



Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Biociências

TAYZES HAGABEA DANTAS DE OLIVEIRA

***NEUROFEEDBACK EM ALUNOS UNIVERSITÁRIOS PARA
REDUZIR ANSIEDADE***

Recife
2024

TAYZES HAGABEA DANTAS DE OLIVEIRA

***NEUROFEEDBACK EM ALUNOS UNIVERSITÁRIOS PARA
REDUZIR ANSIEDADE***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Biomedicina da Universidade Federal de Pernambuco, como pré-requisito à obtenção do título de Bacharel em Biomedicina.

Orientador: Marcelo Cairrão Araújo Rodrigues.

Recife
2024

Oliveira, Tayzes Hagabea Dantas de .

NEUROFEEDBACK EM ALUNOS UNIVERSITÁRIOS PARA REDUZIR ANSIEDADE / Tayzes Hagabea Dantas de Oliveira. - Recife, 2024.

71 : il., tab.

Orientador(a): Marcelo Cairrão Araújo Rodrigues

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Biociências, Biomedicina, 2024.

Inclui referências, apêndices, anexos.

1. Ansiedade. 2. Eletroencefalograma. 3. Neurofeedback. 4. Saúde mental.
5. Treinamento. I. Rodrigues, Marcelo Cairrão Araújo . (Orientação). II. Título.

610 CDD (22.ed.)

TAYZES HAGABEA DANTAS DE OLIVEIRA

NEUROFEEDBACK EM ALUNOS UNIVERSITÁRIOS PARA REDUZIR ANSIEDADE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Biomedicina da Universidade Federal de Pernambuco, como pré-requisito à obtenção do título de Bacharel em Biomedicina.

Aprovada em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Cairrão Araújo Rodrigues
Universidade Federal de Pernambuco/ DFF

Prof. Dr. Ricardo Emmanuel de Souza
Universidade Federal de Pernambuco/ PPGE

Prof. Dr. Cristine Martins Gomes de Gusmão
Universidade Federal de Pernambuco/ PPGE

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me guiou e me deu forças durante toda essa jornada. Minha eterna gratidão aos meus pais, Maria Zaneide e José Ferreira pelo investimento na minha educação e pelo apoio incondicional. Obrigada pela dedicação, amor e esforço ao me incentivar, amo vocês.

Aos meus irmãos, Talyta Rebeca e Wolfgang Amathaus que sempre me apoiaram. À minha querida avó, Maria Isaira, que fez parte dessa minha caminhada e torceu por mim e que infelizmente já não está entre nós, mas que permanece viva em minha memória e em meu coração.

Dedico também ao meu noivo, Vinícius Leal, que foi de imensa importância ao longo dessa caminhada, sempre me apoiando e ajudando nos momentos mais desafiadores e a seguir em frente.

Expresso minha profunda gratidão ao meu orientador, Professor Marcelo Cairrão, por acreditar no meu potencial e confiar a mim este projeto, além de me acolher no Laboratório de Neurodinâmica da UFPE. Agradeço à minha amiga Juliana Santos e ao Lucas Albuquerque que foi um grande amigo e aos meus amigos do Laboratório, Dra. Marília Marinho, Luiz Henrique, Amanda Andrade, Fernanda Carolayne, Sônia Loreto e Marjorie Lins, pelo apoio e pela convivência enriquecedora.

Aos meus amigos da graduação que foram de grande importância nessa jornada, Francielle M., Roberto F., Álvaro M., Bruna B., Bruna M., Rinaldo C., Victor P., Jonathan G, e Jhonnathan D., que compartilharam comigo inúmeras noites de estudos e desafios, principalmente nos encontros virtuais pelo Meet, sem eles essa caminhada seria mais desafiadora.

Agradeço à Universidade Federal de Pernambuco e ao CNPq, pela bolsa concedida durante minha jornada na Iniciação Científica.

Por fim, a todos que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para a concretização deste trabalho, minha mais sincera gratidão. Vocês têm uma grande parte nesta conquista.

Muito Obrigada!

“As doenças são os resultados
não só dos nossos atos,
mas também dos nossos
pensamentos”

(Mahatma Gandhi)

DANTAS DE OLIVEIRA, Tayzes Hagabea. **Neurofeedback em alunos universitários para reduzir ansiedade**. 2024. 67 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biomedicina) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2024.

RESUMO

O presente trabalho aborda a utilização do neurofeedback (NFB) como ferramenta para a redução da ansiedade em estudantes universitários. A ansiedade é uma condição prevalente entre jovens universitários, especialmente devido à pressão acadêmica e a fatores de adaptação ao ambiente universitário. O NFB surge como uma abordagem promissora por ser não invasiva e não farmacológica, permitindo que os indivíduos aprendam a autorregular sua atividade cerebral. O estudo foi realizado com 21 voluntários, que passaram por 20 sessões de treinamento de NFB, além de mapeamento cerebral e avaliação de níveis de ansiedade através do Inventário de Ansiedade de Beck e da Escala de Depressão, Ansiedade e Estresse (DASS-21). As sessões de NFB focaram no aumento do ritmo sensório-motor (SMR) e na redução das ondas beta altas (*High-Beta*), frequentemente associadas à ansiedade. A metodologia incluiu o uso de eletroencefalograma quantitativo (EEGq) para monitorar a atividade cerebral dos voluntários. As sessões de NFB foram realizadas com a utilização de jogos, onde os participantes eram recompensados com estímulos visuais e auditivos ao atingirem os padrões eletrofisiológicos desejados. Os resultados mostraram uma redução significativa nos escores dos questionários DASS-21 e Beck após o treinamento, indicando uma diminuição dos níveis de ansiedade, com valores $p < 0,0001$ e $p < 0,05$ respectivamente. Além disso, houve uma redução das oscilações beta ($p < 0,001$) e *high-Beta* ($p < 0,0001$), consideradas marcadores eletrofisiológicos da ansiedade, especialmente nas regiões temporais do cérebro. A análise estatística confirmou a eficácia do NFB, com reduções significativas tanto nos sintomas de ansiedade quanto nos marcadores cerebrais de alta frequência. A conclusão do estudo sugere que o NFB é uma abordagem eficaz para o tratamento da ansiedade em estudantes universitários, oferecendo uma alternativa viável aos tratamentos farmacológicos, com potencial para promover um melhor bem-estar emocional e controle dos sintomas ansiosos sem efeitos colaterais adversos.

Palavras-chave: Ansiedade. Eletroencefalograma. *Neurofeedback*. Saúde mental. Treinamento.

DANTAS DE OLIVEIRA, Tayzes Hagabea. **Neurofeedback in college students to reduce anxiety**. 2024. 67 pages. Undergraduate Thesis (Bachelor's Degree in Biomedicine) – Federal University of Pernambuco, Recife, 2024.

ABSTRACT

The present work addresses the use of neurofeedback (NFB) as a tool for reducing anxiety in university students. Anxiety is a prevalent condition among young university students, especially due to academic pressure and adaptation factors to the university environment. NFB emerges as a promising approach because it is non-invasive and non-pharmacological, allowing individuals to learn to self-regulate their brain activity. The study was carried out with 21 volunteers, who underwent 20 NFB training sessions, in addition to brain mapping and assessment of anxiety levels using the Beck Anxiety Inventory and the Depression, Anxiety and Stress Scale (DASS-21). The NFB sessions focused on increasing sensorimotor rhythm (SMR) and reducing high beta waves (High-Beta), often associated with anxiety. The methodology included the use of quantitative electroencephalogram (EEGq) to monitor the brain activity of volunteers. The NFB sessions were carried out using games, where participants were rewarded with visual and auditory stimuli when they reached the desired electrophysiological standards. The results showed a significant reduction in DASS-21 and Beck questionnaires scores after training, indicating a decrease in anxiety levels, with values $p < 0.0001$ and $p < 0.05$ respectively. Furthermore, there was a reduction in beta ($p < 0.001$) and high-beta ($p < 0.0001$) oscillations, considered electrophysiological markers of anxiety, especially in the temporal regions of the brain. Statistical analysis confirmed the effectiveness of NFB, with significant reductions in both anxiety symptoms and high-frequency brain markers. The study's conclusion suggests that NFB is an effective approach for treating anxiety in college students, offering a viable alternative to pharmacological treatments, with the potential to promote better emotional well-being and control of anxious symptoms without adverse side effects.

Key words: Anxiety. Electroencephalogram. Neurofeedback. Mental health. Training.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Divisão do Córtex Cerebral em Lobos.	17
Figura 2 – Demonstração da amígdala e hipocampo.	18
Figura 3 – Fluxograma da metodologia.	25
Figura 4 – Painel Brain Trainer para mapeamento cerebral utilizando o TQ 4C e 5 steps.....	28
Figura 5 – Layout do sistema 10-20 à esquerda e as regiões cerebrais à direita.	28
Figura 6 – Detecção e Análise de Artefatos em Registros de EEG através do TQ7.	31
Figura 7 – Quantidade percentual acima da onda beta esperada (15-23 Hz >17%) e Beta-Alta (23-38 Hz >10%) nos pontos T3 e T4, expressa em cor vermelha, representando excesso de ondas no grupo estudado (lobos temporais quentes). ...	31
Figura 8 – O sistema de NFB inclui cadeias externas, como eletrodos, amplificador, computador, programa e representação de <i>feedback</i> (linhas pretas), e cadeias internas – o contorno cerebral do NFB (linhas vermelhas). Este último consiste nas redes cerebrais responsáveis por processar, controlar e utilizar as informações de <i>feedback</i>	32
Figura 9 – Painel do programa <i>FRE%</i> exibindo a medição das atividades cerebrais geradas por um simulador. Variações de ondas na frequência <i>High Beta</i> (traçado em verde) e as variações no mecanismo de recompensa cerebral (traçado branco). As opções <i>filter min</i> e <i>filter máx</i> , mostram a frequência do treinamento SMR (12 a 15 Hz).....	33
Figura 10 – Painel do <i>FRE%1C</i> com jogo de corrida de carro.....	33
Figura 11 – Voluntários em treinamento <i>neurofeedback</i> com o jogo de corrida de carro.....	35
Figura 12 – Resultados do Questionário DASS-21 significativo antes e depois do treinamento de <i>Neurofeedback</i> . (***) : Com valor $p < 0,0001$, no teste Wilcoxon. (N=21 pessoas).	36
Figura 13 – Resultados do Inventário Beck antes e depois do <i>Neurofeedback</i> . Os dados representam média \pm erro padrão da média. *: $p < 0,05$, teste Wilcoxon. (N=21 pessoas).	37
Figura 14 – Resultado da análise de temporais quentes beta e <i>high beta</i> antes e depois do <i>neurofeedback</i> . Os dados representam média \pm erro padrão da média. **: $p < 0,001$; ***: $p < 0,0001$. Teste t pareado.	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição da classificação de ansiedade DASS-21 antes (t0) e depois (t3) do treinamento (n = 21)	36
Tabela 2 – Distribuição do grau de ansiedade Inventário Beck antes (t0) e depois (t3) do treinamento (n = 21).....	37
Tabela 3 – Valores dos temporais T3 e T4 antes (t0) e depois (t3) do treinamento NFB. Onda beta esperada (15-23 Hz >17%) e Beta-Alta (23-38 Hz >10%), representando excesso de ondas no grupo estudado (cor vermelha e verde).....	38
Tabela 4 – Incidência de temporais quentes (beta e high beta) antes e depois de 20 sessões de NFB. ***:p<0,0001, teste χ^2	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACTH	Hormônio Adrenocorticotrófico
CRH	Hormônio Liberador de Corticotrofina
DASS-21	Escala de Depressão, Ansiedade e Estresse- <i>Depression Anxiety and Stress Scale</i>
EEG	Eletroencefalograma
EEGq	Eletroencefalograma quantitativo
HPA	Hipotálamo-hipófise-adrenal
NFB	<i>Neurofeedback</i>
OMS	Organização Mundial de Saúde
SMR	Ritmo sensório-motor
SNC	Sistema Nervoso Central
SNP	Sistema Nervoso Periférico
TCC	Terapia Cognitivo-Comportamental
TCLE	Termo de Consentimento Livre Esclarecido
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1. Sistema Nervoso Central e Fisiopatologia da ansiedade	16
2.2. Neurofeedback.....	18
2.2.1. História do neurofeedback	18
2.2.2. Conceitos e definições	20
2.3. Ansiedade em Alunos Universitários	21
3. OBJETIVOS.....	23
3.1. Objetivo Geral	23
3.2. Objetivos Específicos	23
4. METODOLOGIA	24
4.1. Desenho da Pesquisa	24
4.2. Local da Pesquisa	24
4.3. Amostra da Pesquisa	24
4.4. Critérios de Avaliação.....	25
4.4.1. Critérios de inclusão.....	25
4.4.2. Critérios de exclusão.....	25
4.5. Níveis de Ansiedade.....	26
4.5.1. Inventário de ansiedade de Beck	26
4.5.2. Escala de depressão, ansiedade e estresse.....	26
4.5.3. Mapeamento e treinamento <i>neurofeedback</i>	27
4.6. Análise Estatística.....	34
5. RESULTADOS.....	35
6. DISCUSSÃO	40
7. CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS.....	43
APÊNDICE A – Artigo aprovado no VIII SABIO 2024: <i>Neurofeedback to Reduce Anxiety and Depression in University Students</i>	48
APÊNDICE B – Artigo aprovado no VIII SABIO 2024: <i>Neurofeedback Research with College Students to Reduce Electrophysiological Indicators of Anxiety</i> . .	52
ANEXO A – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética.....	56
ANEXO B – Carta de Anuência de Psicologia	57
ANEXO C – Carta de Anuência do Laboratório de Neurodinâmica do Departamento de Fisiologia e Farmacologia.....	58

ANEXO D – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)	59
ANEXO E – Inventário de Ansiedade de Beck (BECK et al., 1988)	61
ANEXO F – Questionário DASS-21	65
ANEXO G – Certificado de Menção Honrosa no III Congresso de Neuro- Fisiologia da UFPE.	70

1. INTRODUÇÃO

A ansiedade é uma condição psicológica que afeta uma vasta quantidade de pessoas em todo o mundo, podendo ter um impacto substancial na qualidade de vida. É uma resposta natural do corpo a situações de estresse ou perigo percebido, manifestando-se como uma intensa sensação de preocupação, medo ou apreensão, muitas vezes acompanhada de sintomas físicos, tais como aumento dos batimentos cardíacos, sudorese e tensão muscular. Segundo dados da Organização Mundial de Saúde (OMS), o Brasil se destaca como o país com a maior prevalência de transtornos de ansiedade em nível global, afetando aproximadamente 9,3% da população brasileira (CARVALHO, 2023). Esses números alarmantes destacam a necessidade urgente de ações voltadas para a compreensão, tratamento e prevenção desses transtornos no país.

Ademais, a ansiedade parece encontrar um solo fértil entre estudantes universitários, que enfrentam uma série de desafios acadêmicos, sociais e pessoais durante o período de sua formação. Quando os jovens ingressam no ambiente universitário, se deparam com novas responsabilidades, pressões acadêmicas crescentes e a necessidade de adaptação a um ambiente social desconhecido, o que pode gerar uma carga significativa de estresse e ansiedade. É uma preocupação crescente para as instituições de ensino e profissionais de saúde mental, pois pode impactar negativamente o desempenho acadêmico, a qualidade de vida e o bem-estar emocional. Além disso, a ansiedade não tratada pode evoluir para transtornos mais graves, prejudicando ainda mais a vida desses jovens adultos.

Este estudo tem como foco a relevância do tratamento da ansiedade em estudantes universitários por meio de abordagens não farmacológicas. Conforme apontado por Russo et al. (2022), uma das ferramentas promissoras é o *neurofeedback* (NFB), uma técnica que se baseia em um sistema de retroalimentação sensorial capaz de induzir plasticidade cerebral e melhorar a atenção, foco e relaxamento, resultando na redução dos sintomas de ansiedade. Hammond (2011) destaca que o NFB possibilita a coleta de dados neurofisiológicos em tempo real, incluindo sinais de eletroencefalograma quantitativo (EEGq), que são amplificados e processados por um sistema de aquisição de dados para análise das frequências específicas do sinal cerebral. Essas informações são então apresentadas ao participante por meio de sinais visuais, auditivos de acordo com o protocolo utilizado,

proporcionando dados valiosos sobre a atividade cerebral.

A área do NFB dedica-se à regulação e controle dos processos eletroquímicos que ocorrem no cérebro humano (Vlachou et al., 2022). Essa abordagem tem demonstrado sua capacidade de induzir neuroplasticidade cerebral (Marins & Tovar-Moll, 2022). O principal objetivo do NFB é capacitar os indivíduos a adquirirem controle sobre padrões específicos de atividade cerebral, desenvolvendo estratégias para aplicar essas habilidades em seu cotidiano. Um dos principais propósitos do NFB é proporcionar tratamentos duradouros para questões como ansiedade, depressão e déficit de atenção, sem depender do uso de medicamentos (Russo, 2022; Linden, 2022).

Nos últimos anos, o interesse pelo estudo da neurobiologia tem crescido, com o intuito de compreender as mudanças estruturais e moleculares que ocorrem no sistema nervoso. Pesquisas conduzidas por Ribas e colaboradores (2018) destacaram a importância fundamental da amígdala na avaliação da natureza e intensidade das situações enfrentadas por um indivíduo. Durante episódios de ansiedade, esse circuito emocional é ativado, resultando em alterações nos padrões de oscilação da atividade cerebral, que podem ser identificadas por meio de marcadores eletrofisiológicos no EEGq (Ribas et al., 2018; Russo, 2022; Byeon et al., 2022).

Esses marcadores eletrofisiológicos associados à ansiedade podem ser utilizados em procedimentos de treinamento comportamental (Ribas et al., 2018; Russo, 2022; Byeon et al., 2022). A técnica que emprega estímulos sensoriais com base nesses marcadores de atividade neural é conhecida como NFB (Othmer, 2020). Alterações no EEGq relacionadas à ansiedade, como o aumento da frequência beta alta, especialmente na região motora do hemisfério direito e no córtex dorsolateral, podem ser observadas (Ribas et al., 2018).

Embora a ansiedade possa ser avaliada por meio de várias abordagens, desde questionários e entrevistas clínicas até medidas fisiológicas como a frequência cardíaca e a condutância da pele, a coleta de dados de NFB oferece uma perspectiva única, permitindo uma visão direta da atividade cerebral subjacente aos sintomas de ansiedade. Por exemplo, a obtenção de dados de EEGq durante as sessões de NFB pode revelar padrões específicos de atividade cerebral associados à ansiedade.

A análise dos dados de NFB envolve a identificação de padrões e correlações entre a atividade cerebral e os sintomas de ansiedade. Isso pode ser realizado por

meio de técnicas estatísticas avançadas e algoritmos de aprendizado de máquina. Ao analisar os dados coletados, pode-se determinar se houve alterações na atividade cerebral relacionada à ansiedade ao longo do tratamento. É importante ressaltar que os resultados podem variar entre indivíduos, e o NFB deve ser considerado como parte de um plano de tratamento abrangente, complementando outras abordagens terapêuticas de longo prazo (Ribas et al., 2018).

