

**Valeska Kouzak Campos da Paz**

**Efeito do treino de *Neurofeedback* em idosos sobre a memória  
operacional: um estudo encefalográfico**

Brasília

2017



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Biológicas

Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal

Laboratório de Neurociência e Comportamento

**Efeito do treino de *Neurofeedback* em idosos sobre a memória operacional: um estudo encefalográfico**

Valeska Kouzak Campos da Paz

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Biologia Animal junto ao programa de pós-graduação em Biologia Animal da Universidade de Brasília.

Orientador: Prof. Doutor Carlos Alberto de Bezerra Tomaz

Brasília

2017

Ao meu esposo Aloysio e meus filhos Aloysio, Sofia e Estela  
que me acompanham nessa jornada científica sempre.

## **Agradecimentos**

Agradeço ao Prof. Dr. Carlos Alberto Bezerra Tomaz por ter me recebido no Laboratório de Neurociência e Comportamento do Instituto de Ciências Biológicas, pela preciosa orientação em todos os momentos. A Dra. Ana Garcia por compartilhar seus conhecimentos, pela dedicação, paciência e carinho com que me ajudou sempre. A profa. Dra. Maria Clotilde Tavares pelos ensinamentos, amorosidade e boas risadas.

A profa. Dra. Corina Satler pelos ensinamentos na área do idoso, por me acolher no laboratório, pela paciência e honestidade nas suas colocações, ao Edward Prada e Lia Martinez pelas trocas em neuropsicologia e psicologia, pelos momentos descontraídos no laboratório, por cuidarem dos meus equipamentos, por estarem sempre disponíveis para conversar. A Soraya Lages de Sá uma amiga inspiradora pela sua competência e dedicação em tudo que faz.

Ao Marcos Barbosa, Jéssica Mendes, Adel Kashefi amigos de percurso, estamos juntos nesta jornada pelo conhecimento. A todos os colegas do laboratório que fizeram parte desses dias de pesquisa, que me ajudaram, que receberam meus participantes, que estiveram nas conversas, nas comemorações, tornando dia-a-dia mais agradável.

Aos participantes da pesquisa cuja dedicação nos treinos foi admirável e sem eles este estudo não seria possível.

A minha mãe por acreditar nas minhas competências e estimular o meu desenvolvimento, ao meu pai em memória por ter incentivado e valorizado o caminho do conhecimento. Ao meu irmão que me ajudou na estatística com muito prazer e atenção.

Ao meu marido por me mostrar a tecnologia como aliada à psicologia, pela ajuda técnica e por me acompanhar onde quer que eu vá.

Aos meus filhos, pelo companheirismo e atenção com a qual escutam e discutem os fenômenos do comportamento e da emoção, e pela eterna animação que dão a minha vida.

*“Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas, mas ao tocar uma alma humana,  
seja apenas outra alma humana.”*

*Carl Jung*

## Resumo

A técnica de *Neurofeedback* consiste em uma forma de autorregulação neurofisiológica por meio da eletroencefalografia, na qual uma ferramenta computacional capta as ondas cerebrais e fornece um reforço positivo na medida em que se alcança a meta comportamental determinada. Durante o processo de envelhecimento o indivíduo experimenta mudanças cognitivas e corticais que levam ao declínio de algumas funções neuropsicológicas como a memória operacional. Portanto, diante do aumento da expectativa de vida, medidas que promovam a reserva cognitiva para a manutenção destas funções por mais tempo propiciam uma melhora da qualidade de vida do indivíduo. Assim, o presente estudo visou avaliar se o treino de *Neurofeedback* promove mudanças na memória operacional de idosos. Os participantes ( $\mu 69,05 \text{ anos} \pm 2,1$ , 12♀) foram distribuídos randomicamente em três grupos, no qual um realizou treino de *Neurofeedback*, outro realizou um treino placebo de *Neurofeedback* e um terceiro grupo que realizou somente a avaliação da memória operacional. O treino de *Neurofeedback* consistia em dez sessões cujo o protocolo visava estimular o Ritmo Sensoriomotor (RSM). Mais ainda, utilizou a tarefa de escolha de acordo com o modelo (DMTS) como parâmetro avaliativo da memória operacional antes e depois do treino. Os resultados indicaram que o treino por meio do *Neurofeedback* teve efeito positivo na memória operacional do ponto de vista comportamental, uma vez que os participantes do grupo que realizou o treino apresentaram uma diferença significativa na média de acertos entre o pré e pós-treino, enquanto que os grupos placebo e que não realizou o treino não apresentaram diferenças. Foi possível observar também mudanças nos padrões de ondas alfa e teta como esperado em tarefas que envolvem atenção, nos grupos experimentais e placebo, mas nenhuma diferença no grupo sem treino. Estes dados sugerem que o treino de *Neurofeedback* é uma técnica que pode ser empregada para melhorar a capacidade de memória operacional em idosos.

**Palavras-chave:** Memória Operacional; Eletroencefalograma (EEG); DMTS; Neurofeedback

## Abstract

The Neurofeedback technique consists of a form of physiological self-regulation through electroencephalography, in which a computational tool captures brain waves and provides a positive reinforcement as the given behavioral goal is achieved. During aging process, individuals experiences cognitive and cortical changes that lead to the decline of some neuropsychological functions such as working memory. Therefore, given the increase in life expectancy, measures that provide cognitive reserve for the maintenance of these functions, lead to an improvement in the quality of life. Thus, the present study aimed to evaluate if the training of Neurofeedback promotes changes in working memory of elderly. Participants ( $\mu$  age  $69,05 \pm 2,1$ ,  $12 \text{♀}$ ) were randomly assigned in three groups, one underwent Neurofeedback training, another underwent a Sham-Neurofeedback, and a third group performed only working memory assessment. The Neurofeedback consisted of ten sessions in a protocol that improves sensorimotor rhythm (SMR). Moreover, the Delayed Matched to Sample task (DMTS) was conducted in order to evaluate working memory before and after training. The results indicated that the training through Neurofeedback had a positive effect on working memory from the behavioral point of view, since participants of the group that did the training had a significant difference in the average of correct response between pre- and post-training, while the placebo and non-training groups did not differ. It was also possible to observe changes in the alpha and theta band as expected in tasks involving attention in the experimental and sham groups, but no difference in the group without training.

**Keywords:** Working Memory; Electroencephalogram (EEG); DMTS; Neurofeedback

## Lista de Figuras

- Figura 1. Demonstração visual do *Neurofeedback* por meio do EEG. Fonte: <http://www.vivircontdah.com/2013/04/el-neurofeedback-y-el-tdah.html>..... 16
- Figura 2. Posicionamento de eletrodos de registro de eletroencefalograma do sistema 10/20. A. Vista lateral; B. Vista superior. Fonte: <http://www.bem.fi/book/13/13.htm>. . 18
- Figura 3. Modelo de Memória Operacional de Baddelley e Hitch (2000): central executiva (SAS), alça visuo-espacial, alça fonológica e retentor episódico. Figura traduzida e adaptada por Helene e Xavier (2003) ..... 27
- Figura 4. Distribuição randômica dos sujeitos: 17 idosos ( $\geq 60$  anos), GEI= Grupo Experimental Idoso (7 participantes); GCI= Grupo Controle Idoso (6 participantes), GCIssemNF= Grupo Controle Idoso sem NF (4 participantes)..... 39
- Figura 5. *Delayed Matched to Sample* (DMTS), a primeira imagem é apresentada por 500ms, posteriormente um atraso de 15000 milisegundos e duas imagens retornam a tela durante 2000ms, sendo uma igual a vista anteriormente, é solicitado ao participante que clique com o mouse na imagem que viu anteriormente durante sua apresentação. .... 40
- Figura 6. Modelo de tela do NF observada pelo participante, no qual o marcador respiratório encontra-se no topo a esquerda, as imagens de feedback visual a direita, e a frequência respiratória em azul concomitante com a frequência cardíaca em vermelho abaixo das imagens, Protocolo desenhado no sistema Procomp- Infiniti, Thought Technology, Montreal, Canadá. .... 43
- Figura 7. Linha temporal da avaliação inicial: 1) TCLE (Termo de Consentimento e Livre Esclarecimento); 2) Questionário de inclusão FIDC; 3) PBAC (rastreo neuropsicológico), BDI (escala de depressão), BAI (escala de ansiedade); 6) Preparação do EEG Instalação de eletrodos; 7) DMTS (Delayed Matched to sample), 8) Retirada de eletrodos. .... 44
- Figura 8. Linha temporal da avaliação final: 1) BAI/BDAI; 2) Preparação do EEG; 3) DMTS (Delayed Matched to sample); 4) Retirada de eletrodos. .... 45
- Figura 9. Linha temporal do treino de neurofeedback: 1) Preparação; 2) LB = Linha de Base; 3) TNF = Treino de Neurofeedback; 4) RE = Retirada dos Eletrodos. .... 45



Figura 10. Comparação entre a média do número de acertos no pré e pós-treino no DMTS para o GEI, resultado pós-treino de NF. * $P < 0.05$ . .....	50
Figura 11. Comparação entre a média do número de acertos pré e pós-treino no DMTS para o GCI. ....	51
Figura 12. Comparação entre o número de acertos pré e pós-treino no DMTS para o GCIsemNF.....	52
Figura 13 Análise de variância entre grupos da média de acertos da tarefa DMTS pós-treino de NF. GCI (Grupo Controle Idoso), GEI (Grupo Experimental Idoso); GCIsemNF (Grupo Controle Idoso sem Neurofeedback).....	53
Figura 14 Interações entre os grupos GCI e GEI entre pré e pós-treino; entre os grupos e suas interações em Teta (4-8hz), para $p < 0.05$ .....	56
Figura 15. Interações entre os grupos GCI e GCIsemNF entre pré e pós-treino; entre os grupos e suas interações em Teta, para $p < 0.05$ .....	57
Figura 16. Interações entre os grupos GEI e GCIsemNF entre pré e pós-treino, entre os grupos e suas interações em Teta, para $p < 0,05$ . ....	58
Figura 17. Interações entre os grupos GCI e GEI entre pré e pós-treino; entre os grupos e suas interações em Alfa (8-13hz) para $p < 0,05$ . ....	59
Figura 18. Interações entre os grupos GCI e GCIsemNF entre pré e pós-treino; entre os grupos e suas interações em Alfa (8-13hz) para $p < 0,05$ . ....	60
Figura 19. Interações entre os grupos GEI e GCIsemNF entre pré e pós-treino; entre os grupos e suas interações em Alfa (8-13hz) para $p < 0,05$ . ....	61
Figura 20. Interações entre os grupos GCI e GEI entre pré e pós-treino, entre os grupos e suas interações em Beta (13-30hz) para $p < 0,05$ . ....	62
Figura 21. Interações entre os grupos GCI e GCIsemNF entre pré e pós-treino, entre os grupos e suas interações em Beta (13-30hz) para $p < 0,05$ . ....	63
Figura 22. Interações entre os grupos GEI e GCIsemNF entre pré e pós-treino, entre os grupos e suas interações em Beta (13-30hz) para $p < 0,05$ . ....	64
Figura 23. Interações entre os grupos GCI e GEI entre pré e pós-treino, entre os grupos e suas interações em Gama (30-70hz) para $p < 0.05$ . ....	65

Figura 24. Interações entre os grupos GCI e GCIssemNF entre pré e pós-treino, entre os grupos e suas interações em Gama (30-70hz) para $p < 0.05$ . .....	66
Figura 25. Interações entre os grupos GEI e GCIssemNF entre pré e pós-treino, entre os grupos e suas interações em Gama (30-70hz) para $p < 0.05$ . .....	67

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1 Resultados da análise entre participantes para os grupos experimental e controle na tarefa DMTS pela média de acertos. 1)GEI = grupo experimental idoso; 2) GCI = grupo controle idoso; 3) GCIsemNF=grupo controle idoso sem NF; 4) DMTS1=média de acertos na primeira tarefa DMTS; 5) DMTS2= média de acertos na segunda tarefa DMTS; 6)  $\Delta$ = diferença entre as medias de respostas corretas; 7) Wilcoxon (Z); 8) valor de p. 52

## Lista de Abreviaturas e Siglas

**ANOVA** Análise de Variância

**BAI** *Beck Anxiety Inventory*

**BDI** *Beck Depression Inventory*

**BOLD** *Blood Oxygenation Level-Dependent*

**CT** Cognitive Training

**CRUNCH** *Compensation-Related Utilization of Neural Circuits Hypothesis*

**DMTS** *Delayed Matched to Sample*

**EEG** Electroencefalograma

**ERP** *Event Related Potential*

**FE** Função Executiva

**FIDC** Ficha de informações demográficas e clínicas

**fNIRS** *Functional Near-Infrared Spectroscopy*

**FMRI** *Functional Magnetic Resonance Image*

**GCI** Grupo Controle Idoso

**GCIsemNF** Grupo Controle Idoso sem *Neurofeedback*

**ICA** *Independent Components Analysis*

**PBAC** *Philadelphia Brief Assessment of Cognition*

**RSM** Ritmo Sensoriomotor

**TAUIS** Termo de autorização para uso de imagem e som

**TCLE** Termo de Consentimento e Livre Esclarecido

**TR** Tempo de Resposta

**NF** *Neurofeedback*

**NFCT** *Neurofeedback Cognitive Training*

**SAS** Sistema Atencional Supervisor

## Sumário

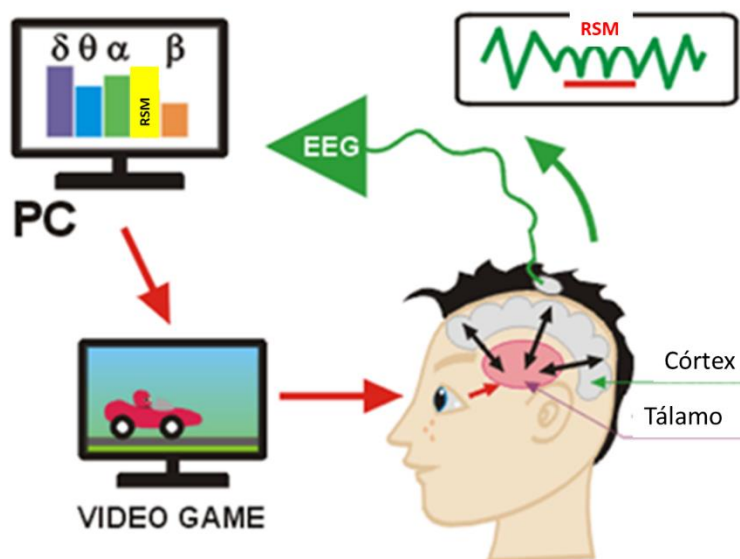
1	INTRODUÇÃO .....	15
1.1	UM BREVE HISTÓRICO DO <i>NEUROFEEDBACK</i> .....	20
1.2	O USO CLÍNICO DO <i>NEUROFEEDBACK</i> .....	20
1.3	TREINO DE <i>NEUROFEEDBACK</i> EM IDOSOS .....	21
1.4	MEMÓRIA OPERACIONAL.....	26
1.4.1	O PAPEL DA ATENÇÃO NA MEMÓRIA OPERACIONAL .....	28
1.4.2	NEUROBIOLOGIA DA MEMÓRIA OPERACIONAL .....	29
1.4.3	TREINO DA MEMÓRIA OPERACIONAL.....	30
2	JUSTIFICATIVA.....	32
3.	. OBJETIVOS .....	34
3.1	GERAL .....	35
3.2	ESPECÍFICOS .....	35
4	MATERIAIS E MÉTODOS .....	36
4.1	TIPO DE ESTUDO .....	37
4.2	CONSIDERAÇÕES ÉTICAS .....	37
4.3	PARTICIPANTES .....	37
4.3.1	Critérios de inclusão.....	37
4.3.2	Critérios de exclusão .....	38
4.3.3	Recrutamento e seleção dos participantes.....	38
4.4	ESTUDO PILOTO PARA DETERMINAÇÃO DO MELHOR INTERVALO ENTRE ESTIMULOS. ....	39
4.5	EQUIPAMENTOS .....	41
4.6	PROTOCOLO DE <i>NEUROFEEDBACK</i> .....	43
4.7	PROCEDIMENTO .....	44

4.8	PROCESSAMENTO DOS DADOS .....	47
4.9	ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	48
5	RESULTADOS .....	49
5.1	RESULTADOS COMPORTAMENTAIS .....	50
5.2	RESULTADOS DO EEG .....	53
5.2.1	ANOVA entre grupos por condição.....	54
5.2.2	Comparação pré e pós treino entre participantes por faixas de frequência	54
5.2.3	Interações entre grupos .....	55
5.2.4	Resultados por faixa de frequência .....	55
6	DISCUSSÃO.....	68
7	CONCLUSÃO .....	74
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	76
	APÊNDICE A.....	86
	APÊNDICE B.....	87
	APÊNDICE C.....	88
	APÊNDICE D.....	89
	ANEXO A.....	90
	ANEXO B.....	93
	ANEXO C.....	94

## **1 INTRODUÇÃO**

O *Neurofeedback* (NF) é uma forma de neuromodulação por meio do condicionamento operante da atividade cerebral, que pode ser captada pelo eletroencefalograma (EEG), ressonância magnética funcional (fMRI) ou ainda espectroscopia por infravermelho funcional (fNIRS), sendo que uma interface computacional fornece uma retroalimentação - *feedback* - visual e/ou sonoro para o sujeito à medida em que este alcança os resultados esperados (SITARAM et al. 2016).

