

Explorando a Eletroencefalografia (EEG): Atividades Práticas em Laboratório

Juliana Oliveira Paul

Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal,
DEP - Departamento de Educação e Psicologia
E-mail: julianapaul.psi@gmail.com

Maria Nascimento Cunha

Universidade Lusófona, Porto, Portugal
ISMT- Instituto Superior Miguel Torga, Coimbra, Portugal
CIAC - Center for Research in Arts and Communication, University of Algarve, Faro,
Portugal Email: maria14276@gmail.com

Maria Virgínia Araújo

Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal,
Faculdade de Ciências Humanas e Sociais
E-mail:
virginiaa481@gmail.com

Sílvia Costa Pinto

<https://orcid.org/0000-0002-0606-8255>
Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal,
Faculdade de Ciências Humanas e
Sociais E-mail:
silviamncosta@gmail.com

Resumo

A eletroencefalografia (EEG) é uma técnica neurofisiológica não invasiva que mede a atividade elétrica do cérebro através de elétrodos no couro cabeludo, sendo amplamente empregada na investigação científica e no diagnóstico clínico. Este artigo descreve a metodologia para a utilização do EEG, abordando os seus principais componentes, como elétrodos, amplificadores e software de análise, bem como os protocolos de boas práticas para a recolha e processamento de dados. A técnica oferece alta resolução temporal, crucial para estudos sobre funções cognitivas e respostas a estímulos. Apesar das suas limitações, como baixa resolução espacial e sensibilidade a artefactos, o EEG destaca-se pela sua acessibilidade e aplicabilidade em estudos clínicos e experimentais. Exemplos da sua aplicação incluem a análise de potenciais relacionados com eventos (ERPs) e a investigação de conectividade funcional entre áreas corticais, contribuindo para o entendimento de redes neurais e a sua relação com processos cognitivos e emocionais. As vantagens e desafios associados ao EEG são discutidos, destacando a sua relevância como ferramenta essencial nas neurociências.

Breve Revisão de Literatura

A eletroencefalografia (EEG) é uma técnica neurofisiológica não invasiva que regista a atividade elétrica cerebral através de elétrodos no couro cabeludo. Amplamente usada em investigação e diagnóstico clínico, o EEG permite analisar funções cerebrais e respostas a estímulos, fornecendo dados essenciais para o estudo de processos complexos em neurociências (Luck, 2014; Schomer & Lopes da Silva, 2017; Santos & Coutinho, 2024).

Devido à sua natureza sensível e ao envolvimento de seres humanos, a utilização do EEG deve ser orientada por **rigorosos protocolos de boas práticas**, que assegurem a qualidade dos

dados e salvaguardem o bem-estar dos participantes (Sanei & Chambers, 2007). De acordo com Thakor & Sherman

(2013), Siuly & Zhang (2016), Im (2018) e Sazgar & Young (2019) o equipamento de EEG é composto por **Capacete de Eléttodos** é uma estrutura que contém eléttodos em pontos específicos do couro cabeludo, conforme sistemas de posicionamento padrão (e.g., sistema 10-20), permitindo a captura consistente e precisa da atividade cerebral, estão disponíveis em diferentes tamanhos e configurações para melhor adaptação às necessidades dos participantes e ao protocolo experimental. **Eléttodos** são pequenos dispositivos que fazem a interface direta com o couro cabeludo, captando a atividade elétrica cerebral. Estes podem ser descartáveis e reutilizáveis, sendo fundamental que estejam posicionados de acordo com os protocolos para garantir a validade dos dados. **Pasta ou Gel Condutor** é um material condutivo que melhora a qualidade da ligação entre o eléttodo e o couro cabeludo, assegurando uma leitura mais precisa dos sinais elétricos. Dado que a atividade elétrica cerebral é de baixa amplitude, o **amplificador** é essencial para aumentar a potência dos sinais, permitindo uma leitura fíável e detalhada. Para que a leitura seja facilitada, os investigadores recorrem a **Software de Recolha e Análise de Dados** que monitorizam, registam e processam sinais em tempo real. Permite a aplicação de filtros e a segmentação de dados para análises conforme as necessidades do estudo. Obviamente o software é executado através de um **computador** onde se procede à análise dos dados. Em experiências controladas, o computador também pode apresentar estímulos e registar respostas sincronizadas com a atividade EEG. Finalmente, mas não menos importante recorre-se também a um **Sistema de Monitorização de Artefactos** (câmaras ou sensores de movimento), capazes de fazer a monitorização do ambiente e minimizar fontes de ruído ou interferências, como movimentos dos participantes (Santos & Coutinho, 2024).

