



O ENCEFALOGRAMA (EEG) E SUAS APLICAÇÕES E CAMPOS DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA

THE ELECTROENCEPHALOGRAM (EEG) AND THEIR APPLICATIONS AND RESEARCH FIELDS

Leticia Souza e Silva*, Sérgio Okida¹, Cristhiane Gonçalves²

RESUMO

Graças a evolução da tecnologia atrelada a informações biológicas, a criação e aprimoramento do eletroencefalograma foi de grande auxílio para a medicina. Atualmente, o campo de pesquisas envolvendo essa técnica de aquisição de sinais cerebrais não invasiva é bem diverso, o que permite uma vasta e diversa área de aplicabilidade. Este artigo tem o objetivo de explicar, através da pesquisa exploratória, como o eletroencefalograma (EEG) não invasivo funciona e relacioná-lo com algumas de suas aplicações e campos de investigação emergentes, tais como o auxílio para o diagnóstico de depressão, que é de grande ajuda pois permite o tratamento precoce da doença e uma recuperação mais rápida para o paciente, o estudo a respeito de quais efeitos neurais a COVID-19 pode causar nos pacientes infectados, um campo ainda recente devido a pandemia causada pelo vírus, e também comentar a respeito das principais tendências em sistemas envolvendo o EEG no uso da interface cérebro-computador, também conhecida como BCI (*Brain Computer Interface*). Com isso, nota-se que o EEG não invasivo é o mais seguro para o paciente e apresenta vários campos em que pode ser utilizado como ferramenta auxiliar para ajudar o ser humano.

Palavras-chave: Aplicações; Eletroencefalograma; EEG.

ABSTRACT

Thanks to the evolution of technology linked to biological information, the creation and improvement of the electroencephalogram was of great help to medicine. Currently, the field of research involving this technique of non-invasive brain signal acquisition is quite diverse, which allows for a vast and diverse area of applicability. This article aims to explain how, through exploratory research, the non-invasive electroencephalogram (EEG) works and relate it to some of its applications and emerging research fields, such as aiding in the diagnosis of depression, which is of great help as it allows for early treatment of the disease and a faster recovery for the patient, the study of what neural effects COVID-19 can cause in infected patients, a still recent field due to the pandemic caused by the virus, and also comment on the main trends in systems involving the EEG in the use of the brain-computer interface, also known as BCI (*Brain Computer Interface*). Thus, it should be noted that the non-invasive EEG is the safest for the patient and has several fields in which it can be used as an auxiliary tool to help human beings.

Keywords: Applications; Electroencephalogram; EEG.

1. INTRODUÇÃO

As primeiras propriedades elétricas do cérebro foram identificadas por um cientista inglês chamado Richard Caton (1842-1926), que descobriu a existência e registrou a atividade elétrica do cérebro de animais. Os primeiros registros humanos foram feitos em 1924 por Hans Berger (1873-1941), um psiquiatra alemão (BRITTON, 2016).

Ao longo dos anos os estudos evoluíram e as formas de captar sinais e monitorar o cérebro humano se aprimoraram. O eletroencefalograma (EEG) pode ser um método invasivo ou não invasivo de captação de sinais e monitoramento da atividade cerebral, porém o primeiro oferece os riscos de uma cirurgia ao paciente, já o segundo é um método considerado mais seguro, porém os dados adquiridos podem apresentar interferências e ruídos que o método invasivo não apresenta (BALL, 2009, p. 708-716). A atividade cerebral

*Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - *Campus* Ponta Grossa, Ponta Grossa, Paraná, Brasil; leticiasilva.1999@alunos.utfpr.edu.br

¹Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - *Campus* Ponta Grossa, Ponta Grossa, Paraná, Brasil; sergiookida@professores.utfpr.edu.br

²Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - *Campus* Ponta Grossa, Ponta Grossa, Paraná, Brasil; cristhianeg@professores.utfpr.edu.br



detectada pelo EEG se dá através de potenciais elétricos não estacionários capturados do couro cabeludo devido à atividade dos neurônios (CASSON, 2018, p. 45-81). Este artigo tem como finalidade comentar os princípios de funcionamento do EEG não invasivo e falar sobre quais são as aplicações atuais e no campo de investigação científica do eletroencefalograma.