O treino de NF trabalha de forma dinâmica no córtex, pois pode induzir o participante ao aumento do ritmo ou amplitude numa faixa de onda específica em uma região específica do córtex, bem como, pode inibir o ritmo ou a amplitude numa faixa de onda específica em uma outra região, tanto num mesmo treino como em treino distintos quando utilizando a atividade elétrica cortical como parâmetro de treino. Neste sentido, o modelo cognitivo de Lacroix (1986) fornece uma visão mais ampla do treino de NF, já que este postula que as modificações das ondas cerebrais ocorrem não só por meio do *feedback* sonoro ou visual e o consequente condicionamento, mas também pela modificação da percepção do sujeito acerca do seu estado fisiológico, promovendo uma integração cognitiva do comportamento condicionado (Figura 1).



**Figura 1.** Demonstração visual do *Neurofeedback* por meio do EEG. Fonte: <http://www.vivircontdah.com/2013/04/el-neurofeedback-y-el-tdah.html>.



Como forma de neuromodulação o treino de NF promove a persistente reorganização funcional do cérebro por meio da neuroplasticidade evidenciada pelas mudanças corticais observadas no pós-treino, essas mudanças são baseadas nos princípios de aprendizagem celular Hebbiana (SITARAM *et al.*2016).

O eletroencefalograma, um dos instrumentos pelo qual o NF obtém as informações fisiológicas a serem condicionadas, capta a atividade eletrocortical e a transforma em ondas cerebrais. De forma geral o aparelho de EEG possui quatro componentes: os eletrodos, o amplificador, o conversor e o software. Os eletrodos captam as respostas eletrocorticais das camadas III e V, formadas por células piramidais, que ocorrem próximas ao escalpo. Essas respostas são caracterizadas por serem a diferença de potencial pós-sináptico de bilhões de neurônios na área próxima ao eletrodo (TEPLAN, 2002).

A diferença de potencial forma uma representação topográfica bidimensional da atividade cortical que poderá ser então matematicamente tratada por meio da transformada de Fourier. Assim a transformada de Fourier é uma forma de decomposição dos sinais senoidais captados pela despolarização cortical, formando as seguintes bandas de frequência:

Delta: 1- 4 hz

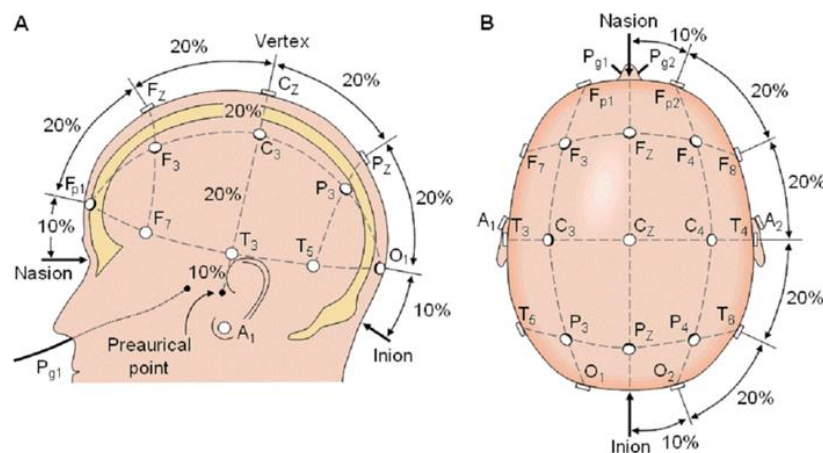
Teta: 4- 8 hz

Alfa:8 -13 hz

Beta: 13 – 30 hz

Gama: 30-60 hz

Os eletrodos são colocados de acordo com o sistema internacional 10-20 (Figura 2), no qual as áreas são então classificadas de acordo com a proporção medida entre o náson e o ínon na direção sagital e o disco temporo-mandibular na direção coronal, quando se marca a medida do vértex (Cz). A partir do vértex tem-se 10% nas regiões próximas ao náson e ínon e 20% para as subseqüentes regiões. A classificação segue as regiões corticais correspondentes F (frontal), T (temporal), C (central), P (parietal) e O (occipital), o número ímpar para o hemisfério esquerdo e par para o hemisfério direito (SWARTZ e ANDRASIK, 2003).



**Figura 2.** Posicionamento de eletrodos de registro de eletroencefalograma do sistema 10/20. A. Vista lateral; B. Vista superior. Fonte: <http://www.bem.fi/book/13/13.htm>.

A voltagem recebida pelos eletrodos corticais é muito baixa, cerca de 1000 vezes menor que o impulso elétrico de um batimento cardíaco e 100 vezes a atividade elétrica muscular, e como o eletrodo capta a informação elétrica, na qual terá interferência de diversas camadas até o completo sinal ser recebido (pele, crânio, pia e fluido), além de ruídos externos ambientais e a corrente elétrica da fonte de energia elétrica no qual o aparelho se conecta, portanto, se faz necessário um amplificador e filtro de maneira que o sinal seja o mais preciso possível (KAISER, 2005). O amplificador amplia cerca de 100-100.000 vezes a informação captadas pelos eletrodos, e os filtros atuam retirando a sobra de carga elétrica presente no ambiente, na fonte e no organismo, de maneira que somente o biopotencial desejado seja convertido (TEPLAN, 2002).

O conversor, então, realiza a mudança do sinal analógico do amplificador para digital quando há um sistema computacional associado, assim o sinal analógico é decodificado por amostras repetitivas em um intervalo fixo, formando uma taxa de amostragem, cada uma dessas taxas é transformada em sinal digital, sendo a resolução do conversor dada pela menor amplitude amostrada (TEPLAN, 2002). Por fim, o software apresenta o sinal digital para o examinador que pode então realizar as análises desejadas.

Existe uma associação direta entre as bandas de frequência e a atividade cortical, ou seja, quando há uma atividade cortical intensa ondas mais rápidas estão envolvidas em determinadas áreas cerebrais. Assim, de maneira geral, as ondas Delta são associadas ao sono; as ondas Teta e Alfa a atividade cortical moderada e baixa, relativas à memória

operacional, atenção e criatividade; as ondas Beta e Gama são associadas à atividade intensa de pensamento, como integração de estímulos (DEMOS, 2005).

Outra forma de realizar o NF para condicionar a atividade cerebral é por meio da ressonância magnética funcional (fMRI) que irá oferecer dados sobre a dinâmica cerebral a partir do sinal de sangue dependente do oxigênio – *Blood Oxygenation Level-Dependent* (BOLD)- no qual a ressonância magnética capta mudanças no fluxo sanguíneo durante a ativação do cérebro. Ou seja, quando há uma ativação neuronal, gerando uma demanda metabólica, o influxo de sangue oxigenado venoso regula o sangue arterial desoxigenado, esse aumento de oxi-desoxihemoglobina aumenta o sinal da ressonância ao redor do tecido ativado, o que formará a imagem da área ativada. Essa técnica é altamente precisa espacialmente, porém é muito lenta, uma vez que para formar a imagem é necessário que essa dinâmica sanguínea aconteça, o que leva alguns minutos para gerar a imagem. Portanto os protocolos utilizados na fMRI devem contemplar esse atraso temporal (SOARES *et al.*,2016 ). O treino de NF por meio da fMRI é chamado de ressonância magnética funcional em tempo real (rt-fMRI) e tem como vantagem realizar treinos em regiões mais profundas e específicas do cérebro, seu uso ainda é recente, mas com resultados significativos. (SHERWOOD *et al.* 2016).

O registro realizado por meio fNIRS é semelhante ao da ressonância magnética, uma vez a atividade captada é o sinal BOLD, sendo que as mudanças hemodinâmicas são registradas por um espectro de luz infravermelho proximal, assim esse espectro capta somente a atividade realizada nas camadas mais próximas do escalpo (KOBBER e WOOD, 2014). O treino de NF por meio do fNIRS é tão recente quanto o treino por meio do fMRI, porém tem como vantagem ser uma forma mais acessível para realização do treino, uma vez que envolve uma aparelhagem mais simples e condições menos hospitalares (KOBBER *et al.* 2014).

No presente estudo vamos nos ater ao treino de NF por meio do EEG exclusivamente.

## **1.1. UM BREVE HISTÓRICO DO *NEUROFEEDBACK***

Os primeiros estudos que avaliaram a associação entre o condicionamento operante e mudanças nos padrões corticais foram realizados por Stermán et al. (1970), que acidentalmente observou que gatos treinados para aumentar sua ativação de 12-15hz no córtex rolândico eram resistentes a medicação indutora de convulsão, posteriormente testou-se em humanos se o mesmo treino inibia convulsões de difícil controle, seus resultados foram positivos e observados por muito tempo. Essa faixa de onda (12-15 hz) produzida na região central do córtex, na área sensoriomotora ficou conhecida como Ritmo Sensoriomotor (RSM), que será melhor descrito mais à frente.

Outro estudo também tido como referência no treino de áreas corticais por meio do condicionamento operante foi de Hardt e Kamiya (1978) no qual a partir da observação de que indivíduos que praticam meditação têm um aumento nos padrões de alfa, associado ao um quadro de calma e tranquilidade, treinou o incremento de alfa, a fim de gerar uma melhora nos quadros ansiosos. Assim seu treino ficou conhecido por associar os padrões de alfa a modificação dos estados de ansiedade, dependendo da direção do treino, sendo a magnitude de alfa inversamente proporcional ao estado de ansiedade.

Posteriormente, Lubar e Lubar (1984) testou o treino de aumento do RSM utilizado para o controle dos quadros epiléticos, em crianças com hipercinesia em função do transtorno do deficit de atenção e hiperatividade, demonstrando que o treino do RSM mostrava ser capaz também de diminuir a agitação motora e aumentar a atenção.

A partir dessas referências diversos protocolos foram utilizados no intuito de melhorar transtornos psiquiátricos e ainda para a melhora do desempenho cognitivo e manejo do estresse. Esses estudos foram conduzidos utilizando o EEG como ferramenta, uma vez que a sua criação no início do século por Berger (1929) favoreceu a compreensão dos estados mentais e a atividade eletrofisiológica e o conseqüente desenvolvimento da técnica de NF.

## **1.2. O USO CLÍNICO DO *NEUROFEEDBACK***

O NF é utilizado desde sua criação na década de 60, para melhora de condições como epilepsia, TDAH, ansiedade, depressão e adição (STERMAN, 1996; THOMPSON E THOMPSON, 1998; HAMMOND, 2005, MONASTRA *et al.*, 2005) em protocolos extensamente estudados com treino na região central do córtex para mudança de uma faixa específica de ondas (12-15 Hz) conhecida como ritmo sensoriomotor (RSM) (para revisão ver MONASTRA *et al.*, 2005).

O ritmo sensoriomotor ocorre mais precisamente sobre o córtex motor primário e foi observado pela primeira vez durante o condicionamento operante de gatos concomitante a análise da atividade cortical. O condicionamento envolvia o treino para recepção do alimento pressionando uma barra, e no momento em que os gatos após pressionar a barra esperavam pelo alimento se observou uma diminuição do movimento e o aumento do alerta associado a ativação nessa região de faixa de 12-15 hz (STERMAN *et al.* 1970). Em humanos o RSM segue o mesmo padrão (STERMAN, 2000), ou seja, quando há um aumento da atividade de 12-15 hz na área sensoriomotora há uma supressão do movimento e aumento da atenção.

Os circuitos envolvidos em sua ação são as redes tálamo-corticais, que reduzem a interferência da condução da informação somato-sensorial. Essa inibição provocada pelo aumento do RSM, leva a uma maior integração do processamento da informação no córtex, pois a atividade motora pode interferir nesse processamento, dificultando o desempenho cognitivo (KOBBER *et al.* 2014). Assim, o treino de NF no RSM atua nos mecanismos inibitórios dos circuitos talâmicos (EGNER e GRUZILIER, 2004).

### **1.3. TREINO DE NEUROFEEDBACK EM IDOSOS**

O treino cognitivo por meio do *NF* em sujeitos hígidos com a finalidade de aumento de desempenho é recente e tem-se obtido êxito em diversos protocolos com jovens (VERNON *et al.*, 2003; GRUZILIER, EGNER e VERNON, 2006; GRUZILIER, 2008; GRUZILIER, 2013). No entanto, ainda existe uma grande lacuna com relação aos estudos para a população idosa (ANGELAKIS *et al.*, 2007; BECERRA *et al.*, 2011; LECOMTE e JUHEL, 2011; WANG e HSIEH, 2013; REIS *et al.*, 2016).

Angelakis *et al.* (2007) realizaram um estudo com 30 sessões em seis idosos sadios com o objetivo de testar o treino de NF para aumento do pico de alfa na região occipital. Para isso, dividiu os sujeitos em três grupos distintos: um grupo experimental para o treino de aumento de pico de alfa, um grupo controle para aumento de amplitude de alfa e um sujeito como grupo controle que passou por um falso treino de NF. E os avaliou cognitivamente antes e depois do treino por meio da tarefa de Dígitos (WECHSLER, 2004), tarefa de lista de palavras (WELSH *et al.* 1991), teste de Stroop (STROOP, 1935), teste de compreensão oral (WOODCOCK e JOHNSON, 1977), teste de matrizes progressivas Raven (RAVEN, 1960) e parte da escala de memória Wechsler (WECHSLER, 1997). Durante o EEG avaliou os sujeitos por meio dos testes *n-back* (memória operacional) e *Go/noGo* (atenção).

Como resultado, Angelakis *et al.* (2007), apesar de realizar o treino na região occipital, observou mudanças na produção de alfa na região frontal. Ademais, o grupo experimental que treinou aumento do pico de alfa teve incremento na velocidade de processamento e função executiva, enquanto o grupo controle para aumento da amplitude de alfa teve uma melhora de desempenho na memória verbal, visual e operacional, mas diminuiu a velocidade de processamento e a função executiva.

O estudo conduzido por Becerra *et al.* (2011) buscou a supressão de teta em toda a região cortical que apresentasse amplitude elevada de teta segundo o EEG quantitativo. O treino de NF foi realizado com 19 eletrodos, dispostos conforme o sistema internacional 10/20, em 56 idosos sadios divididos em dois grupos: um grupo experimental de treino de NF e um grupo controle de falso treino de NF. Foram utilizados como parâmetros comparativos e avaliativos dos efeitos do treino na cognição a escala de inteligência geral, WAIS-III (WECHSLER, 2004), e a bateria neuropsicológica, NEUROPSI (OSTROSKY-SOLIS *et al.*, 2003). Os resultados indicaram que a supressão de teta promoveu mudanças na potência absoluta de alfa e, em termos cognitivos, houve uma mudança significativa no índice de compreensão verbal e no QI verbal do WAIS-III, bem como na memória operacional testada por meio da bateria NEUROPSI.

