

# Aplicação das ondas cerebrais no contexto da neuropsiquiatria clínica: uma revisão integrativa

*Application of brain waves in the context of clinical neuropsychiatry: an integrative review*

*Aplicación de ondas cerebral en el contexto de la neuropsiquiatría clínica: una revisión integrativa*

Camilla de Andrade Tenorio Cavalcanti<sup>1</sup>, Vanessa Ribeiro Leite Celestino<sup>2</sup>, Polliany da Silva Mendonça<sup>3</sup>, Maria Bianca Fialho Amorim<sup>4</sup>, Ana Clara Silva e Silva<sup>5</sup>, Marcelo Duzzioni<sup>6</sup>, Leandro Álvaro de Alcântara Aguiar<sup>7</sup>, Filipe Silveira Duarte<sup>8</sup>, Romildo de Albuquerque Nogueira<sup>9</sup>

- 1.Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Biociência Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Recife-PE, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6851-3759>
- 2.Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Bioquímica e Fisiologia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Recife-PE, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5786-4171>
- 3.Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Bioquímica e Fisiologia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife-PE, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3949-133X>
- 4.Estudante de Medicina, Faculdade Pernambucana de Saúde (FPS). Recife-PE, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9429-764X>
- 5.Estudante de Enfermagem, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Recife-PE, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8442-5561>
- 6.Professor do Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde (ICBS), Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Maceió-AL, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2212-8027>
- 7.Instituto de Investigação em Ciências da Vida e Saúde (ICVS), Universidade do Minho. Braga, Portugal. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9324-1214>
- 8.Professor Adjunto IV do Departamento de Fisiologia e Farmacologia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Recife-PE, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0542-960X>
- 9.Professor Titular do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Recife-PE, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5582-4865>

## Resumo

**Introdução.** A atividade elétrica e a funcionalidade do cérebro humano dependem da conectividade neural entre diferentes regiões encefálicas. Inúmeros processos patológicos são capazes de prejudicar o funcionamento das redes neurais, contribuindo para o surgimento de sintomas neurológicos e psiquiátricos. **Objetivo.** Avaliar estudos que tenham empregado técnicas de registro da atividade elétrica encefálica visando o diagnóstico de transtornos neuropsiquiátricos. **Método.** Realizou-se uma busca nas bases de dados PubMed, Scopus, Lilacs e Web of Science mediante o uso dos descritores "Electrophysiology", "Brain Waves" e "Mental Disorders", permitindo a identificação de oito artigos. **Resultado.** No âmbito clínico são usadas com maior frequência as seguintes técnicas de análise eletrofisiológica: eletroencefalograma (EEG), eletrocorticograma, magnetoencefalografia e estimulação cerebral profunda, as quais permitiram o estudo de ritmos cerebrais (delta, teta, alfa e beta) em associação com doenças neuropsiquiátricas. Algumas correlações já foram relatadas na literatura vigente, entre elas, a relação entre a onda gama e o Transtorno Obsessivo-Compulsivo; as ondas alfa, beta, gama e teta e a Depressão; e a ondas beta e gama e a Esquizofrenia. Ainda, observa-se uma heterogeneidade nos subgrupos de EEG no Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade associada a perfis comportamentais e cognitivos distintos. Assim, as medidas de EEG podem servir como biomarcadores úteis na classificação do subgrupo ou da resposta ao tratamento. **Conclusão.** Apesar das limitações, é perceptível que as técnicas de registro da atividade elétrica cerebral podem ser aplicadas em complementação ao diagnóstico clínico dos transtornos neuropsiquiátricos.

## Abstract

**Introduction.** The electrical activity and functionality of the human brain depend on neural connectivity between different brain regions. Numerous pathological processes can impair the functioning of neural networks, contributing to the emergence of neurological and psychiatric symptoms. **Objective.** To evaluate studies that have used techniques to record brain electrical activity with a view to diagnosing neuropsychiatric disorders. **Method.** A search was carried out in PubMed, Scopus, Lilacs, and Web of Science databases using the descriptors "Electrophysiology", "Brain Waves" and "Mental Disorders", allowing the identification of eight articles. **Results.** In the clinical field, the following electrophysiological analysis techniques are most frequently used: electroencephalogram (EEG), electrocorticogram, magnetoencephalography and deep brain stimulation, which allowed the study of brain rhythms (delta, theta, alpha and beta) in association with neuropsychiatric diseases. Some correlations have already been reported in the current literature, among them, the relationship between the gamma wave and Obsessive-Compulsive Disorder; alpha, beta, gamma and theta waves and Depression; and the beta and gamma wave and Schizophrenia. Furthermore, there is a heterogeneity in the EEG subgroups in Attention Deficit/Hyperactivity Disorder associated with distinct behavioral and cognitive profiles. Thus, EEG measurements can serve as useful biomarkers in subgroup classification or treatment response. **Conclusion.** Despite the limitations, it is noticeable that the techniques for recording electrical brain activity can be applied to complement the clinical diagnosis of neuropsychiatric disorders.

**Keywords.** Mental Disorders; Electrophysiology; Brain Waves; Electroencephalography; Magnetoencephalography

---

## Resumen

**Introducción.** La actividad eléctrica y la funcionalidad del cerebro humano dependen de la conectividad neuronal entre diferentes regiones del cerebro. Numerosos procesos patológicos son capaces de alterar el funcionamiento de las redes neuronales, contribuyendo a la aparición de síntomas neurológicos y psiquiátricos. **Objetivo.** Evaluar estudios que hayan utilizado técnicas de registro de la actividad eléctrica cerebral con vistas al diagnóstico de trastornos neuropsiquiátricos. **Método.** Se realizó una búsqueda en las bases de datos PubMed, Scopus, Lilacs y Web of Science utilizando los descriptores "Electrophysiology", "Brain Waves" y "Mental Disorders", lo que permitió identificar ocho artículos. **Resultados.** En el ámbito clínico, las siguientes técnicas de análisis electrofisiológico son las más utilizadas: electroencefalograma (EEG), electrocorticograma, magnetoencefalografía y estimulación cerebral profunda, que permitieron el estudio de los ritmos cerebrales (por ejemplo, delta, theta, alfa y beta) en asociación con enfermedades neuropsiquiátricas. Algunas correlaciones ya han sido reportadas en la literatura actual, entre ellas, la relación entre la onda gamma y el Trastorno Obsesivo Compulsivo; ondas alfa, beta, gamma y theta y Depresión; y la ondas beta y gamma y la esquizofrenia. Además, existe una heterogeneidad en los subgrupos de EEG en el Trastorno por Déficit de Atención/Hiperactividad asociada con distintos perfiles conductuales y cognitivos. Por lo tanto, las mediciones de EEG pueden servir como biomarcadores útiles en la clasificación de subgrupos o la respuesta al tratamiento. **Conclusión.** A pesar de las limitaciones, llama la atención que las técnicas de registro de la actividad eléctrica cerebral pueden aplicarse para complementar el diagnóstico clínico de trastornos neuropsiquiátricos.

