus do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES).

O protocolo de coleta foi realizado seguindo a seguinte estratégia: inicialmente, os voluntários foram convidados a deitar e relaxar. Cada participante foi submetido a 3 sessões de coleta, variando as intensidades para 70 dB, 50 dB, 30 dB SPL. Cada sessão de coleta de dados teve uma duração de 10 minutos, totalizando 30 minutos de registros de dados por voluntário.

Os sinais de EEG foram registrados por meio de 18 eletrodos, utilizando os canais Fz, F3, F4, F7, F8, Cz, C3, C4, Pz, P3, P4, T3, T4, T5, T6, O1, O2, e Oz, com o eletrodo de referência posicionado na nuca e o eletrodo terra posicionado no Fpz.

No processo de aquisição dos sinais, foi utilizado o sistema de coleta de EEG Digital Model Smart (EMSA, Basil), com os filtros digitais passa-alta e passa-baixa, com frequências de

corte de 1 e 540 Hz, respectivamente. A frequência de amostragem utilizada foi de 2000 Hz, por canal, aplicada a todos os voluntários. Após a conclusão das sessões de coleta, os sinais de EEG foram armazenados em disco para o pré-processamento e análise *offline*.

C. Pré-Processamento

Após o armazenamento dos dados em disco *offline*, foi realizada uma etapa inicial de pré-processamento dos dados antes de proceder às análises subsequentes. Primeiramente, um filtro *notch* de segunda ordem *Infnite Impulse Response* (IIR) foi aplicado, com fator de qualidade (Q) igual a 35. O objetivo desse filtro foi atenuar os ruídos eletromagnéticos originados da rede elétrica na componente fundamental de 60 Hz, e seus harmônicos, 120 e 180 Hz. Para aplicar as a MSC e MMSC, os sinais de EEG foram divididos em janelas com duração de 1 segundo.

Por fim, foi realizada uma remoção de artefatos para eliminar *outliers* e ruídos de alta amplitude. Assim, as janelas temporais que apresentaram v alores de amplitude máxima, em módulo, acima de 30 mV foram excluídas.

D. Medidas de Desempenho

Com o objetivo de analisar os registros dos sinais coletados, os sinais de EEG foram aplicados à MSC e MMSC descritas neste trabalho. Foram então avaliadas as taxas de detecção (TD) e taxa de falso positivo (FP) como medidas de desempenho.

A TD corresponde à razão entre o número de detecções nas frequências de modulação (ND), ou seja, as frequências em que eram esperadas respostas, pelo total possível (NT), conforme é apresentado na equação 1.

$$TD = \frac{ND}{NT} \quad (1)$$

Além das frequências de modulação, foram considerados os 5 primeiros harmônicos correspondentes. Sendo assim, o NT apresenta 40 detecções possíveis.

As taxas de FP correspondem as detecções que ocorreram nas frequências que não eram esperadas respostas, ou seja, frequências diferentes da moduladora e seus harmônicos. Para isso, foram utilizadas 45 frequências em uma faixa de 5 a 50 Hz, diferentes da moduladora.

Discussão e Resultados

Após o registro dos sinais e realizado o pré-processamento, os sinais de EEG foram analisados quanto as medidas de desempenho descritas na secção anterior. Os resultados da taxa de detecção e taxa de FP em função do número de canais utilizados para a intensidade de 70 dB, 50 dB e 30 dB SPL, estão apresentados na figura 1 a 3, respectivamente.

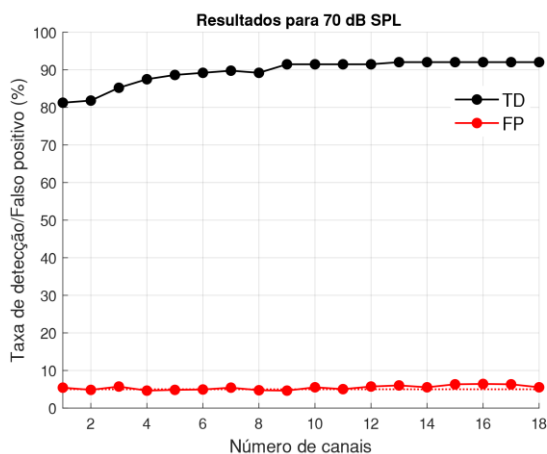


Figura 1 - Taxa de detecção e falso positivo para modulação de 80 Hz

Fonte: Autoral (2023).