LeComte e Juhel (2011) objetivaram treinar em quatro sessões o aumento de teta na região central (C3 e C4) para verificar se haveria mudanças na capacidade de memória em idosos sadios. O treino ocorreu em 30 idosos sadios, os quais foram randomicamente distribuídos em um grupo experimental para treino de *Neurofeedback* audio-visual, um grupo controle para treino de meditação e um último grupo controle que permaneceu

numa “lista de espera”, o treino ocorreu em quatro sessões. Todos os indivíduos foram testados e re-testados quanto sua capacidade de memória por meio de dois testes da bateria de memória Signoret (SIGNORET, 1996). Os resultados não indicaram mudanças significativas entre grupos, nem inter-sujeitos. Uma possível causa para este resultado negativo em relação a mudanças cognitivas seria a pouca quantidade de sessões, uma vez que foi demonstrado que são necessárias pelo menos dez sessões de *NF* para um treino efetivo (GRUZILIER, 2013).

Wang e Hsieh (2013) realizaram estudo comparativo entre uma população idosa e uma população de jovens adultos hígidos a fim de investigar possíveis mudanças na memória operacional e atenção. Neste estudo, foram realizadas 12 sessões de treino em 32 sujeitos distribuídos randomicamente em quatro grupos: um grupo de treino de *NF* em idoso, um grupo placebo de *NF* em idosos, um grupo de treino de *NF* em jovens adultos e um grupo placebo de *NF* em jovens adultos. O treino de *NF* consistia em aumentar a onda teta na região fronto-medial (Fz), uma vez que estudos indicam que tarefas de memória operacional promovem variações de teta nesta região (KLIMESCH, 1996, 1999). Os sujeitos foram avaliados quanto sua capacidade cognitiva pré e pós treino por meio do Teste de Redes Atencionais (FAN et al., 2002) e o Teste de Reconhecimento Modificado de Sternberg (STERNBERG, 1966), no qual os resultados obtidos indicaram uma melhora na atenção e na memória operacional, mesmo em descanso, tanto para a população idosa como para a jovem.

Um estudo conduzido por Reis *et al.* (2016) testou os efeitos de um protocolo de treino de *NF* curto e intenso em alfa e teta nas regiões pré-frontal (Fp1 e Fp2), frontal central (Fz) e parietal central (Pz) concomitante e comparativamente a um treino cognitivo por meio de tarefas de memória operacional em idosos, com quatro grupos experimentais, um somente com *NF*, o segundo com *NF* mais treino cognitivo (*NFCT*), o terceiro com *NF* placebo e o quarto somente com treino cognitivo (*CT*). O protocolo foi definido como curto e intenso por ser caracterizado por oito sessões em dias consecutivos durante 30 minutos, sendo quatro sessões para aumento do ritmo alfa e quatro sessões para aumento do ritmo teta. O grupo de *NF* e *NF* placebo realizou o protocolo em 6 blocos de 5 minutos de *NF* e o grupo de *NFCT* 3 blocos de 5 minutos *NF* e 5 blocos de 3 minutos de *CT*, o grupo de *CT* teve 10 blocos de 3 minutos de treino. Todos os sujeitos foram avaliados antes e depois do treino por meio dos seguintes testes neuropsicológicos: Teste de Stroop, Teste de Matrizes, Teste de trilhas e Dígitos ordem

inversa adaptados da bateria PEBL (MUELLER e PIPER, 2014). Os resultados indicaram que o grupo que realizou o NF apresentou incremento nos resultados dos testes de dígitos e matrizes de forma significativa, enquanto o grupo que realizou treino cognitivo obteve somente uma tendência nos resultados dos testes após o treino. O grupo NF foi capaz de aumentar o ritmo de teta e alfa na região frontal (Fz), enquanto que o grupo NFCT apresentou somente uma tendência a aumentar o ritmo de alfa e teta na região frontal. O grupo placebo foi capaz de aumentar o ritmo de alfa assim como o grupo experimental e os autores argumentam que como o ritmo alfa é predominante no córtex e ainda é relacionado a tarefas atencionais, que estavam sendo recrutadas, mesmo numa situação placebo, os participantes puderam se beneficiar do feedback visual que estava sendo oferecido. O grupo CT foi capaz de incrementar o seu desempenho nos testes em relação ao grupo NFCT. Assim, o estudo demonstrou que o NF foi capaz de incrementar o ritmo alfa e teta na região frontal e ainda incrementar o desempenho em tarefas de memória operacional.

Os estudos acima mencionados indicam o quanto os protocolos de treino na população idosa possuem propostas diversas e algumas vezes com resultados contraditórios. Contudo, apesar da diversidade dos protocolos testados, os estudos têm demonstrado efeitos neurofisiológicos e cognitivos positivos ligados principalmente à memória operacional e à atenção, cujo declínio é observado no envelhecimento saudável. Portanto, estes resultados em idosos sugerem que o NF pode ser uma ferramenta importante para o aumento da reserva cognitiva durante o envelhecimento (VALENZUELA, 2008).

Como o estudo de Wang e Hsieh (2013) demonstrou resultados positivos na população idosa e jovem, levanta-se a questão de que os protocolos aplicados à população jovem para aumento de desempenho cognitivo podem se aplicar a população idosa da mesma maneira, apesar das diferenças corticais com o envelhecimento. Segundo o estudo realizado em nosso laboratório, conduzido por Belham *et al.* (2013), as diferenças corticais no EEG de adultos jovens e idosos numa tarefa de memória operacional com componente emocional, se concentram na maior ativação de teta na região central, Cz, em adultos jovens, maior ativação de alfa no hemisfério direito em indivíduos jovens. Em beta a diferença se concentrou no tipo de estímulo apresentado, sendo que os idosos apresentaram maior ativação pré-frontal esquerda para categorias que eliciam emoções negativas e neutras, na região occipital e na linha média, ambas no hemisfério esquerdo,



para estímulos de faces. Por último, nas ondas gama foram observadas diferenças com maior ativação em jovens adultos em T3 e C4 do que em idosos e, entre os tipos de estímulos, foi observada maior ativação em T4 nos jovens para estímulos geométricos e em Cz nos idosos para estímulos de faces.

Assim, os estudos realizados em nosso laboratório (BELHAM *et al.*, 2013), sugerem que a maior ativação de teta na região central por parte dos adultos jovens e idosos está relacionada aos mecanismos de atenção e concentração, assim como para a integração cortical durante processamento mnemônico. Sugerem ainda que os mecanismos de intensidade de ondas podem estar relacionados à hipótese de compensação relacionada à utilização dos circuitos neuronais - *Compensation-Related Utilization of Neural Circuits Hypothesis* (CRUNCH)- no qual o cérebro idoso vai recorrer a maiores recursos cognitivos de acordo com a demanda da tarefa e terá sua maior intensidade neuronal no início e meio da tarefa, como uma forma de compensação do menor processamento e a atrofia, assim chegará ao teto de seu desempenho enquanto o jovem continuará a aumentar a sua atividade cerebral (REUTER-LORENZ e CAPELL, 2008).

Vale ainda mencionar o estudo de Vernon *et al.*, (2003) que testou dois protocolos de NF em jovens, com o propósito de investigar qual deles promoveria melhores resultados no desempenho cognitivo. O treino de NF do RSM é conhecido por promover aumento na capacidade de atenção (MONASTRA *et al.*, 2005), e o treino de aumento de teta, que promove um aumento na capacidade de memória operacional (KLIMESCH, 1999). Os treinos foram realizados com eletrodos na região central do córtex (Cz), em oito sessões, durante oito semanas. Os resultados indicaram que o grupo que realizou treino de NF em RSM apresentou melhores resultados nas tarefas não somente de atenção, mas principalmente nas de memória operacional.

Vernon *et al.*, (2003) argumentam que o controle executivo da memória operacional funciona mais como um supervisor atencional do que como armazenamento de memória, o que está de acordo com proposto por Norman e Shallice (1983) no modelo do Sistema Supervisor Atencional, que posteriormente foi incluído por Baddeley (2007). Tem-se então que a integração da memória operacional semântica com as áreas posteriores e frontais ocorre com a ativação entre 10 - 14 Hz. Assim o treino de RSM não é somente eficiente para aumentar a capacidade de atenção de forma geral, mas também a memória operacional (VERNON *et al.*, 2003).

O treino cognitivo por meio do *Neurofeedback* proposto no presente trabalho visou favorecer o aumento do RSM em uma população idosa sadia, uma vez que estudos indicam que o protocolo de aumento de RSM é eficiente no aumento da memória operacional semântica e melhora da atenção concentrada, incremento da habilidade perceptiva, redução do tempo de reação e de erros por omissões (para revisão GRUZILIER, 2013). E desta forma auxiliar os sujeitos na manutenção de atividades cognitivas por mais tempo, uma vez que, estudos na área do envelhecimento cognitivo ressaltam a necessidade de novos instrumentos que proporcionem a proteção e a manutenção destas atividades cerebrais, pois seu declínio compromete a qualidade de vida e aumentam fatores de risco para demência (VALENZUELA, 2008).

#### **1.4. MEMÓRIA OPERACIONAL**

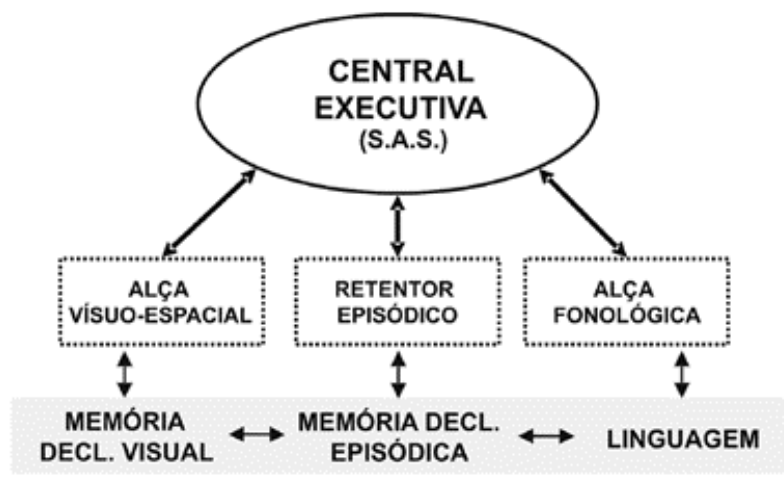
A memória operacional é uma função neuropsicológica que nos permite lidar com informações diárias, como manter um número de telefone durante a discagem, realizar calculo mental ou guardar um recado. Essas habilidades que costumam ser tão naturais requerem um modelo cognitivo complexo que no cérebro envolvem mais do que uma região.

Assim, a memória operacional pode ser definida como um sistema multimodal e, de acordo com Baddeley (2007), como um sistema de armazenamento temporário sob controle da atenção que sustenta a nossa capacidade para o pensamento complexo, compreendendo diversos constructos neuropsicológicos.

Ao longo de cinquenta anos a memória operacional tem sido estudada em função de suas características, o modelo adotado no presente trabalho para memória operacional é o modelo de Baddeley e Hitch (1994), no qual a memória operacional orchestra as informações recebidas por meio de quatro componentes, sendo um atencional e três mnemônicos.

De acordo com o modelo de Baddeley e Hitch (1994) o primeiro componente da memória operacional, denominado de Central Executiva, é um controlador de atenção e está conectado a outros três sistemas de armazenamento: a alça fonológica, a alça visuo-espacial e o retentor episódico, este ultimo foi incluído posteriormente (BADDELEY,

2000), os quais se comunicam reciprocamente (Figura 3). Estes sistemas são limitados em capacidade, embora as suas limitações sejam distintas (D. ESPOSITO e POSTLE, 2015).



**Figura 3. Modelo de Memória Operacional de Baddeley e Hitch (2000): central executiva (SAS), alça visuo-espacial, alça fonológica e retentor episódico. Figura traduzida e adaptada por Helene e Xavier (2003)**

A alça fonológica é tida como sendo capaz de manter a base de expressão e de informação acústica temporariamente. A alça visuo-espacial tem uma função similar à da alça fonológica, só que para as informações visuais e espaciais. Por último, o retentor episódico serve como um mecanismo que conecta as informações perceptuais ao subsistema de memória de longa duração, integrado-as num número limitado de episódios (BADDELEY, 2007).

Além disso, de acordo com Baddeley *et al.*, (1999), a alça fonológica e a alça visuo-espacial são consideradas como dois sistemas subservientes da Central Executiva que acessam informações da memória de longo prazo pelo sistema de controle de atenção. Sendo a alça fonológica responsável por manter o material sonoro e a alça visuo-espacial responsável por manter a informação espacial do ambiente.

Os mecanismos da Central Executiva e os estudos sobre pacientes que apresentam lesões do lobo frontal forneceram elementos que comprovam a ligação entre o sistema supervisor atencional (SAS), proposto por Norman e Shallice (1986 em BADDELEY, 2007) e a central executiva (DELLA SALLA *et al.*, 1993). Portanto, de acordo com Baddeley (2007), há quatro candidatos cognitivos para componentes de processos

executivos: a capacidade de focalizar a atenção, dividir a atenção, mudar a atenção e assegurar a ligação entre a memória operacional e memória de longo prazo.

O último componente do modelo da memória operacional é o retentor episódico. Este é responsável pelo armazenamento temporário das informações perceptuais da alça fonológica e da alça visuo-espacial, às quais serão em seguida combinadas com os conteúdos da memória de longo prazo (BADELLEY, 2000).

Portanto, a função da memória operacional é a manipulação de informações por um período limitado de tempo, aumentando ou diminuindo a sua capacidade dependendo da demanda e prática (ERIKSSON *et al.* 2015).

Diante da complexidade da memória operacional enquanto função neuropsicológica Diamond (2013) a incorpora como um dos componentes das funções executivas (FE), uma vez que se trata de uma função mental *top-down* com diversos processos interagindo entre si, nas quais além da memória operacional inclui mais dois processos: controle inibitório (incluindo o auto-controle e a auto-regulação) e flexibilidade cognitiva que integram as funções psíquicas superiores ou de alta ordem (LURIA, 1973)

#### **1.4.1 O PAPEL DA ATENÇÃO NA MEMÓRIA OPERACIONAL**

Os testes de memória operacional são instrumentos fundamentais na avaliação da cognição de funções superiores, uma vez que este constructo é distinto da memória de curto prazo e está relacionado com a memória de longo prazo.

Para tanto, o processo atencional se torna fundamental no modelo de memória operacional, como já descrito anteriormente o controle executivo pode ser chamado também de sistema atencional supervisor (controle atencional), e é responsável pela seleção de esquemas pré-existentes que catalogam uma nova ação. Este sistema também é responsável pela inibição dos estímulos irrelevantes internos e externos a fim de alcançar o objetivo da tarefa e criar um novo esquema (conhecimento implícito) (HELENE e XAVIER, 2003), tornando-se um processo cognitivo interno.

A capacidade de concentrar a atenção é uma característica importante da memória operacional e há evidências de que a atenção sustentada em tarefas cognitivas, bem como

em conhecimentos especializados, tais como jogar xadrez ou tocar piano, pode ser limitada e dependente de prática e da demanda (ENGLE, 2001; KANE e ENGLE, 2002).

Conseqüentemente, existem indivíduos com maior ou menor capacidade de memória operacional, e essa variabilidade esta diretamente relacionada a diferenças na atenção durante a tarefa de memória operacional (FUKUDA *et al.*, 2010). De acordo com Engle (2001), indivíduos com alta capacidade de memória operacional apresentam maior controle da atenção para combater os efeitos de interferência na tarefa; inibir e manter a informação face à distração. Assim, quando o contexto torna difícil manter o objetivo da tarefa, indivíduos com maior capacidade de memória operacional apresentam melhor desempenho na execução do que indivíduos com menor capacidade de memória operacional (KANE e ENGLE, 2002). Por conseguinte, uma questão importante para o sistema de memória operacional é manter a informação rapidamente recuperável quando o contexto fornece informações que interferem, a fim de conduzir a uma resposta adequada.