Para avaliar a ansiedade dos indivíduos, tem-se os questionários como o Inventário de Ansiedade de Beck (BECK et al., 1988) (Anexo E) e a Escala de Depressão, Ansiedade e Estresse - Depression Anxiety and Stress Scale (DASS-21) (LOVIBOND e LOVIBOND, 1995) (Anexo F). Além disso, observar marcadores eletrofisiológicos da ansiedade utilizando o EEGq, conforme descrito por (RIBAS et al., 2016; RIBAS et al., 2017). Esses estudos identificaram associações entre ansiedade, medo, insegurança, pânico e fobia com certos padrões de frequência rápida da atividade elétrica, captada nos eletrodos temporais (possivelmente relacionados à ativação das amígdalas), expressos nas regiões T3 e T4 (RIBAS et al., 2016; RIBAS et al., 2017).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Sistema Nervoso Central e Fisiopatologia da ansiedade

O Sistema Nervoso Central (SNC) é composto pelo encéfalo e pela medula espinhal. O encéfalo é responsável pelo processamento central das informações, atuando como o centro integrador com capacidades cognitivas de aprendizagem, memória, decisão e controle, além de funções emocionais. Ele é formado pelos hemisférios do córtex cerebral (cérebro), que são responsáveis pelas funções sensoriais e motoras; pelo tálamo e hipotálamo, que atuam como centros de integração e regulação de funções sensoriais e endócrinas, respectivamente; pelo tronco cerebral, que serve como centro de interligação e regulação de funções viscerais, sentimentos e emoções; e pelo cerebelo, que coordena a motricidade e o equilíbrio (ABBOTT, 2013). A medula espinhal, por sua vez, é composta por nervos de interligação com o cérebro (substância branca), nervos motores e sensoriais de ação reflexa (substância cinzenta), e nervos motores e sensoriais de interligação (substância cinzenta) (WINKLER et al., 2011). Juntamente com o Sistema Nervoso Periférico (SNP), que é formado pelos nervos sensoriais e motores das extremidades do corpo, controla os movimentos dos membros superiores e inferiores (SHARON et al., 2016).

No estudo do encéfalo, destaca-se a funcionalidade do córtex cerebral, que é o órgão responsável pelas atividades psíquicas e neurais mais complexas do corpo humano. A Figura 1 demonstra a organização do córtex cerebral em quatro regiões denominadas lobos: frontal, parietal, occipital e temporal. Cada região exerce funções específicas relacionadas às atividades neurais psíquicas e motoras (Chung & Deisseroth, 2013).

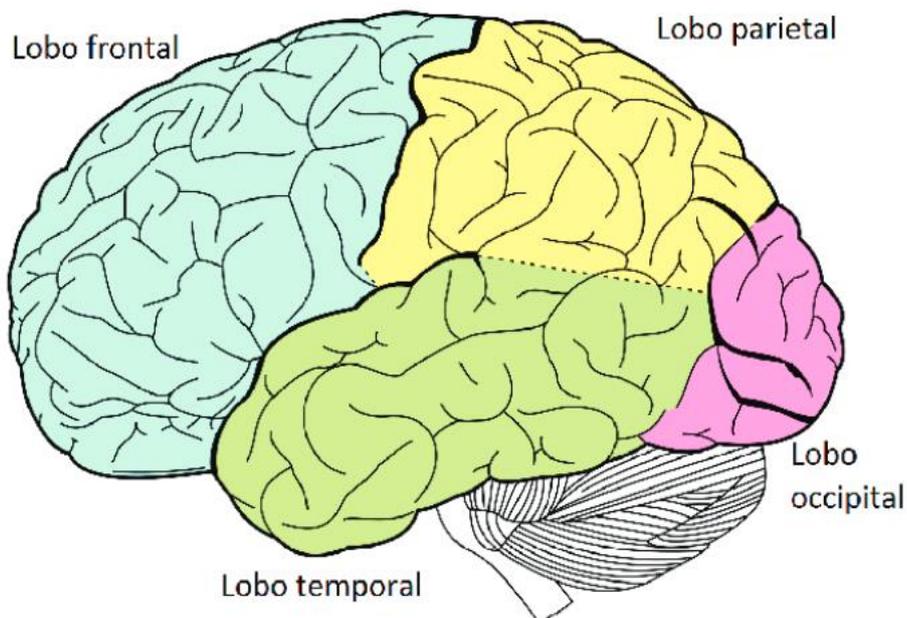
O lobo frontal está associado a atividades como raciocínio, concentração, tomada de decisões e resolução de problemas. O lobo temporal contém regiões responsáveis pelo processamento da memória e da audição. O lobo occipital é predominantemente ativo em atividades visuais. Finalmente, o lobo parietal está relacionado à percepção de estímulos como odor, tato e paladar. Dentro de cada lobo, permeando o córtex cerebral, encontram-se células nervosas chamadas neurônios, que são capazes de receber, processar e transmitir informações.

O hipotálamo desempenha um papel central na coordenação de uma resposta

humoral, visceromotora e somática-motora adequada, regulada pelo eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA). O hormônio cortisol é liberado pelas glândulas adrenais em resposta ao aumento dos níveis de hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) no sangue, que é liberado pela hipófise anterior após o estímulo do hormônio liberador de corticotrofina (CRH), produzido no hipotálamo. Os neurônios do hipotálamo responsáveis pela secreção de CRH são modulados pela amígdala e pelo hipocampo. Quando o núcleo central da amígdala é ativado, ele influencia o eixo HPA e desencadeia a resposta ao estresse, sendo que uma ativação inadequada desse mecanismo está associada aos transtornos de ansiedade. Para Bear, Connors e Paradiso (2006) a exposição prolongada ao cortisol, durante períodos de estresse crônico, pode provocar disfunção e morte dos neurônios hipocampais.

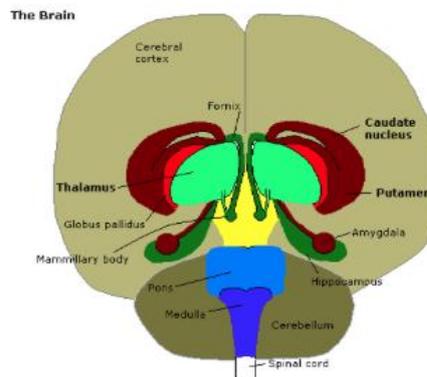
Em síntese, a amígdala e o hipocampo regulam o eixo HPA e a resposta ao estresse de forma coordenada: a hiperatividade da amígdala, associada a memórias inconscientes formadas por mecanismos de condicionamento ao medo, contrasta com a diminuição da atividade do hipocampo, que participa do armazenamento de memórias conscientes em situações de aprendizado traumático (Figura 2) (Le Doux, 2001; Bear, Connors e Paradiso, 2006).

Figura 1 – Divisão do Córtex Cerebral em Lobos.



Fonte: Diogo Roberto, 2019.

Figura 2 – Demonstração da amígdala e hipocampo.



Fonte: MeSH, 2024

2.2. Neurofeedback

2.2.1. História do neurofeedback

A história do NFB tem suas raízes nas pesquisas iniciais sobre a atividade elétrica cerebral. A pesquisa de Richard Caton realizada em 1875, de acordo com Demos (2005), é considerada um marco inicial para o *biofeedback*. Seus experimentos iniciais envolviam a colocação de eletrodos no cérebro exposto de animais. Posteriormente, ele também registrou atividades elétricas provenientes do escalpo fechado de animais. Por volta de 1920, Hans Berger mediu a atividade elétrica em escalpos humanos. Berger foi o primeiro a registrar a atividade elétrica cerebral em papel, criando o EEG. Ele identificou duas ondas distintas, alfa e beta. A frequência de 10 Hz ficou conhecida como Ritmo Berger.

Foi observado por Berger que o pensamento e o estado de alerta geravam aumentos significativos na banda de frequência Beta, que variava entre 13 e 30 Hz. Ele acreditava que anormalidades no EEG refletiam distúrbios clínicos. Muitos protocolos de tratamento por NFB são baseados nesta suposição de Berger (CRISWELL, 1995).

Na década de 1930, Edgar Adriane e B.H.C. Mathews repetiram com sucesso as medidas das ondas elétricas de Berger. Utilizando um dispositivo de cintilação por foto estimulação, eles também estudaram a sincronização das ondas cerebrais e foram pioneiros no uso de amplificadores diferenciais. Suas pesquisas mostraram que os padrões de ondas cerebrais podiam ser alterados por frequências específicas de luzes intermitentes. Embora a sincronização das ondas cerebrais tenha alterado o EEG, não podia ser considerado *biofeedback*, pois não havia um retorno (*feedback*) das informações biológicas, sendo um processo de via única.

Em 1963, o professor da Universidade de Chicago, Joseph Kamiya, quis descobrir se era possível o reconhecimento consciente das ondas cerebrais. Ele treinou um voluntário a reconhecer períodos de intensa atividade das ondas cerebrais alfa (8-12 Hz), oferecendo reforços verbais durante o treinamento sempre que o voluntário entrava no estado alfa, o experimento foi bem-sucedido (CRISWELL, 1995). O experimento de Kamiya demonstrou todo o ciclo de treinamento *biofeedback*, onde um instrumento registrava uma atividade biológica específica, a pessoa que estava sendo treinada recebia reforços sobre a ocorrência da atividade desejada, e então o controle da atividade biológica se tornava possível. Este processo inovador criado por Kamiya abriu portas para o treino de aprimoramento das ondas alfa.

Foi relatado quase simultaneamente na França por Durup e Fessard em 1935, e nos Estados Unidos por Loomis, Harvey e Hobart em 1936, que a atividade do cérebro, mais especificamente o bloqueio da resposta alfa, podia ser classicamente condicionada. Loomis descreveu que em um quarto escuro, a combinação de um tom auditivo baixo com um estímulo de luz resultava em um condicionamento, cuja resposta causava o bloqueio de alfa. Eles também observaram que a extinção ocorria se o tom baixo era apresentado várias vezes sem o estímulo de luz (SHERLIN et al., 2011).

Conforme Siever (2008), em 1960, o Dr. Antoine Remond, médico francês e pesquisador de eletroencefalografia, começou a experimentar o controle voluntário das ondas cerebrais. Em seguida, Remond descobriu a assinatura das pessoas com Transtorno do déficit de atenção com hiperatividade (TDAH), ou disfunção cerebral mínima, como era conhecida na época. Em 1969, ele publicou suas descobertas em um livro intitulado "*Le rythme alpha moyen. Méthodologie et description*", onde explicou suas descobertas sobre o funcionamento interno do cérebro e da mente.

Por volta de 1960, pesquisadores independentes dos Estados Unidos desenvolveram instrumentos para monitorar e retornar informações fisiológicas com finalidades terapêuticas. Em 1969, Barbara Brown organizou a primeira conferência que consolidou a nomenclatura "*biofeedback*" para tal procedimento, criando a organização nacional americana intitulada *Biofeedback Research Society*. Com o desenvolvimento de instrumentos para *biofeedback*, a demonstração e investigação científica tornaram-se possíveis, e o novo procedimento logo saiu dos laboratórios de pesquisa para a prática clínica. A utilização desses instrumentos para captar sinais elétricos exclusivamente cerebrais através de eletrodos passou a ser chamada de

NFB (JONAS; LEVIN, 2001).

Moriyama et al. (2012) relatam que em 1965, Sterman descobriu acidentalmente que os gatos podiam ser condicionados a produzir um ritmo rápido EEG de cerca de 12 a 15 Hz sobre o córtex sensório-motor (SMR - ritmo sensório-motor). Sterman utilizou os mesmos gatos em outro experimento em que seriam expostos a uma substância tóxica conhecida por provocar convulsões. Ele ficou surpreso ao observar que os animais treinados para produzir SMR eram resistentes ao efeito convulsivo dessa substância. Sterman realizou um estudo controlado cego com medidas repetidas e demonstrou que o NFB poderia ser usado para controlar crises convulsivas. Os seus estudos encorajaram outros pesquisadores a utilizar o NFB para a epilepsia, e alguns relataram que tanto crianças com epilepsia quanto com sintomas hipercinéticos apresentaram melhorias surpreendentes após as sessões de NFB. Lubar e Shouse (1976) foram os primeiros a relatar os benefícios do NFB em crianças com transtornos hipercinéticos sem epilepsia.

2.2.2. Conceitos e definições

O NFB é uma técnica de neuromodulação na qual os sinais cerebrais são monitorados, geralmente por meio da atividade cerebral registrada por EEG (ARNS et al., 2009; SHERLIN et al., 2011; LARSEN; SHERLIN, 2013). No entanto, essa técnica também pode ser realizada por meio de imagens de ressonância magnética funcional (fMRI) (YOUNG et al., 2014) e através do sistema de espectroscopia de infravermelho próximo (NIRS) (MIHARA et al., 2012), entre outros métodos. Em todos os casos, a informação adquirida através desses registros é empregada pelo próprio sujeito para que ele possa controlar o seu desempenho (LARSEN; SHERLIN, 2013). Para tanto, esse sistema utiliza recursos digitais sonoros e/ou visuais (e até táteis) que são modulados em tempo real pela atividade cerebral registrada (PEEK, 1995).

As pessoas têm a capacidade de aprender a assumir o controle de vários aspectos de sua atividade neural por meio de um processo de treinamento que envolve a exibição online de mudanças contínuas fornecidas ao usuário através do EEG (NEUPER; PFURTSCHELLER, 2009). Exemplos incluem o nível de atenção atual exibido numericamente, em um gráfico de barras ou como uma exibição visual (JOHNSTONE et al., 2017).

O treinamento de NFB envolve vários mecanismos de aprendizado no cérebro, dos quais o condicionamento operante é considerado o principal (NEUPER;

PFURTSCHELLER, 2009; ENRIQUEZ-GEPPERT; HUSTER; HERRMANN, 2017). Este método está fundamentado no processo de aprendizagem contínua tanto da máquina quanto do ser humano, mediante a modificação de padrões cerebrais realizada pelo próprio indivíduo (CABALLO; CLAUDINO, 1996).

Este método tem sido aplicado como uma ferramenta terapêutica para normalizar a atividade cerebral desviante ou como uma ferramenta de aprimoramento cognitivo para indivíduos saudáveis no chamado “treinamento de desempenho de pico” (ENRIQUEZ-GEPPERT; HUSTER; HERRMANN, 2017). Exemplos incluem o uso de treinamento NFB em neuroreabilitação para aprendizagem motora na recuperação pós-AVC (ZICH et al., 2015; KRUCOFF et al., 2016), no tratamento do transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (ADHD) (ARNS et al., 2009) ou epilepsia (STERMAN; EGNER, 2006), e no treinamento de NFB para melhorar as habilidades de atenção (SHIN et al., 2016).

Esses estudos baseiam-se na suposição de uma relação causal entre oscilações cerebrais específicas e cognição, comportamento ou função motora. Ou seja, a autorregulação da atividade cerebral específica visa produzir mudanças benéficas nas funções cognitivas, comportamentais ou motoras.

A eficácia do treinamento NFB pode ser medida usando duas variáveis independentes: as mudanças na atividade do EEG e as alterações cognitivas ou comportamentais de uma função direcionada (ROGALA et al., 2016).

Os padrões de atividade cerebral a serem modificados através do treinamento cognitivo com o NFB são definidos de acordo com o objetivo a ser alcançado, que, no caso desta monografia, é a autorregulação do processo emocional relacionado à ansiedade.

2.3. Ansiedade em Alunos Universitários

A ansiedade é um transtorno mental comum entre estudantes universitários, que pode interferir significativamente na vida acadêmica e pessoal desses indivíduos. Diversos fatores contribuem para o aumento da prevalência de ansiedade nesse grupo, como as exigências acadêmicas, a transição para a vida adulta e a preocupação com o futuro profissional. Segundo Nogueira et al. (2024), a combinação dessas pressões resulta em altos índices de sintomas ansiosos, sendo ainda mais

evidente em estudantes que conciliam estudo e trabalho.

A pandemia de COVID-19 trouxe um impacto adicional à saúde mental dos estudantes universitários, exacerbando os níveis de ansiedade e estresse devido ao isolamento social, incertezas acadêmicas e adaptação ao ensino remoto. Alves et al. (2024) observaram que, no contexto pós-pandemia, a ansiedade severa foi um dos principais problemas de saúde mental entre os estudantes.

Além disso, estudos mostram que a ansiedade pode afetar negativamente hábitos relacionados à alimentação e ao sono, criando um ciclo vicioso que agrava ainda mais o estado emocional dos estudantes. Canever et al. (2024) investigaram como a ansiedade impactou o comportamento alimentar durante a pandemia, revelando um aumento no consumo de alimentos não saudáveis em momentos de estresse.

Para lidar com esses problemas, várias estratégias de manejo da ansiedade têm sido exploradas, como a Terapia Cognitivo-Comportamental (TCC), que, segundo Araújo et al. (2024), tem se mostrado eficaz ao promover a reestruturação cognitiva e o desenvolvimento de habilidades emocionais entre os estudantes universitários. Além disso, Oliveira et al. (2023) destacam a importância da prática de exercícios físicos como uma medida eficaz na redução dos níveis de ansiedade e na melhora da qualidade de vida dos universitários. Essas intervenções são essenciais para o controle da ansiedade, especialmente em um contexto acadêmico, onde a pressão e as expectativas são constantes. O desenvolvimento de estratégias eficazes de suporte mental pode não apenas reduzir os níveis de ansiedade, mas também melhorar o desempenho acadêmico e a qualidade de vida dos estudantes. No entanto, o grau de ansiedade atualmente é tão elevado que mais abordagens precisam ser tratadas como o NFB.

Apesar do NFB ser uma possível intervenção barata não farmacológica para redução da ansiedade, não existem ainda no Brasil pesquisas suficientes para confirmar seus efeitos nesta população.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

O objetivo principal deste estudo foi avaliar a eficácia do NFB na redução da ansiedade e depressão em estudantes universitários.

3.2. Objetivos Específicos

Pode-se enumerar como objetivos específicos pertinentes ao trabalho:

- i. Realizar mapeamento cerebral e 20 sessões de treinamento de NFB em alunos universitários com EEGq;
- ii. Determinar os níveis de ansiedade dos indivíduos através de questionários como o Inventário de Ansiedade de Beck e a Escala DASS-21, antes e após o treinamento.
- iii. Verificar, através da EEGq, se há mudança nos marcadores eletrofisiológicos da ansiedade, temporais quentes, após NFB.

4. METODOLOGIA

4.1. Desenho da Pesquisa

O estudo foi do tipo experimental longitudinal, com público discente, entre 20 e 50 anos de idade, de ambos os sexos.

O protocolo deste estudo foi pautado pelas normas éticas para pesquisa envolvendo seres humanos, constantes na resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco sob o número do parecer: 6.194.580 (Anexo A), coordenado pelo Professor Dr. Marcelo Cairrão Araújo Rodrigues, e com as Cartas de Anuências de Psicologia (Anexo B) e do Laboratório (Anexo C) assinadas. Todos os voluntários do estudo foram informados do Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) (Anexo D).

4.2. Local da Pesquisa

A coleta de dados da pesquisa foi realizada no Laboratório de Neurodinâmica da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), no Departamento de Fisiologia e Farmacologia, Centro de Biociências, Av. Reitor Joaquim Amazonas, Cidade Universitária, Recife, PE, CEP 50740-570.