**Palabras clave.** Trastornos Mentales; Electrofisiología; Ondas Encefálicas; Electroencefalografía; Magnetoencefalografía

---

Trabalho realizado na Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife-PE, Brasil.

Conflito de interesse: não

Recebido em: 23/09/2022

Aceito em: 11/01/2023

Endereço de correspondência: Romildo de Albuquerque Nogueira. R. Dom Manuel de Medeiros s/n. Dois Irmãos. Recife-PE, Brasil. CEP 52171-900. Email: [nogromildo@gmail.com](mailto:nogromildo@gmail.com)

---

## INTRODUÇÃO

O cérebro é um órgão complexo, fruto de uma rede de neurônios que conectam uma região à outra, nas quais cálculos são realizados, percepções são criadas e ações são executadas. Existe uma variedade de regiões e redes neurais que promovem a atividade cerebral por meio de uma auto-organização relacionada às interações complexas entre populações neurais interconectadas<sup>1,2</sup>.

Um número crescente de estudos clínicos e experimentais utilizando diferentes técnicas invasivas e não invasivas vêm demonstrando que a atividade elétrica e a funcionalidade cerebral dependem tanto da conectividade efetiva quanto dos diferentes estados ou ritmos cerebrais. No entanto, muitos processos patológicos prejudicam o funcionamento das redes neurais, contribuindo para o surgimento de sintomas neurológicos e psiquiátricos<sup>1</sup>.

Os registros eletrofisiológicos abrangem múltiplas escalas de medição da atividade de campo elétrico e magnético. Dentre as técnicas de registro, destacam-se a magnetoencefalografia (MEG) e a eletroencefalografia (EEG)<sup>3</sup>. Ambas representam medidas não invasivas associadas a ativações e interações neurais complexas que codificam funções cerebrais, cujos registros obtidos estão relacionados a padrões estereotipados modulados por demandas no processamento das informações<sup>3,4</sup>.

A atividade elétrica cerebral é altamente sensível a disfunções neurais presentes em diferentes transtornos neuropsiquiátricos. Dessa forma, o registro eletrofisiológico

pode servir como ferramenta adicional para a prática clínica através da sua utilização como biomarcador a título de diagnóstico, para o acompanhamento da evolução da doença e resposta terapêutica<sup>3,5,6</sup>.

O EEG é uma técnica neurofisiológica bem estabelecida, sendo usada para registrar o potencial elétrico gerado pela atividade cerebral com alta precisão temporal, seja em repouso ou durante o desempenho de uma determinada tarefa<sup>5,7</sup>. O sinal EEG resulta da soma de entradas excitatórias e inibitórias síncronas, sendo obtido simultaneamente a partir de vários eletrodos ou canais posicionados na superfície da cabeça e cuja densidade define a resolução espacial do EEG. Em suma, detecta alterações no potencial elétrico em um determinado eletrodo por meio da dedução da tensão no eletrodo de referência, que possui um potencial elétrico constante e conhecido<sup>5</sup>.

Por outro lado, a MEG é uma técnica não invasiva de escaneamento cerebral baseada no campo magnético gerado, logo, é uma ferramenta útil no estudo do funcionamento cerebral em condições normais ou patológicas, com resolução temporal da ordem de milissegundos e resolução espacial adequada<sup>7,8</sup>.

A MEG registra campos magnéticos no couro cabeludo produzidos por sinais elétricos endógenos do cérebro por meio de magnetômetros específicos colocados ao redor da cabeça<sup>5</sup> e, apesar das diferenças existentes entre a atividade magnética e elétrica, ambas compreendem representações da mesma atividade neuronal subjacente<sup>7</sup>.

Em comparação com os campos elétricos do EEG, os campos magnéticos da MEG são menos distorcidos, oferecendo assim uma resolução espacial superior. Enquanto a MEG detecta principalmente fontes de sinal tangencial, o EEG é sensível a componentes radiais e tangenciais, podendo registrar potenciais originados dentro dos sulcos, caso sejam suficientemente fortes para serem detectáveis no couro cabeludo. Comparado à MEG, o EEG fornece um sinal mais complexo. Apesar disso, a MEG pode ser mais vantajosa se a fonte de sinal mais alta e tangencial for direcionada, pois o sinal é menos afetado por fontes potencialmente interferentes<sup>4,5</sup>.

O EEG é utilizado como ferramenta de diagnóstico biomédico por quase um século, sendo que a sua aplicação clínica inclui procedimentos ambulatoriais regulares (<2 horas) em que um paciente é avaliado por um conjunto de eletrodos posicionados no couro cabeludo, podendo ser associado a estimulação fótica e hiperventilação<sup>3</sup>. Em outras palavras, os pacientes podem realizar tarefas enquanto o EEG é registrado<sup>3,5</sup>.

Registros contínuos também podem ser realizados no âmbito hospitalar, como é o caso das polissonografias registradas durante o sono para diagnóstico da SAHOS (apneia do sono) ou vídeo-EEG para o diagnóstico de epilepsias, que inclusive podem levar vários dias de registro contínuo. Em procedimentos ambulatoriais o EEG é empregado principalmente para detecção de convulsões e gerenciamento do tratamento, contudo, também é utilizado

na avaliação primária de pacientes que apresentam alterações do estado mental, como nos distúrbios do sono, dores de cabeça, síncope e confusão. Embora esse procedimento apresente importante valor preditivo para descartar convulsões, a amplitude de pacientes que podem receber um EEG clínico baseado em tarefas é grande e inclui avaliação incidental de muitas doenças, como acidente vascular encefálico, transtorno de déficit de atenção e hiperatividade ou demência<sup>3</sup>.

A chance de sucesso da técnica depende da capacidade de identificação da tarefa clinicamente traduzível para se investigar o mecanismo aberrante subjacente a um distúrbio específico. Embora um biomarcador de diagnóstico não precise ser baseado em um mecanismo fisiopatológico, essa base ajuda a reduzir as incertezas do papel que ele desempenha na mediação de um efeito do tratamento em um desfecho clínico<sup>3</sup>.