A relação entre a central executiva e a atenção tem sido demonstrada por diversos pesquisadores (DOWNING, 2000; COWAN *et al.*, 2005, COWAN e MOREY, 2006; D'ESPOSITO e POSTLE, 2015), que ressaltam que além da capacidade de atenção sustentada, a capacidade de dividir atenção também atua como fator na manutenção da informação por um periodo de tempo nas tarefas de memória operacional, uma vez que há necessidade de destacar a informação recebida dos estímulos distratores e utiliza-los de acordo com a demanda, pois durante a execução da tarefa além de manter a atenção, necessita-se utilizar a informação recebida de forma flexível.

Para finalizar, a interação dos processos atencionais e a memória operacional vale ressaltar a integração da memória de longo prazo com a memória operacional por meio da atenção, que sustenta a informação durante a tarefa, com informações visuo-espaciais ou fonológicas da memória de longo prazo, garantindo a efetiva manipulação dos dados necessária para execução da tarefa.

#### **1.4.2 NEUROBIOLOGIA DA MEMÓRIA OPERACIONAL**

Utilizando a FMRI, como técnica para observação da ativação cerebral durante a execução de uma tarefa de memória operacional, estudos têm demonstrado o envolvimento do córtex sensorial, do córtex prefrontal, mas especificamente áreas internas da região parietal, além do córtex pré-frontal dorsolateral e lobo temporal medial, ilustrando a característica multimodal da memória operacional, já que há ação de um conjunto de regiões corticais para sua atuação. Vale ressaltar que estas regiões são, também, associadas aos processos atencionais, demonstrando assim mais uma vez o quanto a atenção sustentada é um componente importante para a memória operacional (KLINGBERG, 2010).

Já em relação a atividade eletrocortical, tem-se que a memória operacional apresenta ativações de faixas de onda específicas durante a tarefa e após a tarefa, principalmente em teta e alfa nas regiões antero-posteriores em tarefas visuais (GARCIA *et al.*, 2011), com o aumento da amplitude de alfa no mapeamento por evento relacionado (KLIMESCH *et al.* 1998). Fukuda *et al.*, (2015) demonstraram num experimento de potencial evocado para tarefas de memória operacional visual, uma maior ativação em alfa na região contralateral ao estímulo apresentado, ocasionado por uma supressão da amplitude de alfa no potencial evocado na direção do estímulo apresentado em regiões parieto-occipital. Esses resultados reforçam o controle atencional e a capacidade de armazenamento como fatores críticos nas tarefas de memória operacional.

Como a memória operacional é sustentada basicamente pela atividade teta e alfa, que têm a função de guiar os processos “*top-down*” relacionados ao estímulo a manutenção do estímulo na tarefa, tem-se que a atividade gama e beta observado durante a realização de atividades de memória operacional, atuam como forma de codificação, recuperação e manutenção do estímulo (DAUME *et. al.*, 2017). Assim, há um acoplamento da atividade teta-gama durante a tarefa de memória operacional tanto cortical como no hipocampo, no qual, a amplitude de gama é modulada pelas oscilações de fase de teta durante a tarefa de memória operacional no hipocampo, e a força do acoplamento dessa frequência cruzada prediz sobre a capacidade de memória operacional do indivíduo (LISMAN e JENSEN, 2013)

### **1.4.3 TREINO DA MEMÓRIA OPERACIONAL**

Em função da dinâmica cortical imprimida pela tarefa de memória operacional e suas características multimodais, o treino da memória operacional tem se estabelecido como uma vertente para ganhos cognitivos e para o enriquecimento neural (LUSTIG *et al.*, 2009), principalmente no que se refere á formação de reserva cognitiva e neural na idade avançada (VALENZUELA, 2008).

Os estudos sobre treino de memória operacional se estabeleceram na década de 70, inicialmente com objetivo de treinar a memória de curto prazo em pacientes com deficits cognitivos. Posteriormente propôs-se o treino da memória de longo prazo por meio de estratégias que favorecessem a memória operacional, por exemplo, o uso de “*chunks*”, sequências numéricas menores que compoem o todo, para arquivar um maior conteúdo de dígitos, bem como o uso de estratégias metacognitivas para o armazenamento de conteúdo complexo. Estas estratégias são formas de aumentar a capacidade de memória de maneira consciente ou externa (KLINGBERG, 2010).

Entretanto, o treino da memória operacional pode ser desenvolvido também utilizando habilidades internas, por meio de jogos que ativem áreas corticais responsáveis por esta capacidade, favorecendo a neuroplasticidade, uma vez que o advento da tecnologia veio a favorecer o uso do computador para tais treinos, assim por meio do estímulo sensorial, principalmente a atenção sustentada, via jogos computacionais, o individuo pode obter mudanças na sua capacidade de memória operacional de forma mais significativa (BREHMER *et al.*, 2012).

Portanto, o *Neurofeedback* por ser uma atividade condicionada por meio de uma interface computacional e promover a neuromodulação da atividade cortical, pode ser uma forma de treino que favoreça o incremento da memória operacional, uma vez que essa função neuropsicológica é treinavel, individual e de alta ordem, ou seja, essencial para o bom funcionamento executivo.

## **2 JUSTIFICATIVA**



Diante do aumento da expectativa de vida, a atenção ao idoso tem crescido, principalmente no que se refere a formação de reserva cognitiva, portanto o desenvolvimento de ferramentas que favoreçam essa reserva é de fundamental importância. O *Neurofeedback*, por ser uma técnica conduzida por meio do EEG e promover o condicionamento operante, é de fácil manejo e segura em sua aplicação, além de ter excelentes resultados na população jovem sadia, sugerindo ser uma ferramenta que pode aumentar a reserva cognitiva quando aplicada ao idoso. O protocolo utilizado no presente trabalho visou aumentar a produção do RSM de maneira a favorecer a atenção e a integração do processamento cognitivo, com a finalidade de favorecer habilidades neuropsicológicas ligadas a memória operacional, uma vez que esse aspecto declina na vida idosa. Portanto, o treino de RSM por meio do *Neurofeedback* pode trazer benefícios favorecendo a capacidade de memória operacional em idosos



## 4.1. GERAL

O presente estudo teve por objetivo investigar os efeitos do *NF* em idosos saudáveis no desempenho de uma tarefa de memória operacional visual.

## 4.2. ESPECÍFICOS

- Avaliar a capacidade de memória operacional visual em idosos antes e depois do uso da técnica de *NF*, empregando um teste computadorizado de escolha de acordo com o modelo com atraso - *Delay-Matching-to-sample* (DMTS).
- Comparar os resultados do teste de DMTS antes e depois-do treino, nos diferentes grupos experimentais e controle.
- Comparar a atividade cortical medida por EEG entre os grupos antes e depois do treino de *NF*.
- Comparar a atividade cortical medida por EEG para cada grupo antes e depois do treino de *NF*

## **5 MATERIAIS E MÉTODOS**

## **5.1. TIPO DE ESTUDO**

Tratou-se uma pesquisa de investigação experimental do tipo ensaio clínico randomizado.

## **5.2. CONSIDERAÇÕES ÉTICAS**

O presente projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília – UnB, cujo número é 55584516.0.0000.5558 (Anexo A). Os dados foram coletados no Laboratório de Neurociências e Comportamento do Instituto de Biologia, Universidade de Brasília.

Todos os indivíduos foram voluntários e obedeceram aos critérios éticos de participação definidos para experimentação em humanos de acordo com a resolução 466 de 2012 do CNS/MS. Os participantes foram esclarecidos quanto ao procedimento, sem que o seu real objetivo fosse declarado, para que não houvesse obliquidade no resultado dos testes.

Todos os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice A) e Termo de Autorização do Uso de Imagem e Som (TAUIS) (Apêndice B), nos quais foram esclarecidos todos os procedimentos da pesquisa.

## **5.3. PARTICIPANTES**

### **5.3.1 Critérios de inclusão**

Os participantes deveriam ter mais de 60 anos, capacidade cognitiva preservada, sem antecedentes de transtornos neurológicos e psiquiátricos. Não deveriam ter consumido bebidas alcoólicas, drogas, ou estimulantes naturais como chá, café, refrigerantes cola ou guaraná nas últimas vinte e quatro horas. Para tais informações todos

os participantes responderam a ficha de informações demográficas e clínica (FIDC) (Apêndice C). E foram rastreados em suas condições cognitivas e psicológicas pela *Philadelphia Brief Assessment of Cognition* - PBAC (PEREIRA *et al.*, 2012) (Anexo B), *Beck Depression Inventory* – BDI e *Beck Anxiety Inventory* - BAI (BECK, 2001) (Anexo C), todos traduzidos e validados para a população brasileira.

Assim, os participantes tiveram como resultado no PBAC pontuação acima de 49 pontos, estavam em condições emocionais de participar do treino e acima de 60 anos, não fizeram uso de drogas ou de bebidas alcoólicas nas últimas 24 horas como verificado no FIDC puderam participar do experimento

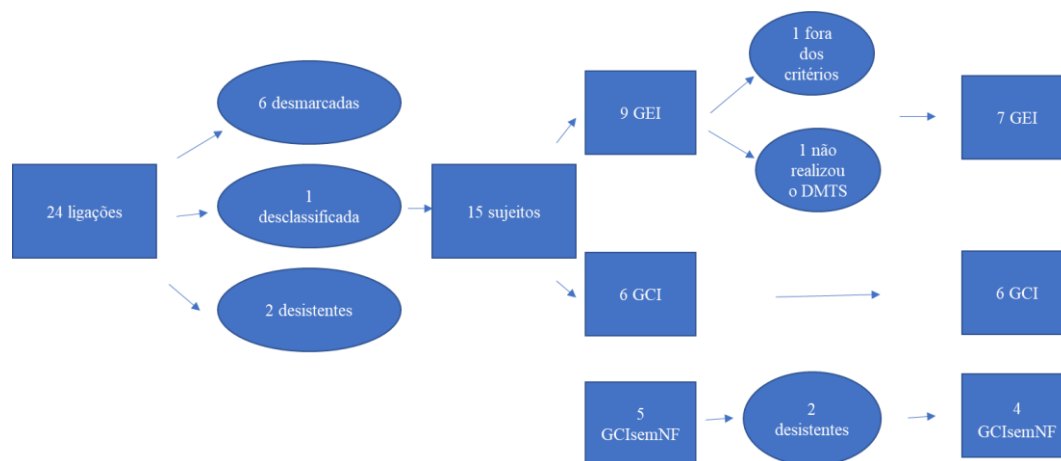
### **5.3.2 Critérios de exclusão**

Os indivíduos que não se enquadraram nos critérios de inclusão citados acima e/ou apresentavam alguma história de transtorno neurológico crônico ou em tratamento, foram excluídos da amostra.

### **5.3.3 Recrutamento e seleção dos participantes**

Os participantes foram recrutados por meio de anúncio divulgado em redes sociais (*WhatsApp* e *Facebook*) em Brasília-DF, indicando que os participantes e iriam fazer parte de um treinamento cognitivo com *neurofeedback* (Apêndice D). A partir deste anúncio, tivemos 24 chamadas, seis desmarcadas, um desqualificado, dois desistentes e 15 participantes, que se somaram a mais seis participantes que foram recrutados como controle sem NF, totalizando 21 participantes. Esses 15 participantes, distribuíram-se em três grupos: treinamento em *Neurofeedback* (Grupo Experimental Idoso- GEI) com 9 participantes, treinamento em *Neurofeedback* Placebo (Grupo Controle Idoso- GCI) com 6 participantes, por último, um grupo que não realizou *Neurofeedback* (Grupo Controle Idoso sem NF- GCIsemNF) com 6 participantes, sendo que dois participantes do GCIsemNF desistiram do experimento após o primeiro encontro. Após a realização do protocolo dois participantes do GEI foram excluídos como um estava fora dos critérios

de inclusão, mas realizou o treino, porém os dados não poderiam ser utilizados, e outro não conseguiu realizar o DMTS nem pré nem pós treino. A distribuição dos sujeitos ficou da seguinte maneira (Figura 4):



**Figura 4.** Distribuição randômica dos sujeitos: 17 idosos ( $\geq 60$  anos), GEI= Grupo Experimental Idoso (7 participantes); GCI= Grupo Controle Idoso (6 participantes), GCIsemNF= Grupo Controle Idoso sem NF (4 participantes).

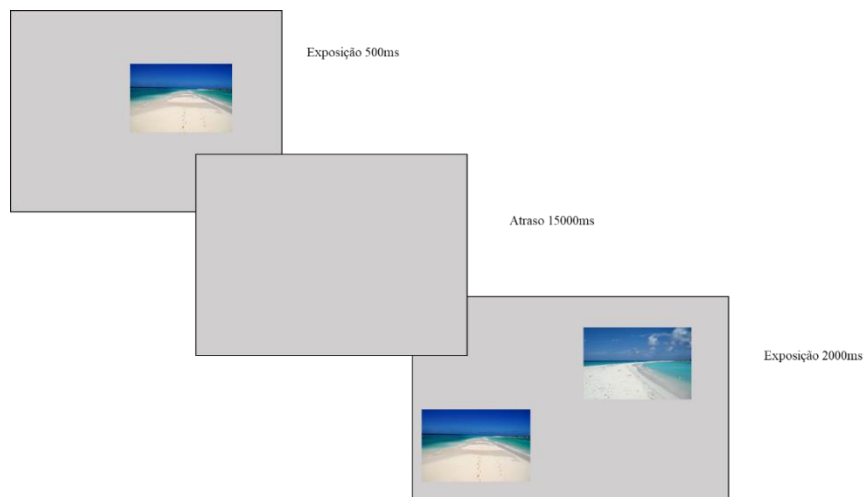
#### 5.4. ESTUDO PILOTO PARA DETERMINAÇÃO DO MELHOR INTERVALO ENTRE ESTÍMULOS.

Neste estudo a avaliação da memória operacional ocorreu por meio de um teste de memória operacional visual, uma vez que o treino de NF proposto no estudo se refere ao componente atencional da memória operacional e a alça visuoespacial, responsável pelo armazenamento visual e espacial de vias sensoriais como a visão e o toque, requer atenção para manter a percepção do objeto, tanto na procura visual como para a apreensão (BADDELEY, 2007).

Assim, a forma de avaliar a memória operacional antes e após o treino neste estudo foi por meio do teste computadorizado de escolha de acordo com o modelo com atraso - *Delay-Matching-to-sample* (DMTS) uma avaliação de memória operacional visual, que consiste em duas fases: na primeira fase, o sujeito observa uma imagem na tela por 500 milissegundos, depois essa imagem desaparece e há um intervalo de 15000 milissegundos. Numa segunda fase, são apresentadas duas imagens na tela por 2000

milissegundos, sendo uma a previamente apresentada e outra imagem nova. É solicitado ao indivíduo que clique com o *mouse* no centro da imagem igual à apresentada na primeira fase. Um *feedback* auditivo é dado a cada resposta do sujeito, agudo se é correto e grave para os incorretos e/ou sem respostas.

Os estímulos foram figuras com conteúdo visual constituídos de paisagens naturais encontradas em bancos de dados de acesso livre da internet. Foram apresentados aos sujeitos 48 estímulos arranjados em 24 diferentes pares (Figura 5).



**Figura 5.** *Delayed Matched to Sample (DMTS)*, a primeira imagem é apresentada por 500ms, posteriormente um atraso de 15000 milissegundos e duas imagens retornam a tela durante 2000ms, sendo uma igual a vista anteriormente, é solicitado ao participante que clique com o mouse na imagem que viu anteriormente durante sua apresentação.

Como, a capacidade de armazenamento na alça visuoespacial tem resposta diferente em relação à alça fonológica, uma vez que as tarefas auditivas interrompem, ou seja, apresentam uma queda no desempenho, pelo limite no armazenamento de informação acústica, formando porções de informações a fim de manter o desempenho, chamados de “*Chunks*”, enquanto que a memória operacional visuoespacial diminui o desempenho não pela quantidade de informação apresentada, mas pelo tempo entre a apresentação de estímulos ou por estímulos intervenientes durante a tarefa (VOGEL, LUCK e WOODMAN, 2006). Segundo Baddeley (2007) a memória operacional visual começa a apresentar declínio a partir do intervalo de 9s entre estímulos.