4.3. Amostra da Pesquisa

Com o intuito de propor uma metodologia e verificar as regiões cerebrais e o efeito do treinamento nesta ativação cerebral, a metodologia aplicada neste projeto seguiu o fluxograma da Figura 3.

Neste trabalho, foi estudado uma população de discentes da cidade de Recife/PE. Foram realizados 100 mapeamentos cerebrais, dos quais 21 chegaram a completar as 20 sessões do treinamento em NFB, e compuseram a amostra final na presente pesquisa. O período de coleta de dados de toda pesquisa deu-se de setembro de 2023 a agosto de 2024.

Figura 3 – Fluxograma da metodologia.



Fonte: Própria da Autora (2024)

4.4. Critérios de Avaliação

4.4.1. Critérios de inclusão

Foi estabelecido que: i) alunos universitários; ii) ambos os sexos; iii) maiores de idade.

4.4.2. Critérios de exclusão

Estabeleceu-se que não participariam da amostra: i) indivíduos que não fossem estudantes universitários.

4.5. Níveis de Ansiedade

4.5.1. Inventário de ansiedade de Beck

Inventário de Ansiedade de Beck (BECK et al., 1988), uma ferramenta que enfatiza principalmente os aspectos somáticos da ansiedade. Este inventário consiste em uma escala de autorrelato que avalia a intensidade dos sintomas de ansiedade. Os participantes avaliam sua percepção de ansiedade em 21 situações ansiosas, utilizando uma escala de quatro pontos. Com base na pontuação total (soma dos escores dos 21 itens), os níveis de ansiedade são classificados em quatro categorias: mínimo (0–7 pontos), leve (8–15 pontos), moderado (16–25 pontos) e grave (26–63 pontos) (CUNHA, 2001).

Os itens incluídos são: 1) Estado de ânimo triste; 2) Pessimismo; 3) Sentimento de fracasso; 4) Insatisfação; 5) Sentimento de culpa; 6) Sentimento de punição; 7) Ódio a si mesmo; 8) Autoacusações; 9) Desejos suicidas; 10) Crises de choro; 11) Irritabilidade; 12) Afasto social; 13) Incapacidade de decisão; 14) Distorção da imagem; 15) Incapacidade de trabalhar; 16) Perturbação do sono; 17) Fatigabilidade; 18) Perda de apetite; 19) Perda de peso; 20) Preocupações somáticas; 21) Perda da libido.

4.5.2. Escala de depressão, ansiedade e estresse

Escala de Depressão, Ansiedade e Estresse - *Depression Anxiety and Stress Scale* (DASS-21). Desenvolvida por Lovibond e Lovibond (1995), essa escala, conhecida como DASS-21, foi projetada para distinguir os sintomas de ansiedade e depressão e estresse. Ela se baseia no modelo tripartite, que agrupa os sintomas em três estruturas fundamentais: afeto negativo, anedonia e sintomas específicos de ansiedade. A escala compreende 21 itens que refletem sintomas emocionais negativos, avaliados em uma escala Likert de quatro pontos. Os itens do questionário se referem a: 1) Achei difícil me acalmar; 2) Senti minha boca seca; 3) Não consegui vivenciar nenhum sentimento positivo; 4) Tive dificuldade em respirar em alguns momentos; 5) Achei difícil ter iniciativa para fazer as coisas; 6) Tive a tendência de reagir de forma exagerada às situações; 7) Senti tremores; 8) Senti que estava sempre nervoso; 9) Preocupe-me com situações em que eu pudesse entrar em pânico e parecesse ridículo (a); 10) Senti que não tinha nada a desejar; 11) Senti-me agitado; 12) Achei difícil relaxar; 13) Senti-me depressivo (a) e sem ânimo; 14) Fui intolerante

com as coisas que me impediam de continuar o que eu estava fazendo; 15) Senti que ia entrar em pânico; 16) Não consegui me entusiasmar com nada; 17) Senti que não tinha valor como pessoa; 18) Senti que estava um pouco emotivo/sensível demais; 19) Sabia que meu coração estava alterado mesmo não tendo feito nenhum esforço físico; 20) Senti medo sem motivo; 21) Senti que a vida não tinha sentido.

A classificação dos sintomas de estresse é: 0-10 = normal; 11-18 = leve; 19-26 moderado; 27-34 = severo e 35-42 = extremamente severo. A classificação dos sintomas de ansiedade foi: 0-6 normal; 7-9 = leve; 10-14 = moderado; 15-19 = severo e 20-42 extremamente severo. A classificação dos sintomas de depressão foi: 0-9 = normal; 10-12 = leve; 13-20 = moderada; 21-17 = severo e 28-42 = extremamente severo (Wang et al., 2020). A DASS-21 é reconhecida por sua confiabilidade e validade em diversas culturas e populações tanto clínicas quanto não clínicas de adultos, abrangendo diversas culturas e grupos étnicos (LOVIBOND e LOVIBOND, 1995).

4.5.3. Mapeamento e treinamento *neurofeedback*

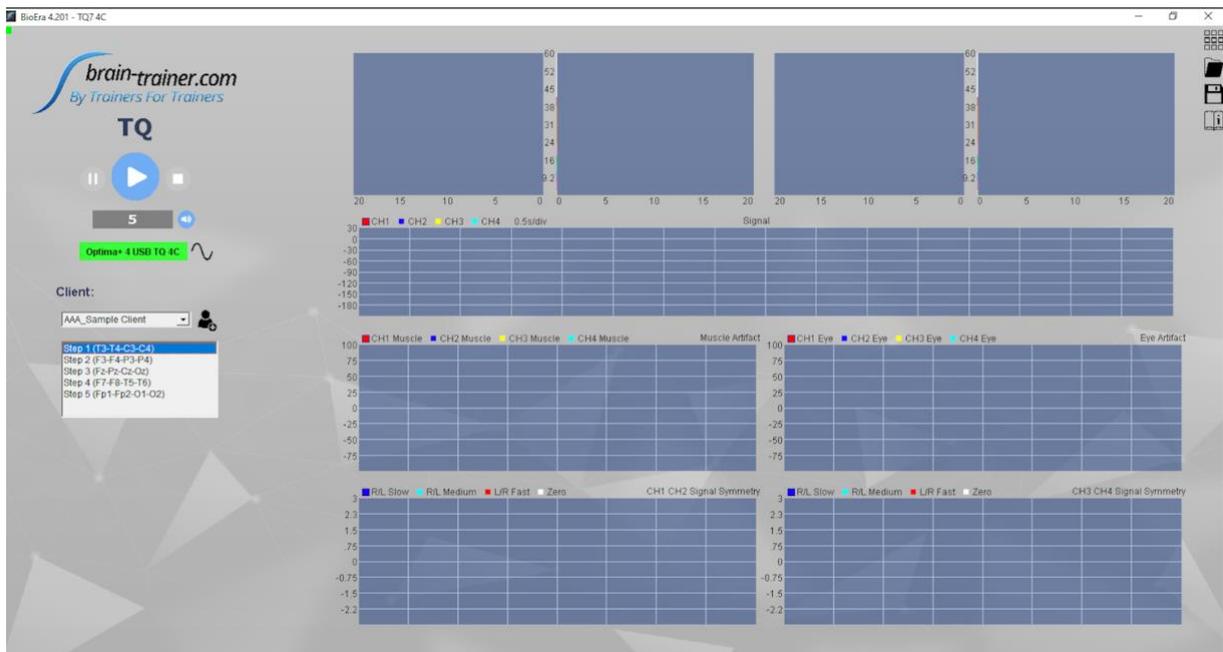
A coleta e o armazenamento dos dados foram realizados por meio do EEGq e do treinamento com NFB, utilizando o amplificador multifuncional Optima + 4USB (*Neurobit*, Polônia) e o programa TQ7 (*Brain Trainer Brasil*) (Figura 4). Durante as coletas, os eletrodos foram posicionados no couro cabeludo para registrar a atividade elétrica cerebral e monitorar o funcionamento das ondas cerebrais. Para facilitar a localização e a identificação dos pontos de inserção dos eletrodos, foi utilizada uma touca de Neoprene. A fim de garantir um bom contato entre os eletrodos e o potencial de campo das áreas cerebrais correspondentes, foi aplicada uma solução salina composta por 0,9 g de cloreto de sódio (NaCl) para cada 100 mL de água destilada, sendo possível também utilizar soro fisiológico.

Os eletrodos foram conectados a um amplificador, responsável por converter os sinais para o computador. Esse equipamento, com até quatro canais de medição, assegura alta precisão e baixo ruído, além de contar com isolamento galvânico, minimizando interferências e aumentando a segurança do procedimento.

A touca utilizada no EEG serve como referência e suporte para a inserção dos eletrodos em posições predefinidas, seguindo o Sistema Internacional 10-20, descrito por Jasper (1958). Esse é o método mais amplamente empregado para a colocação de eletrodos, estabelecendo pontos em intervalos específicos ao longo da cabeça. O

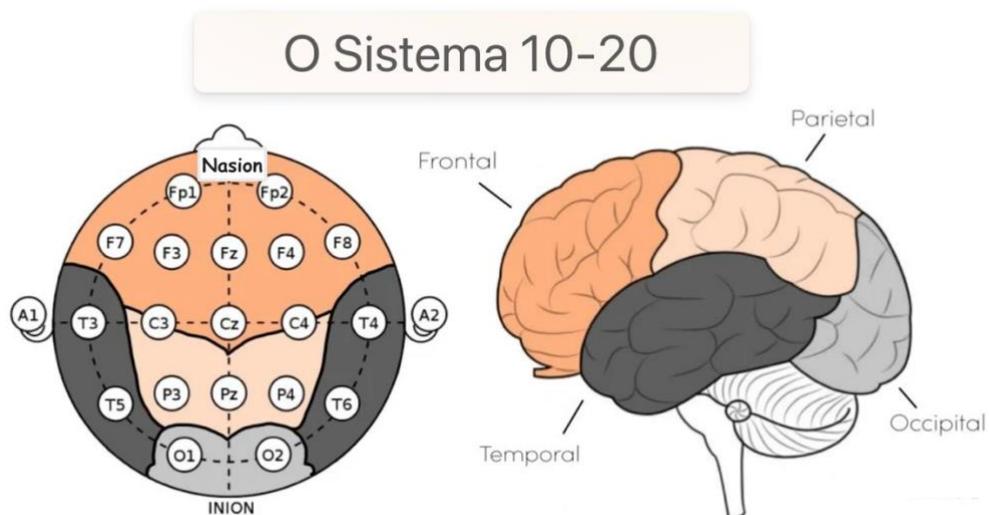
sistema utiliza 21 pontos, distribuídos dividindo-se o crânio em proporções de 10% ou 20% da distância entre pontos de referência, como o *nasion* e o *inion* no plano medial, e os pontos pré-auriculares no plano perpendicular ao crânio (JARDIM, 2017). A Figura 5 ilustra a localização dos pontos onde os eletrodos são inseridos ao longo da touca.

Figura 4 – Painel Brain Trainer para mapeamento cerebral utilizando o TQ 4C e 5 steps.



Fonte: Própria da Autora (2024)

Figura 5 – Layout do sistema 10-20 à esquerda e as regiões cerebrais à direita.



Fonte: TMSi (2022)

Para a realização do EEG, são seguidos cinco "steps" ou etapas, cada um focado em áreas específicas do cérebro, monitorados por meio de um sistema computacional (*Brain-Trainer for BioEra*). Em cada etapa, são coletados sinais de quatro pontos correspondentes a quatro eletrodos ativos, além de três eletrodos de referência: um terra (pré-frontal) e dois auriculares. Cada etapa é subdividida em três fases: 1 minuto com os olhos fechados, 1 minuto com os olhos abertos, fixando o olhar em um ponto específico, e 1 minuto realizando uma tarefa determinada, esse processo dura em torno de 40 minutos a 1 hora. O esquema para cada etapa é:

Step 1

- 1 minuto com os olhos fechados.
- 1 minuto com os olhos abertos, olhando para um ponto fixo.
- Contar mentalmente a partir de 300, reduzindo de 3 em 3 durante 1 minuto, enquanto olha para um ponto fixo.

Step 2

- 1 minuto com os olhos fechados.
- 1 minuto com os olhos abertos, olhando para um ponto fixo.
- Contar mentalmente a partir de 200, reduzindo de 4 em 4 durante 1 minuto, enquanto olha para um ponto fixo.

Step 3

- 1 minuto com os olhos fechados.
- 1 minuto com os olhos abertos, olhando para um ponto fixo.
- Contar mentalmente a partir de 400, reduzindo de 7 em 7 durante 1 minuto, enquanto olha para um ponto fixo.

Step 4

- 1 minuto com os olhos fechados.
- 1 minuto com os olhos abertos, olhando para um ponto fixo.
- Contar mentalmente a partir de 500, reduzindo de 3 em 3 durante 1 minuto, enquanto olha para um ponto fixo.

Step 5

- 1 minuto com os olhos fechados.
- 1 minuto com os olhos abertos, olhando para um ponto fixo.
- Contar mentalmente a partir de 300, reduzindo de 6 em 6 durante 1 minuto, enquanto olha para um ponto fixo.

Durante a realização do EEG, podem ocorrer sinais indesejados que alteram as medições e afetam o sinal de interesse. Devido às características do EEG, o sinal é altamente suscetível a ruídos e interferências, geralmente de magnitude superior ao próprio sinal (RODRIGUES, 1997). Os artefatos nas aquisições de EEG podem ser causados por fontes endógenas (fisiológicas) ou exógenas (como interferências da rede elétrica) (MINGUILLON; LOPEZ-GORDO; PELAYO, 2017). A remoção desses artefatos é essencial para garantir a confiabilidade do processamento do sinal de EEG, sendo um passo crucial tanto em contextos clínicos quanto em pesquisas.

O programa TQ7 fornece uma estimativa das variações do sinal de EEG causadas por artefatos, identificando as alterações em cada canal. Isso permite verificar em quais canais houve maior presença de artefatos e se há necessidade de repetir algum dos *steps*. Normalmente, para que o sinal de um *step* seja considerado válido, o percentual de sinal aceitável deve ser superior a 50%, como na Figura 6. Os pontos que estão na cor roxa representam artefatos de frequência lenta, como descrito no canto superior esquerdo da imagem. Ao analisar as porcentagens de sinal, nota-se que os pontos que estão diferentes da cor verde, apresentam uma porcentagem inferior a 50%, isso indica que eles devem ser refeitos.

O TQ7 foi utilizado para identificar marcadores eletrofisiológicos relacionados à ansiedade, como a diminuição das ondas Beta (15-23 Hz) e Beta-rápida ou *High-Beta*, (20-30 Hz), além do aumento nos níveis de SMR (12-15 Hz). Ribas (2018) descreve uma associação entre os sintomas de ansiedade, insegurança, medo, pânico e/ou fobia e a categoria de "temporais quentes," definida por Beta >17% e Beta-Rápida >10% nas regiões T3 e T4. Na Figura 7, observa-se um aumento da frequência de Beta em T4 (hemisfério direito) e de Beta-Rápida em T3 (hemisfério esquerdo) e T4, o que indica padrões eletrofisiológicos compatíveis com ansiedade. O presente estudo selecionou indivíduos com esses padrões para realizar o treinamento de NFB, com o objetivo de verificar se, durante as sessões, havia inibição dessas faixas de

frequência em excesso.

Figura 6 – Detecção e Análise de Artefatos em Registros de EEG através do TQ7.



Fonte: Própria da Autora (2024)

Após a filtragem dos dados, o TQ7 gera um relatório com todas as informações relevantes do EEG. A partir dessa análise, foram selecionados os indivíduos e em seguida foi iniciado o treinamento de NFB, com o objetivo de reduzir o ritmo *High-Beta* consequentemente reduzir os níveis de ansiedade.

Figura 7 – Quantidade percentual acima da onda beta esperada (15-23 Hz >17%) e Beta-Alta (23-38 Hz >10%) nos pontos T3 e T4, expressa em cor vermelha, representando excesso de ondas no grupo estudado (lobos temporais quentes).

Temporais quentes	T3	T4
	Percentual de beta	14,7%
Percentual de beta rápida	18,4%	19,2%

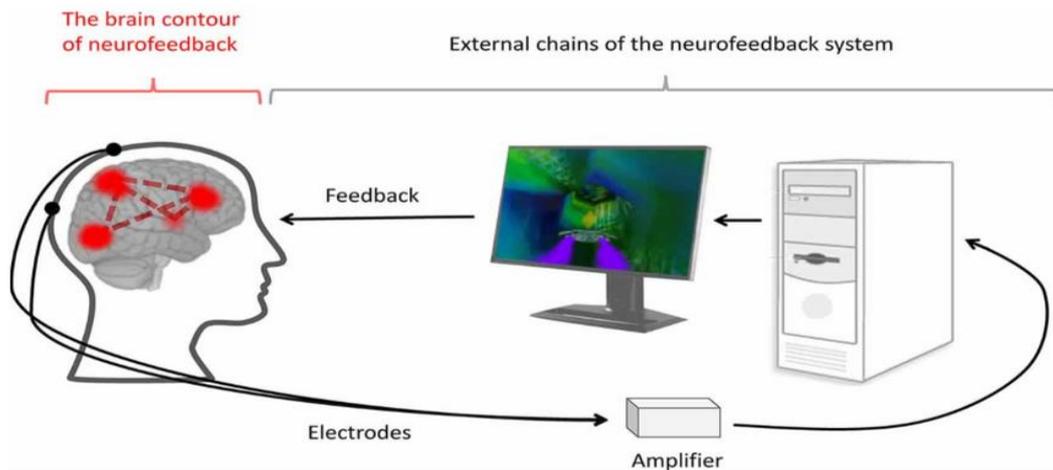
Fonte: Própria da Autora (2024)

Para a realização do treinamento com NFB, são realizadas atividades para condicionamento operante buscando-se aumentar o ritmo sensório motor utilizando dois eletrodos: C3 (ativo) e C4 (referência), que exhibe a medição das atividades cerebrais durante sessões de 20 minutos, com suporte do programa *FRE%*. O sistema de NFB nos voluntários é mostrado na figura 8 e a figura 9 mostra como o programa funciona.

Toda vez que o participante consegue atingir os padrões eletrofisiológicos desejados, ele é recompensado na tela pelo aumento na velocidade do cursor em jogos como corrida de carro, *Pac-Man* ou retirada de uma tela de escurecimento, que dificulta a visualização de vídeos. Este procedimento, denominado treinamento cerebral, está descrito como capaz de aumentar o autocontrole da ansiedade e

consequentemente concentração, como jogos, leituras ou músicas. É válido ressaltar que os jogos são controlados pela mente do paciente, através da leitura cerebral. Esse tipo de atividade lúdica causa grande engajamento com o treinamento. Em média, são realizadas duas sessões por semana, totalizando 20 sessões. Ao final do treinamento, um novo EEGq é realizado para comparar o funcionamento das ondas cerebrais antes e depois do NFB, permitindo a verificação dos padrões de comportamento das ondas estabelecidos. A Figura 10 a tela do jogo durante o treinamento, destacando os estímulos visuais utilizados como recompensas, durante o jogo o estímulo auditivo se dá pela música do jogo e por sons graves e agudos de fundo.