O estudo dos ritmos cerebrais é de fundamental importância para os profissionais de saúde, visto que o seu amplo conhecimento contribui para a realização de correlatos eletro-clínicos, considerando que as técnicas utilizadas para esse fim já são empregadas há muitos anos para a formulação de hipóteses clínicas de doenças como encefalopatia metabólica e epilepsias<sup>9</sup>.

Apesar da sua importância na prática clínica e científica, o uso do EEG ou MEG apresenta algumas desvantagens, dentre elas a necessidade do posicionamento correto dos eletrodos para o registro eletrofisiológico adequado, tarefa

que exige um treinamento especializado, e a experiência do profissional na avaliação dos registros durante o procedimento, no sentido de minimizar ao máximo a captação de artefatos indesejáveis que possam interferir na interpretação dos resultados<sup>6</sup>.

Neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi analisar os estudos disponíveis acerca das alterações na atividade elétrica cerebral que possibilitem o diagnóstico de transtornos neuropsiquiátricos. Até os dias atuais, grande parte dos diagnósticos no campo da neuropsiquiatria são realizados basicamente pela avaliação clínica, carecendo de biomarcadores que possam ser utilizados a título de complementação diagnóstica.

## **MÉTODO**

### **Delineamento da pesquisa**

A presente revisão integrativa foi realizada a partir da pergunta norteadora: "Quais alterações nas ondas cerebrais são identificadas em indivíduos acometidos com transtornos psiquiátricos?", objetivando realizar um mapeamento acerca do perfil de ondas cerebrais prevalentes nestas doenças. Assim, foram utilizados os descritores "Eletrofisiologia", "Ondas Encefálicas" e "Transtornos Mentais", com suas respectivas traduções para o inglês "Electrophysiology", "Brain Waves" e "Mental Disorders", os quais foram verificados por meio do (DeCS). Esses descritores foram aplicados nas bases de dados PubMed, Scopus, Lilacs e Web of Science com o operador booleano "AND".

Para a triagem dos artigos científicos foi considerado como critério de inclusão aqueles publicados nos últimos cinco anos (2017-2022) e em língua inglesa, portuguesa ou espanhola. Já como critérios de exclusão foram estabelecidos os seguintes aspectos: (1) os artigos de revisão e editoriais, (2) as produções científicas que abordassem doenças distintas e (3) aquelas pesquisas cuja metodologia utilizada não fosse compatível com a pergunta norteadora, logo, os resultados não contribuiriam com o objetivo proposto.

### **Triagem dos artigos científicos**

A triagem teve início em março de 2022 através da plataforma *PubMed*, com o uso dos descritores, sendo encontrados 84 trabalhos científicos. Aplicando o filtro referente ao eixo temporal restaram 39 artigos, sendo 25 excluídos por estarem fora do escopo proposto, isto é, 15 abordavam outras enfermidades (Epilepsia, Síndrome de Down, Transtorno do Espectro do Autismo e Neurodegenerativas), 4 tratavam-se de uma análise da neurodinâmica sem relacionar com uma doença, 3 realizaram uma análise em relação a memória e cognição, 3 abordavam outra temática (receptor NMDA) ou 1 verificava a relação do estresse metabólico com as ondas cerebrais. Na etapa de elegibilidade, foram excluídos quatro artigos por serem revisão da literatura, portanto, 09 artigos científicos seguiram para a leitura completa.

A pesquisa na plataforma *Scopus* apresentou 93 trabalhos, sendo que apenas 34 foram publicados nos

últimos cinco anos. Dentre estes, 28 apresentam incompatibilidade com o objetivo proposto e foram excluídos, dos quais 10 estudavam outras enfermidades (Parkinson, Epilepsia, Síndrome Respiratória Aguda Grave, Acidente Vascular Cerebral, Autismo e Estresse psicológico), 5 tratavam-se de uma análise da neurodinâmica sem relacionar com uma doença, 4 tratavam-se de estudos que analisavam genes e condições genéticas, 4 publicações abordavam temas totalmente incompatível com a proposta (vício em internet e problemas com sono) e 3 abordavam questões relacionadas a atenção e memória, 1 analisa apenas o neurotransmissor GABA e 1 abordava a temática cérebro-máquina. Logo, 6 estudos seguiram para a etapa de elegibilidade.

No *Web Of Science* foram encontrados 24 trabalhos, porém, mediante a aplicação do filtro relacionado ao eixo temporal, restaram apenas seis. Dentre esses, dois foram selecionados pelo título, mas ambos foram identificados como duplicatas das bases anteriormente pesquisadas. Assim, também não houve artigos selecionados nessa base de dados. Por fim, a busca na Lilacs não resultou em artigos quando os descritores foram utilizados.

A partir das etapas mencionadas, um total de 9 artigos no *PubMed* foram selecionados para a leitura completa, dos quais um foi excluído pelos resultados não contribuírem com a solução da pergunta norteadora, apesar de estudarem a eletrofisiologia, não abordavam as ondas cerebrais e um segundo estudo foi excluído por se dedicar a análise do gene

*Disrupted-in-Schizophrenia 1* (DISC1). Durante a etapa de elegibilidade dos artigos selecionados no Scopus 5 artigos foram excluídos, visto que um não trouxe resultados referentes as ondas cerebrais, um tratava-se de um estudo para o desenvolvimento de hardware, um realizou a pesquisa com retinografia e dois eram uma revisão da literatura. Desse modo, somente um artigo do Scopus foi selecionado como amostra. Assim, a amostra da presente revisão foi constituída de oito artigos.

### **Análise da amostra**

A análise dos artigos selecionados foi realizada utilizando uma ficha própria elaborada pelos pesquisadores no Programa Excel, contendo as seguintes informações: título da pesquisa, autor(es) e ano de publicação, revista científica da publicação, local da pesquisa, amostra, método, ondas cerebrais estudadas, doença analisada, resultado e conclusão do estudo.

### **RESULTADOS**

Conforme critérios metodológicos do estudo foram selecionados oito artigos para leitura na íntegra. A pequena quantidade de trabalhos selecionados indica que, apesar dos avanços dentro da área da neuropsiquiatria, pesquisas relacionadas ao diagnóstico de transtornos neuropsiquiátricos por meio dos ritmos cerebrais ainda são insuficientes. Dentre as publicações avaliadas, seis foram desenvolvidas em humanos e duas em animais, sendo que

duas foram realizadas nos Estados Unidos, uma na Austrália, uma no Canadá, uma na Espanha, uma na Polônia, uma na Índia e outra no Reino Unido. Os principais dados dos estudos estão organizados na Tabela 1.

Tabela 1. Informações gerais sobre os estudos determinados como amostra.