Para garantir a validade dos dados e a segurança na realização de experiências de EEG, é fundamental **implementar boas práticas rigorosas em todas as etapas do processo** (Chatrian et al., 1985; Delorme & Makeig, 2004; Luck, 2014; APA, 2017). Um dos primeiros passos é a **Preparação dos Participantes** através da realização de um **Consentimento Informado** antes do início do processo.

A **Preparação da Pele** utilizada para reduzir a resistência entre os eléttodos e o couro cabeludo, pode incluir a limpeza suave da área com uma solução apropriada, como álcool, para assegurar uma boa condutividade. Também o **Posicionamento Adequado dos Eléttodos** deve ser realizado de acordo com padrões do sistema 10-20, assegurando que os dados recolhidos são consistentes e comparáveis entre estudos distintos. Um segundo momento passa pela **Configuração do Equipamento** na forma de **Calibração e Testes Pré-Experimento** de modo a assegurar a captação precisa dos sinais. A verificação da resistência dos eléttodos e a sua adequação são procedimentos de rotina. Todos os **Artefactos devem ser devidamente controlados** como forma de minimizar interferências no sinal EEG, eliminando fontes de ruído eléctrico e dispositivos móveis (Ferreira et al, 2022). É importante assegurar que o participante está confortável e instruído a evitar movimentos bruscos que possam interferir com a **recolha de dados**. Esta deve ser elaborada através de uma **Monitorização em Tempo Real** de modo a evitar problemas técnicos, como eléttodos desalojados ou interferências, e corrigir de imediato, evitando perda de dados. O uso de **marcadores de eventos** é crucial para sincronizar a apresentação de estímulos com o registo EEG, facilitando a análise de respostas cerebrais específicas. A minimização de **Artefactos Fisiológicos** como pestanejar ou mexer a cabeça podem introduzir ruído nos dados EEG. O participante deve ser instruído a minimizar esses movimentos (Santos & Coutinho, 2024). Em termos de **Procedimentos de Finalização** é importante realizar uma **Remoção Segura** de forma a não causar desconforto ao participante. Após cada utilização, os eléttodos e o capacete devem ser devidamente higienizados. **Armazenamento e Análise de Dados** leva o investigador a respeitar as regulamentações de protecção de dados e confidencialidade. Antes da análise final, os **dados**

devem ser cuidadosamente inspecionados para identificar e remover artefactos indesejáveis, como ruídos de baixa frequência, interferências musculares ou de movimento. Para terminar os ficheiros brutos de EEG e as análises subsequentes devem ser organizados de forma adequada e sujeitos a backups regulares, evitando perdas de dados e facilitando o acesso futuro (Chatrian et al., 1985; Delorme & Makeig, 2004; Luck, 2014).

Caracterização da Técnica EEG enquanto Ferramenta de Recolha de Dados

Neurofisiológicos:

A eletroencefalografia (EEG) permite monitorizar e registar, em tempo real, a atividade elétrica gerada pelos neurónios, especialmente das camadas corticais, fornecendo informações essenciais para o estudo das funções cerebrais e para o diagnóstico de condições neurológicas (Ferreira et al, 2022; Montenegro et al, 2022).

Equipamentos e função dos componentes

Para efetuar a monitorização e registo são necessários diversos equipamentos, como é possível verificar na tabela nr 1.

Tabela nr. 1 Componentes versus Funções dos componentes do EEG

Componente	Função
Eléttodos	Captam a atividade elétrica gerada pelos neurónios no córtex cerebral.
Capacete ou Sistema de Fixação de Eléttodos	Mantém os eléctrodos posicionados em pontos específicos do couro cabeludo, assegurando a consistência e precisão na recolha de dados.
Pasta ou Gel Condutor	Reduz a impedância entre os eléctrodos e o couro cabeludo, melhorando a condutividade elétrica.
Amplificador	Amplifica o sinal elétrico captado pelos eléctrodos para que possa ser processado e analisado.
Conversor Analógico-Digital (A/D Converter)	Converte os sinais analógicos captados em dados digitais para processamento no computador.
Sistema de Referência e Eléttodo de Terra	Estabelecem uma linha de base estável para o registo dos sinais e ajudam a reduzir interferências e ruído nos dados.
Sistema de Aquisição de Dados	Regista e armazena os sinais EEG em tempo real, para que possam ser analisados posteriormente.
Software de Análise	Processa e analisa os dados EEG, aplicando filtros, extraindo padrões e identificando eventos específicos.
Computador	Controla o sistema de EEG e armazena os dados.
Dispositivos de Monitorização de eventos e de Movimento	Auxiliam na deteção e eliminação de artefactos provocados por movimentos do participante ou interferências externas.