Portanto, de acordo com o propósito da pesquisa, uma avaliação pré- e pós-treino de NF, foi necessário que o participante apresentasse uma interferência no seu desempenho na memória operacional, de maneira a romper com o processo de atenção



sustentada que mantem a imagem em linha durante o atraso até a apresentação do próximo conjunto de imagens, isso levou a uma queda do desempenho no teste, diminuindo o efeito teto, o que possibilitou a avaliação do treino de NF sobre a memória operacional.

Para isso utilizamos os parâmetros estabelecidos por Baddeley (2007) de que a memória operacional visual comporta-se de forma distinta a memória operacional verbal, na qual a sobrecarga não ocorre por meio da quantidade de informação oferecida, mas pelo intervalo entre imagens.

Portanto, para avaliar qual o melhor intervalo entre imagens para a pesquisa, foi realizado um experimento no qual dez participantes, distribuídos randomicamente entre quatro condições, sendo 05 homens e 05 mulheres, com média de idade de 28,5 anos ( $DV=6,7$ ), com formação secundária (5 sujeitos) ou superior (5 sujeitos), realizaram o teste computadorizado de escolha de acordo com o modelo com atraso -*Delayed Matched to Sample*- DMTS nos seguintes intervalos de tempo: 3s, 5s, 9s e 15s.

Os resultados indicaram que a média do tempo de resposta (TR) nas condições foi de 1,15s (3s), 1,19s (5s), 1,32s (9s) e 1,35s (15s) (figura 8) e o desempenho foi de 92% (3s), 100% (5s e 9s) e 80% (15s). O teste não-paramétrico de Wilcoxon entre TR e o desempenho demonstrou uma diferença significativa ( $p<0,001$ ) para a relação entre estes dois fatores em todas as condições. Assim o tempo que oferece maior interferência no desempenho da memória operacional é o intervalo de 15 segundos, que foi utilizado na pesquisa.

Esses resultados foram apresentados na sessão de pôster do XV Congresso Brasileiro de Neuropsicologia de 2016, realizado em Brasília, nos dias 10 a 12 de novembro, sob o título “*O efeito do atraso na atenção em uma tarefa de memória operacional visual*” (KOUZAK, GARCIA, CAMPOS DA PAZ NETO e TOMAZ, 2016).

## **5.5. EQUIPAMENTOS**

A coleta dos dados ocorreu no Laboratório de Neurociências e Comportamento, do Instituto de Biologia da UnB, na sala de registros eletrofisiológicos. Esta é devidamente equipada com uma gaiola de Faraday para blindagem eletrostática de

campos elétricos. Nesta sala foi feito o mapeamento eletroencefalográfico durante a tarefa de DMTS antes e depois do treino de NF. O treino de NF ocorreu numa outra sala, de aproximadamente 3 metros quadrados, sem isolamento eletrostático, uma vez que o equipamento de NF é dotado de filtro que isola o efeito do campo elétrico ambiental. Na sala havia uma mesa com monitor de 14 polegadas e uma cadeira para o participante, uma outra mesa com o equipamento de NF, um computador e uma cadeira para o experimentador.

Para o registro eletroencefalográfico antes e após treino de NF foi utilizado o decodificador de sinais fisiológicos, *Neuron-spectrum* da *NeuroSoft*, Rússia, e uma touca *WaveGuard Connect* da *ANTNeuro*, Holanda, de 19 canais, montagem monopolar, analisado pelo software do próprio decodificador *Neuron-Spectrum* da *NeuroSoft*, que capta a atividade cortical das regiões segundo o sistema 10/20 (Figura 2). A taxa de rejeição de modo comum é de 120dB estabelecida pelo programa, taxa de amostragem utilizada foi de 2000hz, filtro de passa alta de 0,5hz, filtro de passa baixa 35hz e filtro de nó 60hz.

As medidas eletrofisiológicas para o NF foram realizadas utilizando-se o aparelho *ProComp Infiniti* da *Thought Technology*, Canadá, que dispõe de 08 canais de captação e decodificação de dados fisiológicos.

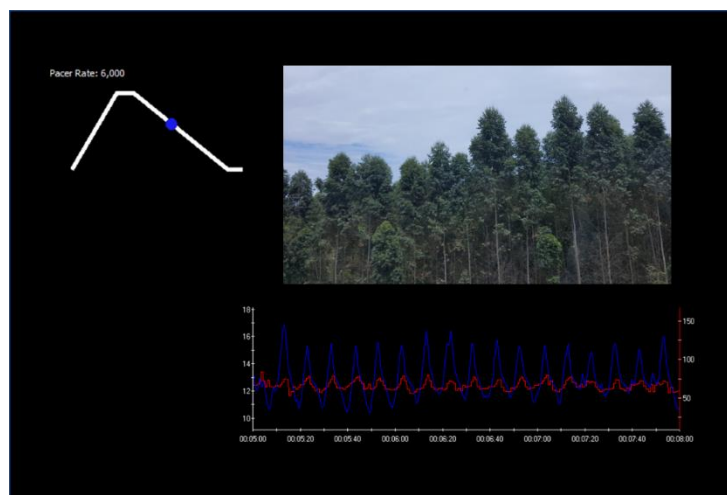
Foram utilizados um canal para EEG com três eletrodos, captados no escalpo segundo o padrão internacional do sistema 10/20, sendo um eletrodo ativo posicionado em Cz, um eletrodo referencial no lóbulo da orelha esquerda e um eletrodo de aterramento no lóbulo da orelha direita. E mais dois canais de captação de sinais fisiológicos da respiração e da frequência cardíaca.

Este aparelho estava conectado a um computador do tipo *ultrabook* da marca Acer, modelo *Aspire V*, cujo hardware contém as seguintes configurações: processador Intel Core i5-3337U, frequência do clock de 1.8 GHz, conjunto de instruções de 64 bits, 3 MB de cache, duas unidades de processamento central, 8 GB de Memória RAM, 750 GB de disco rígido e 350 MHz de frequência da base gráfica do processador gráfico Intel HD Graphics 4000, sistema operacional Windows 10 de 64 bits, utilizando o sistema *BioGraph Infiniti* da *Thought Technology*, para análise do registro e *Neurofeedback*. Além disso, foi conectado um monitor colorido, LG, 17 polegadas, que fornecia o feedback ao participante.

## 5.6. PROTOCOLO DE NEUROFEEDBACK

O protocolo de treino foi delineado pela pesquisadora e colaboradores (CAMPOS DA PAZ NETO, KOUZAK e SATLER, 2014), onde nas telas de linha de base, o participante podia observar todos seus dados fisiológicos medidos, ou seja, frequência cardíaca, respiração e EEG. Nas condições de treino, estes dados fisiológicos eram apresentados apenas ao experimentador em uma segunda tela. Ao sujeito foram apresentados apenas as frequências respiratória e de variabilidade cardíaca, o marcador e a tela de *feedback* visual (Figura 6).

Ressalta-se que o ritmo do marcador era totalmente customizável, de forma que se pode definir tanto o tempo que se levará na inspiração quanto na expiração, que foi definido como 6 ciclos por minutos, distribuídos em 4 segundos de inspiração e 6 segundos de expiração.



**Figura 6.** Modelo de tela do NF observada pelo participante, no qual o marcador respiratório encontra-se no topo a esquerda, as imagens de feedback visual a direita, e a frequência respiratória em azul concomitante com a frequência cardíaca em vermelho abaixo das imagens, Protocolo desenhado no sistema Procomp- Infiniti, Thought Technology, Montreal, Canadá.

O limiar para o *feedback* era ajustado com o objetivo alvo de 10% acima da média de RSM observada em cada linha de base. Caso a média de RSM medida em uma linha de base posterior seja menor do que a média anterior, mantém-se a maior média anterior.

Este treino leva em consideração a associação entre a respiração consonante com a frequência cardíaca e o aumento da produção do RSM, pois sabe-se que o treino da

respiração consonante com a frequência cardíaca interfere na ação parassimpática promovendo a diminuição da frequência cardíaca e, conseqüentemente, uma desativação do sistema simpático, formando um ciclo respiratório alternado e sadio (LEHRER E GAVIRTZ, 2014), que interfere no circuito talâmico-cortical diretamente ligado à produção do RSM (REID *et al.*, 2014).

Vale ressaltar que as medidas de frequência cardíaca e respiração foram apenas para registro, sem nenhum dado coletado a este respeito, uma vez que a função dessas medidas eram unicamente fornecer associação de elementos fisiológicos para o treino.

## 5.7. PROCEDIMENTO

Todos os participantes agendados assinaram o TCLE e o TAUIS e foram avaliados pelos seguintes instrumentos: FDIC, PBAC como rastreio neuropsicológico; BAI e BDI para previamente verificar as condições emocionais dos participantes para ansiedade e depressão de acordo com os critérios de inclusão no experimento, como descrito anteriormente. (Figura 7)

Após a seleção, foram coletados os dados de EEG durante a realização da tarefa de memória operacional (DMTS).

TCLE	FIDC	PBAC/BAI/BDI	Instalação de eletrodos	DMTS	Retirada de eletrodos
5min	2min	15min	15 min	8min	2 min

**Figura 7. Linha temporal da avaliação inicial: 1) TCLE (Termo de Consentimento e Livre Esclarecimento); 2) Questionário de inclusão FIDC; 3) PBAC (rastreo neuropsicológico), BDI (escala de depressão), BAI (escala de ansiedade); 6) Preparação do EEG Instalação de eletrodos; 7) DMTS (Delayed Matched to sample), 8) Retirada de eletrodos.**

O treino iniciou conforme agendamento, após a realização do EEG de todo o escalpo e da tarefa de memória operacional. Após a última sessão de treino foi realizada novamente a coleta do EEG, utilizando a mesma tarefa de memória operacional (DMTS) (Figura 8).

BAI/BDI	Instalação de eletrodos	DMTS	Retirada de eletrodos
5 min	15 min	8 min	2 min

**Figura 8. Linha temporal da avaliação final: 1) BAI/BDAI; 2) Preparação do EEG; 3) DMTS (Delayed Matched to sample); 4) Retirada de eletrodos.**

O treino ocorreu da seguinte maneira: o GEI realizou o treino de *NF*, com o protocolo descrito anteriormente, com um eletrodo ativo em Cz, um eletrodo referencial no lóbulo da orelha esquerda e um eletrodo de aterramento no lóbulo da orelha direita. E mais dois canais de captação de sinais fisiológicos da respiração e da frequência cardíaca.

Ao todo foram dez sessões de trinta minutos, incluindo o tempo de colocação e retirada dos eletrodos, distribuídas duas vezes por semana, no total de cinco semanas. Assim, cada sessão foi dividida como ilustrado na Figura 9:

Preparação	LB	TNF	LB	TNF	LB	TNF	LB	RE
15 minutos	1min	3min	1min	3min	1min	3min	1min	2min

**Figura 9. Linha temporal do treino de neurofeedback: 1) Preparação; 2) LB = Linha de Base; 3) TNF = Treino de Neurofeedback; 4) RE = Retirada dos Eletrodos.**

O GCI realizou simulação de treino de *NF*, no qual a primeira sessão, foi realizada igualmente ao do grupo GEI, porém as outras nove sessões foram a repetição da primeira sessão (modo *Replay Session*), a quantidade de sessões foi a mesma, ou seja, duas vezes na semana, pelo período de trinta minutos, incluindo o tempo de colocação e retirada dos eletrodos.

O grupo GCIssemNF realizou a primeira etapa de avaliação, no qual foi esclarecido que ele participaria de forma diferenciada, uma vez que ao assinar o TCLE ele atestou estar envolvido numa pesquisa de treino cognitivo por meio do NF, portanto neste caso, o participante não realizou o treino por um período de cinco semanas e compareceu novamente para a última etapa na qual realizou o DMTS novamente. Após cumprir essa etapa os participantes podem realizar o treino de NF de acordo com o agendamento.

Para a realização do teste DMTS, o sujeito foi posicionado em uma poltrona confortavelmente alinhada à frente de um monitor de 19 polegadas, sobre uma mesa que continha um mouse a ser utilizado para responder a tarefa. O participante sentava-se próximo o suficiente para alcançar o mouse e recostar na poltrona. Ao verificar o posicionamento, era iniciada a instalação dos eletrodos. Foi instruído ao sujeito a retirar

brincos dos lóbulos das orelhas. Foi então medida a posição Fpz por meio de uma fita métrica que mediu a distância entre o inion e o nasion, no qual o resultado é 10% do valor total da medida. A partir deste ponto mediu-se a circunferência da calota craniana, para posicionar a touca. A touca então foi posicionada de maneira que a linha central de eletrodos acompanhe a medida Fpz. A partir disso foi administrado um gel condutor em cada eletrodo, que respeitou a impedância de 5 a 10 KOhms. Os eletrodos de referência foram colocados nos lóbulos das orelhas numa região sem furos ou cicatrizes, no qual foi limpo por meio de álcool antes de sua instalação com pasta condutora. Após a instalação, era verificado o sinal de EEG para iniciar a tarefa.

O participante era cadastrado no programa *NeuroSoft*, de maneira que havia somente uma identidade para cada participante, caracterizada pelas letras iniciais do nome e sobrenome. Assim, o programa abria a página de impedância e sinal.

Era, então, explicado ao participante que ele realizaria uma tarefa na qual primeiramente fecharia os olhos por um minuto (linha de base) e ao abrir os olhos, iniciaria o teste, que consistia em ver uma imagem, que desaparece e após um intervalo de tempo aparecem duas imagens, ele deveria clicar na imagem que viu anteriormente. Após o final da tarefa foi instruído que o participante fechasse os olhos por mais um minuto (linha de base).

Para o treino de NF o equipamento de EEG foi instalado sob o escalpo do sujeito baseado no sistema internacional 10/20, no qual foi aferido o perímetro entre o inion e o nasion para definição do ponto Cz. Deslocou-se os cabelos de forma a abrir espaço para limpeza da pele do escalpo na região do ponto Cz com gel esfoliante, administração de pasta condutora elétrica no eletrodo e instalação na região marcada, realizou-se limpeza com gel esfoliante na região do lóbulo da orelha esquerda e direita que não possuíssem nenhum furo de brinco ou cicatriz, administração de pasta condutora elétrica no eletrodo referencial e de aterramento, e instalação desses eletrodos.

Conferência da impedância entre os três eletrodos e o escalpo, pelo software de teste de impedância, de forma a nenhum deles superar a 5 KOhms. Caso algum dos eletrodos superasse à impedância mínima estabelecida (5 KOhms), refazia-se o procedimento de instalação daquele eletrodo específico.

A frequência respiratória foi captada por uma faixa elástica colocada em volta da cintura, que conta a quantidade de extensão abdominal durante a respiração. E a

frequência cardíaca foi captada por um sensor instalado no polegar, que mediu o pulso do volume sanguíneo por infravermelho.

Foi instruído ao participante que ele realizaria um treino de NF no qual deveria acompanhar com sua respiração um marcador respiratório apresentado na tela. Este marcador possui a forma de uma onda, a qual é acompanhada por uma bolinha que indica o ritmo da respiração a ser feito. Assim, quando a bolinha do marcador subia na onda, o participante inspirava e, quando a bolinha do marcador descia na onda, o participante expirava. O participante deveria ainda observar a tela a sua frente, na qual nas linhas de base continham os dados fisiológicos dele e quando em treino passava imagens de paisagens naturais quando o limiar estabelecido era vencido. Assim, o *feedback* visual era fornecido somente quando o sujeito vencia o limiar de ritmo para RSM estabelecido pelo experimentador de acordo com a descrição dos instrumentos.