Figura 8 – O sistema de NFB inclui cadeias externas, como eletrodos, amplificador, computador, programa e representação de *feedback* (linhas pretas), e cadeias internas – o contorno cerebral do NFB (linhas vermelhas). Este último consiste nas redes cerebrais responsáveis por processar, controlar e utilizar as informações de *feedback*.



Fonte: Olga Dobrushina, 2020

Figura 9 – Painel do programa *FRE%* exibindo a medição das atividades cerebrais geradas por um simulador. Variações de ondas na frequência *High Beta* (traçado em verde) e as variações no mecanismo de recompensa cerebral (traçado branco). As opções *filter min* e *filter máx*, mostram a frequência do treinamento SMR (12 a 15 Hz).



Fonte: Própria da Autora (2024)

Figura 10 – Painel do FRE%1C com jogo de corrida de carro.



Fonte: Própria da Autora (2024).

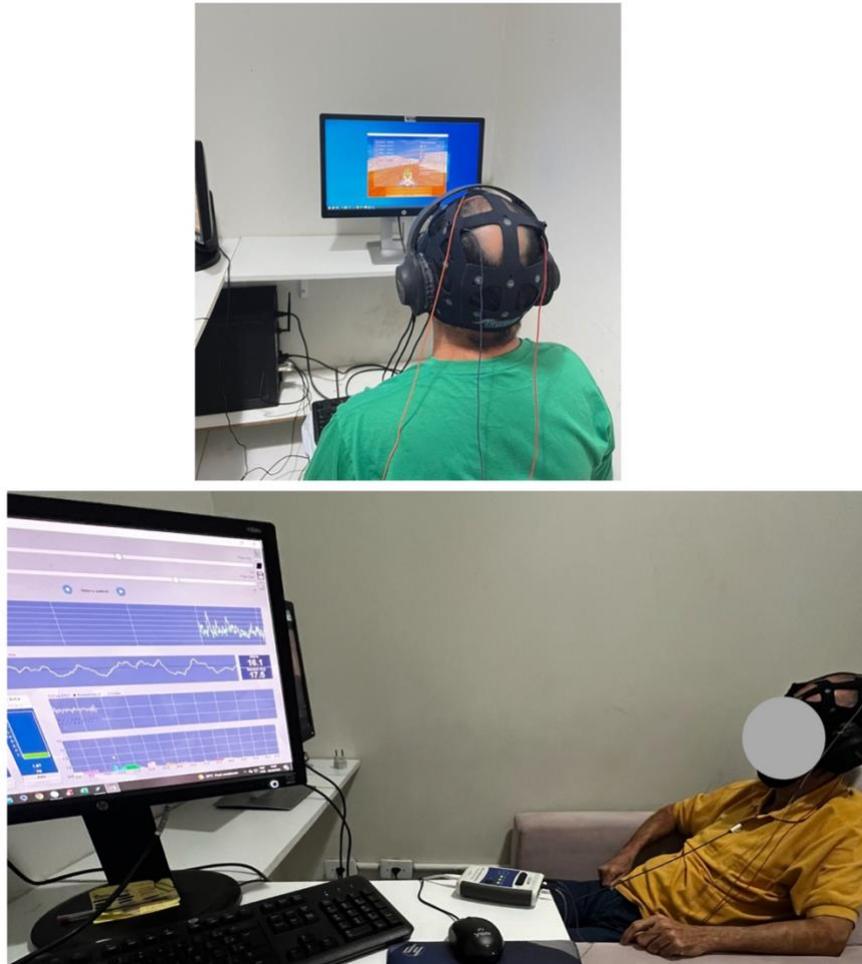
4.6. Análise Estatística

Para análise estatística, inicialmente foram aplicados teste de normalidade. Utilizou-se os testes Kolmogorov-Smirnov, Dágostinho and Person e Shapiro-Walk. Em seguida, aplicou-se o teste adequado (teste t pareado se normal ou Wilcoxon se não-normal) para comparação pareada (antes e depois). Foi adotado como significante valores de $p < 0,05$. Os resultados são expressos em média \pm erro padrão da média, calculados pelo programa *GraphPad Prism 5.0* (2007). Para os dados de temporais quentes (incluindo porcentagens de ondas beta superiores a 17% e de high beta maiores que 10%, segundo critério descrito por Ribas e colaboradores, 2018), efetuamos também o teste de χ^2 (qui-quadrado) para verificarmos se a incidência de temporais quentes (incluindo beta e high beta) foi modificada pelo treinamento com *neurofeedback*.

5. RESULTADOS

Foram analisados os dados de 21 voluntários da pesquisa que passaram por todas as etapas como o mapeamento cerebral, 20 sessões do treinamento de NFB e respondendo os questionários Beck e DASS-21. A Figura 11 mostra a fotografia de alguns dos voluntários da pesquisa realizando o treinamento NFB.

Figura 11 – Voluntários em treinamento *neurofeedback* com o jogo de corrida de carro.



Fonte: Própria da Autora (2024) com autorização para utilização da imagem.

Para fazer um comparativo pela escala de classificação do DASS-21 (Vignola & Tucci, 2014) antes e depois do treinamento dos 21 voluntários foi feita uma tabela com os níveis de ansiedade (Tabela 1). A Figura 12 mostra os resultados obtidos com o questionário DASS antes e depois de 20 sessões de treinamento com NFB para aumento do ritmo SMR e redução de *high* beta. Pode-se notar uma redução estatisticamente significativa no índice DASS. Tal demonstra que o treinamento reduziu a propensão para depressão e ansiedade (Figura 12).

A Tabela 2 refere-se aos graus de ansiedade do Inventário de Beck, segundo Beck et al. (1988). Na Figura 13 mostra os resultados obtidos com o inventário de Beck antes e depois de 20 sessões de treinamento com NFB para aumento do ritmo SMR e redução de *high* beta. Pode-se notar uma redução estatisticamente significativa no inventário de Beck. Tal demonstra que o treinamento reduziu a propensão para ansiedade (Figura 13).

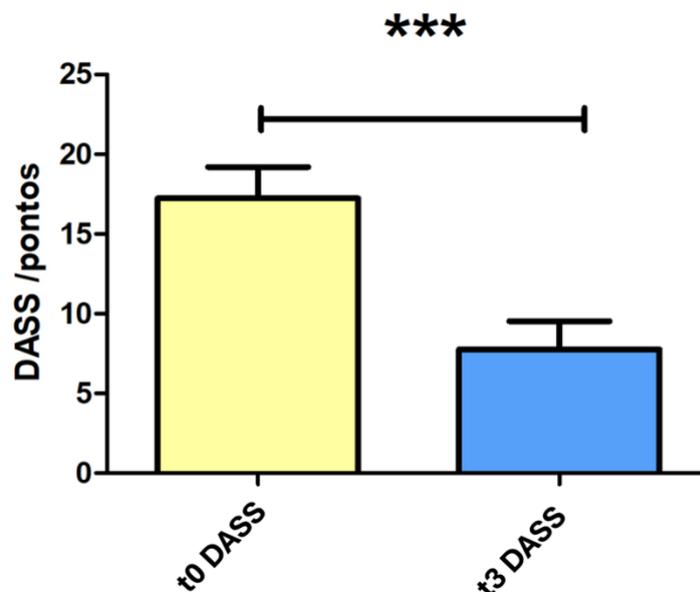
Os dados indicam que o NFB para aumento de ritmo SMR e redução de *high* beta causou forte capacidade na redução de ansiedade de propensão à depressão.

Tabela 1 – Distribuição da classificação de ansiedade DASS-21 antes (t0) e depois (t3) do treinamento (n = 21)

Classificação	t0 (Antes)	t3 (Depois)
Normal	2	14
Leve	1	3
Moderado	6	2
Severo	5	1
Extremamente Severo	7	1
Total	21	21

Fonte: Própria da Autora (2024)

Figura 12 – Resultados do Questionário DASS-21 significativa antes e depois do treinamento de Neurofeedback. (***) : Com valor $p < 0,0001$, no teste Wilcoxon. (N=21 pessoas).



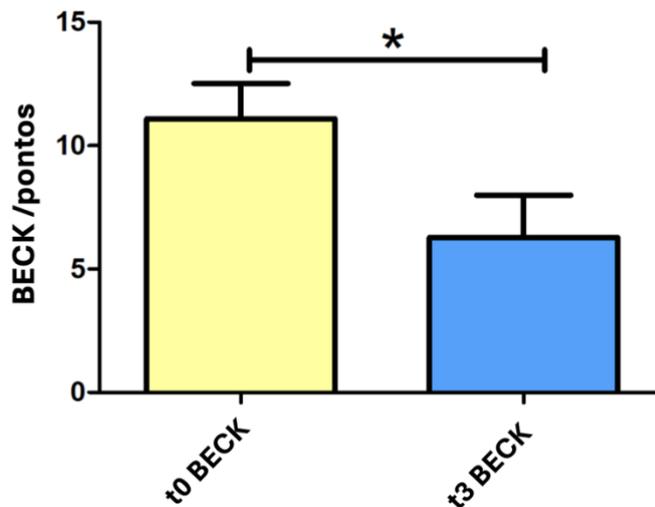
Fonte: Própria da autora (2024)

Tabela 2 – Distribuição do grau de ansiedade Inventário Beck antes (t0) e depois (t3) do treinamento (n = 21).

Classificação	t0 (Antes)	t3 (Depois)
Mínimo	9	17
Leve	10	3
Moderado	1	0
Grave	1	1
Total	21	21

Fonte: Própria da Autora (2024)

Figura 13 – Resultados do Inventário Beck antes e depois do *Neurofeedback*. Os dados representam média \pm erro padrão da média. *:p<0,05, teste Wilcoxon. (N=21 pessoas).



Fonte: Própria da autora (2024)

Assim, embora este estudo tenha encontrado associação entre ansiedade com alta ativação das amígdalas expressas nas regiões T3 e T4, reconhece-se que não é a única região que pode medir ou controlar a ansiedade.

Esses resultados possuem significativa relevância, pois podem permitir que médicos utilizem o exame EEGq para complementar seu diagnóstico clínico de ansiedade. Isto é importante para aqueles pacientes que têm dificuldade em relatar suas queixas, fazer tornando-os mais suscetíveis a ataques cardíacos ou derrames devido aos seus altos níveis de ansiedade não tratada. Quanto à análise de temporais quentes, observou-se que o treinamento com NFB foi capaz de reduzir tanto a porcentagem de oscilações beta quanto *high* beta, utilizando os valores dos temporais

extraídos do EEG de cada voluntário observado na tabela 3 e na figura 14 quando colocado no teste do Wilcoxon.

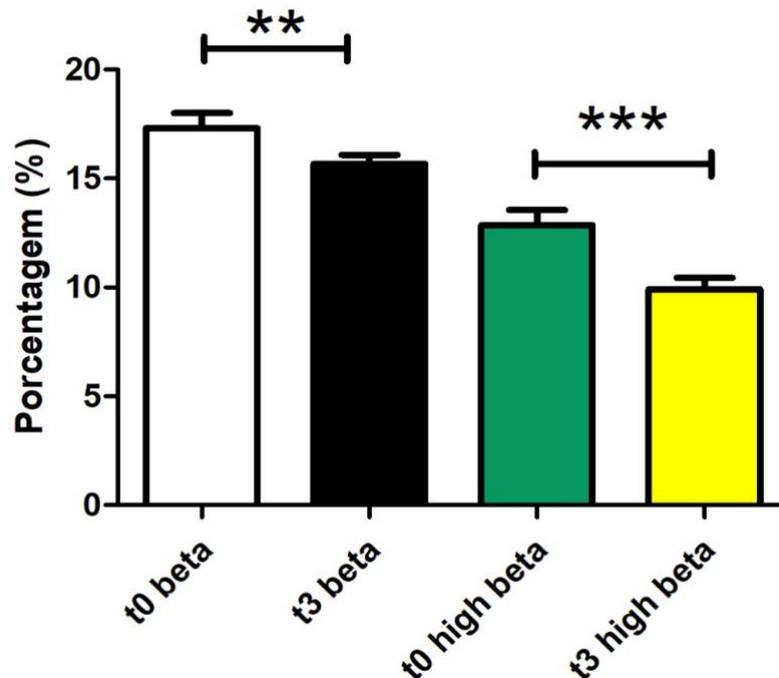
Tabela 3 – Valores dos temporais T3 e T4 antes (t0) e depois (t3) do treinamento NFB. Onda beta esperada (15-23 Hz >17%) e Beta-Alta (23-38 Hz >10%), representando excesso de ondas no grupo estudado (cor vermelha e verde).

voluntario	beta T3 em t0	beta T4 em t0	high beta T3 em t0	high beta T4 em t0	beta T3 em t3	beta T4 em t3	high beta T3 em t3	high beta T4 em t3
1	14.8	15.7	8.2	9.2	15.3	15.2	7.2	7.2
2	13.9	13.9	10.7	12.5	10.5	10	7.2	6.4
3	22.5	23	10.5	11	17.4	17.6	10.7	10.5
4	15.5	14	14.4	12.5	14.4	15.4	8.5	8.1
5	13.8	14.6	8.3	8.4	13.8	14.6	8.3	8.4
6	14.7	22.8	18.4	19.2	14.6	14.5	7.9	14
7	20.6	19.8	15.6	14.9	19.3	19	13.8	16.7
8	18.8	17.9	14	12.2	16.2	17.7	9.6	10.1
9	17.2	17.6	11.6	14	16.1	17.1	11.9	11.5
10	15.6	15.6	10.7	11.9	15.7	14.8	11.9	11.2
11	17.5	18.9	12.1	17.6	16.9	15.5	10.1	9.1
12	16.2	18.4	8.3	11	17.4	15.5	10.1	9.9
13	22	16.6	18.2	12.3	17	17	9.4	8.2
14	16.1	15.8	12.4	11.7	13.5	14.1	8.9	9.1
15	19.5	19.7	11.6	13.5	14.4	13.4	9.5	10.2
16	14.9	15.1	8.5	8.5	15.3	15.2	7.2	7.2
17	11.1	11.5	8.2	5	14	13.4	6.5	6.6
18	15.8	15.9	16.1	15.3	16.2	17.7	9.6	10.1
19	13	14.5	11	10.3	12.9	15.1	7.9	8.5
20	14.8	13.9	9.8	8.7	14.2	14	9.2	9.3
21	18.8	18.3	12	13.4	14.7	15.2	11.3	9.6

Fonte: Própria da Autora (2024)

Figura 14 – Resultado da análise de temporais quentes beta e high beta antes e depois do neurofeedback. Os dados representam média ± erro padrão da média. **: p<0,001; ***: p<0,0001.

Teste t pareado.



Fonte: Própria da Autora (2024).

Quando se compara, de forma agregada, ambos os marcadores de temporais quentes (beta e *high* beta), observa-se uma redução estatisticamente significativa após 20 sessões de NFB, ou seja, foi somado todos os valores dos 21 voluntários de beta e *high* beta, dos dois hemisférios esquerdo e direito com e sem o temporal quente da tabela 3 para realização do teste χ^2 (Tabela 4).

Tabela 4 – Incidência de temporais quentes (beta e high beta) antes e depois de 20 sessões de NFB.

***: $p < 0,0001$, teste χ^2 .

Classificação	t0 (Antes)	t3 (Depois)
Com temporal quente	48	23
Sem temporal quente	36	61
Total	84	84

Fonte: Própria da Autora (2024).

6. DISCUSSÃO

Os resultados desta pesquisa, que analisaram dados de 21 voluntários submetidos ao mapeamento cerebral, treinamento de NFB e avaliação por meio dos questionários DASS-21 e Beck, indicam uma redução significativa dos sintomas de ansiedade após 20 sessões de NFB voltadas para o aumento do ritmo sensório-motor (SMR) e a redução de ondas de alta frequência beta (*high beta*).

A Figura 12 mostra a redução estatisticamente significativa nos escores do DASS-21 após o treinamento. Isso sugere uma diminuição da propensão à depressão, corroborando achados recentes que mostram que o NFB pode regular a atividade cerebral envolvida no controle emocional e na redução do afeto negativo, um componente chave dos transtornos depressivos (CHEON et al, 2016; GADEA et al., 2020).

Por sua vez, a Figura 13 revela uma redução significativa nos escores do Inventário de Ansiedade de Beck após o treinamento. Esses achados estão alinhados com estudos atuais que indicam que o NFB, ao aumentar o ritmo SMR e reduzir a atividade *high beta*, pode regular a excitabilidade cerebral, diminuindo o estado de alerta exacerbado, que está frequentemente relacionado à ansiedade (Enriquez-Geppert et al., 2017). Este efeito é consistente com a observação de que o aumento da atividade SMR está associado a estados de relaxamento e controle de impulsos, enquanto a redução do *high beta* pode inibir os circuitos de medo e estresse (Ros et al., 2020). A redução significativa observada em ambos os questionários após o treinamento de NFB reforça o impacto positivo desse método na gestão da ansiedade.

O aumento do ritmo SMR está fortemente associado a estados de relaxamento e à melhora do controle emocional (HAMMOND, 2011). Além disso, a redução das frequências *high beta*, que estão associadas à hiperatividade da amígdala e a respostas de excitação fisiológica, desempenha um papel crucial na redução da ansiedade (RODRIGUES, 2021).

Verifica-se ainda no presente trabalho uma redução nos valores marcadores de temporal quente, beta e *high beta*, quando computados separadamente (Figura 14) ou de forma agregada (Tabela 4). Estes dados estão alinhados com a literatura que aponta o temporal quente como marcadores eletrofisiológicos da ansiedade (RIBAS et al, 2018). Observou-se a redução do inventário de Beck e DASS21, e redução dos

temporais quentes. Estes dados, retirados diretamente dos traçados de EEGq, demonstram também a eficiência do treinamento com NFB.

Os dados do presente estudo geraram artigos aprovados no VIII Simpósio Internacional de Inovação em Engenharia Biomédica (SABIO 2024), disponíveis nos Apêndices A e B. Além disso, essa metodologia já recebeu menção honrosa em uma publicação no III Congresso de Neuro-Fisiologia da UFPE, em que o mapeamento cerebral por EEGq foi utilizado, verificando que o cérebro de um indivíduo com paralisia cerebral processa corretamente as informações do mundo ao seu redor e o capacita para o principal objetivo de vida de todas as pessoas: alcançar a felicidade e a autorrealização. (DE ALBUQUERQUE; DANTAS DE OLIVEIRA; RODRIGUES, 2023). O certificado de menção honrosa está disponível para consulta no Anexo G.

O presente trabalho demonstrou eficácia do NFB na redução da ansiedade em estudantes universitários, mas ainda existem diversas oportunidades para pesquisas futuras que podem ampliar o conhecimento sobre essa intervenção e suas aplicações. Primeiramente, é possível realizar estudos com amostras maiores e mais diversificadas, incluindo diferentes faixas etárias, gêneros e contextos socioeconômicos, a fim de verificar a generalização dos resultados. Além disso, futuras investigações podem explorar os efeitos a longo prazo do NFB, uma vez que o presente estudo focou em resultados de curto prazo após 20 sessões. Avaliações de seguimento poderiam identificar se os efeitos do treinamento são duradouros ou se há necessidade de manutenção ou reforço com sessões adicionais.