Fonte: Delorme & Makeig (2004); Luck (2014); Schomer & Lopes da Silva (2017); Ferreira et al. (2022)

Montagem

Para se iniciar o procedimento, a configuração cuidadosa tal como a colocação do equipamento é essencial para garantir a qualidade e a validade dos dados. A montagem dos elétrodos é baseada no sistema de posicionamento 10-20, um sistema padronizado que assegura a colocação uniforme dos elétrodos em áreas específicas do couro cabeludo, permitindo a comparabilidade dos dados entre diferentes indivíduos e estudos (Delorme & Makeig, 2004). Este sistema utiliza pontos de referência anatômicos, como o nasion (ponto entre os olhos) e o inion (na parte posterior do crânio), para determinar a posição dos elétrodos, garantindo que todas as regiões corticais principais sejam monitorizadas. Os elétrodos podem ser secos ou húmidos (utilizando gel condutor). Os elétrodos húmidos, embora possam exigir uma preparação mais detalhada, oferecem melhor qualidade de sinal devido à menor resistência. O sinal cerebral é de baixa amplitude (microvolts), sendo necessário um **amplificador** para aumentar a potência dos sinais captados. Este amplificador deve ter alta resolução e uma taxa de amostragem adequada (pelo menos 250 Hz, mas preferencialmente acima de 500 Hz), para assegurar que os sinais cerebrais sejam registados com fidelidade. Além disso, é necessário definir um elétrodo de referência e um elétrodo de terra para reduzir interferências e estabilizar o circuito, elementos cruciais para garantir uma captação de dados precisa (Thakor & Sherman, 2013).

Colocação e recolha de dados

Com o equipamento configurado, inicia-se o processo de recolha de dados. Procedimento que segue um protocolo rigoroso de modo a assegurar a qualidade dos dados e a segurança do participante. Durante a recolha, o investigador deve monitorizar continuamente o sinal EEG em tempo real para identificar possíveis problemas técnicos, como elétrodos desalojados ou sinais de alta resistência. É comum verificar a resistência dos elétrodos antes de iniciar a gravação e, se necessário, ajustá-la para manter os níveis aceitáveis ($< 10 \text{ k}\Omega$), o que ajuda a reduzir o ruído e a melhorar a qualidade dos sinais.

O participante deve ser instruído a evitar movimentos bruscos, pestanejar excessivamente ou contrair músculos faciais, visto que estes movimentos podem gerar interferências na análise dos dados. Nos estudos de EEG que envolvem a resposta a estímulos (como imagens, sons ou tarefas cognitivas), os estímulos são apresentados ao participante de forma sincronizada com o sistema de EEG, permitindo identificar potenciais relacionados a eventos (ERPs), que são respostas específicas do cérebro a estímulos, e fornece uma medida direta de como o sistema nervoso responde a diferentes inputs sensoriais. A recolha de dados em EEG é suscetível a vários tipos de eventos, que podem comprometer a qualidade dos dados. Estes podem ter origem fisiológica (como movimentos oculares, cardíacos e musculares) ou ambiental (como interferência eletromagnética). Os fisiológicos são frequentemente identificados e controlados através da colocação de elétrodos adicionais, como elétrodos oculares para monitorizar piscadelas e movimentos oculares. Técnicas de análise, como a decomposição em componentes independentes (ICA), são utilizadas para isolar e remover estes eventos no processamento dos dados (Luck, 2014). De forma a minimizar interferências externas, o ambiente de recolha deve ser preparado para reduzir a presença de fontes de ruído eletromagnético, como dispositivos eletrónicos e iluminação fluorescente. Além disso, é recomendável que o sistema de EEG inclua um filtro passa-baixo para atenuar frequências acima da faixa de interesse e minimizar interferências de alta frequência. Após a recolha, os dados EEG devem ser cuidadosamente processados e analisados para extrair informações relevantes sobre a atividade cerebral (Chatrian et al., 1985; APA, 2017; Santos & Coutinho, 2024).