## **5.8. PROCESSAMENTO DOS DADOS**

Os dados de EEG em 19 canais foram analisados utilizando o software livre e de código aberto, EEGLAB toolbox, versão 9.0.4.5 (DELORME; MAKEIG, 2004) (<http://scn.ucsd.edu/eeglab/>). Os fragmentos foram submetidos ao algoritmo Infomax (Runica) para serem decompostos em fontes de atividades independentes (DELORME, SEJNOWSKI, MAKEIG, 2007). Esta decomposição dá origem aos componentes independentes (ICA), tantos quanto o número de canais utilizados. Os componentes que se caracterizavam por artefatos, ou seja, biopotenciais não desejados, como movimentos de contração musculares de face, ombro, mandíbula e piscadas dos olhos, foram removidos do dado original.

Após o tratamento dos artefatos, os registros foram avaliados em um estudo provido pela ferramenta que permite a determinação dos registros de cada sujeito e a condição de cada um deles. O estudo foi pré-computado para o cálculo da potência espectral e os dados são disponibilizados para análise. Os dados foram analisados pelas bandas de frequência tradicionais: Teta (4-8 Hz), Alfa (8-13 Hz), Beta (13-30 Hz) e Gama (30 - 70 Hz).

## 5.9. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados comportamentais do desempenho na tarefa DMTS dos grupos GEI, GCI, GCIsemNF foram analisados por meio de ANOVA, com correção post-hoc pelo teste de Bonferoni no pós-treino. A comparação pré e pós-treino para cada grupo foi utilizado o teste não-paramétrico de Wilcoxon para amostras pareadas, esses procedimentos foram feitos empregando o software de análises estatísticas Biostat 5.0.

A comparação do mapeamento espectral no processamento dos dados de EEG foi feita por ANOVA com correção post-hoc pelo teste de Bonferoni na análise entre grupos. E para a comparação pré e pós-treino na análise espectral utilizou-se o teste paramétrico para amostras pareadas (pré e pós treino) e não pareadas (entre grupos) t-test de acordo com o programa EEGLab.

O nível de significância utilizado tanto para a análise comportamental como para a análise do EEG foi o p valor igual ou menor que 0,05.



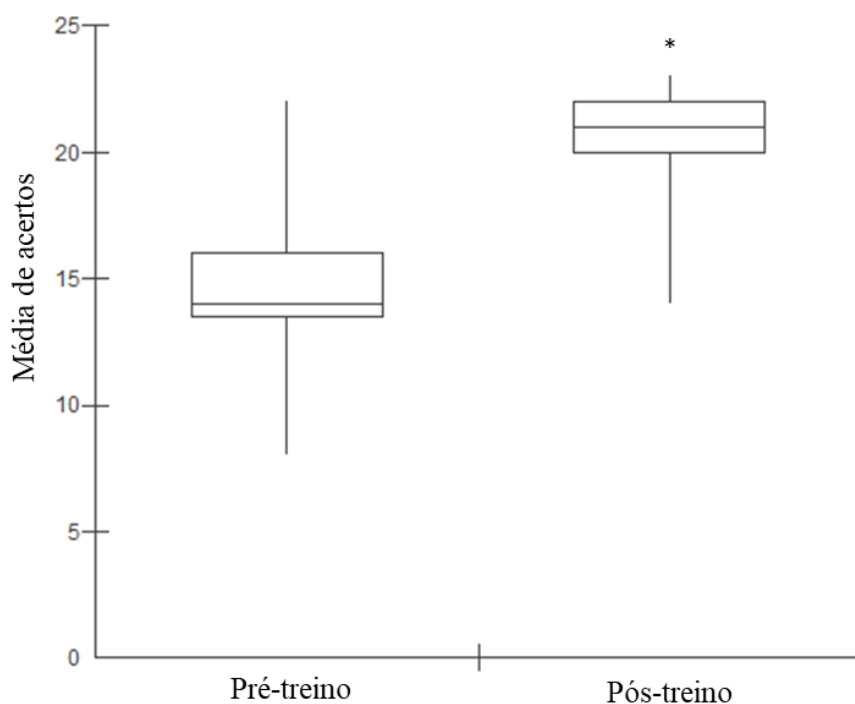
## **6 RESULTADOS**

## 6.1. RESULTADOS COMPORTAMENTAIS

Todos os participantes estavam com suas habilidades cognitivas e emocionais intactas de acordo com as escalas: PBAC (média=54,6; DP±4,01), BDI (média=9,05; DP±6,8), BAI (média=7, DP±5,5). A média de idade da amostra foi de 69,05 ±2,1, com 12 mulheres.

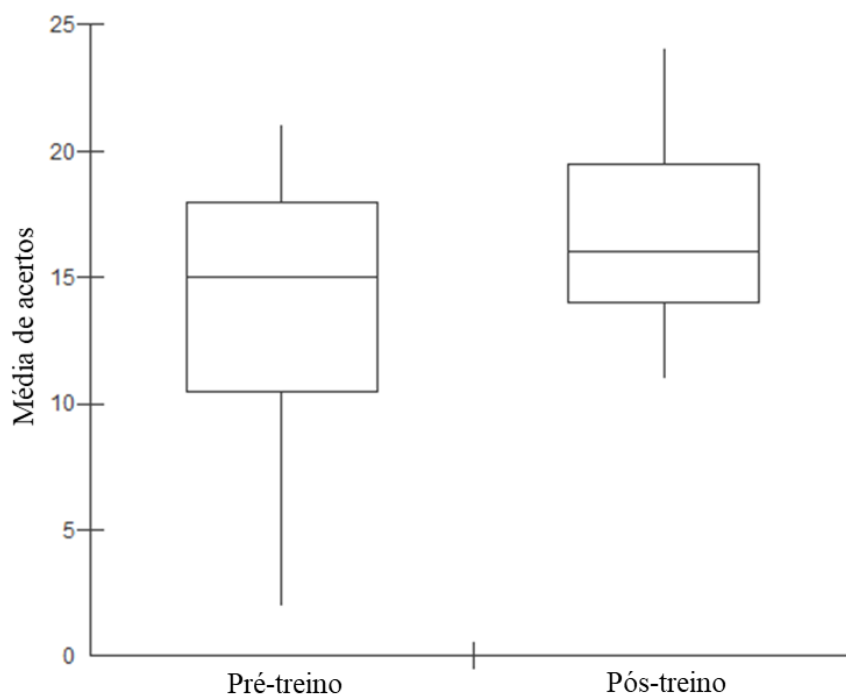
A análise entre sujeitos por grupo indicou os seguintes resultados no teste de memória operacional DMTS:

O GEI obteve média de resposta corretas no DMTS pré-treino de 14,57, enquanto que no DMTS pós-treino foi de 20,14, o teste Wilcoxon para amostras pareadas indicou um valor de  $p = 0,028$  para um intervalo de confiança de 95% (Figura 10)



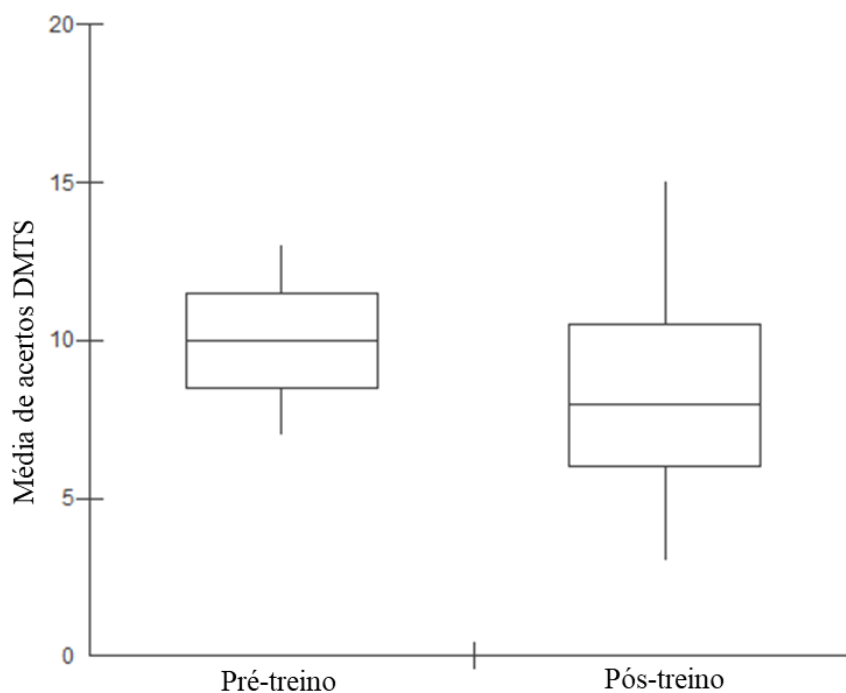
**Figura 10.** Comparação entre a média do número de acertos no pré e pós-treino no DMTS para o GEI, resultado pós-treino de NF. \*  $P < 0,05$ .

O GCI, apresentou a média de respostas corretas no DMTS pré-treino foi de 13,5, enquanto que no DMTS pós-treino foi de 16,83, o teste Wilcoxon para amostras pareadas indicou um valor  $p=0,17$  (Figura 11).



**Figura 11.** Comparação entre a média do número de acertos pré e pós-treino no DMTS para o GCI.

O grupo GCIsemNF apresentou a média de respostas corretas no primeiro DMTS de 10 e no segundo DMTS foi de 8,5 o teste Wilcoxon para amostras pareadas indicou um valor  $p=0,27$ . (Figura 12).



**Figura 12.** Comparação entre o número de acertos pré e pós-treino no DMTS para o GCIsemNF.

Em suma os resultados comportamentais indicaram uma mudança significativa ( $p < 0.05$ ) para o grupo de treino de NF (GEI) na média de acertos entre o pré e pós-treino, enquanto que os grupos controles não apresentaram tal diferença. A tabela 1 apresenta um resumo desses dados.

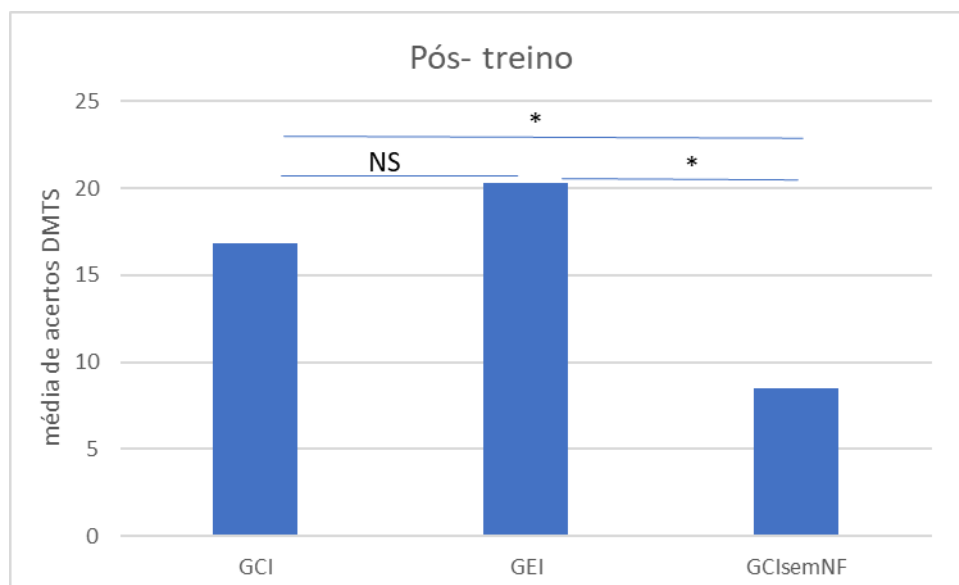
**Tabela 1** Resultados da análise entre participantes para os grupos experimental e controle na tarefa DMTS pela média de acertos. 1) GEI = grupo experimental idoso; 2) GCI = grupo controle idoso; 3) GCIsemNF = grupo controle idoso sem NF; 4) DMTS1 = média de acertos na primeira tarefa DMTS; 5) DMTS2 = média de acertos na segunda tarefa DMTS; 6)  $\Delta$  = diferença entre as médias de respostas corretas; 7) Wilcoxon (Z); 8) valor de p.

Grupos	DMTS Pré-treino	DMTS Pós-treino	$\Delta$	Wilcoxon (Z)	p-value
GEI	14,71	20,28	5,57	2,19	0,028
GCI	13,5	16,83	3,33	1,36	0,173
GCIsemNF	10	8,5	1,5	1,09	0,273

Uma comparação dos resultados da média de acertos na realização do DMTS pré-treino e pós-treino foi feita entre grupos por meio de uma ANOVA com correção Bonferoni na segunda comparação. Os resultados indicaram que na análise entre grupos

na realização do DMTS pré-treino obteve  $p > 0,1$ , o que demonstra que o grupo não tinha diferenças entre si.

E na análise por ANOVA entre grupos na realização do DMTS pós-treino indicou  $p < 0,05$ , sendo que de acordo com a correção na comparação entre o GEI e GCI não há diferença significativa, porém entre GEI e GCIsemNF e GCI e GCIsemNF há diferença significativa ( $p < 0.05$ ) entre os grupos (Figura 13).



**Figura 13** Análise entre grupos da média de acertos da tarefa DMTS pós-treino de NF. GCI (Grupo Controle Idoso), GEI (Grupo Experimental Idoso); GCIsemNF (Grupo Controle Idoso sem Neurofeedback).

## 6.2. RESULTADOS DO EEG

Os resultados de EEG serão apresentados da seguinte maneira, primeiramente serão apresentados os resultados ANOVA entre grupos por condição pré e pós-treino. Posteriormente, uma breve descrição da avaliação da ativação durante a realização da tarefa DMTS pré e pós treino entre participantes nos grupos (GEI, GCI e GCIsemNF), em seguida, serão conduzidas as comparações entre os grupos GEI e GCI, GCI e GCIsemNF; e GEI e GCIsemNF, que finaliza nas interações. Posteriormente, as imagens serão apresentadas de acordo com as faixas de onda cerebral estabelecidas na análise de dados: teta (4-8hz), alfa (8-13 hz), beta (13-30hz) e gama (30-70hz).

### **6.2.1 ANOVA entre grupos por condição**

As comparações entre grupos por análise de variância indicam mudanças significativas na condição pré-treino entre grupos, para as faixas de frequência alfa, teta, beta e gama, mas ao observar a ativação nas imagens percebe-se que o spectrum do grupo GCIsemNF tem uma intensidade menor que os outros grupos, uma vez que esse possui menos participantes em relação aos outros grupos, pode-se inferir que a diferença no número dos participantes entre grupos possa ter influenciado os resultados da análise, mesmo utilizando as devidas correções estatísticas.

Assim, na condição pré-treino temos diferenças na faixa de frequência teta nas regiões centrais (C3,Cz e C4) e frontais direita (F4,Fp2,Fp1); na faixa de frequência alfa nas regiões também centrais (C3,Cz eC4) e frontais direita (F4, F8, Fp2, Fp1) e ainda parietal direita (P4) e temporal esquerda (P5); na faixa beta nas regiões do hemisfério direito (Fp2, F4, F8, C4, P4, O2), região central (Cz), frontal (Fp1) e temporal (T5) esquerda; na faixa de frequência gama, todo o córtex teve diferença exceto temporal esquerda (T3).

Já nos resultados da análise de variância na condição pós-treino entre grupos indica novamente diferenças em todas as faixas de frequência analisadas, mas em menos regiões do córtex quando comparado a condição pré-treino.

Portanto, na condição pós-treino temos que as diferenças na faixa de frequência teta a diferença foi significativa na região occipital esquerda (O1); na faixa de frequência alfa a diferença foi nas regiões central esquerda (Cz, C3, T3) e occipital (O1); na faixa de frequência beta a diferença foi nas regiões central (Cz e C3) e occipital (O1); na faixa de frequência gama a diferença foi na região frontal (F8)

### **6.2.2 Comparação pré e pós treino entre participantes por faixas de frequência**

De forma geral, os resultados das imagens do pré e pós-treino demonstraram maior ativação em alfa nos grupos GEI e GCI, sendo que o grupo GCI teve uma diferença significativa entre as condições na região frontal (F7), temporal (F3) e occipital (O1)

esquerda. E o grupo GEI teve uma diferença significativa entre sessões na região frontal (F3) esquerda e temporal direita (T6).