<b>Artigo</b>	<b>Amostra</b>	<b>Técnica</b>	<b>Transtorno Neuropsiquiátrico</b>	<b>Ondas Cerebrais</b>
Hudson <i>et al.</i> , 2018 <sup>10</sup>	26 camundongos	ECoG	Esquizofrenia	Beta e Gama
Loo <i>et al.</i> , 2018 <sup>11</sup>	781 crianças	EEG	TDAH	Alfa, Beta, Delta e Teta
Kaur <i>et al.</i> , 2019 <sup>12</sup>	70 adultos	EEG	TDAH	Alfa, Beta, Delta, Gama e Teta
Miller <i>et al.</i> , 2019 <sup>13</sup>	1 idoso	ECP	TOC	Gama
Szumaska <i>et al.</i> , 2020 <sup>14</sup>	20 adultos	EEG	Transtorno Depressivo Maior	Alfa
Gascoyne <i>et al.</i> , 2021 <sup>15</sup>	106 adultos	MEG	Esquizofrenia	Beta
Vila-Merkle <i>et al.</i> , 2021 <sup>16</sup>	24 ratos	ECoG	Transtorno Depressivo Maior e Ansiedade	Delta, Teta, Alfa e Beta
Salle <i>et al.</i> , 2022 <sup>17</sup>	24 adultos	EEG	Transtorno Depressivo Maior	Delta, Teta, Alfa e Beta

Eletroencefalograma (EEG), Eletrocorticograma (ECoG), Estimulação Cerebral Profunda (ECP), Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH), Transtorno Obsessivo-compulsivo (TOC) e Magnetoencefalografia (MEG).

Do ponto de vista metodológico, as técnicas de análise eletrofisiológica empregadas foram: eletroencefalograma (quatro de oito artigos), magnetoencefalografia (um de oito artigos), estimulação cerebral profunda (um de oito artigos) e eletrocorticograma (dois de oito artigos), os quais permitiram o estudo dos ritmos cerebrais Alfa, Beta, Delta, Gama e Teta.

No que se refere aos transtornos neuropsiquiátricos investigados nas pesquisas em humanos, dois artigos se dedicaram ao estudo do Transtorno Depressivo Maior, um ao

Transtorno Obsessivo-Compulsivo (TOC), dois ao Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH) e um a Esquizofrenia. Já nos artigos que foram desenvolvidos em um modelo animal, um estudou Depressão e o outro Esquizofrenia.

A amostra utilizada nos diferentes estudos em humanos foi bastante variada, sendo incluídos crianças e adultos de ambos os gêneros. Conforme observado na Tabela 1, quatro pesquisas foram desenvolvidas em adultos, uma com crianças, uma com idosos e duas com roedores. Por fim, na Tabela 2 estão descritos os objetivos e os principais resultados dos estudos.

## **DISCUSSÃO**

### **Principais Técnicas Aplicadas no Registro da Atividade Elétrica Cerebral**

O eletroencefalograma foi utilizado em quatro das oito pesquisas analisadas por meio do *software* MANSCAN (*Sam Technology*, São Francisco, EUA)<sup>11</sup>, *Geodesic EGG System 300*<sup>14</sup> ou *Brain Vision Quickamp* juntamente com o *Brain Vision Recorder* (*Brain Products*, Alemanha)<sup>17</sup>, sendo que uma das pesquisas não informou o software usado no registro<sup>12</sup>. Apesar de existir um grau de conformidade entre os métodos empregados, houve diferenças na aplicação do EEG, conforme descrito a seguir.

Os sinais do EEG registrados com o hardware e software MANSCAN ocorreram durante o estado de repouso, com uma seção de 5 minutos.

Tabela 2. Objetivo geral e principais resultados das pesquisas selecionadas.

Artigo	Objetivo Geral	Principais Resultados
Hudson <i>et al.</i> , 2018 <sup>10</sup>	Investigar a influência da deleção do gene da fosfolipase C- $\gamma$ 1 na atividade oscilatória cortical e comportamento sensório-motor.	A redução da fosfolipase C- $\gamma$ 1 leva a distúrbios na dinâmica oscilatória beta e gama e no comportamento de inibição pré-pulso. As fortes relações entre essas medidas demonstram a importância da atividade oscilatória relacionada ao comportamento sensório-motor.
Loo <i>et al.</i> , 2018 <sup>11</sup>	Identificar subgrupos distintos de perfis de eletroencefalografia em repouso entre crianças com e sem TDAH e, posteriormente, fornecer extensa caracterização clínica dos subgrupos.	Os resultados permitiram a organização em cinco classes, das quais as latentes demonstraram perfis comportamentais e cognitivos distintos. Aqueles com atividade de ondas Delta e Teta elevada apresentaram níveis mais altos de comportamentos externalizantes e déficits cognitivos. Subgrupos latentes com Alfa e Beta elevado apresentaram níveis mais altos de comportamentos internalizantes, desregulação emocional e funcionamento cognitivo intacto.
Kaur <i>et al.</i> , 2019 <sup>12</sup>	Identificar se a atividade cerebral de adultos diagnosticados com TDAH difere dos indivíduos saudáveis durante um teste de desempenho visual contínuo	Os adultos com TDAH obtiveram um aumento na potência das ondas Delta, Teta, Beta e Gama na região parietal.
Miller <i>et al.</i> , 2019 <sup>13</sup>	Caracterizar o traçado eletrofisiológico subjacente ao pensamento obsessivo.	A provocação direta da obsessão no paciente modulou tanto a taxa de disparo quanto a amplitude de oscilação Gama no Núcleo Accumbens.
Szumska <i>et al.</i> , 2020 <sup>14</sup>	Avaliar os efeitos da Terapia Cognitiva Baseada em Mindfulness (TCBM) em indivíduos deprimidos em relação à redução da depressão, sintomas de ansiedade e avaliar se essa melhora terapêutica se refletiria em nível neurofisiológico com uma mudança na assimetria Alfa frontal.	Foi identificada assimetria de Alfa frontal nos indivíduos deprimidos, sendo que o TCBM auxiliou na redução dos sintomas depressivos e ansiosos, embora não tenha ocorrido alterações nos valores médios da assimetria de Alfa frontal.
Gascoyne <i>et al.</i> , 2021 <sup>15</sup>	Confirmar a redução do RBPM na esquizofrenia e examinar se essa anormalidade é observada tanto na doença de início recente quanto na doença estabelecida. Além disso, testar se a redução do RBPM está correlacionada com a gravidade geral da doença e com a gravidade da síndrome de desorganização.	Foi confirmado que o RBPM está reduzido na esquizofrenia, sendo identificado uma associação com a desorganização da atividade mental na fase estável da doença. Além disso, o RBPM está negativamente correlacionado com a gravidade dos sintomas de desorganização.
Vila-Merkle <i>et al.</i> , 2021 <sup>16</sup>	Descrever o perfil oscilatório em um modelo de ansiedade em roedores e aprofundar as bases terapêuticas da estimulação cerebral profunda infralímbica em transtornos de humor.	A administração da FG-7142 reduziu drasticamente as ondas lentas, aumentando as oscilações Delta, Teta e Beta.
Salle <i>et al.</i> , 2022 <sup>17</sup>	Analisar a aplicabilidade da utilização dos registros do EEG na caracterização de mudanças nos sintomas depressivos após infusões únicas e repetidas de cetamina.	A cetamina exerce alterações específicas na frequência dos registros do EEG, estando as ondas Teta e Gama relacionadas aos sintomas depressivos e a onda Alfa à ideação suicida.