2. MÉTODOS

Quando se estuda a respeito do eletroencefalograma e suas aplicações, é necessário o conhecimento prévio acerca de como funciona o cérebro, como a atividade cerebral é captada, quais os métodos de leitura do sinal obtido, como esses sinais podem ser interpretados, etc. Com isso em mente, foi realizada uma pesquisa exploratória a partir da pesquisa bibliográfica sobre EEG e alguns campos de aplicação e de investigação científica.

2.1 O cérebro

O encéfalo é composto por cérebro, cerebelo e tronco encefálico. O tronco cerebral é dividido em ponte, mesencéfalo e bulbo, e é uma extensão da medula espinhal, logo nele é onde estão as redes de neurônios responsáveis pelas atividades vitais, tais como respiração e pressão arterial. O cerebelo é responsável por controlar e atuar diretamente na sincronização de movimentos. Os grupos de neurônios presentes no mesencéfalo são capazes de modular atividades e mediar funções como sono e atenção (FT BRAIN, 2003; D'ANGELO, 1998).

Dividido em duas áreas distintas denominadas tálamo e hipotálamo, está o diencéfalo, que está coberto pelos hemisférios cerebrais que derivam o telencéfalo. O tálamo é responsável pela retransmissão dos impulsos gerados pelos sistemas sensoriais para o córtex cerebral, onde este último retorna mensagens para o tálamo. Já o hipotálamo é responsável por controlar funções como beber e comer (FT BRAIN, 2003; D'ANGELO, 1998).

Por sua vez, os hemisférios cerebrais são compostos por um núcleo, gânglios basais e uma extensa e fina camada de neurônios que formam a matéria cinzenta do córtex cerebral. A área mais desenvolvida do cérebro humano, o córtex cerebral, é dividida em várias áreas distintas em termos de conexões e camadas. Abrigam funções visuais, auditivas, olfativas, motoras e sensoriais, além de ser necessário para ações voluntárias e funções superiores (FT BRAIN, 2003). Os estudos de EEG estão concentrados no córtex cerebral, pois é onde as funções cognitivas e o processamento de informação de nível mais elevado ocorrem.

A comunicação entre músculos e córtex passam de um lado para o outro, dessa forma os movimentos do lado esquerdo do corpo são controlados pelo lado direito do córtex cerebral e vice-versa. De mesmo modo acontece para os sinais sensoriais, porém há algumas funções que são controladas por ambos os lados do córtex cerebral (FT BRAIN, 2003).

2.2 Neurônios e Potenciais

O neurônio é a unidade responsável pela transmissão de informações e é formado por dendritos, corpo celular, axônio e terminais sinápticos, onde essas estruturas desempenham papéis de integração, recepção e transmissão. A região onde há o encontro dos dendritos de um neurônio e as terminações dos axônios de outro neurônio, ou seja, a estrutura responsável pela integração entre um ou mais neurônios, é chamado de sinapse e é responsável por promover a comunicação entre os neurônios (FT BRAIN, 2003). A figura 1 identifica essas estruturas citadas.

Na sinapse acontece a liberação de algumas substâncias químicas denominadas neurotransmissores, que, por sua vez, são os causadores de uma variação de potencial de membrana da célula pós-sináptica. A informação será transmitida de um neurônio para outro se o potencial de membrana ultrapassar um determinado limiar, este depende do tipo de célula (MARZORATI, 2017).