Em relação a frequência beta o grupo GCI e GEI apresentaram diferenças significativas entre sessões nas regiões frontais, porém GCI apresentou na região frontal esquerda (F7) e o grupo GEI apresentou diferenças significativas na região frontal central (Fz). A frequência teta teve somente diferença no grupo GCI, na região occipital esquerda (O1), e a frequência gama não se modificou no pré e pós- treino.

O grupo GCIssemNF não apresentou mudanças significativas entre condições em nenhuma das faixas de frequência analisadas.

### **6.2.3 Interações entre grupos**

Na interação entre os grupos tem-se que não houve diferença significativa entre GCI e GEI em nenhuma das faixas de ondas analisadas.

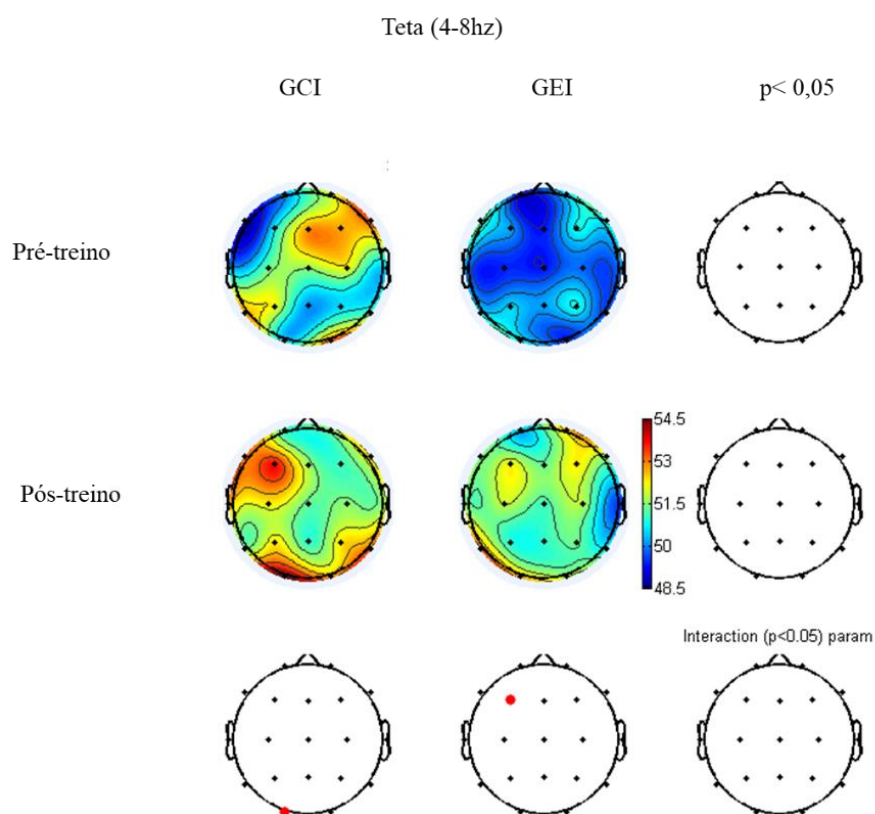
Porém entre GCI e GCIssemNF houve diferença significativa em teta nas regiões frontal direita (Fp2, Fz, F4, F8), parietal (P3) e temporal esquerda (T5). Em alfa também houve diferença nas regiões frontais (Fp2, Fz, F4, F8), parietal (P3) e temporal esquerda (T5), igualmente a faixa de frequência teta. Em beta houve diferença significativa na interação de GCI e GCIssemNF nas regiões frontais direita (Fp2, Fz e F4) e em gama houve maior diferença significativa em quase todo o córtex, pois conteve as áreas frontais (Fp2, F3, Fz, F4 e F8), central (Cz), parietais (P3, Pz, P4) e temporais (T5, T6 e T4).

Na interação entre GEI e GCIssemNF houve diferença significativa para teta na região frontal (F4) e temporal (T4 e T6) direita e parietal central (Pz) e esquerda (P3). Para a faixa de frequência alfa temos que as interações entre GEI e GCIssemNF indicaram diferença significativa na região frontal (F4) e temporal (T4) direita e parietal esquerda (P3). Em beta tem-se diferença significativas nas interações na região frontal (F4, F8) direita e em gama na região frontal direita (F8).

### **6.2.4 Resultados por faixa de frequência**

### 6.2.4.1 Ondas teta (4-8hz)

Para a faixa de frequência teta tem-se que o espectro entre as condições pré e pós treino entre participantes do GCI e GEI respectivamente, demonstra mudanças significativas somente no GCI na região occipital esquerda (O1) e em GEI na região frontal esquerda (F3). Na análise entre grupos, GCI e GEI, não houve diferença entre eles de forma significativa nas condições pré e pós treino (Figura 14).

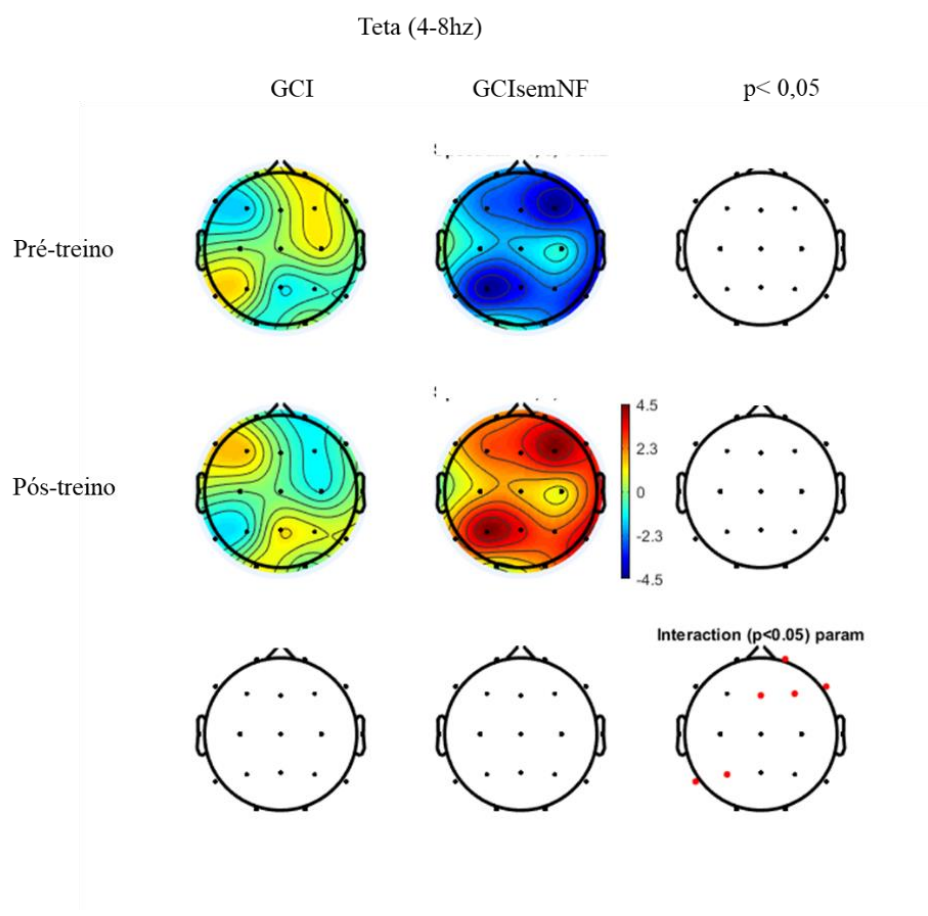


**Figura 14** Interações entre os grupos GCI e GEI entre pré e pós-treino; entre os grupos e suas interações em Teta (4-8hz), para  $p < 0.05$

Na comparação entre GCI e GCIsemNF não houve diferença significativa nas condições pré e pós treino para a faixa teta, mas na interação entre condições pré e pós e entre sujeitos, houve diferenças significativas na região frontal direita (Fp2, FZ, F4, F8) e na região temporal (T5) e parietal (P3) esquerda. Ao observar a imagem temos que a intensidade do espectro entre condições na análise inter-sujeito no GCI é menor do que

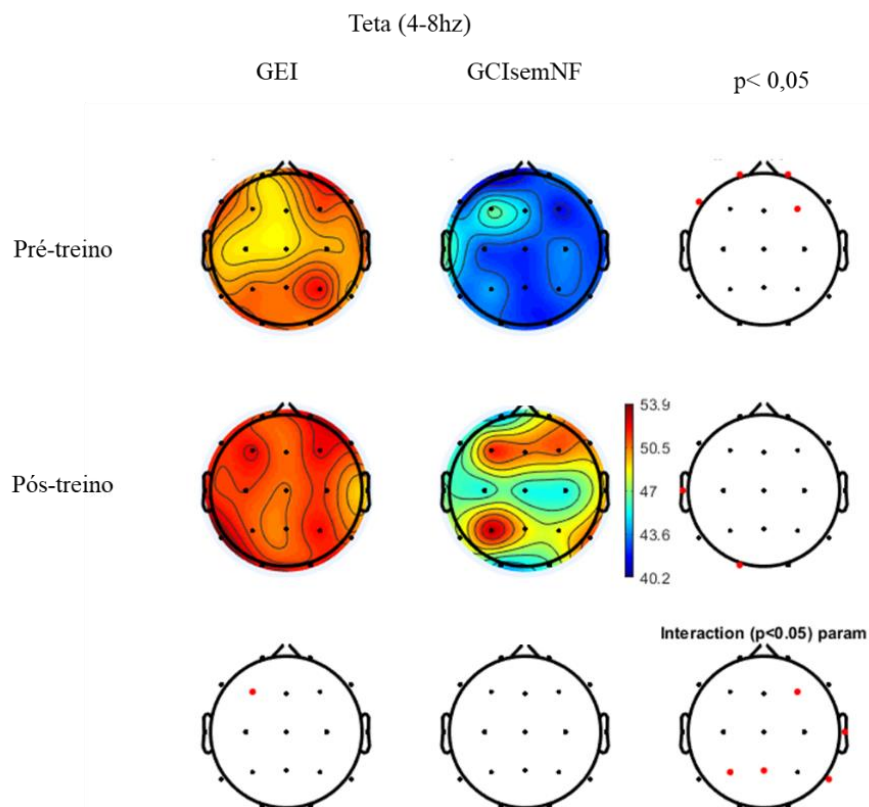


no GCIsemNF, onde há um aumento de intensidade na realização da tarefa pré e pós treino, mesmo que não significativa, porém evidente na interação (Figura 15).



**Figura 15.** Interações entre os grupos GCI e GCIsemNF entre pré e pós-treino; entre os grupos e suas interações em Teta, para  $p < 0.05$

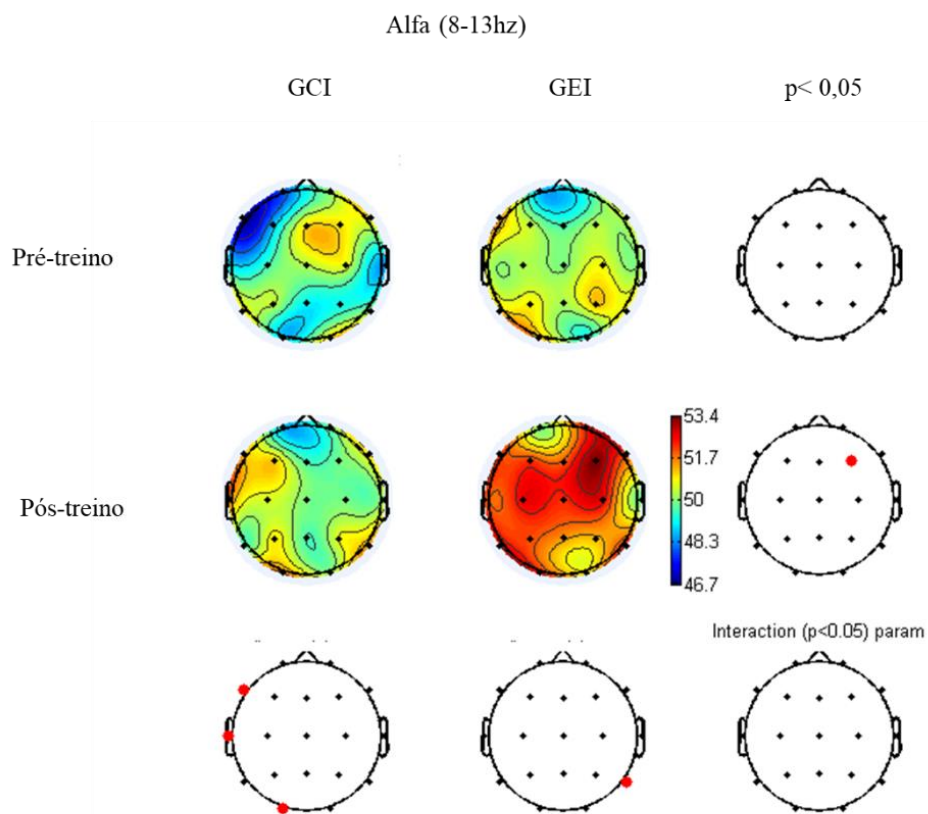
Para a análise entre condições pré e pós treino entre os participantes GEI e GCIsemNF não houve mudanças significativas na faixa teta para o GCIsemNF, em nenhuma região, mas a análise entre grupos GCI e GCIsemNF demonstrou uma diferença significativa entre os grupos na condição pré, nas regiões frontais (Fp1, Fp2, F4, F7), com uma maior ativação do grupo controle placebo em relação ao grupo controle sem NF. Na condição pós treino as diferenças foram nas regiões esquerda temporal (T3) e occipital (O1). Culminando na interação predominante no hemisfério direito nas regiões frontal (F4) e temporal (T4 e T6), e parietal esquerda (Pz e P3) (Figura 16)



**Figura 16.** Interações entre os grupos GEI e GCIsemNF entre pré e pós-treino, entre os grupos e suas interações em Teta, para  $p < 0,05$ .

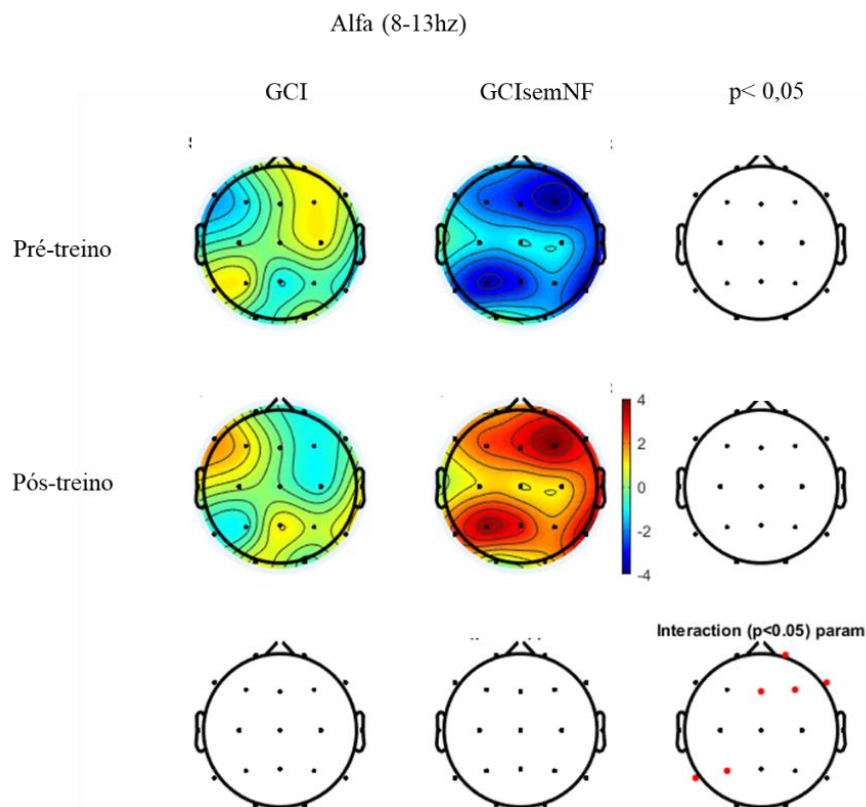
#### 6.2.4.2 Ondas Alfa (8-13hz)

Para a frequência de onda alfa a análise entre condição pré e pós treino no GCI e GEI respectivamente, indicou mudanças significativas para o GCI nas regiões frontais (F7), temporais (T3) e occipital esquerda (O1). Já o GEI houve mudança significativas nas regiões temporal direita (T6). Na análise entre grupos GCI e GEI, houve mudança significativa na condição pós-treino para a região frontal direita (F4), demonstrada no espectro como uma maior ativação para o grupo experimental na condição pós-treino em relação ao grupo placebo. Na interação não houve diferença significativa (Figura 17).