eletroencefalograma (EEG), rebote Beta pós-movimento (RBPM), Terapia Cognitiva Baseada em Mindfulness (TCBM) e Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH).

A captação do sinal foi realizada usando eletrodos de superfície de Ag/AgCl posicionados conforme sistema de padrão internacional, com eletrodos de referência nos ouvidos dos pacientes, impedância abaixo de 10k $\Omega$  e com dados contínuos filtrados usando passa-banda de 0,5 a 50Hz. Esse estudo foi realizado com 781 crianças e os movimentos oculares monitorados através de eletrodos posicionados no canto externo de cada olho para movimentos horizontais e por eletrodos acima dos olhos para movimentos oculares verticais<sup>11</sup>.

O registro realizado por meio do *Geodesic EGG System* 300 ocorreu por intermédio das redes de hidrocélulas de 64 canais, com uma impedância mantida abaixo de 50k $\Omega$  para todos os eletrodos. Devido a problemas técnicos, os pesquisadores usaram dois amplificadores diferentes. Assim, os sinais foram amostrados a 250Hz por canal quando amplificados pelo amplificador Amps 300 e a 500Hz por canal quando amplificados pelo amplificador Amps 400<sup>14</sup>.

Nos registros eletrofisiológicos realizados com amplificador *Brain Vision® Quickamp* e *Brain Vision Recorder®* foram utilizados filtros de passagem de banda do amplificador e taxa de amostragem definida para 0,1–100Hz e 500Hz, respectivamente. O registro teve duração de três minutos, com os pacientes em estado de repouso (olhos fechados), efetuado com 32 eletrodos Ag/AgCl. Dentre eles, um eletrodo foi posicionado no nariz para servir como referência e um eletrodo na fronte. Além disso, nesse protocolo, eletrodos adicionais foram posicionados nas

cristas supra e suborbitais do olho direito e no canto externo de ambos os olhos para registro da atividade eletro-ocular vertical e horizontal. Nesse estudo, as impedâncias dos eletrodos foram mantidas abaixo de 5 k $\Omega$ <sup>17</sup>.

Em suma, pode-se destacar certa padronização na escolha do tempo total de registro, variando de 3 a 5 minutos, bem como nas impedâncias mantidas dos eletrodos, entre de 5 e 10k $\Omega$ . Por outro lado, é relevante apontar a alta variação na taxa de amostragem de escolha, entre 0,5 a 500Hz.

Na pesquisa cujos dados de EEG foram obtidos de voluntários com TDAH e indivíduos saudáveis enquanto realizavam uma tarefa de desempenho visual contínuo visual em um computador com duração foi de 11 minutos, os registros eletrofisiológicos foram realizados a partir de 19 eletrodos de couro cabeludo (Fp1, F3, F7, C3, P3, T3, T5, O1, Fp2, F4, F8, C4, P4, T4, T6, O2, Fz, Cz e Pz) colocados de acordo ao sistema internacional 10-20. Sendo que os parâmetros de gravação foram os seguintes: taxa de amostragem de 256Hz, filtro de hardware passa-banda de 0,1 a 70Hz e filtro notch de 60Hz. E, por fim, todos os dados foram exportados para a caixa de ferramentas EEGLAB da plataforma MATLAB<sup>12</sup>.

A MEG foi utilizada por Gascoyne 2021<sup>15</sup> em um estudo com adultos, cuja finalidade era analisar a redução do rebote Beta pós-movimento (RBPM) na esquizofrenia.

Os registros de MEG de cabeça inteira foram realizados usando um sistema de gradiômetro axial CTF com 275 canais

(CTF MEG Inc. Coquitlam, Vancouver, Canadá) a uma taxa de amostragem de 1200 Hz. Além destes, outros 29 canais de referência foram registrados para fins de cancelamento de ruído e os sensores primários foram analisados como gradiômetros sintéticos de terceira ordem<sup>15</sup>.

Para o registro da atividade magnética, os participantes estavam sentados eretos em uma sala magneticamente blindada com a cabeça apoiada em um descanso de queixo ou com acolchoamento no capacete MEG. Antes da gravação, três bobinas eletromagnéticas foram fixadas na cabeça do participante nos pontos naso e pré-auricular, sendo que estas foram energizadas continuamente durante toda a aquisição. Além disso, também foi utilizado um dipolo magnético para rastrear a localização da cabeça e, conseqüentemente, os movimentos da cabeça durante todo o registro. Além dos dados do MEG, os pesquisadores também registram as medidas de eletro-oculograma horizontal e vertical (usando eletrodos colocados nas têmporas e acima e abaixo do olho esquerdo, respectivamente), bem como o eletrocardiograma (por meio de eletrodos colocados em cada pulso)<sup>15</sup>.

Por fim, Miller 2019<sup>13</sup> realizaram registros com microeletrodos durante um procedimento cirúrgico de Estimulação Cerebral Profunda (ECP) com o paciente acordado para o estudo do Transtorno Obsessivo-Compulsivo. Nessa técnica, os potenciais de campo foram medidos a cada milímetro da abertura de uma cânula de

orientação estereotáxica até atingir o alvo estabelecido, especificamente o Núcleo Accumbens (NAc).

A técnica do eletrocorticograma (ECoG) foi utilizada nas pesquisas realizadas em modelos com roedores<sup>10,16</sup>. Sendo que na pesquisa com Esquizofrenia utilizou-se de camundongos com 12 a 14 semanas de idade, os quais foram submetidos a um procedimento cirúrgico para implementação dos eletrodos nos seguintes locais: córtex frontal esquerdo (eletrodo ativo) e lateral ao lambda (eletrodo de referência)<sup>10</sup>. Enquanto para o estudo com Depressão e Ansiedade eletrodos de aço inoxidável revestidos de Teflon de 100 µm de diâmetro foram posicionados no hipocampo dorsal, hipocampo intermediário, hipocampo ventral e amígdala basolateral<sup>16</sup>.