Observe que a taxa de FP permaneceu com os valores próximo do esperado, nesse trabalho 5%, não apresentando valores significativamente superior, para todas as intensidades. Quanto as TD, a MMSC apresentou um aumento de até 13,28 % para 70 dB em relação a MSC (Figura 1), que corresponde a utilização de 12 canais. Em ELOI et al., os autores reportaram um aumento médio de até 18% para a moduladora de 80 Hz.

Para 50 dB, a MMSC teve um aumento de 12,85 % em relação a MSC, que corresponde a utilização de 11 canais. Finalmente, para 30 dB SPL, a taxa de detecção da MMSC apresentou um aumento de até 26,31 % no melhor caso, que corresponde a combinação de todos os 18 canais disponíveis.

Observe que nos três casos a quantidade de canais utilizada foi diferente para obter o melhor desempenho. Em estudos futuros será realizada uma análise para verificar qual a quantidade de canais ótima a ser utilizada garantindo um menor tempo de exame, e taxa de detecção máxima.

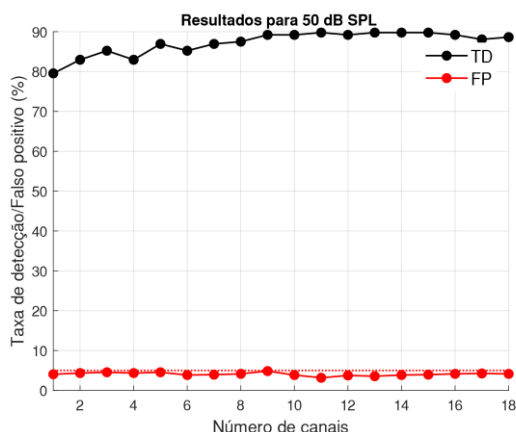


Figura 2 - Taxa de detecção e falso positivo para modulação de 80 Hz

Fonte: Autoral (2023).

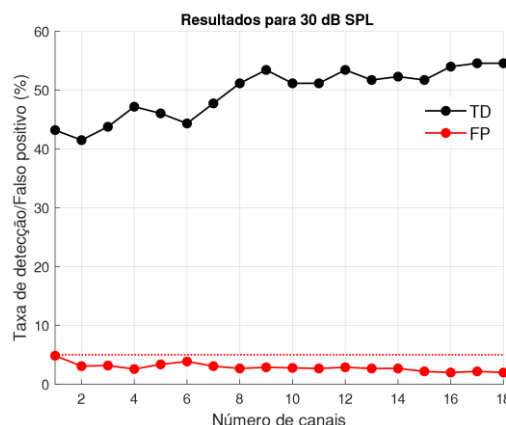


Figura 3 - Taxa de detecção e falso positivo para modulação de 80 Hz

Fonte: Autoral (2023).

Considerações Finais

O presente trabalho apresentou uma metodologia para a realização do processo de coleta de sinais de EEG, bem como as estratégias de pré-processamento e análises dos dados.

Agradecimentos/Apoio Técnico (opcional)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (Fapes) – edital Nº 03/2021 (457/2021).

Referências

- AIKEN, S. J.; PICTON, T. W. Envelope and spectral frequency-following responses to vowel sounds. **Hearing research**, v. 245, n. 1–2, p. 35–47, nov. 2008.
- DA SILVA ELOI, B. F.; ANTUNES, F.; FELIX, L. B. Improving the detection of auditory steady-state responses near 80 Hz using multiple magnitude-squared coherence and multichannel electroencephalogram. *Biomedical Signal Processing and Control*, v. 42, p. 158–161, 1 abr. 2018.
- DOBIE, R. A; WILSON, M. J. Objective response detection in the frequency domain. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/ Evoked Potentials*, 88(6):516,1993.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Brasileiro de 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.
- KAY, S. M. *Fundamentals of Statistical Signal Processing, Volume 2: Detection Theory*, volume II. Prentice-Hall, New Jersey, 1998.
- PICTON, T. W. et al. Human auditory steady-state responses. **International journal of audiology**, v. 42, n. 4, p. 177–219, 2003.
- ROSS, B.; HERDMAN, A. T.; PANTEV, C. Stimulus induced desynchronization of human auditory 40-Hz steady-state responses. **Journal of Neurophysiology**, v. 94, n. 6, p. 4082–4093, dez. 2005.