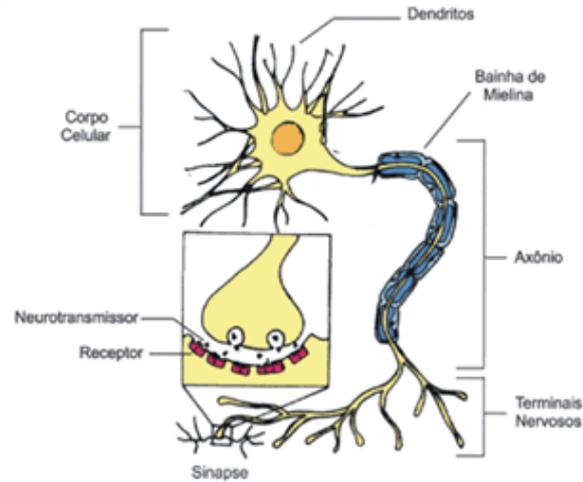


Figura 1: Estrutura e comunicação de um neurônio. Fonte: "Transmissão do impulso nervoso" em *Só Biologia*. Virtuoso Tecnologia da Informação, 2008-2020. Disponível em: <https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Histologia/epitelio29.php>. Acesso em: 21 set. 2020

2.3 Eletroencefalograma (EEG)

O cérebro apresenta grande quantidade de fontes elétricas em toda sua estrutura. Como mencionado anteriormente, os neurônios apresentam atividades elétricas de forma intrínseca, dependendo do potencial nas membranas celulares. O EEG é responsável por adquirir e monitorar a soma dessas atividades elétricas geradas pelos neurônios, que são apresentadas em formas de onda de tensão variando no domínio do tempo, cada qual com suas formas e propriedades próprias (CASSON, 2018, p. 45-81).

2.3.1 Eletrodos

O couro cabeludo apresenta atividades elétricas por toda sua extensão e, a fim de obter os sinais de EEG, os eletrodos são responsáveis por captar a variação de potencial e são dispostos no escalpo e fixados com a ajuda de um gel ou pasta condutora. Geralmente esses eletrodos são feitos de materiais como ouro e prata devido a sua baixa impedância. Quanto à disposição, foi definido um sistema internacional denominado sistema 10-20 e elas podem ser visualizadas na figura 2 (JASPER, 1958, p. 370-375).

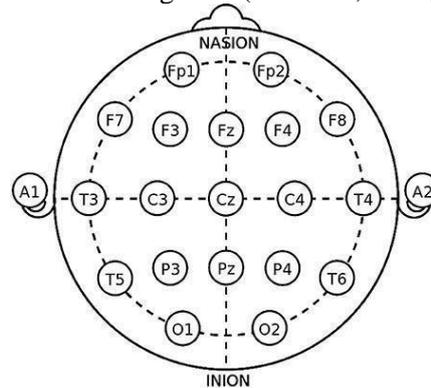


Figura 2: O sistema 10-20 para posicionamento de eletrodos no escalpo. No topo da imagem está enunciado o násio e na parte inferior está enunciado o inion (10). Fonte: Jasper, H. H.: The ten twenty electrode system of the international federation. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 10:371-375, 1958.

Seguindo esta definição há 4 pontos fixos: o násio, o inion e dois pontos pré-auriculares, um em cada parte anterior da orelha. Os Algarismos 10 e 20 representam a distância entre cada eletrodo, ou seja, a distância é igual a 10% ou 20% do násio ao ponto pré-auricular (MARZORATI, 2017; JASPER, 1958, p. 370-375). A posição de cada eletrodo é identificada por letra(s) e um número, por exemplo as letras Fp, F, C, P, T e O representam as regiões fronto-polar, lobo frontal, central, parietal, temporal e occipital, respectivamente. Os eletrodos que se encontram na linha média recebem a letra Z, que identifica o número zero. Já os eletrodos auriculares são denominados A1 e A2 (MARINHO, 2017).



Os eletrodos do lado direito são atribuídos aos números pares, já os do lado esquerdo são identificados com números ímpares, totalizando em 21 possíveis posições de eletrodos. Todavia há a possibilidade de aumentar o número de eletrodos caso necessário, para isso basta usar o sistema 10-10, que segue o mesmo raciocínio para a disposição dos mesmos no escalpo, porém há a colocação de eletrodos intermediários. Com isso, o sistema terá 75 eletrodos, as letras corresponderam a localização no plano coronal e os números ao plano longitudinal (MARZORATI, 2017; JASPER, 1958, p. 370-375; MARINHO, 2017).