### **Ferramentas Computacionais para Análise da Atividade Elétrica Cerebral**

Para análise do sinal de EEG foi usado o *MANSCAN EEG*<sup>11</sup>, o *EEGLAB 14*<sup>14</sup> e o *Brain Vision® Analyzer Software* versão 2.1<sup>17</sup>. O espectro de potência foi calculado usando a Transformada Rápida de Fourier (do inglês, *Fast Fourier Transformed* - FFT) no software *MANSCAN EEG*, que usa uma abordagem do periodograma de Welch<sup>11</sup>. Além dessas ferramentas computacionais, o *MATLAB* foi aplicado na análise dos dados provenientes do EEG<sup>12</sup>, ECP<sup>13</sup>, do MEG<sup>15</sup> e do ECoG<sup>10,16</sup>.

No estudo sobre TDAH, a FTT foi calculada considerando as seguintes frequências: delta (0-4Hz), teta (4-8Hz), alfa (8-12Hz), beta (12-30Hz) e gama (30-50Hz)<sup>12</sup>. Já nos

modelos com roedores, a FFT foi a sua aplicação no MATLAB para analisar as seguintes bandas: beta (12–30Hz) e gama (30–80Hz) no estudo com camundongos<sup>10</sup> e oscilações lentas (<1,5Hz), delta (1,5-2,5Hz), baixa teta (2,5-5Hz), alta teta (5-12Hz), beta (16-30Hz), baixa gama (30–60Hz), gama média (60–90Hz) e gama alta (90–120Hz) no estudo com rato<sup>16</sup>. Nesse mesmo estudo, a potência espectral e a potência relativa foram calculadas para cada banda em janelas consecutivas de 60 segundos para visualizar a evolução temporal de cada banda. A potência relativa foi calculada como potência/potência da banda na faixa de 0-250Hz<sup>16</sup>. Por outro lado, a pesquisa desenvolvida em camundongos calculou a Densidade Espectral da Potência em janelas de dois segundos, cuja frequência de amostragem foi fixada em 1000Hz<sup>10</sup>.

Os dados espectrais foram calculados e a potência de EEG estimada e exportada nas seguintes larguras de banda: Delta (1-4Hz), Teta (4-7Hz), Alfa (8-12Hz), Beta 1 (12-16Hz) e Beta 2 (16-21Hz). No caso do EEGLAB 14, por questões metodológicas da pesquisa, os dados precisaram ser uniformizados para 250Hz e filtrados entre 1 e 40Hz. Em seguida, o sinal foi segmentado em janelas de um segundo para que a onda Alfa pudesse ser verificada<sup>14</sup>.

O *Brain Vision® Analyzer Software* versão 2.1 foi usado para analisar os dados brutos, sendo inspecionado visualmente quanto à contaminação ocular/muscular/cardíaca proeminente, permitindo que segmentos contaminados fossem removidos.

Posteriormente, o sinal foi submetido à FFT e agrupado nas larguras de banda: Delta (1-4Hz), Teta 1 (4-6Hz), Teta 2 (6-8Hz), Teta Total (4-8Hz), Alfa 1 (8,5-10,5Hz), Alfa 2 (10,5-12,5Hz), Alfa Total (8,5-12,5Hz), Beta (12,5-30Hz) e Gama (30-50 Hz)<sup>17</sup>.

## **Os Ritmos Cerebrais e o Diagnóstico dos Transtornos Neuropsiquiátricos**

O TDAH é uma condição heterogênea a qual várias pesquisas têm buscado caracterizar as diferenças no estado cerebral. Com isso, o estudo desenvolvido por Loo 2018<sup>11</sup> teve como objetivo identificar subgrupos distintos de perfis de EEG em repouso entre crianças com e sem TDAH, sendo identificado que crianças com atividade de ondas lentas elevada (bandas Delta e Teta) apresentaram níveis mais altos de comportamentos externalizantes e déficits cognitivos. Subgrupos latentes com o ritmo Alfa e Beta elevados apresentaram níveis mais altos de comportamentos internalizantes, desregulação emocional e funcionamento cognitivo intacto.

Um outro achado pertinente diz respeito a um efeito de gênero significativo, havendo predomínio de ondas Delta e Teta em homens (66–67%) em relação a outros ritmos cerebrais (42%–52%). Apesar dos resultados, percebeu-se uma heterogeneidade nos subgrupos de EEG em estado de repouso que estão associados a perfis comportamentais e cognitivos distintos das crianças com TDAH avaliadas na pesquisa. Assim, as medidas de EEG podem representar biomarcadores úteis do resultado do TDAH ou da resposta ao

tratamento do que o diagnóstico, demonstrando que é uma técnica útil na prática clínica<sup>11</sup>.

Por outro lado, um estudo desenvolvido com 70 pessoas, sendo 35 adultos com TDAH (7 mulheres; idade média 20,3 anos) e 35 controles (6 mulheres; idade média 20,6 anos), identificou que os adultos com TDAH e os adultos de controle diferiram significativamente no que diz respeito às ondas Delta, Teta, Beta e Gama na região parietal, no qual observou-se um aumento na sua potência<sup>12</sup>.

Das pesquisas analisadas, três se dedicaram ao estudo do Transtorno Depressivo Maior, sendo que duas conduzidas em indivíduos adultos<sup>14,17</sup> e uma foi em ratos Wistar<sup>16</sup>. O diagnóstico da depressão foi realizado com o auxílio da Escala Classificação de Depressão de Montgomery-Åsberg (do inglês *Montgomery-Åsberg Depression Rating Score*), desenvolvida para mensurar a sintomatologia depressiva na população geral, sendo que pontuações mais altas representam sintomas mais intensos<sup>14</sup>. No segundo estudo, os participantes selecionados haviam sido previamente diagnosticados com o transtorno, não sendo informada a ferramenta utilizada para esse procedimento<sup>15</sup>.