Ainda, pesquisas futuras podem avaliar a aplicação do NFB em diferentes contextos clínicos, como o tratamento de depressão, transtornos do déficit de atenção e hiperatividade (TDAH), e outros distúrbios emocionais, expandindo o leque de condições que podem se beneficiar dessa intervenção não invasiva.

7. CONCLUSÃO

Os resultados evidenciaram uma redução estatisticamente significativa nos escores dos questionários DASS-21 e Beck após o treinamento, demonstrando redução na ansiedade desses indivíduos com valores $p < 0,0001$ e $p < 0,05$ respectivamente. Houve também a redução dos valores de beta e high beta após o NFB, com valores $p < 0,001$ e $p < 0,0001$ respectivamente.

Em suma, este estudo reforça a ideia de que o NFB pode ser uma intervenção promissora para modular a atividade cerebral e para redução da ansiedade em estudantes universitários, especialmente quando focado na redução dos valores de beta e *high* beta, que são marcadores eletrofisiológicos da ansiedade, sem a necessidade de tratamentos farmacológicos.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, N. J. (2013). **Blood–brain barrier structure and function and the challenges for CNS drug delivery.** *Journal of Inherited Metabolic Disease.* Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10545-013-9608-0>

ALVES, B. O., Lourenço, B. G., & Araújo, B. B. A. (2024). **Afetividades negativas em universitários e relação com desempenho acadêmico e perspectiva profissional após a COVID-19.** *Revista Brasileira de Enfermagem.* Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reben/a/nTRN7HDmKXMSbY8Y7rFKnWD/?lang=pt>

ARAÚJO, G. A. P., & Oliveira, L. F. dos Santos (2024). Intervenções da terapia cognitivo-comportamental no manejo da ansiedade em estudantes universitários. *Revista Redes.* Vol 4, n.2, 2024.

ARNS, M. et al. Efficacy of neurofeedback treatment in adhd: the effects on inattention, impulsivity and hyperactivity: a meta-analysis. ***Clinical EEG and neuroscience,*** SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 40, n. 3, p. 180–189, 2009.

BECK, A.; et al. An inventory for measuring clinical anxiety. ***Psychometric Properties, Journal of Consulting and Clinical Psychology,*** v. 56, p. 893-897, 1988.

BYEON, J., Moon, J. Y., Je, S. R., & Kim, J. W. (2022). **Quantitative electroencephalographic biomarker of pharmacological treatment response in anxiety disorder: A retrospective study.**

CARVALHO, Rone. **Por que o Brasil tem a população mais ansiosa do mundo.** *G1 Portal de Notícias.* Disponível em: <https://g1.globo.com/saude/noticia/2023/02/27/por-que-o-brasil-tem-a-populacao-mais-ansiosa-do-mundo.ghtml>. Acesso em: 20 jul. 2024.

CANEVER, L., de Brito Oliveira, L., Zanellato, R. B. (2024). **A influência da ansiedade em período de pandemia no comportamento alimentar de estudantes de nutrição e administração.** *EVISA,* 13(3), 839–855. Recuperado de <https://rdcsa.emnuvens.com.br/revista/article/view/313>

CHEON, E. J., Koo, B. H., & Choi, J. H. (2016). **The efficacy of neurofeedback in patients with major depressive disorder: an open labeled prospective study.** Publicado em *Applied Psychophysiology and Biofeedback.*

CHUNG, K., & Deisseroth, K. (2013). **CLARITY for mapping the nervous system.** *Nature Methods.* Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nmeth.2481>

CRISWELL, E. ***Biofeedback and somatics: Toward personal evolution.*** [S.l.]: Freeperson Press, 1995.

CUNHA, J. A. **Manual da versão em português das EscalasBeck.** São Paulo: casa do psicólogo. 11-3, 2001.

DEMOS, J. N. **Getting started with neurofeedback**. [S.l.]: WW Norton & Company, 2005.

DE ALBUQUERQUE, L. V. S.; DANTAS DE OLIVEIRA; T. H.; RODRIGUES, M. C. A.; **Mapeamento Cerebral por Eletroencefalografia Quantitativa em Indivíduo com Paralisia Cerebral: Uma Visão de Dentro para Fora**. Em: III Congresso de Neurofisiologia, UFPE, janeiro de 2023.

ENRIQUEZ-GEPPERT, S.; HUSTER, R. J.; HERRMANN, C. S. Eeg-neurofeedback as a tool to modulate cognition and behavior: a review tutorial. **Frontiers in human neuroscience, Frontiers**, v. 11, p. 51, 2017.

GADEA, M., ALINO, M., HIDALGO, V., ESPERT, R., & SALVADOR, A. (2020). **Effects of a single session of SMR neurofeedback training on anxiety and cortisol levels**. *Neurophysiologie Clinique*, 50(3), 167-173.f

GRAPHPAD SOFTWARE, Inc. (2007). **GraphPad Prism Version 5.0 User Guide**. San Diego, CA: GraphPad Software.

HAMMOND, D. Corydon (2011) **What is Neurofeedback: An Update**, *Journal of Neurotherapy*, 15:4, p. 305-336, DOI: 10.1080/10874208.2011.623090.

JARDIM, Diogo dos Santos. **Remoção de artefatos em EEG para Neurofeedback**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, 2017.

JOHNSTONE, S. J. et al. Game-based combined cognitive and neurofeedback training using focus pocus reduces symptom severity in children with diagnosed ad/hd and subclinical ad/hd. **International Journal of Psychophysiology, Elsevier**, v. 116, p. 32–44, 2017.

JONAS, W. B.; LEVIN, J. S. **Tratado de medicina complementar e alternativa**. [S.l.]: Editora Manole Ltda, 2001.

LARSEN, S.; SHERLIN, L. Neurofeedback: an emerging technology for treating central nervous system dysregulation. **Psychiatric Clinics, Elsevier**, v. 36, n. 1, p. 163–168, 2013.

LOVIBOND, P. F.; LOVIBOND, S. H. **The structure of negative emotional states: Comparison of the Depression Anxiety Stress Scales (DASS) with the Beck depression and anxiety inventories**. *Behaviour Research and Therapy*, 33(3), 335-343, 1995. doi: 10.1016/j.rbp.2012.05.003

LUBAR, J. F.; SHOUSE, M. N. Eeg and behavioral changes in a hyperkinetic child concurrent with training of the sensorimotor rhythm (smr). **Biofeedback and Self-regulation, Springer**, v. 1, n. 3, p. 293–306, 1976.

MALINOWSKI, P. (2013). **Neural mechanisms of attentional control in mindfulness meditation**. *Frontiers in Neuroscience*, 7, 1 11. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fnins.2013.00008>.

MARINS, T., & Tovar-Moll, F. (2022). **Using neurofeedback to induce and explore brain plasticity**. *Trends in Neurosciences*.

- MINGUILLON, J.; LOPEZ-GORDO, M. A.; PELAYO, F. Trends in EEG-BCI for daily-life: Requirements for artifact removal. **Biomedical Signal Processing and Control**, v. 31, p. 407-418, 2017.
- MIHARA, M. et al. Neurofeedback using real-time near-infrared spectroscopy enhances motor imagery related cortical activation. *PloS one*, **Public Library of Science**, v. 7, n. 3, p. e32234, 2012.
- MORIYAMA, T. S. et al. Evidence-based information on the clinical use of neurofeedback for adhd. **Neurotherapeutics**, Springer, v. 9, n. 3, p. 588–598, 2012.
- NEUPER, C.; PFURTSCHELLER, G. Neurofeedback training for bci control. In: *Brain-computer interfaces*. [S.l.]: Springer, 2009. p. 65–78.
- NOGUEIRA, G. K. S., Peixoto, M., & Pereira, G. P. (2024). Prevalência e fatores associados a sintomas de ansiedade em um ambiente universitário: Achados e implicações. **Science & Health**. V.12 n.3, 2024
- OLIVEIRA, J. N., da Silva, Í. F. F. R., & Cols. (2023). **Exercícios físicos e estudantes universitários: qualidade de vida, ansiedade e outras perspectivas**. *Arquivos de Ciências do Esporte*.
- OTHMER, S. (2020). **History of neurofeedback**. In *Restoring the Brain* (pp. 23-55). Routledge.
- PEEK, C. J. **A primer of biofeedback instrumentation**. Guilford Press, 1995.
- RIBAS, V. R.; et al. **Treatment of Depression with Quantitative Electroencephalography (QEEG) of the TQ-7 Neuro-feedback System Increases the Level of Attention of Patients**. *J Neurol Disord*, 2017.
- RIBAS, Valdenilson Ribeiro, et al. **Pattern of anxiety, insecurity, fear, panic and/or phobia observed by quantitative electroencephalography (QEEG)**. *Dementia & Neuropsychologia*, v. 12, p. 264-271, 2018.
- ROBERTO, D. **Anatomia do córtex cerebral evidenciando os lobos cerebrais**. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-22-Anatomia-do-cortex-cerebral-evidenciando-os-lobos-cerebrais_fig3_334067723. Acesso: 26 may 2024
- RODRIGUES, F. de A. A., & Nascimento, F. H. dos S. (2021). **Mecanismo da ansiedade e do medo: relação com o indivíduo**. *Caderno Pedagógico*, 18(1). Recuperado de <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/1418>
- RODRIGUES, M. A. B. **Desenvolvimento de um Instrumento Virtual para Aquisição de Análise de Sinais Bioelétricos**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.
- ROGALA, J. et al. The do's and don'ts of neurofeedback training: a review of the controlled studies using healthy adults. **Frontiers in human neuroscience**, *Frontiers*, v. 10, p. 301, 2016.

RUSSO, G. M., Balkin, R. S., & Lenz, A. S. (2022). A meta-analysis of *neurofeedback* for treating anxiety-spectrum disorders. **Journal of Counseling & Development**.

SHERLIN, L. H. et al. Neurofeedback and basic learning theory: implications for research and practice. **Journal of Neurotherapy, Taylor & Francis**, v. 15, n. 4, p. 292–304, 2011.

SHARON, G., Sampson, T. R., Geschwind, D. H., & Mazmanian, S. K. (2016). **The central nervous system and the gut microbiome**. Cell. Disponível em: https://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674%2816%2931447-7?cid=social_20161120_67982496&adbid=1428588640517057&adbpl=fb&adbpr=198011383574795

SHIN, M.-S. et al. Effects of smart-tablet-based neurofeedback training on cognitive function in children with attention problems. **Journal of child neurology**, SAGE Public

SCHMIDT, K. L., Kowalski, A., Schweda, A., Dörrie, N. et al. (2024). **Evaluation of a manualised neurofeedback training in psychosomatic-psychotherapeutic outpatient treatment (Neuro-pp-out): study protocol for a clinical mixed methods trial**. *BMJ Open*, 14(4), e079098.

SIEVER, D. *History of Biofeedback and Neurofeedback*. [S.l.]: Biofeedback, 2008. **ations Sage CA: Los Angeles, CA**, v. 31, n. 6, p. 750–760, 2016.

STERMAN, M. B.; EGNER, T. Foundation and practice of neurofeedback for the treatment of epilepsy. **Applied psychophysiology and biofeedback, Springer**, v. 31, n. 1, p. 21, 2006.

SOARES, A.A., DE OLIVEIRA, T.H.D, e colaboradores **Neurofeedback Research with College Students to Reduce Electrophysiological Indicators of Anxiety** Submetido ao VII Simpósio Internacional de Inovação em Engenharia Biomedica (SABIO), 2024.

TMSI. **What Is the 10-20 System for EEG? Explaining the International 10-20 System for EEG**, 2022. Disponível em: <https://info.tmsi.com/blog/the-10-20-system-for-eeq>. Acesso em: 28 set. 2024.

Vignola RCB, Tucci AM. **Adaptation and validation of the depression, anxiety and stress scale (DASS) to Brazilian Portuguese**. *J Affect Disord*. 2014; 155:104-9.

Vlachou, J. A., Polychroni, F., Drigas, A. S., & Economou, A. (2022). Neurofeedback and ADHD. **International Journal of Recent Contributions from Engineering, Science & IT (iJES)**, 10(01), 47-56.

WINKLER, E. A., Bell, R. D., & Zlokovic, B. V. (2011). **Central nervous system pericytes in health and disease**. *Nature Neuroscience*. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nn.2946>

YOUNG, K. D. et al. Real-time fmri neurofeedback training of amygdala activity in patients with major depressive disorder. *PloS one, Public Library of Science*, v. 9, n. 2, p. e88785, 2014.

ZICH, C. et al. Wireless eeg with individualized channel layout enables efficient motor imagery training. *Clinical Neurophysiology, Elsevier*, v. 126, n. 4, p. 698–710, 2015.

APÊNDICE A – Artigo aprovado no VIII SABIO 2024: *Neurofeedback to Reduce Anxiety and Depression in University Students.*

VIII Simpósio Internacional de
Inovação em Engenharia Biomédica



Neurofeedback to Reduce Anxiety and Depression in University Students

¹Tayzes Hagabea Dantas de Oliveira, Laboratório de Neurodinâmica – UFPE (tayzes.hagabea@ufpe.br)

²Amanda de Andrade Soares, Laboratório de Neurodinâmica – UFPE (amanda.asoares@ufpe.br)

³Marjorie Fernanda Barros Lins, Laboratório de Neurodinâmica – UFPE (marjorie.lins@ufpe.br)

⁴Sônia Loreto de Miranda, Laboratório de Neurodinâmica – UFPE (sonialoretodemiranda@gmail.com)

⁵Viviane K. Fernandes de Carvalho, Laboratório de Neurodinâmica – UFPE (viviane.fernandescarvalho@ufpe.br)

⁶Marcelo Cairão Araujo Rodrigues, Laboratório de Neurodinâmica – UFPE (marcelo.carodrigues@ufpe.br)

Abstract—This research investigated changes in brain activity patterns in 21 volunteers who underwent neurofeedback training aimed at reducing anxiety symptoms. Anxiety is a condition that affects millions of people worldwide, and non-pharmacological therapies such as neurofeedback show promise for its treatment. Neurofeedback allows real-time monitoring of brain activity through quantitative electroencephalography (qEEG). The methodology involved data collection using TQ7 software, with the training focused on increasing sensorimotor rhythm (SMR) and reducing high-frequency beta waves (high beta). The volunteers were assessed before and after 20 neurofeedback sessions using the Beck and DASS-21 questionnaires. The results showed a statistically significant reduction in anxiety and depression scores, indicating the effectiveness of the training in modulating brain activity and improving participants' emotional states. The research concludes that neurofeedback may be an effective and safe alternative for treating anxiety, without the common adverse effects of pharmacological treatments.

Keywords—*neurofeedback, electroencephalography, anxiety.*

I. INTRODUCTION

Anxiety is a psychological condition that affects millions of people worldwide, potentially having a significant impact on quality of life. It is part of the body's natural response to stress or perceived danger. It manifests as an intense feeling of worry, fear, or apprehension, often accompanied by physical symptoms such as rapid heartbeat, sweating, and muscle tension. A global mapping of mental disorders conducted by the World Health Organization (WHO) highlights Brazil as the country with the highest prevalence of anxiety disorders worldwide. It is estimated that approximately 9.3% of the Brazilian population suffers from some form of pathological anxiety. These alarming figures underscore the importance of actions aimed at understanding, treating, and preventing these disorders in the country (G1 News Portal, 2023). This study will focus on the importance of non-pharmacological therapies in reducing anxiety symptoms.

According to Hammond (2011), one of the tools that can be used is neurofeedback. This technique refers to a sensory feedback system that can induce brain plasticity, improving attention, focus, relaxation, and thereby reducing anxiety. As demonstrated in their study, neurofeedback has proven to be a promising approach for treating anxiety.

Hammond (2011) explains that neurofeedback allows for real-time collection of neurophysiological data, meaning that quantitative electroencephalogram (qEEG) signals are amplified and processed by a data acquisition system, which analyzes specific frequencies of brain signals. This information is then presented to the participant through visual, auditory, or tactile cues, which vary depending on the protocol used. These data can provide valuable insights into brain activity.

Neurofeedback is one of the applications of electroencephalography (EEG), obtained through the analysis of brain electrical activity recorded by EEG (Santana, 2018). This technique is based on operant conditioning, aiming to restore appropriate electrophysiological patterns for the treatment of neurological, psychiatric, and psychological disorders, as well as to enhance cognitive abilities and promote a greater sense of well-being (Dias, 2010). One of the primary goals of neurofeedback is to provide lasting solutions for conditions such as anxiety, depression, and attention deficit without the need for medication (Russo, 2022; Lenz, 2022). Furthermore, neurofeedback stands out for minimizing the common side effects of psychotropic drugs and avoiding brain dependence on external interventions to maintain functional balance (Hammond, 2011). These technologies are transforming the approach to mental health, bringing new perspectives and possibilities for both treating disorders and optimizing cognitive capabilities.

To assess individuals' anxiety, questionnaires such as the Beck Anxiety Inventory (Beck et al., 1988) and the Depression Anxiety and Stress Scale (DASS-21) (Lovibond & Lovibond, 1995) are commonly used. Additionally, electrophysiological markers of anxiety can be observed using qEEG, as described by Ribas et al. (2016; 2017). These studies identified associations between anxiety, fear, insecurity, panic, and phobia with certain rapid frequency patterns of electrical activity captured by temporal electrodes, potentially related to amygdala activation, expressed in the T3 and T4 regions (Ribas et al., 2016; 2017).

In the present research, it was possible to identify brain reorganization patterns associated with neurofeedback intervention. These findings may provide insights into the development of therapeutic strategies based on stimulating neural plasticity. The aim is to understand the changes in brain waves after qEEG data collection, before and after neurofeedback training, in order to evaluate brain patterns in



Additionally, the Depression Anxiety and Stress Scale (DASS-21) was applied. Developed by Lovibond and Lovibond (1995), DASS-21 distinguishes anxiety and depression symptoms. The scale comprises 21 items reflecting negative emotional symptoms, rated on a four-point Likert scale. Anxiety symptoms were classified as normal (0-6), mild (7-9), moderate (10-14), severe (15-19), and extremely severe (20-42). Stress and depression were similarly classified (Wang et al., 2020). DASS-21 is recognized for its reliability and validity across various cultures and populations (LOVIBOND & LOVIBOND, 1995).

The data were analyzed using the Wilcoxon test, with significance set at $p < 0.05$. Results are expressed as mean \pm standard error, calculated using Graph Pad Prism 5.0 software.

IV. RESULTS AND DISCUSSION

Data from 21 research volunteers who completed all stages, including brain mapping, neurofeedback training, and answering the Beck and DASS-21 questionnaires, were analyzed. Fig. 1 presents the results obtained from the DASS questionnaire before and after 20 neurofeedback sessions aimed at increasing SMR rhythm and reducing high beta waves. A statistically significant reduction in the DASS index can be observed, indicating that the training reduced the participants' propensity for depression (Fig. 1).

Fig. 2 shows the results obtained from the Beck Inventory before and after 20 neurofeedback sessions aimed at increasing SMR rhythm and reducing high beta waves. A statistically significant reduction in the Beck Inventory can be observed, indicating that the training reduced participants' propensity for anxiety (Fig. 2).