Além de seguir essa disposição, é necessário um nível de referência para fazer as medições e para isso, é possível escolher entre dois métodos. Um é utilizar um eletrodo como referência fixa para todos os outros, chamada de referência comum, outro método é computar o valor médio de todos os sinais registrados de cada canal e, a seguir, subtrair este valor do sinal registrado em cada canal. A referência também pode ser definida para cada par de eletrodos, de forma que cada canal tenha sua própria referência (MARZORATI, 2017).

2.3.2 Sinais

Como mencionado anteriormente, o sinal medido no couro cabeludo é nada mais que a tensão variando no domínio do tempo em forma de ondas eletromagnéticas, que são medidas pela frequência em que operam. Em um ser humano é possível identificar alguns padrões de onda, mesmo que estes tenham suas próprias características de acordo com cada indivíduo. Dentre os padrões já conhecidos, estão as ondas delta, teta, alfa, beta e gama (CASSON, 2018, p. 45-81).

A onda delta tem frequência de 1 a 4 Hz e está presente quando o indivíduo está em estado de sono, relaxamento e fadiga. A onda teta tem frequência de 4 a 8 Hz e é presente quando o indivíduo está em estado de emoção e choque. Já a onda beta tem frequência de 14 a 30 Hz, estando presente no indivíduo quando este está em estado de atenção e concentração. A onda gama é acima de 30 Hz e apresenta controvérsias na questão de sua frequência e sobre o que ela sugere sobre o indivíduo, por ter sido identificada a pouco tempo quando comparada às outras (CASSON, 2018, p. 45-81).

2.4 Revisão sobre aplicações atuais e no campo de investigação científica do EEG

Por muito tempo as aplicações de EEG eram limitadas a diagnósticos médicos, tais como epilepsia, coma, distúrbio e até mesmo Alzheimer. Todavia, devido ao avanço nas tecnologias de *hardware* para aquisição e registro de EEG, foi possível ampliar o campo de aplicabilidade para esses sinais e criar a interação entre humano e máquina, conhecida como BCI (*Brain-Computer Interface*). Essa tecnologia tem ganhado atenção dos pesquisadores nos últimos anos por ser capaz de gerar uma comunicação direta entre o cérebro e dispositivos externos, o que torna possível a criação de dispositivos capazes de auxiliar na reabilitação motora de pessoas com paralisias, por exemplo.

Wang et al. (2012) testaram a viabilidade de implementar um sistema BCI com auxílio do EEG para controlar próteses de extremidades inferiores em indivíduos com lesão na medula espinhal, de modo que a pessoa seja capaz de realizar uma caminhada independente de demais dispositivos, através de uma realidade virtual em forma de simulador. Esse cenário virtual construído por eles é capaz de fornecer uma experiência próxima a realidade para os indivíduos, onde nessa realidade eles utilizam a prótese de extremidade inferior que é controlada pelo BCI (WANG, 2012, p. 056016). Além disso, esse tipo de tecnologia que faz a interação cérebro-computador também pode ser utilizada fora do campo da medicina, como no uso para controle de realidade virtual para vídeo games, o que mostra a grande interdisciplinaridade dessa tecnologia que atrela sinais cerebrais e dispositivos tecnológicos (RASHID, 2020, p. 367-378).

Atualmente, estudos envolvendo o EEG para conhecer mais a respeito de como o vírus da covid-19 pode afetar a atividade cerebral estão sendo mais recorrentes. Petrescu et al. (2020) realizaram um estudo retrospectivo em busca de padrões específicos em dados de EEG de pacientes que tiveram manifestações neurológicas na infecção pelo coronavírus, que vão desde queixas vagas até deficiências graves, como encefalite. Apesar do EEG estar sendo utilizado em tratamentos de pacientes positivos para o vírus, ainda não é possível afirmar quais alterações nos exames são efetivamente causadas pelo vírus, porém Petrescu et al. (2020) afirmam que encontrar exames de EEG de mais pacientes iria contribuir para o diagnóstico das alterações neurais que o coronavírus pode causar.