Szum ska 2020<sup>14</sup> buscou avaliar os efeitos da Terapia Cognitiva Baseada em Mindfulness (TCBM) em indivíduos deprimidos em termos de redução da depressão, sintomas de ansiedade e avaliar se essa melhora terapêutica refletiria em um nível neurofisiológico com mudança na Assimetria Alfa frontal (FAA, do inglês *Frontal Alpha Asymmetry*). Ainda, foi identificado assimetria de Alfa frontal nos indivíduos

deprimidos, sendo que o TCBM auxiliou na redução dos sintomas depressivos e ansiosos, os valores médios da FAA não sejam alterados. Esse resultado pode estar relacionado ao fato de que o registro do EEG foi realizado logo após o treinamento com TCBM e à possibilidade de que as alterações neurobiológicas relacionadas ao TCBM sejam mais lentas do que as mudanças comportamentais que podem ser identificadas por questionários. Assim, é possível que as alterações na FAA ainda não estivessem visíveis. Ademais, pode-se destacar como fator limitante da sua compreensão a desigualdade de gênero, a idade, a lateralidade e a diversidade de comorbidades<sup>14</sup>.

A literatura científica vem demonstrando que doses sub anestésicas de cetamina reduzem rapidamente os sintomas depressivos, embora sejam necessárias investigações adicionais sobre os mecanismos neurais subjacentes e a capacidade de previsão dos resultados. Com base nisso, Salle 2022<sup>17</sup> observou alterações no traçado do EEG induzidas por cetamina relacionadas à diminuição dos sintomas depressivos (Teta e Gama) e da ideação suicida (Alfa).

No estudo desenvolvido por Vila-Merkle 2021<sup>16</sup> a droga ansiogênica FG-7142 foi administrada em ratos anestesiados, visando caracterizar as oscilações neurais dentro da amígdala e do eixo dorsoventral do hipocampo na Depressão e na Ansiedade. Sendo identificado que a administração do FG-7142 reduziu drasticamente as ondas lentas e aumentou as oscilações das ondas Delta, Teta, Alfa

e Beta, sendo que a Teta, em especial, só aumentou sua amplitude no hipocampo intermediário e no ventral<sup>16</sup>. Tais achados corroboram com os estudos em humanos por Szumska 2020<sup>14</sup> e Salle 2022<sup>17</sup>.

A esquizofrenia trata-se um transtorno neuropsiquiátrico complexo caracterizado por psicoses, distúrbios socioafetivos e déficits cognitivos<sup>10,15</sup>, sendo que duas publicações se dedicaram ao estudo desse transitando, uma delas usou um modelo animal<sup>10</sup> e a outra foi feito um estudo em humanos<sup>15</sup>. A pesquisa realizada com camundongos buscou analisar a influência da deleção do gene da fosfolipase C- $\gamma$ 1 na atividade oscilatória cortical e comportamento sensório-motor, visto que a enzima fosfodiesterase fosfolipase C- $\gamma$ 1 foi relatada como reduzida no tecido post mortem de pacientes com esquizofrenia. Foi identificado que os camundongos knockout para fosfolipase C- $\gamma$ 1 exibiram distúrbios na dinâmica oscilatória beta e gama, especificamente, houve uma diminuição na sua potência<sup>10</sup>.

Gascoyne 2021<sup>15</sup> confirmou a associação entre Beta pós-movimento e a desorganização da atividade mental na fase estável da esquizofrenia. Além disso, os pesquisadores demonstraram que a taxa, a amplitude e a duração do RBPM são reduzidas na fase estável, revelando uma relação abrangente entre o mecanismo de geração da onda Beta e o risco de desorganização persistente<sup>15</sup>.

Outro achado pertinente relaciona-se ao fato de que o RBPM é reduzido na esquizofrenia, tanto na fase de início

recente quanto na fase estabelecida da doença. No entanto, pouco se sabe sobre como esse efeito pode diferir em pacientes em diferentes estágios da doença e graus de gravidade clínica. Ainda, a onda Beta relacionada ao movimento também se encontra diminuída nos pacientes com esquizofrenia em relação aos controles<sup>15</sup>.

No estudo de caso realizado por Miller 2019<sup>13</sup>, o paciente foi testado durante a cirurgia de ECP para TOC. Durante esse procedimento, à medida que a ponta do microelétrodo se aproximava do alvo ventral do NAc, o indivíduo recebia uma escova de dentes, sendo orientado que trouxesse ela ao rosto e depois imaginasse que estivesse suja enquanto também imaginava escovar os dentes com ela. Este teste foi realizado para fins clínicos, visando a modulação do potencial de ação neuronal correlacionado com sua obsessão por contaminação, bem como para confirmar o envolvimento regional de sua doença<sup>13</sup>.

Em resposta ao teste de provocação, especificamente, os pesquisadores fizeram as seguintes observações: (1) na região mais dorsal do NAc, a taxa de disparo do neurônio aumentou especificamente durante a provocação da compulsão; e (2), por outro lado, no sítio mais ventral do NAc, a taxa de disparo de um neurônio isolado, bem como a amplitude de Gama, diminuíram com a provocação da compulsão. Assim, torna-se possível identificar que a provocação direta da obsessão de contaminação do paciente modulava tanto a taxa de disparo quanto a amplitude de oscilação gama do NAc<sup>13</sup>.

## **Limitações das Pesquisas Analisadas**

Todas as pesquisas científicas estão susceptíveis a fatores limitantes que podem influenciar nos resultados obtidos mesmo que todas as etapas experimentais sejam executadas com todo o rigor exigido. No caso da presente revisão, é relevante abordar as seguintes limitações: (1) o uso de uma amostra pequena, (2) a disparidade entre o número de indivíduos que compõem os grupos experimentais e (3) problemas técnicos no equipamento.

Em relação ao número de participantes, quatro artigos tiveram um número menor do que cem pessoas. Dos quais um artigo foi um estudo de caso, portanto, estudou apenas um paciente<sup>13</sup>, e os demais tiveram uma amostra composta por 70<sup>12</sup>, 20<sup>14</sup> e 24<sup>17</sup> adultos. A disparidade entre o número de indivíduos que compõem o grupo controle e o grupo de indivíduos diagnosticados com a enfermidade estudada foi percebida em um dos estudos, no qual o grupo controle foi formado por 161 crianças, enquanto os indivíduos com TDAH compuseram um grupo com um N=620<sup>11</sup>.

Ademais, também é necessário destacar os problemas técnicos com os equipamentos utilizados, o que ocasionou a necessidade de se aplicar dois protocolos distintos durante as etapas experimentais<sup>14,15</sup>. Já no que diz respeito ao uso de roedores, observa-se como fatores limites o (1) uso de anestésicos<sup>16</sup>, (2) dificuldade de adaptar a técnica ao modelo animal<sup>10</sup> e a (3) ausência de testes comportamentais<sup>16</sup>.