Our data indicate that neurofeedback, aimed at increasing SMR rhythm and reducing high beta waves, demonstrated a strong capacity to reduce anxiety and the propensity for depression. The results of this research, which analyzed data from 21 volunteers who underwent brain mapping,

neurofeedback training, and evaluation through the DASS-21 and Beck questionnaires, indicate a significant reduction in anxiety and depression symptoms after 20 neurofeedback sessions focused on increasing sensorimotor rhythm (SMR) and reducing high-frequency beta waves (high beta).

Fig. 1 shows the statistically significant reduction in DASS-21 scores after the training. This suggests a decreased propensity for depression, supporting recent findings that show neurofeedback can regulate brain activity involved in emotional control and reduce negative affect, a key component of depressive disorders (Malinowski et al., 2021).

Meanwhile, Fig. 2 reveals a significant reduction in Beck Anxiety Inventory scores after the training. These findings align with current studies that indicate neurofeedback, by increasing SMR rhythm and reducing high beta activity, can regulate brain excitability, reducing heightened alertness, which is often associated with anxiety (Peeters et al., 2020). This effect is consistent with the observation that increased SMR activity is linked to relaxation and impulse control, while reducing high beta can inhibit fear and stress circuits (Strehl, 2014).

The significant reduction observed in both questionnaires after neurofeedback training reinforces the positive impact of this method on managing anxiety and depression. The increase in SMR rhythm is strongly associated with relaxation states and improved emotional control (Gani et al., 2020). Moreover, the reduction in high beta frequencies, which are associated with amygdala hyperactivity and physiological arousal responses, plays a crucial role in anxiety reduction (Rossignol et al., 2020).

These results corroborate recent findings that demonstrate the effectiveness of neurofeedback in modulating brain activities that directly influence emotional states. For example, Pacheco et al. (2021) highlight that neurofeedback is a promising approach, particularly in continuous stress situations, such as during the COVID-19 pandemic, to regulate brain responses associated with anxiety and fear.

Current studies suggest that using neurofeedback to modulate specific brain frequencies, such as increasing SMR and reducing high beta, can provide long-lasting

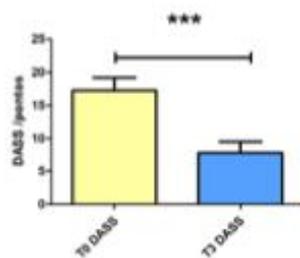


Fig. 1. DASS-21 Questionnaire Results before and after Neurofeedback Training. (***) p -value < 0.01 , Wilcoxon test, $N=21$ participants. Source: Author's own data.

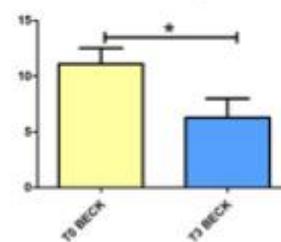


Fig. 2. Data represent mean \pm standard error of the mean. * $p < 0.05$, Wilcoxon test, $N=21$ participants. Source: Author's own data.

correlation with the reduction of anxiety symptoms. This includes examining the brain areas altered in relation to anxiety markers and the changes observed in accordance with reduced anxiety levels.

The study's results help further understand how brain areas function in individuals experiencing anxiety and highlight which brain areas should be stimulated to reduce anxiety symptoms.

II. BACKGROUND

Anxiety is a prevalent psychological condition that impacts millions of individuals worldwide, affecting their quality of life. In Brazil, approximately 9.3% of the population suffers from pathological anxiety, highlighting the critical need for effective treatments. This study investigates the potential of neurofeedback as a non-pharmacological intervention for reducing anxiety symptoms. Neurofeedback allows real-time monitoring of brain activity through quantitative electroencephalography (qEEG) and provides sensory feedback to modulate specific brainwave patterns. The study focused on 21 volunteers, evaluating their brain activity and anxiety levels before and after 20 neurofeedback sessions aimed at increasing sensorimotor rhythm (SMR) and reducing high beta waves. The results showed a statistically significant reduction in anxiety and depression scores, suggesting that neurofeedback could be a promising alternative for managing anxiety, offering therapeutic benefits without the adverse effects associated with pharmacological treatments. This research contributes to the understanding of brainwave modulation in relation to anxiety and provides insights for future therapeutic strategies in mental health.

III. MATERIALS AND METHODS

Data collection and storage were conducted using qEEG and neurofeedback training, with the Optima + 4USB multifunctional amplifier (Neurobit, Poland) and the TQ7 software (Brain Trainer Brazil). During data collection, electrodes were placed on the scalp to record brain electrical activity and monitor brainwave patterns. A neoprene cap was used to facilitate electrode placement, and a saline solution of 0.9 g NaCl per 100 mL of distilled water (or physiological saline) was applied to ensure good contact between the electrodes and the corresponding brain areas.

The electrodes were connected to an amplifier that converted the signals for the computer. This equipment, with up to four measurement channels, ensured high precision and low noise, also featuring galvanic isolation to minimize interference and increase safety. The EEG cap served as a reference and support for electrode placement in predefined positions, following the International 10-20 System described by Jasper (1958). This method, the most widely used for electrode placement, divides the skull into proportions of 10% or 20% of the distance between reference points such as the nasion, inion, and preauricular points (JARDIM, 2017). The EEG recording followed five steps, each focusing on specific brain areas, monitored by a computer system (Brain-

Trainer for BioEra). Each step included recording signals from four active electrodes and three reference electrodes (one prefrontal ground and two auricular). Each step was divided into three phases: 1 minute with eyes closed, 1 minute with eyes open focusing on a specific point, and 1 minute performing a designated task.

During EEG recording, unwanted signals that distort measurements can occur, often exceeding the magnitude of the actual signal. EEG artifacts can result from endogenous (physiological) or exogenous (e.g., electrical interference) (MINGUILLON; LOPEZ-GORDO; PELAYO, 2017) sources, and their removal is essential for reliable signal processing, crucial in both clinical and research contexts. The TQ7 software estimates EEG signal variations caused by artifacts and identifies alterations in each channel. If a channel shows more than 50% artifacts, that step must be repeated.

The TQ7 was used to identify electrophysiological markers related to anxiety, such as reduced Beta (15-23 Hz) and High Beta (20-30 Hz) waves and increased SMR (12-15 Hz) levels. These markers were used to include volunteers in the study, as neurofeedback intervention aims to modulate these patterns to promote healthier brain balance. Ribas (2018) described an association between anxiety, insecurity, fear, panic, and phobia with "hot temporal" regions, characterized by Beta >17% and High Beta >10% in the T3 and T4 regions. Participants with these patterns underwent neurofeedback training to check if these frequencies were reduced during the sessions.

After data filtering, the TQ7 generated a report with all relevant EEG information. Based on this analysis, individuals meeting the inclusion criteria were selected, and neurofeedback training began, focusing on increasing SMR and reducing High Beta, resulting in better focus and lower anxiety levels.

For neurofeedback training, two electrodes (C3 for active, C4 for reference) monitored brainwaves during 20-minute sessions, supported by FRE% software. When participants reached desired electrophysiological patterns, they were rewarded on the screen by increasing the speed of characters in games (e.g., car racing or Pac-Man) or by removing a darkened screen in videos. These stimuli enhanced brainwave performance, re-establishing specific patterns. On average, two sessions per week were conducted, totaling 20 sessions. At the end of the training, a new qEEG was performed to compare brainwave behavior before and after neurofeedback.

Two distinct instruments were used to assess anxiety levels. The first was the Beck Anxiety Inventory (BECK et al., 1988), which emphasizes somatic aspects of anxiety and consists of a self-report scale assessing anxiety intensity. Participants rated their anxiety in 21 situations on a four-point scale, with total scores categorizing anxiety as minimal (0-7), mild (8-15), moderate (16-25), or severe (26-63) (CUNHA, 2001).

improvements in emotional symptoms without the need for medication. The non-invasive nature of neurofeedback stands out as an effective and safe alternative for treating anxiety and depression, as reinforced by contemporary research (Thibeault et al., 2022). These findings are promising, indicating that neurofeedback can be an effective tool for promoting emotional well-being without the common side effects of pharmacological treatments.

V. CONCLUSION

This study reinforces the effectiveness of neurofeedback in treating anxiety and depression, highlighting its positive impact on 21 volunteers after 20 training sessions focused on increasing sensorimotor rhythm (SMR) and reducing high-frequency beta waves (high beta). The statistically significant reduction in DASS-21 and Beck questionnaire scores after the training suggests that neurofeedback may be a promising intervention to modulate brain activity and improve emotional states without the need for pharmacological treatments.

This research provides a foundation for future investigations that can delve deeper into the neurophysiological mechanisms underlying the success of neurofeedback, as well as expand its application in different clinical contexts and population groups. Based on these findings, new therapeutic strategies could be developed to treat psychological conditions more effectively and in a personalized manner.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) and Propeq/UFPE for the resources offered to the researchers involved in the work.

REFERENCES

- [1] BECK, A.; et al. An inventory for measuring clinical anxiety. Psychometric Properties, *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, v. 56, p. 893-897, 1988.
- [2] CUNHA, J. A. Manual da versão em português das Escalas Beck. São Paulo: casa do psicólogo, 11-3, 2001.
- [3] G1 Portal de Notícias, <https://g1.globo.com/saude/noticia/2023/02/27/por-que-o-brasil-tem-a-populacao-mais-ansiosa-do-mundo.ghtml>.
- [4] GANI, C.; BIRBAUMER, N.; STREHL, U. Long-term effects of neurofeedback training in epilepsy. *Epilepsy & Behavior*, 2020.
- [5] HAMMOND, D. C. Placebos and neurofeedback: A case for facilitating and maximizing placebo response in neurofeedback treatments. *Journal of Neurotherapy*, v. 15, p. 104-114, 2011.
- [6] Jasper, H.H. (1958) The Ten-Twenty Electrode System of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 371-375.
- [7] JARDIM, Diogo dos Santos. *Remoção de artefatos em EEG para Neurofeedback*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, 2017.
- [8] LOVIBOND, P. F.; LOVIBOND, S. H. The structure of negative emotional states. Comparison of the Depression Anxiety Stress Scales (DASS) with the Beck depression and anxiety inventories. *Behaviour Research and Therapy*, 33(3), 335-343, 1995. doi: 10.1016/j.brp.2012.05.003
- [9] MALINOWSKI, P.; MOORE, A.; GRATTON, C. Mindfulness-based interventions and neurofeedback in treatment of anxiety. *Clinical Psychology Review*, 2021.
- [10] MINGUILLON, J.; LOPEZ-GORDO, M. A.; PELAYO, F. Trends in EEG-BCI for daily-life: Requirements for artifact removal. *Biomedical Signal Processing and Control*, v. 31, p. 407-418, 2017.
- [11] PACHECO, M. M., et al. Neurofeedback in the context of stress: Impact on the regulation of emotional responses during the COVID-19 pandemic. *Frontiers in Neuroscience*, 2021.
- [12] PEETERS, F.; RONNER, J.; BODAR, L.; VAN OS, J.; LOUSBERG, R. Validation of a neurofeedback paradigm: The role of SMR in the treatment of anxiety. *Neuroscience Letters*, 2020.
- [13] RIBAS, V. R.; et al. Treatment of Depression with Quantitative Electroencephalography (QEEG) of the TQ-7 Neuro-feedback System Increases the Level of Attention of Patients. *J Neurol Disord*, 2017.
- [14] RIBAS, Valdenilson Ribeiro, et al. Pattern of anxiety, insecurity, fear, panic and/or phobia observed by quantitative electroencephalography (QEEG). *Dementia & Neuropsychologia*, v. 12, p. 264-271, 2018.
- [15] ROSSIGNOL, M., et al. The effects of neurofeedback on anxiety and the brain's fear circuits: A systematic review. *NeuroImage: Clinical*, 2020.
- [16] RUSSO, G. M.; BALKIN, R. S.; LENZ, A. S. A meta-analysis of neurofeedback for treating anxiety-spectrum disorders. *Journal of Counseling & Development*, 2022.
- [17] SANTANA, Claudson Cerqueira, BLÃO, Menilde Araújo Silva. Eficácia do neurofeedback no tratamento da ansiedade patológica e transtornos ansiosos: revisão sistemática da literatura. *Psicologia, Saúde & Doenças*, v. 19, n. 2, p. 234-242, 2018.
- [18] STREHL, U. What learning theories can teach us about neurofeedback. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2014.
- [19] THIBEAULT, E., et al. Neurofeedback as a treatment for anxiety and depression: Current trends and future directions. *Psychiatry Research*, 2022.

APÊNDICE B – Artigo aprovado no VIII SABIO 2024: *Neurofeedback Research with College Students to Reduce Electrophysiological Indicators of Anxiety.*

VIII Simpósio Internacional de
Inovação em Engenharia Biomédica



Neurofeedback Research with College Students to Reduce Electrophysiological Indicators of Anxiety

¹Amanda de Andrade Soares, UFPE (amanda.asoares@ufpe.br)

²Tayzes Hagabea Dantas de Oliveira, UFPE (tayzes.hagabea@ufpe.br)

³Marjorie Fernanda Barros Lins, UFPE (marjorie.lins@ufpe.br)

⁴Sônia Loreto de Miranda, Fonoaudióloga Clínica e Pesquisadora Associada ao Laboratório de Neurodinâmica (sonialoretodemiranda@gmail.com)

⁵Rosemary Farias Tenório, Mestranda PPG (Engenharia Biomédica) UFPE (rosemary.tenorio@ufpe.br)
Marcelo Cairão Araujo Rodrigues, UFPE (marcelo.carodrigues@ufpe.br)

Abstract—Anxiety is a natural condition in response to stress, which can become pathological when symptoms are excessive and persistent (CASTILLO et al., 2000). Methods such as qualitative electroencephalogram (EEGq) and *neurofeedback* have shown promise in allowing a detailed analysis of specific patterns associated with anxiety (SANTANA & BIÃO, 2018). In the study, 14 volunteers with electrophysiological patterns consistent with anxiety underwent 12 neurofeedback sessions to increase Sensory Motor Rhythm (SMR) and reduce *High Beta* waves. The statistical analysis showed that the volunteers responded individually to the training, with two main groups: those with a quick response, who addressed specific comments in the SMR, and those with a slow response. A statistical analysis revealed that there was a significant increase in *High Beta* waves (25-30 Hz), which apparently resulted from the methodology applied.

Keywords—*Electroencephalography, anxiety, neurofeedback*

I. INTRODUCTION

Brain activity plays an essential role in regulating mental health, and technological advances have allowed new ways of understanding and modulating this activity. In this context, it is important to develop methods that use this knowledge to improve quality of life, serving both as alternatives and complementary therapies to medications. Understanding the relationship between brain activity and anxiety symptoms is essential to developing effective interventions.

Although anxiety and stress are normal to a certain extent, when they cause significant suffering, they can evolve into Anxiety Disorders (DA SILVA VASCONCELOS; COSTA & BARBOSA, 2008). Technologies such as qualitative electroencephalography (QEEG) and neurofeedback have shown promise in analyzing and modulating neural activity associated with anxiety, offering a non-invasive approach to reducing symptoms and improving quality of life (SANTANA & BIÃO, 2018).

QEEG is a non-invasive technique that analyzes the electrical activity of the brain by detecting bioelectrical signals on the surface of the scalp, allowing a detailed view of brain functioning and being widely used in the diagnosis of neurological conditions, such as headaches, epilepsy and diseases psychiatric (CAPARELLI, 2007; CANTARELLI,

MENDES JÚNIOR and STEVAN JR., 2016). Neurofeedback training, based on the electrical activity of the electroencephalography (EEG), seeks to reestablish adequate electrophysiological patterns to treat neurological and psychological disorders, in addition to improving cognitive abilities and well-being (SANTANA & BIÃO, 2018; DIAS, 2010). This approach aims to provide long-lasting treatments for anxiety, depression and attention deficit, without medication, and can prevent the side effects of psychotropic drugs, transforming the understanding and treatment of mental health (RUSSO, 2022; LENZ, 2022; HAMMOND, 2011).

Neurofeedback allows the analysis of specific rhythms, such as Sensorimotor Rhythm (SMR) and High Beta waves. SMR (12 to 15 Hz), related to the sensorimotor cortex, is associated with improvements in attention and the reduction of stress and anxiety, being effective in conditions such as ADHD, insomnia and epilepsy (WANDERLEY NETO, 2018; GADEA et al., 2020). High Beta waves (18-30 Hz), also acting in the same area, are fast and are linked to the hypothalamus, with their inhibition related to reduced anxiety (ROCHA et al., 2022; MELO et al., 2017). These frequencies are relevant in neurofeedback, where modulation of rhythms can improve various neuropsychological conditions.

II. BACKGROUND

Studies on neurofeedback are important because, despite its existence since the 1960s, there is still controversy about its effectiveness, as evidenced by some research that questions its results (HASSLINGER et al., 2022). However, other studies, such as that of Engelbregt (2016), indicate lasting effects even three years after the end of the training, suggesting that it can have a positive impact in the long term. Given the divergent scenario in the literature, it is crucial to conduct new studies to confirm the effectiveness of neurofeedback and better understand the possible changes in brain activity that it promotes. Furthermore, it is not yet known whether the effects are consistent across individuals or whether they vary significantly, which makes it essential to explore the homogeneity or heterogeneity of the results in different populations.

These investigations are critical to determining whether neurofeedback can be a viable and effective intervention for



various types of mental disorders and how it affects brain dynamics in the long term.

III. MATERIALS AND METHODS

Data collection and storage were carried out through EEGq and neurofeedback training, using the Optima + 4USB amplifier (Neurobit, Poland) and the TQ7 software (Brain Trainer Brazil). Electrodes were positioned on the scalp with the aid of a neoprene cap, and a saline solution was applied to ensure good contact between the electrodes and the bone areas. EEGq follows the International System 10-20 (JASPER, 1958) and involves five steps, each consisting of three phases of recording brain electrical activity. The research inclusion criteria were self-report of anxiety and/or learning difficulties, with 14 volunteers selected ((4 men, 10 women, (average age 29 years; range 21 to 55 years)).

The TQ7 program was used to identify electrophysiological markers of anxiety from qEEG recordings, such as increased Beta waves (15-23 Hz) and Fast Beta (also known as High Beta rhythm, 20-30 Hz). Ribas (2018) described an association of symptoms of anxiety, insecurity, fear, panic and/or phobia with the category of hot storms defined as Beta >17% and Fast Beta >10% at T3 and T4. After filtering the data, TQ7 provides a report with all relevant EEG information. After data analysis, neurofeedback training was performed with the aim of modulating the SMR in the 12-15 Hz range and reducing the High Beta rhythm, consequently increasing focus and decreasing anxiety. The following image illustrates the increase in Beta and High Beta waves in the EEG recording. Note an increase in the frequency of Beta in T4 (right lobe) and of Fast Beta in T3 (left lobe) and T4, importing electrophysiological patterns consistent with anxiety:

Temporais: quadras	T3	T4	Total	Total
Porcentagem de beta	14,7%	20,4%	1,02%	1,06%
Porcentagem de beta rápida	10,4%	10,2%	1,34%	1,44%

Image 1. Percentage of Beta and Fast Beta. Percentage amount above the expected beta wave (15-23 Hz >17%) and High Beta (23-38 Hz >10%) at points T3 and T4, obtained through the 10-20 electroencephalography system in a summary statistical distribution (TQ-7 analysis page), expressed in red, representing excess waves in the studied group (hot temporal lobes). Source: Author's own.