O pré-processamento é essencial para preparar os dados para a análise. Este processo inclui a filtragem dos dados para remover ruído de baixa ou alta frequência (tipicamente usando filtros passa-alto e passa-baixo entre 0,1 Hz e 50 Hz) e a remoção de artefactos identificados durante a recolha. O software de análise, como o EEGLAB ou o Brainstorm, oferece ferramentas avançadas

para esta etapa de pré-processamento, como a identificação de canais com ruído e a interpolação de elétrodos problemáticos (Delorme & Makeig, 2004). A análise da frequência permite identificar padrões específicos de atividade neuronal, como as ondas alfa, beta, delta e gama, que refletem diferentes estados cognitivos e emocionais. A análise dos potenciais relacionados a eventos (ERPs) permite medir respostas específicas a estímulos, fornecendo informações detalhadas sobre o processamento sensorial e cognitivo.

Técnicas de análise de conectividade, como a coerência e a análise de fase, são utilizadas para avaliar como diferentes regiões cerebrais interagem entre si. Esta análise é essencial para entender redes cerebrais e como áreas específicas do cérebro colaboram em processos complexos, como a atenção e a memória. Para garantir a reprodutibilidade e a segurança dos dados, é fundamental seguir boas práticas de armazenamento e documentação. Os dados EEG brutos devem ser armazenados em sistemas seguros e organizados para evitar perda de dados e facilitar o acesso futuro. Recomenda-se a realização de backups regulares para garantir a integridade dos dados. Uma documentação detalhada de todos os parâmetros do estudo (como a posição dos elétrodos, as condições experimentais e as configurações do equipamento) é essencial para assegurar que os dados possam ser reproduzidos e analisados por outros investigadores (Delorme & Makeig, 2004; Luck, 2014; Schomer & Lopes da Silva 2017; Ferreira et al. 2022)

Características da medida de funcionamento do sistema nervoso obtida com recurso à técnica

A eletroencefalografia (EEG) é uma técnica neurofisiológica não invasiva que mede diretamente a atividade elétrica do cérebro, oferecendo uma resolução temporal em milissegundos, o que permite a monitorização em tempo real de processos neuronais rápidos. Essa precisão temporal torna o EEG fundamental para a investigação de funções cognitivas e sensoriais, capturando eventos neuronais sincronizados com estímulos externos. Além disso, o EEG possibilita a análise de bandas de frequência cerebral, como delta, theta, alfa, beta e gama, cada uma associada a estados específicos de ativação cortical e processos emocionais ou cognitivos (Schomer & Lopes da Silva 2017; Ferreira et al. 2022).

A técnica também permite a extração de potenciais relacionados a eventos (ERPs), indicadores da resposta do sistema nervoso central a estímulos sensoriais e cognitivos. Adicionalmente, o EEG facilita a avaliação da conectividade funcional entre diferentes regiões corticais, essencial para estudar redes neuronais e

as suas interações em funções complexas, como memória e controlo executivo. Por ser uma técnica relativamente acessível e portátil, o EEG é amplamente aplicável tanto em estudos clínicos quanto em investigações experimentais, incluindo contextos com amostras de populações específicas (Santos & Coutinho, 2024).

A sensibilidade do EEG a alterações patológicas permite a identificação precoce de disfunções neurológicas, sendo especialmente útil para o diagnóstico de condições como a epilepsia, onde padrões anómalos de atividade rítmica são detetáveis. Por fim, o EEG pode ser integrado com outras técnicas de neuroimagem, como a ressonância magnética funcional (fMRI), permitindo uma análise multimodal que combina a alta resolução temporal do EEG com a resolução espacial do fMRI, oferecendo uma visão abrangente e precisa da dinâmica cerebral (Santos & Coutinho, 2024).

Conclusão

A técnica de eletroencefalografia (EEG) oferece uma alta resolução temporal, captando a atividade elétrica cerebral em milissegundos, o que permite uma análise detalhada de processos rápidos e dinâmicos, como atenção e resposta a estímulos. Esta característica, aliada à sua acessibilidade e portabilidade, torna o EEG valioso tanto em contextos de investigação quanto em aplicações clínicas, como o diagnóstico de condições neurológicas (epilepsia, distúrbios do sono e transtornos

psiquiátricos). O EEG permite a medição direta da atividade cortical e a análise de conectividade funcional entre regiões cerebrais (Nunez & Srinivasan, 2006; Schomer & Lopes da Silva, 2017; Ferreira et al. 2022).