Uma das principais limitações dos estudos em modelos animais reside no uso de anestesia com uretano, o que torna

necessário cautela na análise da faixa de frequência das oscilações observadas. No entanto, estudar oscilações neurais sob anestesia de uretano é mais fácil do que fazê-lo sob condições de movimento livre, uma vez que o primeiro permite gravações estáveis sem efeitos de confusão induzidos pelo comportamento e permite uma abordagem mais realista da atividade neural do que outros anestésicos e, portanto, tem sido amplamente utilizado para experimentos eletrofisiológicos agudos para estudar oscilações cerebrais e descargas neuronais<sup>16</sup>.

Outra limitação identifica foi no modelo desenvolvido com camundongo, visto que devido às limitações de espaço na cabeça do animal, os pesquisadores optaram por registrar os sinais de potencial de campo local apenas da superfície cortical esquerda. Sendo justificado por eles que em estudos anteriores do grupo não observaram quaisquer diferenças hemisféricas em oscilações neurais nos modelos genéticos e farmacológicos de esquizofrenia<sup>10</sup>.

## **CONCLUSÃO**

Com base na pesquisa realizada, apesar das limitações, é perceptível que técnicas para o registro da atividade elétrica possam ser aplicadas no diagnóstico de transtornos neuropsiquiátricos. Até o presente momento, foram identificados os possíveis biomarcadores: a diminuição na amplitude da onda Gama no Transtorno Obsessivo-Compulsivo; aumento nas ondas Delta, Teta, Alfa e Beta e a Depressão; e diminuição na potência da onda Beta e Gama

na Esquizofrenia. Já no TDAH, existe heterogeneidade nos subgrupos de EEG associados a perfis comportamentais e cognitivos distintos. Assim, as medidas de EEG podem ser biomarcadores mais úteis na classificação do subgrupo ou na resposta ao tratamento do que o diagnóstico. Por fim, é necessário reconhecer que existe uma pequena quantidade de artigos publicados sobre a utilização das ondas cerebrais no diagnóstico de transtornos neuropsiquiátricos, revelando uma lacuna dentro das ciências biológicas e médicas e demonstrando uma importante área do conhecimento que deve ser mais investigada, visando melhorias na qualidade de vida dos pacientes e daqueles que vivem em seu entorno.

## REFERÊNCIAS

1. Hallett M, Haan W, Deco G, Dengler R, Iorio R, Gallea C, *et al.* Human brain connectivity: Clinical applications for clinical neurophysiology. *Clin Neurophysiol* 2020;131:1621-51. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2020.03.031>
2. Ji JL, Spronk M, Kulkarni K, Repovš G, Anticevic A, Cole MW. Mapping the human brain's cortical-subcortical functional network organization. *Neuroimage* 2019;15:35-57. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.10.006>
3. Cavanagh JF. Electrophysiology as a theoretical and methodological hub for the neural sciences. *Psychophysiology* 2019;56:e13314. <https://doi.org/10.1111/psyp.13314>
4. He B, Sohrabpour A, Brown E, Liu Z. Electrophysiological Source Imaging: A Noninvasive Window to Brain Dynamics. *Annu Rev Biomed Eng* 2018;4:171-96. <https://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-062117-120853>
5. Beppi C, Ribeiro Violante I, Scott G, Sandrone S. EEG, MEG and neuromodulatory approaches to explore cognition: Current status and future directions. *Brain Cogn* 2021;148:105677. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2020.105677>
6. Ramo GEO. Estudo sobre estimulação musical com o EEG e atenuação do ruído na UTI (Dissertação). Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia; 2018. <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.858>
7. Hegazy M, Gavvala J. Magnetoencephalography in clinical practice. *Arq Neuropsiquiatr* 2022;80:523-9. <https://doi.org/10.1590/0004-282X-ANP-2021-0083>

8. López-Sanz D, Bruña R, Frutos-Lucas J, Maestú F. Magnetoencephalography applied to the study of Alzheimer's disease. *Prog Mol Biol Transl Sci* 2019;165:25-61. <https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2019.04.007>
9. Kanda RG, Cury IJ, Lovatel ATB, Kanda PAM. Sugestões práticas para a descrição do EEG de rotina. *Rev Neurocienc* 2014;22:464-8. <https://doi.org/10.34024/rnc.2014.v22.8083>
10. Hudson MR, Hannan AJ, O'Brien TJ, Jones NC. High-Frequency Neuronal Oscillatory Abnormalities in the Phospholipase C- $\beta$ 1 Knockout Mouse Model of Schizophrenia. *Inter J Neuropsychopharmacol* 2019;22:221-31. <https://doi.org/10.1093/ijnp/pyy097>
11. Loo SK, McGough JJ, McCracken JT, Smalley SL. Parsing heterogeneity in attention-deficit hyperactivity disorder using EEG-based subgroups. *J Child Psychol Psychiatr* 2018;59:223-31. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12814>
12. Kaur S, Singh S, Arun P, Kaur D, Bajaj M. Event-related potential analysis of ADHD and control adults during a sustained attention task. *Clin EEG Neurosci* 2019;50:389-403. <https://doi.org/10.1177/1550059419842707>
13. Miller KJ, Prieto T, Williams NR, Halpern CH. Case studies in neuroscience: the electrophysiology of a human obsession in nucleus accumbens. *J Neurophysiol* 2019;121:2336-40. <https://doi.org/10.1152/jn.00096.2019>
14. Szumska I, Gola M, Rusanowska M, Krajewska M, Żygierewicz J, Krejtz I, et al. Mindfulness-based cognitive therapy reduces clinical symptoms, but do not change frontal alpha asymmetry in people with major depression disorder. *Inter J Neurosci* 2021;131:453-61. <https://doi.org/10.1080/00207454.2020.1748621>
15. Gascoyne LE, Brookes MJ, Rathnaiah M, Katshu MZUH, Koelewijn L, Williams G, et al. Motor-related oscillatory activity in schizophrenia according to phase of illness and clinical symptom severity. *NeuroImage Clin* 2021;29:102524. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2020.102524>
16. Vila-Merkle H, González-Martínez A, Campos-Jiménez R, Martínez-Ricós J, Teruel-Martí V, Blasco-Serra A, et al. The Oscillatory Profile Induced by the Anxiogenic Drug FG-7142 in the Amygdala-Hippocampal Network Is Reversed by Infralimbic Deep Brain Stimulation: Relevance for Mood Disorders. *Biomed* 2021;9:783. <https://doi.org/10.3390/biomedicines9070783>
17. Salle S, Phillips JL, Blier P, Knott V. Electrophysiological correlates and predictors of the antidepressant response to repeated ketamine infusions in treatment-resistant depression. *Prog Neuropsychopharmacol Bio Psychiatr* 2022;115:110507. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2021.110507>