To perform the neurofeedback training, two electrodes were used: C3 (active) and C4 (reference), to monitor brain waves during 12 sessions lasting 20 minutes each. The training consisted of using games and videos. When the participant reached the desired electrophysiological patterns, he or she was rewarded on the screen with an increase in the character's speed in games, such as car racing or Pac-Man, or by the removal of a darkened screen that makes viewing difficult in the case of videos. These stimuli help to enhance the brain's electrophysiological performance, promoting the reestablishment of specific patterns in specific areas. The auditory stimulus was provided by the game's music, as well as by low and high-pitched sounds in the background. Regarding the video, the auditory stimulus was the audio of the content displayed.

The data were analyzed with the EEGLAB program, which made it possible to obtain the Power Spectral Density on a logarithmic scale (LDEP). This analysis allows you to monitor participants' progress throughout the sessions, detailing the evolution of results from the 1st to the 12th session.

Using the MATLAB architecture as a base, EEGLAB offers comprehensive tools that allow everything from data filtering to time and frequency domain analysis (SILVA, 2021). The LDEP data were analyzed with the GraphPad Prism 5 software, which made it possible to perform statistical analyzes and create detailed graphs for better interpretation of the results.

IV. RESULTS AND DISCUSSION

Data from 14 volunteers were analyzed using the Wisconsin test ($p < 0.05$) after 12 neurofeedback training sessions. Data were collected from the 1st and 12th sessions, recording variations in the SMR and High Beta frequency ranges during 10 to 11 minutes of training. Although a more extensive analysis was possible, operating system limitations prevented efficient processing of a larger volume of data.

After processing the data from the 1st and 12th training sessions for each volunteer, a qualitative analysis of the LDEP results was performed to assess the effectiveness of neurofeedback training. Initially, the 14 volunteers were analyzed as a single group, where variations in SMR (12-15 Hz) and the High Beta frequency were compared. Although SMR did not show statistical differences in relation to the total number of individuals, a slight increase in this frequency range was observed. Regarding High Beta, the statistical analysis indicated significance, but there was an increase in this frequency during training. This increase in frequency was possibly influenced by factors such as stress and competitiveness in games. Subsequent analyses considered individuals with an increase in SMR between 12-13 Hz, but despite small improvements, no significant results were found. The last analysis, which focused on individuals with variation in at least 2 SMR variables, revealed that one group showed a rapid response to training with a significant increase in both SMR and High Beta, while the other group, with a slower response, showed no relevant modulation.

Below, a graph will be presented that illustrates the differences between the results obtained in the four analyses performed, allowing a clear visualization of the variations in the data and a comparison of the statistical significances between the different parameters and groups analyzed.

VIII Simpósio Internacional de Inovação em Engenharia Biomédica



Log de densidade espectral de potência na faixa SMR após 12 sessões de treinamento cerebral com Neurofeedback

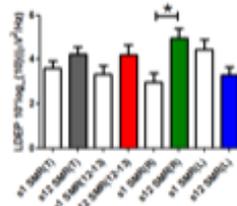


Figure 2. Graphical representation of the SMR statistical analyses. The X-axis represents the different analyses performed, while the Y-axis shows the LDEP values obtained. The bars illustrate the differences observed between the analyses. In each of the four variables, the identifications of s1 and s12 correspond, respectively, to the results of the 1st and 12th sessions of neurofeedback training. * : $p < 0.05$ Wisconsin test.

The first analysis, represented by the acronym (SMR(T)), corresponds to the variation of LDEP considering all volunteers as a group. Although the statistical analysis did not reveal significant differences between the 1st and 12th training sessions, a subtle increase in SMR from 12 to 15 Hz was observed between sessions. The abbreviation (SMR (12-13)) refers to individuals who presented an increase in SMR in the 12-13 Hz range. Although the results did not show statistical differences, a subtle increase in this frequency was again noted. The abbreviated notation, (SMR (R)), corresponds to the LDEP of individuals who presented SMR variations in at least two frequency variables in the 12-15 Hz range. A considerable increase in SMR was observed in the expected frequency range, as indicated by the statistical analysis. The abbreviation (SMR (L)) represents individuals who did not fit the parameters established during the second and third statistical analyses. In this group, there is a subtle decrease in the LDEP values corresponding to the SMR.

The results of the SMR (R) and SMR (L) analyses show variability in the response to neurofeedback training among individuals. The SMR (R) analysis, which includes subjects who presented an increase in the SMR frequency range in at least two variables, demonstrates a significant increase in the LDEP values, suggesting that these individuals responded more quickly and effectively to the training. In contrast, the SMR (L) analysis, referring to individuals who did not meet the criteria of the previous analyses, reveals a slight decrease in the LDEP values consistent with the SMR, indicating a slower and less expressive response to training in this group. These findings point to individual variations in the response time to training among volunteers.

Below is a detailed graph illustrating the High Beta rhythm variations for each of the conditions presented above. This graph makes it easy to compare frequency variations and identify patterns associated with training response.

Log de densidade espectral de potência na faixa High-Beta após 12 sessões de treinamento cerebral com Neurofeedback

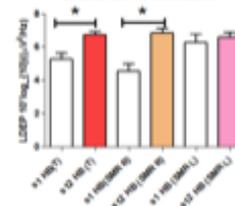


Figure 3. Graphical representation of the High Beta statistical analyses. The X-axis represents the different analyses performed, while the Y-axis shows the LDEP values obtained, as in the previous graph. The bars illustrate the differences observed between the analyses. * : $p < 0.05$ Wisconsin test.

The acronym HB (T) refers to the variations in High Beta considering all individuals as a single group. The analysis of the LDEP values reveals an increase in this frequency between the 1st and 12th session, as demonstrated by the statistical results. The abbreviation HB (SMR R) represents the analysis of individuals who had a fast response in relation to the SMR. The graph shows a significant increase in High Beta for this group, indicating that the frequency increased even more notably. Finally, the acronym HB (SMR L) refers to the analysis of individuals who had a slow response in relation to the SMR. In this group, the graph shows a subtle increase in the frequency of High-Beta, indicating a less pronounced variation compared to the other groups.

Given the data obtained, it was observed that the behavior of the study variables differed from what was expected. The statistical analysis of the SMR supported the hypothesis that there are individual variations in the response of volunteers during neurofeedback training, resulting in the identification of two distinct groups: those with fast responses and those with slow responses. The comparison of the variables revealed that the best approach to analyzing the data is to follow well-defined parameters. This allows the variables to be interpreted in different contexts, leading to distinct and more precise observations.

Regarding the High Beta rhythm, the general results showed an unexpected increase in this frequency after the 12 training sessions. These findings support an additional hypothesis formulated during the study. It was observed that, while some individuals demonstrated an increase in High Beta waves during the games, they presented a decrease in this frequency when exposed to the training videos. This hypothesis suggests that games, when applied to individuals with electrophysiological patterns associated with anxiety, can induce an increase in High Beta waves. This phenomenon can be attributed to several factors, such as the type of stimulus, the stress associated with the game or the competitiveness of the participants.

The study highlighted the importance of clear criteria in evaluating neurofeedback results. Research by Hasslinger

(2022) indicated that participants' "mental state" and ability to self-regulate are crucial factors for the success of training, especially in relation to the perception of improvements. In our data, there was no significant difference in SMR oscillation when considering all participants. However, when subdividing them based on the speed of progress ("fast" and "slow"), interesting differences were observed, indicating that neurofeedback is a self-regulation tool that relies on neural plasticity, varying according to individual characteristics such as age and habits.

V. CONCLUSION

Neurofeedback training is able to increase the amount of SMR oscillation (12-15 Hz) in healthy volunteers as expected, but at different speeds. Volunteers can be classified as "fast" or "slow" in progression, possibly reflecting the speed of individual neuroplasticity. Contrary to what would be expected, we also observed an increase in high beta oscillation (25 to 30 Hz), especially in people classified as "fast". This suggests that this type of oscillation may, under certain conditions, also have some beneficial physiological effect, in addition to the deleterious effect of increasing anxiety described in the literature.

ACKNOWLEDGMENT (CNPQ and Propeq)

REFERENCES

- [1] CANTARELLI, Thamiris Lins; JÚNIOR, J. J. A. M.; JÚNIOR, S. L. S. Fundamentos da medição do eeg: Uma introdução. Semin. ELETRÔNICA E AUTOMAÇÃO, Ponta Grossa, 2016.
- [2] CAPARELLI, Thiago Bruno. "Projeto e desenvolvimento de um sistema multicanal de biotelemetria para detecção de sinais ECG, EEG e EMG." (2007).
- [3] CASTILLO, Ana Regina GL, et al. "Transtornos de ansiedade." Brazilian Journal of Psychiatry 22 (2000): 20-23.
- [4] DA SILVA VASCONCELOS, Arilane; COSTA, Cristina; BARBOSA, Leopoldo Nelson Fernandes. Do transtorno de ansiedade ao câncer. Revista da Sociedade Brasileira de Psicologia Hospitalar, v. 11, n. 2, p. 51-71, 2008.
- [5] ENGELBREGT, Hessel J. et al. Short and long-term effects of sham-controlled prefrontal EEG-neurofeedback training in healthy subjects. Clinical Neurophysiology, v. 127, n. 4, p. 1931-1937, 2016.
- [6] GADEA, M., ALINO, M., HIDALGO, V., ESPERT, R., & SALVADOR, A. (2020). Effects of a single session of SMR neurofeedback training on anxiety and cortisol levels. Neurophysiologie Clinique, 50(3), 167-173.
- [7] GEDES, L. A.; BAKER, L. E. Principles of Applied Biomedical Instrumentation. 3. ed. [Nova York]: John Wiley & Sons, 1989.
- [8] HAMMOND, D. Corydon. Placebos and neurofeedback: A case for facilitating and maximizing placebo response in neurofeedback treatments. Journal of Neurotherapy, v. 15, n. 2, p. 94-114, 2011.
- [9] HABIB, Leonardo Rosa et al. Neurofeedback como proposta de intervenção para performance no tiro esportivo: um estudo de caso. 2019.
- [10] HASSLINGER, John. Neurofeedback and working memory training in children and adolescents with ADHD. Tese de Doutorado. Karolinska Institutet (Suécia), 2022.
- [11] HASSLINGER, J., JONSSON, U., & BÖLTE, S. Immediate and sustained effects of neurofeedback and working memory training on cognitive functions in children and adolescents with ADHD: A multi-arm pragmatic randomized controlled trial. Journal of attention disorders, 26(11), 1492-1506, 2022.
- [12] JARDIM, Diogo dos Santos. Remoção de artefatos em EEG para Neurofeedback. MS thesis. Universidade Federal de Pernambuco, 2017.
- [13] MINGUILLON, J.; LOPEZ-GORDO, M. A.; PELAYO, F. Trends in EEG-BCI for daily-life: Requirements for artifact removal. Elsevier, Biomedical Signal Processing and Control, v. 31, p. 407-418, 2017.
- [14] REZENDE, Máxima Teixeira; DE MELO, Denise Mendonça. TREINAMENTO DE NEUROFEEDBACK EM PACIENTES IDOSOS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. CADERNOS DE PSICOLOGIA, v. 2, n. 4, 2021.
- [15] OLIVEIRA, Carmen Luciane Souza Regis et al. The Functioning of the Brain Trained by Neurofeedback with Behavioral Techniques from a Learning Curve Perspective. Journal of Psychology, v. 3, n. 2, p. 13, 2016.
- [16] RIBAS, Valdenilson Ribeiro et al. Pattern of anxiety, insecurity, fear, panic and/or phobia observed by quantitative electroencephalography (QEEG). Dementia & neuropsychologia, v. 12, p. 264-277, 2018.
- [17] ROCHA, Isabella Lanes et al. Análise e interpretação de sinais neurais para utilização eletroeletrônica. Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 7, p. 50429-50444, 2022.
- [18] RODRIGUES, M. A. B. Desenvolvimento de um Instrumento Virtual para Aquisição de Análise de Sinais Bioelétricos. 1997. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.
- [19] RUSSO, G. Michael; BALKIN, Richard S.; LENZ, A. Stephen. A meta-analysis of neurofeedback for treating anxiety-spectrum disorders. Journal of Counseling & Development, v. 100, n. 3, p. 236-251, 2022.
- [20] SANTANA, Claudson Cerqueira; BIÃO, Melilde Araújo Silva. Eficácia do neurofeedback no tratamento da ansiedade patológica e transtornos ansiosos: revisão sistemática da literatura. Psicologia, saúde & doenças, v. 19, n. 2, p. 234-242, 2018.
- [21] SILVA, Bruno Urbano et al. Mapeamento cerebral durante atividade cognitiva. 2021.
- [22] ULBRICHT, Vania Ribas. Neurociência: aplicações interdisciplinares da atualidade. Pimenta Cultural, 2022.

ANEXO A – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética

		UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO CAMPUS RECIFE - UFPE/RECIFE	
PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP			
DADOS DO PROJETO DE PESQUISA			
Título da Pesquisa: Pesquisa com neurofeedback em alunos universitários para reduzir ansiedade			
Pesquisador: Marcelo Cairrão Araujo Rodrigues			
Área Temática:			
Versão: 2			
CAAE: 69748523.9.0000.5208			
Instituição Proponente: CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS			
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio			
DADOS DO PARECER			
Número do Parecer: 6.194.580			

ANEXO B – Carta de Anuência de Psicologia



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE PSICOLOGIA
SERVIÇO DE PSICOLOGIA APLICADA – UFPE

CARTA DE ANUÊNCIA

Declaramos para os devidos fins, que o Serviço de Psicologia Aplicada - UFPE aceita receber em seu plantão psicológico, atualmente realizado mediante agendamento (dentro do limite de vagas definidos para o dia e de acordo com a ordem de inscrição de todos os interessados), as possíveis pessoas encaminhadas em decorrência do desenvolvimento do projeto de pesquisa “PESQUISA COM NEUROFEEDBACK EM ALUNOS UNIVERSITÁRIOS PARA REDUZIR A ANSIEDADE”. A pesquisa tem como objetivo analisar efeitos comportamentais e eletrofisiológicos associados ao treinamento cerebral por neurofeedback em alunos universitários de Recife.

Este projeto é desenvolvido pelo pesquisador Prof. Dr. MARCELO CAIRRÃO ARAUJO RODRIGUES (orientador), e sua aluna de iniciação científica TAYZES HAGABEA DANTAS DE OLIVEIRA.

Recife, em 08/03/2023


Rubenilda Maria Rosinha Barbosa
Coordenadora do SPA / SIAPE: 1130706

Profª Rubenilda Mª Rosinha Barbosa
Coordenadora do SPA
CRP: 02/0778. CFCH - UFPE
SIAPE: 1130706

ANEXO C – Carta de Anuência do Laboratório de Neurodinâmica do Departamento de Fisiologia e Farmacologia



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
PERNAMBUCO CENTRO DE BIOCÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FISIOLOGIA E FARMACOLOGIA

CARTA DE ANUÊNCIA

Declaro anuência para que o projeto intitulado “Pesquisa com Neurofeedback em alunos universitários para reduzir ansiedade”, seja realizado no **Laboratório de Neurodinâmica do Departamento de Fisiologia e Farmacologia da UFPE**. Esta pesquisa está sob a coordenação do professor Dr. Marcelo Cairrão Araujo Rodrigues, e demais alunos sob sua orientação. A pesquisa tem como objetivo analisar efeitos comportamentais e eletrofisiológicos do treinamento cerebral com *neurofeedback* em alunos da UFPE, com relação à ansiedade.

Esta autorização está condicionada ao cumprimento do (a) pesquisador (a) aos requisitos das Resoluções do Conselho Nacional de Saúde e suas complementares, comprometendo-se utilizar os dados pessoais dos participantes da pesquisa, exclusivamente para os fins científicos, mantendo o sigilo e garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades.

Antes de iniciar a coleta de dados o/a pesquisador/a deverá apresentar a esta Instituição o Parecer Consubstanciado devidamente aprovado, emitido por Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, credenciado ao Sistema CEP/CONEP.

Recife, em 21/03/2023.

Chefe de Departamento

 Prof. Leucio Duarte V. Filho
Chefe do Departamento de
Fisiologia e Farmacologia/CCB
Bape: 2069991

ANEXO D – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO**



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS)

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa intitulada **Pesquisa com neurofeedback em alunos universitários para reduzir ansiedade**, que está sob a responsabilidade do pesquisador MARCELO CAIRRÃO ARAUJO RODRIGUES, endereço de contato Av. Reitor Joaquim Amazonas - Cidade Universitária, Recife - PE, 50740-570, telefone: (81) 982069779, e-mail: marcelo.carodrigues@ufpe.br para contato com pesquisador responsável (inclusive ligações a cobrar).

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubriche as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

O (a) senhor (a) estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

A pesquisa tem como objetivo analisar se há efeitos benéficos ao realizar treinamento cerebral com *neurofeedback*, reduzindo a ansiedade. No isolamento social, como no caso da pandemia por COVID-19, ou em situações de depressão e pânico, podem ocorrer alterações neuroquímicas de expressão gênica e hormonais que atuam sobre o cérebro. Atualmente podemos observar alguns problemas pós pandemia, como o excesso de ansiedade. É possível que isto esteja acontecendo também com você.

Inicialmente, você irá responder a dois questionários sobre ansiedade, o inventário de ansiedade de BECK e a escala de Depressão, Ansiedade e Estresse (DASS-21). Nestes questionários você irá responder a perguntas, e posteriormente serão avaliados seus riscos de estar com excesso de ansiedade, e também de depressão. A depressão não é foco primário deste estudo, mas caso seja detectada em grau severo, você será encaminhado para o Serviço de Psicologia Aplicada UFPE, com atendimento gratuito. Você também fará um teste de memória, em que responderá números após solicitação.

Após responder aos questionários, você será convidado para fazer um “exame de cabeça”, denominado eletroencefalografia. Este exame **NÃO DÁ CHOQUE NEM ESTÍMULOS ELÉTRICOS**. Sabe-se que é possível medir as alterações da ansiedade através da atividade elétrica do seu cérebro, captada por eletroencefalografia. Este procedimento não vai feri-lo, não será injetado nenhum medicamento em você, nem nada será injetado no seu cérebro. Será apenas colocada uma touca com alguns sensores (denominados eletrodos), para medir a atividade elétrica cerebral e correlaciona-la com sua ansiedade. Compararemos os resultado deste exame antes e depois do treinamento cerebral com *neurofeedback*.

O treinamento cerebral com *neurofeedback* consiste num tipo de condicionamento cerebral em que são colocados eletrodos na cabeça da pessoa. Então num monitor, a pessoa assiste a um vídeo de sua escolha, o seu cérebro será monitorado quanto aos padrões de ansiedade. Mas, se seu cérebro ficar ansioso, tal será detectado pelo computador, e a tela irá se apagar instantaneamente. Mas, assim que seu cérebro ficar relaxado, o vídeo será novamente ser exibido. Tudo dependerá da sua atividade cerebral.