Em um outro estudo com a temática da COVID-19, De Stefano et al. (2020) relatam um estudo feito para o caso de um paciente com síndrome do desconforto respiratório agudo que está relacionado com o coronavírus. Esse estudo consistiu no uso do eletroencefalograma e outras ferramentas para realizar o monitoramento neural do paciente na UTI, onde os dados de EEG mostraram uma desaceleração teta



monomórfica focal nas regiões frontal-centrais bilaterais e, com o auxílio da ressonância magnética, foi possível sugerir a presença de micro sangramentos cerebrais associados a doenças críticas. Os autores afirmaram a importância do EEG para o auxílio desse diagnóstico e ainda ressaltaram a importância do uso dessa ferramenta para a investigação neurológica em pacientes com COVID-19 na UTI.

Além dos estudos de EEG envolvendo os efeitos do coronavírus, muitos estudos sobre o uso de dados de eletroencefalograma para o auxílio no diagnóstico da depressão estão sendo desenvolvidos. Essa aplicação surgiu a partir do conhecimento de que a depressão é uma doença que, em 2018, atingia mais de 300 milhões de pessoas em todo mundo e aproximadamente 800 mil morriam todo ano, e ainda, que essa doença tinha uma previsão de se tornar a segunda doença mais comum após a doença cardíaca até o ano de 2020, segundo a OMS (Organização Mundial da Saúde), foi notado que o diagnóstico nos estágios iniciais da doença pode salvar a vida dos pacientes (CAI, 2018).

Devido aos avanços tecnológicos, do trabalho da neurociência e psicologia, foi possível mostrar que a maior parte das atividades psicológicas podem ser indicadas no EEG. A partir disso, foi proposto por Cai et al. (2018) uma forma de auxílio no diagnóstico da depressão a partir de dados de EEG. Com os resultados obtidos a partir dos dados coletados por eles, foi possível afirmar que o classificador K-Nearest Neighbor (KNN) utilizado teve o melhor desempenho dentre as quatro metodologias usadas para a classificação dos dados adquiridos, com a classificação média de 76,89%. Também foi possível concluir que há uma potencial relação entre as ondas tetas e a depressão, uma vez que ela teve o poder absoluto em todas as combinações de recursos de melhor desempenho. Tudo isso comprova a viabilidade de um sistema de aquisição de EEG para o diagnóstico de depressão.

Em um outro estudo que tem o mesmo objetivo de identificar a depressão, Mohammadi et al. (2015) usaram uma metodologia diferente e os resultados se mostraram mais promissores. Para realizar a detecção da depressão a ideia seguida na pesquisa foi a de primeiro identificar padrões nas características presentes nos dados dos indivíduos com MDD (*Major Depressive Disorder*), depois identificar padrões nas características dos dados de pacientes saudáveis e partir desses dois resultados, compará-los e observar as discrepâncias entre eles para assim, comprovar que uma determinada característica evidencia a presença da depressão.

Mohammadi et al. (2015) utilizaram o método de árvore de decisão de modelo C4.5 para avaliar os dados, além de serem aplicados metodologias de algoritmo genético e análise de discriminação linear nos dados a fim de melhorar a acurácia. Os resultados mostraram que com a aplicação do algoritmo genético e da análise de discriminação linear nos dados o número total de recursos utilizados foi reduzido em $\geq 50\%$. Em relação a análise com todas as bandas de frequência analisadas juntas, o modelo apresentou acurácia de classificação média (MDD vs. HV) de 80%. Dentre os resultados obtidos, foi determinado que o auxílio do EEG no diagnóstico do transtorno depressivo pode ser considerado promissor. Atualmente, diversos estudos estão sendo desenvolvidos nessa área, o que sugere que pode haver avanços nas técnicas de detecção de características para a depressão e até mesmo para outras doenças, como autismo e TDAH.

3. CONCLUSÃO

A captação de sinais e monitoramento do cérebro humano se tornou mais simples graças ao avanço da tecnologia. O método não invasivo de EEG o torna mais simples e seguro para o paciente, pois o risco que uma cirurgia apresenta não existe para esse caso de aquisição de sinais cerebrais. Além de auxiliar em diagnósticos médicos como epilepsia, depressão, coma, entre outros, o EEG pode ser aplicado em diversos campos de estudos, como para a análise neural de pacientes com a COVID-19, que por ser uma doença nova, os registros de EEG para realizar estudos que ajudem no diagnóstico de doenças que podem ser resultado da infecção pelo vírus são escassos. Logo, o aumento de estudos nessa área será de grande ajuda para o conhecimento do que o coronavírus pode causar nas pessoas.