No entanto, o EEG apresenta limitações, como a baixa resolução espacial e a sensibilidade a artefactos (movimentos oculares e interferências musculares), o que exige técnicas rigorosas de pré-processamento e experiência na interpretação dos dados. A técnica é eficaz na captação da atividade cortical superficial, mas limitada para áreas profundas, sendo, por isso, idealmente complementada por outras técnicas de neuroimagem para uma análise integrada do funcionamento cerebral (Nunez & Srinivasan, 2006; Schomer & Lopes da Silva, 2017; Ferreira et al. 2022).

Referências Bibliográficas

- American Psychological Association. (2017). Ethical principles of psychologists and code of conduct.
- APA.
- Chatrian, G.E., Lettich, E., & Nelson, P.L. (1985). Ten Percent Electrode System for Topographic Studies of Spontaneous and Evoked EEG Activities. *American Journal of Electroneurodiagnostic Technology*, 25, 83-92.
- Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: An open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, 134(1), 9–21. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2003.10.009>
- Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, 134(1), 9-21. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2003.10.009>
- Esperidião-Antonio, V., Majeski-Colombo, M., Toledo-Monteverde, D., Moraes-Martins, G., Fernandes, J. J., Bauchiglione de Assis, M., & Siqueira-Batista, R. (2008). Neurobiologia das emoções. *Revista de Psiquiatria Clínica*, 35(2), 55-65.
- Ferreira, L. S., Caixeta, F. V., Ferreira, A. G. F., Cunha, P. E. L., & Schuch, H. C. (2022). *Manual do técnico em EEG* (2ª ed.). Thieme Revinter. Capítulo 2: Bases da atividade elétrica no cérebro.
- Ferreira, L. S., Caixeta, F. V., & Schuch, H. C. (2022). *Manual do técnico em EEG* (2ª ed.). Thieme Revinter.
- Im, C. H. (2018). Basics of EEG: Generation, acquisition, and applications of EEG. In C. H. Im (Ed.), *Computational EEG analysis. Biological and medical physics, biomedical engineering* (pp. 1–28). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0908-3_1
- Luck, S. J. (2014). An introduction to the event-related potential technique (2nd ed.). MIT Press.
- Montenegro, M. A., Cendes, F., Guerreiro, M. M., & Guerreiro, C. A. M. (2022). *EEG na prática clínica* (4ª ed.). Thieme Revinter.
- Niedermeyer, E., & da Silva, F. L. (2005). *Electroencephalography: Basic principles, clinical applications, and related fields*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Nunez, P. L., & Srinivasan, R. (2006). *Electric Fields of the Brain: The Neurophysics of EEG* (2nd ed.). Oxford University Press.
- Pereira, M., Bastos, J. H., Oliveira, L., Soares, J. M., Oliveira, J. F., & Freitas, J. C. (2003). Estímulos emocionais: processamento sensorial e respostas motoras. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, 25(suppl 2). <https://doi.org/10.1590/S1516-44462003000600007>
- Sanei, S., & Chambers, J. A. (2007). *EEG Signal Processing*. Wiley.

Santos, R. S., & Coutinho, D. J. G. (2024). Neurociência, conceitos e teorias. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 10(5), 2611.
<https://doi.org/10.51891/rease.v10i5.14048>

Sazgar, M., Young, M.G. (2019). Overview of EEG, Electrode Placement, and Montages. In: *Absolute Epilepsy and EEG Rotation Review*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03511-2_5

Schomer, D. L., & Lopes da Silva, F. H. (Eds.). (2017). Niedermeyer's electroencephalography: *Basic principles, clinical applications, and related fields* (7th ed.). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/med/9780190228484.001.0001>

Siuly, S., Li, Y., & Zhang, Y. (2016). Electroencephalogram (EEG) and its background. In *EEG signal analysis and classification. Health information science* (pp. 1–22). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47653-7_1

Sizino da Victoria, M., Soares, A. B., & Moratori, P. B. (2005). A influência de estados emocionais positivos e negativos no processamento cognitivo. *Estudos e Pesquisas em Psicologia*, 5(2), Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Thakor, N.V., Sherman, D.L. (2013). EEG Signal Processing: Theory and Applications. In: He, B. (eds) *Neural Engineering*. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5227-0_5