Será feita uma divisão em dois grupos: o grupo controle (com tratamento falso), e o experimental (com tratamento verdadeiro). Você será colocado em um ou outro grupo aleatoriamente. Você não saberá em qual grupo foi colocado. Você deverá comparecer ao Laboratório de Neurodinâmica pelo menos duas vezes por semana, por 10 semanas (20 sessões).

VOCÊ NÃO PRECISARÁ PAGAR POR NENHUM EXAME. Tudo será por conta da pesquisa.

- VOCÊ PODE DESISTIR A QUALQUER MOMENTO** sem precisar pagar nada por causa disso. Informamos, no entanto, que sua participação é muito importante, quer seja como controle ou experimental, para descobrirmos se estes alimentos estão mesmo fazendo mal aos professores.
- RISCOS:** Esta pesquisa envolve os seguintes riscos: 1. vazamento de informações pessoais e de resultados de medições; 2. constrangimento ao responder questionários; 3. incômodo ao colocar a touca para registro de EEG; Todas as medidas serão tomadas para reduzir esses riscos.
- BENEFÍCIOS DIRETOS** para os voluntários: Esta pesquisa acarretará em benefícios diretos e indiretos aos participantes. Benefícios diretos: 1. Receber gratuitamente um treinamento cerebral que potencialmente reduzirá seus quadros de ansiedade sem o uso de fármacos. 2. Os participantes receberão gratuitamente o resultado de registro de eletroencefalograma. Embora os registros de EEG sejam realizados com outros propósitos, os usuários serão alertados e conduzidos ao sistema de saúde do Hospital das Clínicas da UFPE e acompanhados pelos pesquisadores caso os registros apresentem alguma alteração, como epilepsia ou indicadores de possível lesão neurológica; 3. Os participantes serão alertados caso se encontrem em situação de risco de TAG (transtorno de ansiedade generalizada) ou depressão. Nestes casos, serão encaminhados ao sistema de saúde e acompanhados pelos pesquisadores. Encaminharemos ao SPA, Serviço de Psicologia Aplicada. O Serviço de Psicologia Aplicada da UFPE é uma entidade pública, ligada ao Departamento de Psicologia do Centro de Filosofia e Ciências Humanas (CFCH) da UFPE, e caracteriza-se por ser um serviço-escola essencial de formação dos estudantes do curso de Psicologia da UFPE
- BENEFÍCIOS INDIRETOS** para os voluntários: Os resultados desta pesquisa contribuirão para se compreender melhor os possíveis efeitos do neurofeedback sobre a ansiedade. Com isso, profissionais de saúde terão embasamento para este possível tratamento em seus pacientes.

Esclarecemos que os participantes dessa pesquisa têm plena liberdade de se recusar a participar do estudo e que esta decisão não acarretará penalização por parte dos pesquisadores. Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa (resultados de questionários psicológicos, nutricionais, dados do eletroencefalograma, IMC e medida bioquímica de IL-6) nesta pesquisa ficarão armazenados em (*pendrive offline*, fora da internet), sob a responsabilidade do pesquisador Marcelo Cairrão Araujo Rodrigues, no Departamento de Fisiologia e Farmacologia, Centro de Biociências, Av. Reitor Joaquim Amazonas, Cidade Universitária, Recife, PE, CEP 50740-570, pelo período de mínimo 5 anos.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, o (a) senhor (a) poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: (**Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cephumanos.ufpe@ufpe.br**).

(assinatura do pesquisador)

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo intitulado **IMPACTO DA RESTRIÇÃO DE ALIMENTOS POTENCIALMENTE ALERGÊNICOS E SUA RELAÇÃO COM ANSIEDADE: EFEITOS NUTRICIONAIS, COMPORTAMENTAIS E ELETROFISIOLÓGICOS**, como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo(a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Fui-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade (ou interrupção de meu acompanhamento/ assistência/tratamento).

Local e data _____

Assinatura do participante: _____

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar. (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

ANEXO E – Inventário de Ansiedade de Beck (BECK et al., 1988)

INVENTÁRIO DEPRESSIVO DE BECK	
(Cotação das diversas questões)	
COTAÇÃO	
A . ESTADO DE ÂNIMO TRISTE	
0	- Não me sinto triste
1	- Ando "neura" ou triste
2a	- Sinto-me "neura" ou triste todo o tempo e não consigo evitá-lo
2b	- Estou tão triste ou infeliz que esse estado se torna penoso para mim
3	- Sinto-me tão triste ou infeliz que não consigo suportar mais este estado
B . PESSIMISMO	
0	- Não estou demasiado pessimista nem me sinto desencorajado em relação ao futuro
1	- Sinto-me com medo do futuro
2a	- Sinto que não tenho nada a esperar do que surja no futuro
2b	- Creio que nunca conseguirei resolver os meus problemas
3	- Não tenho qualquer esperança no futuro e penso que a minha situação não pode melhorar
C . SENTIMENTO DE FRACASSO	
0	- Não tenho a sensação de ter fracassado
1	- Sinto que tive mais fracassos que a maioria das pessoas
2a	- Sinto que realizei muito pouca coisa que tivesse valor ou significado
2b	- Quando analiso a minha vida passada tudo o que noto é uma imensidade de fracassos
3	- Sinto-me completamente fracassado como pessoa (pai, mãe, marido, mulher)
D . INSATISFAÇÃO	
0	- Não me sinto descontente com nada em especial
1a	- Sinto-me aborrecido a maior parte do tempo
1b	- Não obtenho satisfação com as coisas que me alegravam antigamente
2	- Nunca mais consigo obter satisfação seja com o que for
3	- Sinto-me descontente com tudo
E . SENTIMENTO DE CULPABILIDADE	
0	- Não me sinto culpado de nada em particular
1	- Sinto, grande parte do tempo, que sou mau ou que não tenho qualquer valor
2a	- Sinto-me bastante culpado
2b	- Agora, sinto permanentemente que sou mau e não valho absolutamente nada
3	- Considero que sou muito mau e não valho absolutamente nada
F . SENTIMENTO DE PUNIÇÃO	
0	- Não sinto que esteja a ser vítima de algum castigo

1 - Tenho o pressentimento de que me pode acontecer alguma coisa de mal

2 - Sinto que estou a ser castigado ou que em breve serei castigado

3a - Sinto que mereço ser castigado

3b - Quero ser castigado

G - ÓDIO A SI MESMO

0 - Não me sinto descontente comigo mesmo

1a - Estou desiludido comigo mesmo

1b - Não gosto de mim

2 - Estou bastante desgostoso comigo mesmo

3 - Odeio-me

H - AUTO-ACUSAÇÕES

0 - Não sinto que seja pior do que qualquer outra pessoa

2 - Critico-me a mim mesmo pelas minhas fraquezas ou erros

2 - Culpo-me das minhas próprias faltas

3 - Acuso-me por tudo de mal que acontece

I - DESEJOS SUICIDAS

0 - Não tenho quaisquer ideias de fazer mal a mim mesmo

1 - Tenho ideias de pôr termo à vida, mas não sou capaz de as concretizar

2a - Sinto que seria melhor morrer

2b - Creio que seria melhor para a minha família se eu morresse

3a - Tenho planos concretos sobre a forma como hei-de pôr termo à vida

3b - Matar-me-ia se tivesse oportunidade

J - CRISES DE CHORO

0 - Actualmente não choro mais do que de costume

1 - Choro agora mais do que costumava

2 - Actualmente passo o tempo a chorar e não consigo parar de fazê-lo

3 - Costumava ser capaz de chorar, mas agora nem sequer consigo, mesmo quando tenho vontade

K - IRRITABILIDADE

0 - Não ando agora mais irritado do que de costume

1 - Fico aborrecido ou irritado mais facilmente do que costumava

2 Sinto-me permanentemente irritado

3 - Já não consigo ficar irritado por coisas que me irritavam anteriormente

L - AFASTAMENTO SOCIAL

0 - Não perdi o interesse que tinha nas outras pessoas

1 - Actualmente sinto menos interesse pelos outros do que costumava ter

2 - Perdi quase todo o interesse pelas outras pessoas, sentindo pouca simpatia por elas

- 3** - Perdi por completo o interesse pelas outras pessoas, não me importando absolutamente com nada a seu respeito

M – INCAPACIDADE DE DECISÃO

- 0** - Sou capaz de tomar decisões tão bem como antigamente
- 1** - Actualmente sinto-me menos seguro de mim mesmo e procuro evitar tomar decisões
- 2** - Não sou capaz de tomar decisões sem a ajuda das outras pessoas
- 3** - Sinto-me completamente incapaz de tomar decisões

N – DISTORÇÃO DA IMAGEM CORPORAL

- 0** - Não acho que tenha pior aspecto do que de costume
- 1** - Sinto-me aborrecido porque estou a parecer mais velho ou pouco atraente
- 2** - Sinto que se deram modificações permanentes na minha aparência que me tornaram pouco atraente
- 3** - Sinto que sou feio ou que tenho um aspecto repulsivo

O – INCAPACIDADE DE TRABALHAR

- 0** - Sou capaz de trabalhar tão bem como antigamente
- 1a** - Actualmente preciso de um esforço maior do que dantes para começar a trabalhar
- 1b** - Não consigo trabalhar tão bem como costumava
- 2** - Tenho de dispendir um grande esforço para fazer seja o que for
- 3** - Sinto-me incapaz de realizar qualquer trabalho, por mais pequeno que seja

P – PERTURBAÇÕES DO SONO (Acordar precoce)

- 0** - Consigo dormir tão bem como dantes
- 1** - Acordo mais cansado de manhã do que era habitual
- 2** - Acordo cerca de 1-2 horas mais cedo do que o costume e custa-me voltar a adormecer
- 3** - Acordo todos os dias mais cedo do que o costume e não durmo mais do que 5 horas

Q – FATIGABILIDADE

- 0** - Não me sinto mais cansado do que é habitual
- 1** - Fico cansado com mais facilidade do que antigamente
- 2** - Fico cansado quando faço seja o que for
- 3** - Sinto-me tão cansado que sou incapaz de fazer o que quer que seja

R – PERDA DE APETITE

- 0** - O meu apetite é o mesmo de sempre
- 1** - O meu apetite não é tão bom como costumava ser
- 2** - Actualmente o meu apetite está muito pior do que anteriormente

3 - Perdi completamente todo o apetite que tinha

S – PERDA DE PESO

0 - Não tenho perdido muito peso, se é que perdi algum ultimamente

1 - Perdi mais de 2,5 quilos de peso

2 - Perdi mais de 5 quilos de peso

3 - Perdi mais de 7,5 quilos de peso

T – HIPOCONDRIA

0 - A minha saúde não me preocupa mais do que o habitual

1 - Sinto-me preocupado, com dores e sofrimentos, ou má disposição do estômago ou prisão de ventre ou ainda outras sensações físicas desagradáveis no meu corpo

2 - Estou tão preocupado com a maneira como me sinto ou com aquilo que sinto, que se me torna difícil pensar noutra coisa

3 - Encontro-me totalmente preocupado pela maneira como me sinto

U – DIMINUIÇÃO DA LÍBIDO

0 - Não notei qualquer mudança recente no meu interesse pela vida sexual

1 - Encontro-me menos interessado pela vida sexual do que costumava estar

2 - Actualmente sinto-me menos interessado pela vida sexual

3 - Perdi completamente o interesse que tinha pela vida sexual

ANEXO F – Questionário DASS-21

1. Achei difícil me acalmar *

- 0 Não se aplicou de maneira alguma
- 1 Aplicou-se em algum grau, ou por pouco de tempo
- 2 Aplicou-se em um grau considerável, ou por uma boa parte do tempo
- 3 Aplicou-se muito, ou na maioria do tempo

2. Senti minha boca seca *

- 0 Não se aplicou de maneira alguma
- 1 Aplicou-se em algum grau, ou por pouco de tempo
- 2 Aplicou-se em um grau considerável, ou por uma boa parte do tempo
- 3 Aplicou-se muito, ou na maioria do tempo

3. Não consegui vivenciar nenhum sentimento positivo *

- 0 Não se aplicou de maneira alguma
- 1 Aplicou-se em algum grau, ou por pouco de tempo
- 2 Aplicou-se em um grau considerável, ou por uma boa parte do tempo
- 3 Aplicou-se muito, ou na maioria do tempo

4. Tive dificuldade em respirar em alguns momentos (ex. respiração ofegante, falta *
de ar, sem ter feito nenhum esforço físico)

- 0 Não se aplicou de maneira alguma
- 1 Aplicou-se em algum grau, ou por pouco de tempo
- 2 Aplicou-se em um grau considerável, ou por uma boa parte do tempo
- 3 Aplicou-se muito, ou na maioria do tempo

5. Achei difícil ter iniciativa para fazer as coisa *

- 0 Não se aplicou de maneira alguma
- 1 Aplicou-se em algum grau, ou por pouco de tempo
- 2 Aplicou-se em um grau considerável, ou por uma boa parte do tempo
- 3 Aplicou-se muito, ou na maioria do tempo

6. Tive a tendência de reagir de forma exagerada às situações *

- 0 Não se aplicou de maneira alguma
- 1 Aplicou-se em algum grau, ou por pouco de tempo
- 2 Aplicou-se em um grau considerável, ou por uma boa parte do tempo
- 3 Aplicou-se muito, ou na maioria do tempo

7. Senti tremores (ex. nas mãos) *

- 0 Não se aplicou de maneira alguma
- 1 Aplicou-se em algum grau, ou por pouco de tempo
- 2 Aplicou-se em um grau considerável, ou por uma boa parte do tempo
- 3 Aplicou-se muito, ou na maioria do tempo

8. Senti que estava sempre nervoso *

- 0 Não se aplicou de maneira alguma
- 1 Aplicou-se em algum grau, ou por pouco de tempo
- 2 Aplicou-se em um grau considerável, ou por uma boa parte do tempo
- 3 Aplicou-se muito, ou na maioria do tempo

...

9. Preocupei-me com situações em que eu pudesse entrar em pânico e parecesse ridículo (a) *

- 0 Não se aplicou de maneira alguma
- 1 Aplicou-se em algum grau, ou por pouco de tempo
- 2 Aplicou-se em um grau considerável, ou por uma boa parte do tempo
- 3 Aplicou-se muito, ou na maioria do tempo

10. Senti que não tinha nada a desejar *

- 0 Não se aplicou de maneira alguma
- 1 Aplicou-se em algum grau, ou por pouco de tempo
- 2 Aplicou-se em um grau considerável, ou por uma boa parte do tempo
- 3 Aplicou-se muito, ou na maioria do tempo

11. Senti-me agitado *

- 0 Não se aplicou de maneira alguma
- 1 Aplicou-se em algum grau, ou por pouco de tempo
- 2 Aplicou-se em um grau considerável, ou por uma boa parte do tempo
- 3 Aplicou-se muito, ou na maioria do tempo

12. Achei difícil relaxar *

- 0 Não se aplicou de maneira alguma
- 1 Aplicou-se em algum grau, ou por pouco de tempo
- 2 Aplicou-se em um grau considerável, ou por uma boa parte do tempo
- 3 Aplicou-se muito, ou na maioria do tempo

13. Senti-me depressivo (a) e sem ânimo *

- 0 Não se aplicou de maneira alguma
- 1 Aplicou-se em algum grau, ou por pouco de tempo
- 2 Aplicou-se em um grau considerável, ou por uma boa parte do tempo
- 3 Aplicou-se muito, ou na maioria do tempo

...

14. Fui intolerante com as coisas que me impediam de continuar o que eu estava fazendo *

- 0 Não se aplicou de maneira alguma
- 1 Aplicou-se em algum grau, ou por pouco de tempo
- 2 Aplicou-se em um grau considerável, ou por uma boa parte do tempo
- 3 Aplicou-se muito, ou na maioria do tempo

15. Senti que ia entrar em pânico *

- 0 Não se aplicou de maneira alguma
- 1 Aplicou-se em algum grau, ou por pouco de tempo
- 2 Aplicou-se em um grau considerável, ou por uma boa parte do tempo
- 3 Aplicou-se muito, ou na maioria do tempo

16. Não consegui me entusiasmar com nada *

- 0 Não se aplicou de maneira alguma
- 1 Aplicou-se em algum grau, ou por pouco de tempo
- 2 Aplicou-se em um grau considerável, ou por uma boa parte do tempo
- 3 Aplicou-se muito, ou na maioria do tempo

17. Senti que não tinha valor como pessoa *

- 0 Não se aplicou de maneira alguma
- 1 Aplicou-se em algum grau, ou por pouco de tempo
- 2 Aplicou-se em um grau considerável, ou por uma boa parte do tempo
- 3 Aplicou-se muito, ou na maioria do tempo

18. Senti que estava um pouco emotivo/sensível demais *

- 0 Não se aplicou de maneira alguma
- 1 Aplicou-se em algum grau, ou por pouco de tempo
- 2 Aplicou-se em um grau considerável, ou por uma boa parte do tempo
- 3 Aplicou-se muito, ou na maioria do tempo

19. Sabia que meu coração estava alterado mesmo não tendo feito nenhum esforço físico (ex. aumento da frequência cardíaca, disritmia cardíaca)

- 0 Não se aplicou de maneira alguma
- 1 Aplicou-se em algum grau, ou por pouco de tempo
- 2 Aplicou-se em um grau considerável, ou por uma boa parte do tempo
- 3 Aplicou-se muito, ou na maioria do tempo

⋮

20. Senti medo sem motivo *

- 0 Não se aplicou de maneira alguma
- 1 Aplicou-se em algum grau, ou por pouco de tempo
- 2 Aplicou-se em um grau considerável, ou por uma boa parte do tempo
- 3 Aplicou-se muito, ou na maioria do tempo

21. Senti que a vida não tinha sentido *

- 0 Não se aplicou de maneira alguma
- 1 Aplicou-se em algum grau, ou por pouco de tempo
- 2 Aplicou-se em um grau considerável, ou por uma boa parte do tempo
- 3 Aplicou-se muito, ou na maioria do tempo

ANEXO G – Certificado de Menção Honrosa no III Congresso de Neuro-Fisiologia da UFPE.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOFÍSICA E RADIOBIOLOGIA
NÚCLEO DE ESTUDOS EM NEUROCIÊNCIAS




CERTIFICADO

Certificados, para os devidos fins, que o trabalho intitulado "**MAPEAMENTO CEREBRAL POR ELETROENCEFALOGRAFIA QUANTITATIVA EM INDIVÍDUO COM PARALISIA CEREBRAL: UMA VISÃO DE DENTRO PARA FORA**" da autoria de **Lucas Vinícius Silva De Albuquerque, Tayzes Hagabea Dantas de Oliveira e Marcelo Cairão Araújo Rodrigues** recebeu a **MENÇÃO HONROSA** durante o **III CONGRESSO DE NEURO-FISIOLOGIA** que ocorreu entre os dias 18 a 20 de Janeiro de modo remoto, sendo promovido pelo Núcleo de Estudos em Neurociências do Departamento de Biofísica e Radiobiologia da Universidade Federal de Pernambuco.

Recife - PE, 20 de Janeiro de 2023.


COORDENADORA DO NÚCLEO DE ESTUDOS EM NEUROCIÊNCIAS
PROF. DR.ª IVIANA M. S. S. LOPE


DIRETOR DO DEPT. DE BIOFÍSICA E RADIOBIOLOGIA
PROF. DR. ABEL VIEIRA NETO