O desenvolvimento de ferramentas capazes de comprovar a relação das ondas geradas pelo cérebro com problemas psicológicos, como a depressão, é de grande ajuda para o diagnóstico prematuro da doença. Dessa forma, o profissional da saúde terá uma ferramenta confiável de auxílio de diagnóstico para que as devidas providências possam ser tomadas, como o diagnóstico precoce, o que aumenta as chances de recuperação dos pacientes.

Além do uso de EEG para auxílio de diagnósticos médicos, os dados também podem ser usados com a interface cérebro-computador, o que permite a interação para realidades virtuais ou auxílio em movimentos para pessoas com paralisia. Isso é de grande vantagem, pois conforme aconteçam mais estudos na área, mais



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

dados existirão e o conhecimento a respeito de como o cérebro funciona consequentemente também irá aumentar, o que beneficia a todos.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos especiais à instituição UTFPR, ao grupo Fundação Araucária e aos professores Sérgio Okida e Cristhiane Gonçalves.

REFERÊNCIAS

BALL, Tonio et al. Signal quality of simultaneously recorded invasive and non-invasive EEG. **Neuroimage**, v. 46, n. 3, p. 708-716, 2009.

BRITTON, J. W. Hopp JLet al., authors; St. Louis EK, Frey LC, editors. *Electroencephalography (EEG): An Introductory Text and Atlas of Normal and Abnormal Findings in Adults, Children, and Infants* [Internet]. Chicago: American Epilepsy Society; 2016.

CAI, Hanshu *et al.* A pervasive approach to EEG-based depression detection. **Complexity**, v. 2018, 2018.

CASSON, Alexander J. et al. Electroencephalogram. In: **Seamless Healthcare Monitoring**. Springer, Cham, 2018. p. 45-81.

D'ANGELO, J. G.; FATTINI, C. A. *Anatomia Básica dos Sistemas Orgânicos*, 1ªEd. **Editora Atheneu, Rio de Janeiro**, 1998.

DE STEFANO, Pia *et al.* Focal EEG changes indicating critical illness associated cerebral microbleeds in a Covid-19 patient. **Clinical neurophysiology practice**, v. 5, p. 125-129, 2020.

FT BRAIN, E. D. A. *Neuroscience: Science of the Brain-An Introduction for Young Students*. **The British Neuroscience Association**, 2003.

JASPER, Herbert H. The ten-twenty electrode system of the International Federation. **Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.**, v. 10, p. 370-375, 1958.

MARINHO, F. Taíssa. "Recomendação de SBNC para localização de eletrodos e montagem de EEG". **Sociedade Brasileira de Neurofisiologia Clínica**, 2017.

MARZORATI, Davide. **Development of a Wearable and Cost Effective Brain-Computer Interface Assistive Device**. 2017. Tese de Doutorado. University of Illinois at Chicago.

MOHAMMADI, Mahdi *et al.* Data mining EEG signals in depression for their diagnostic value. **BMC medical informatics and decision making**, v. 15, n. 1, p. 1-14, 2015.

PETRESCU, Ana-Maria; TAUSSIG, Delphine; BOUILLERET, Viviane. Electroencephalogram (EEG) in COVID-19: a systematic retrospective study. **Neurophysiologie Clinique**, v. 50, n. 3, p. 155-165, 2020.

RASHID, Mamunur et al. Recent trends and open challenges in EEG based brain-computer interface systems. In: **InECCE2019**. Springer, Singapore, 2020. p. 367-378.

"Transmissão do impulso nervoso" em *Só Biologia*. Virtuoso Tecnologia da Informação, 2008-2020. Disponível em: <https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Histologia/epitelio29.php>. Acesso em: 21 set. 2020

WANG, Po T. et al. Self-paced brain-computer interface control of ambulation in a virtual reality environment. **Journal of neural engineering**, v. 9, n. 5, p. 056016, 2012.