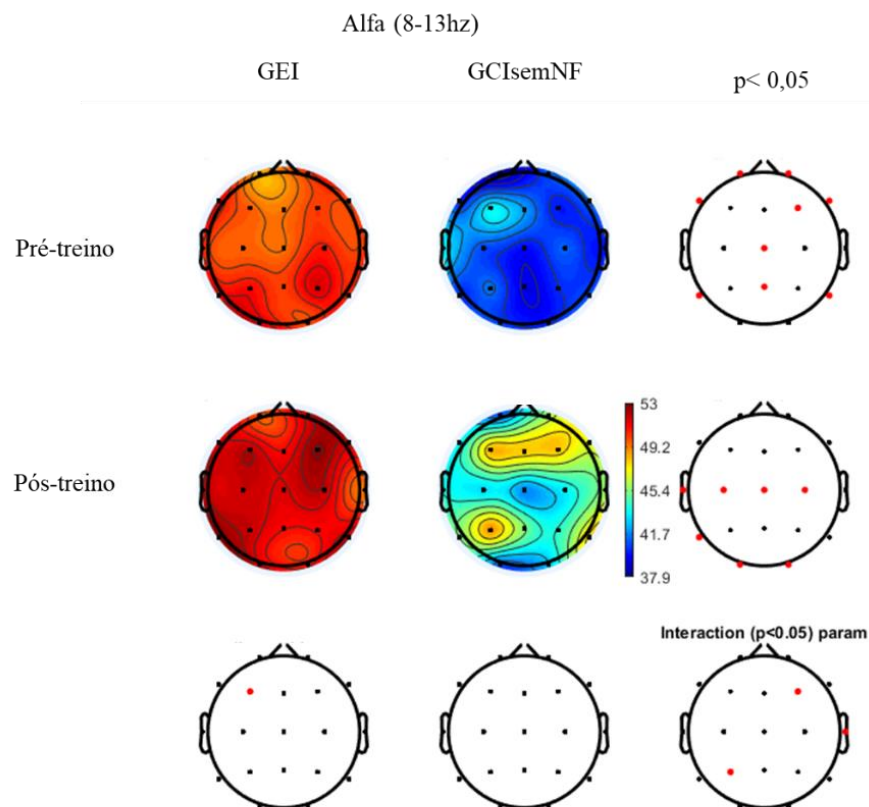
**Figura 17.** Interações entre os grupos GCI e GEI entre pré e pós-treino; entre os grupos e suas interações em Alfa (8-13hz) para  $p < 0,05$ .

Para a análise entre condições pré e pós treino no GCIsemNF não houve diferença significativa na faixa de frequência alfa, nem na comparação entre grupos GCI e GCIsemNF. A interação indicou uma diferença significativa na região frontal direita (Fp2, Fz, F4, F8) e na região temporal (T5) e parietal (P3) esquerda, igualmente a teta.



**Figura 18.** Interações entre os grupos GCI e GCIsemNF entre pré e pós-treino; entre os grupos e suas interações em Alfa (8-13hz) para  $p < 0,05$ .

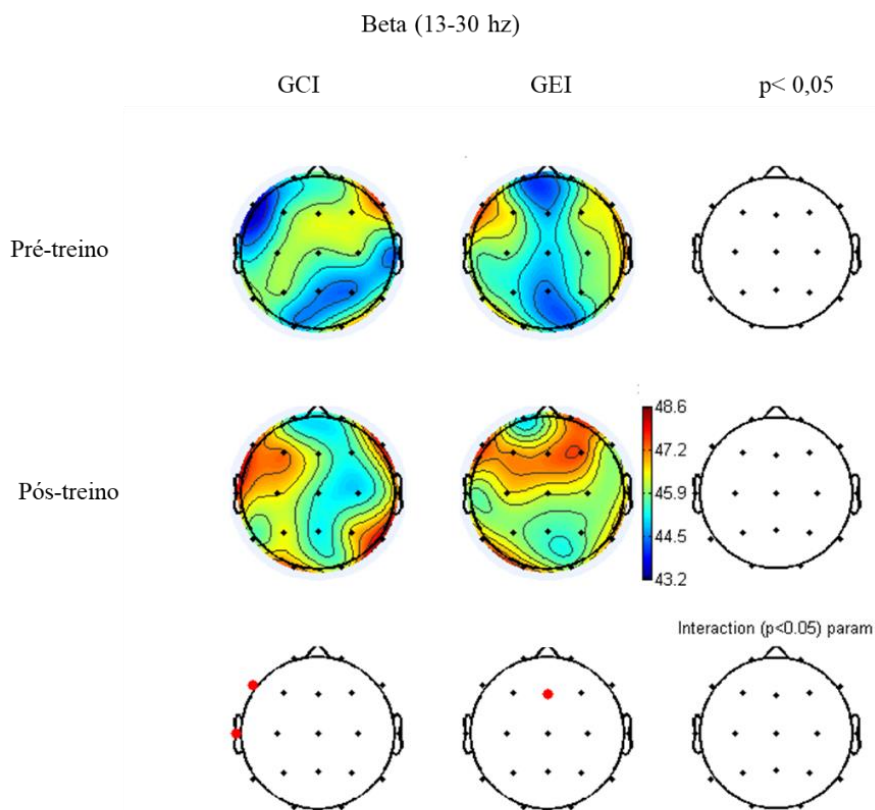
Na análise entre grupos GEI e GCIsemNF tem-se diferenças significativas tanto na condição pré como na condição pós treino. Na condição pré treino a análise indica diferenças na região frontal (Fp1 e Fp2, F7, F4, F8) e central (Cz, Pz) e occipital (T5, T6), Na condição pós treino a análise indica diferenças significativas na região central (C3, Cz, C4), occipital (O1, O2) e temporal esquerda (T3, T5). Na interação entre condições e grupos culmina numa diferença significativa nas regiões frontal (F4), temporal (T4) direita e parietal (P3) esquerda.



**Figura 19.** Interações entre os grupos GEI e GCIsemNF entre pré e pós-treino; entre os grupos e suas interações em Alfa (8-13hz) para  $p < 0,05$ .

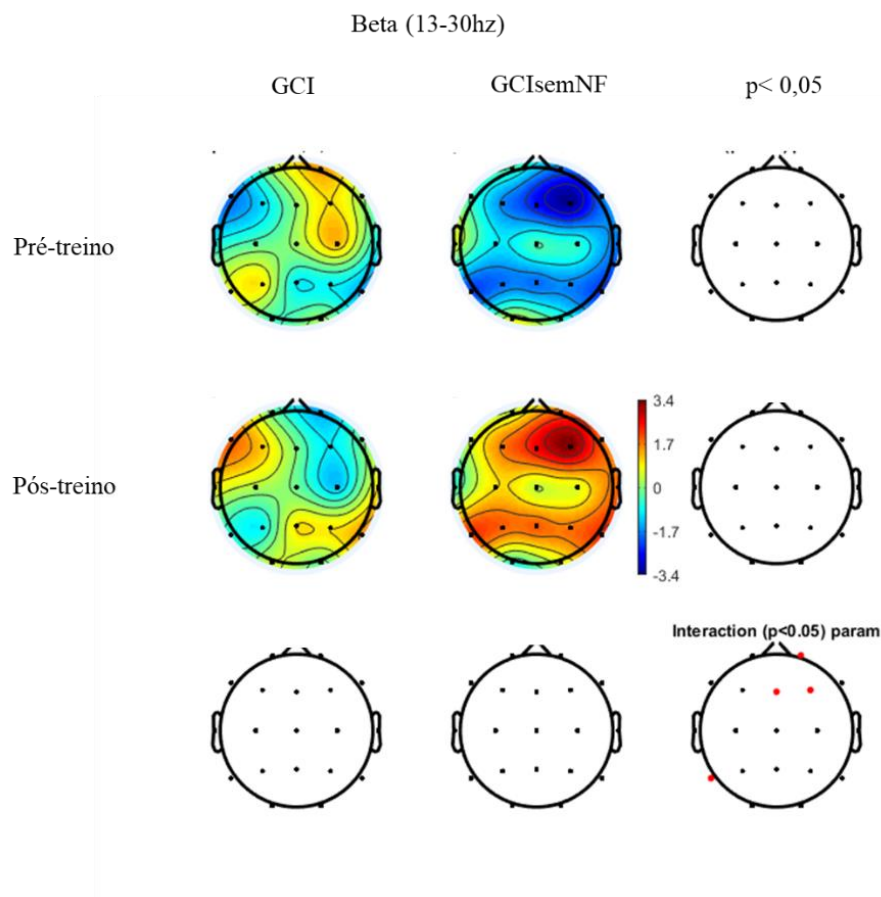
#### 6.2.4.3 Ondas Beta

Para a frequência de onda beta entre condições pré e pós treino no GCI e GEI respectivamente, houve diferença significativa no GCI na região frontal (F7) e temporal (T3) esquerda para o GEI na região frontal central (Fz). Não houve diferença significativa entre condições pré e pós treino para a faixa de frequência beta.



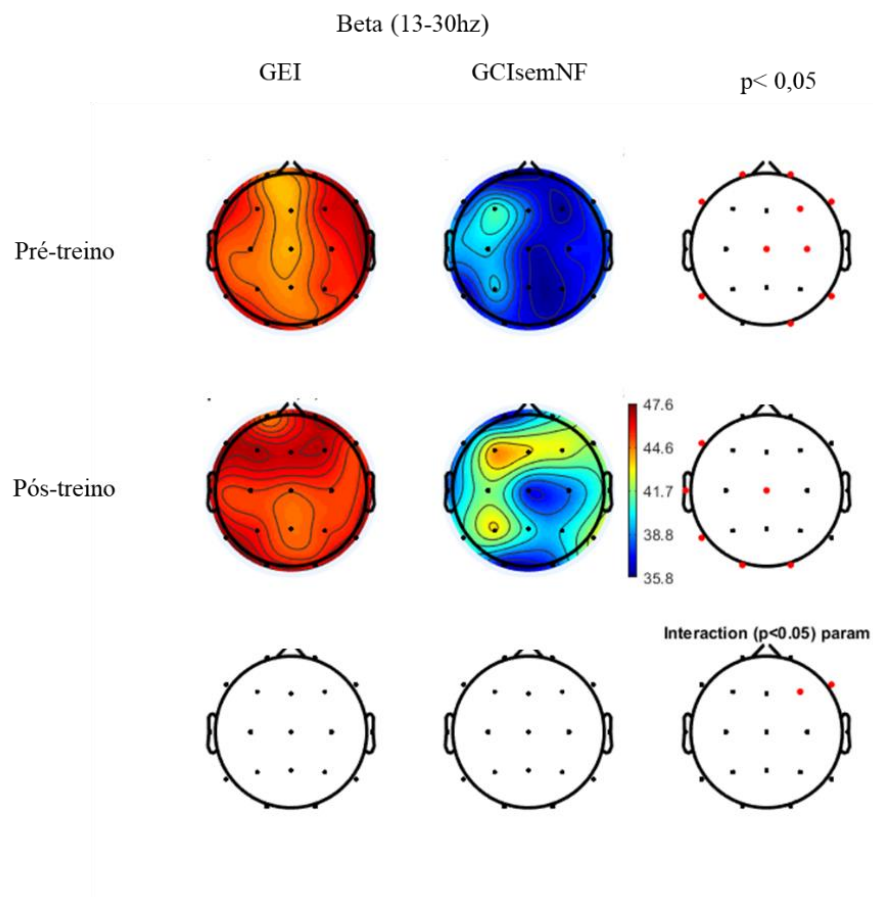
**Figura 20.** Interações entre os grupos GCI e GEI entre pré e pós-treino, entre os grupos e suas interações em Beta (13-30hz) para  $p < 0,05$ .

Para a análise entre condições pré e pós treino no GCIsemNF pode se observar que não houve diferença significativa entre participantes. E na análise entre grupos GCI e GCIsemNF não houve diferenças significativas para a faixa de frequência beta. Na interação entre condição pré e pós e entre grupos, apresentou-se diferença significativa para a região frontal (Fz, Fp2, F4) direita e temporal (T5) esquerda.



**Figura 21.** Interações entre os grupos GCI e GCIsemNF entre pré e pós-treino, entre os grupos e suas interações em Beta (13-30hz) para  $p < 0,05$ .

Na análise entre grupos GEI e GCIsemNF nas condições pré e pós treino tem-se que há diferença significativa na condição pré treino nas áreas frontais (Fp1, Fp2, F7, F4, F8), nas áreas centrais (Cz e C4) direita, temporal (T5 e T6) e occipital (O2). Na condição pós treino tem-se uma diferença significativa principalmente no hemisfério esquerdo, nas regiões frontais (F7), temporal (T3, T5) e occipital (O1, O2) e central (Cz). Na interação entre condição e grupos tem-se uma diferença significativa na área frontal direita (F4, F8).

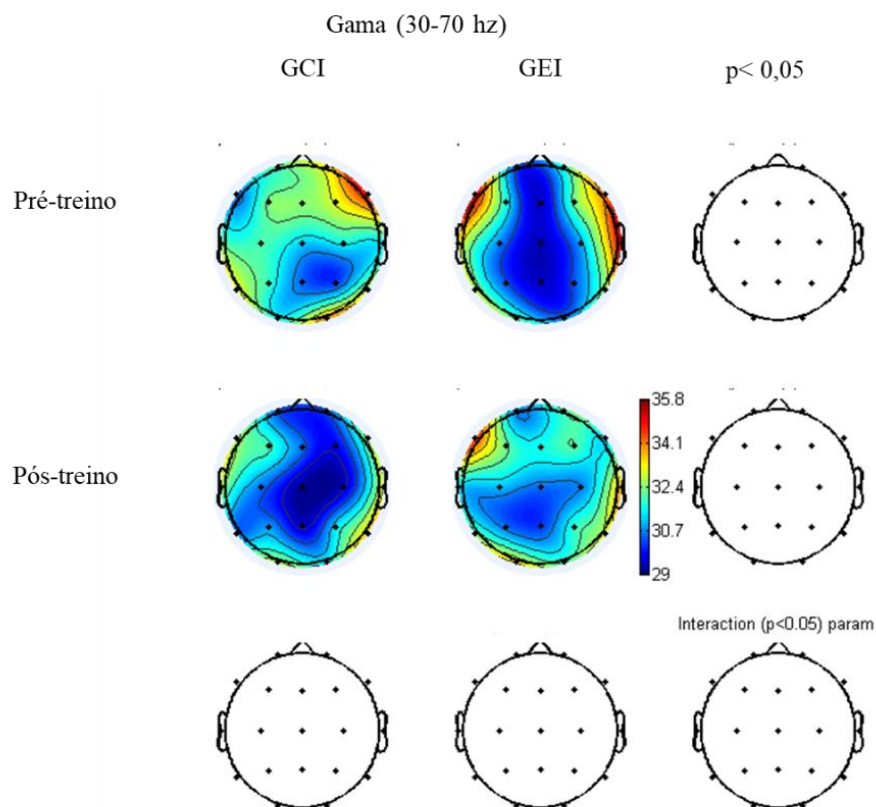


**Figura 22.** Interações entre os grupos GEI e GCIsemNF entre pré e pós-treino, entre os grupos e suas interações em Beta (13-30hz) para  $p < 0,05$ .

#### 6.2.4.4 Ondas Gama

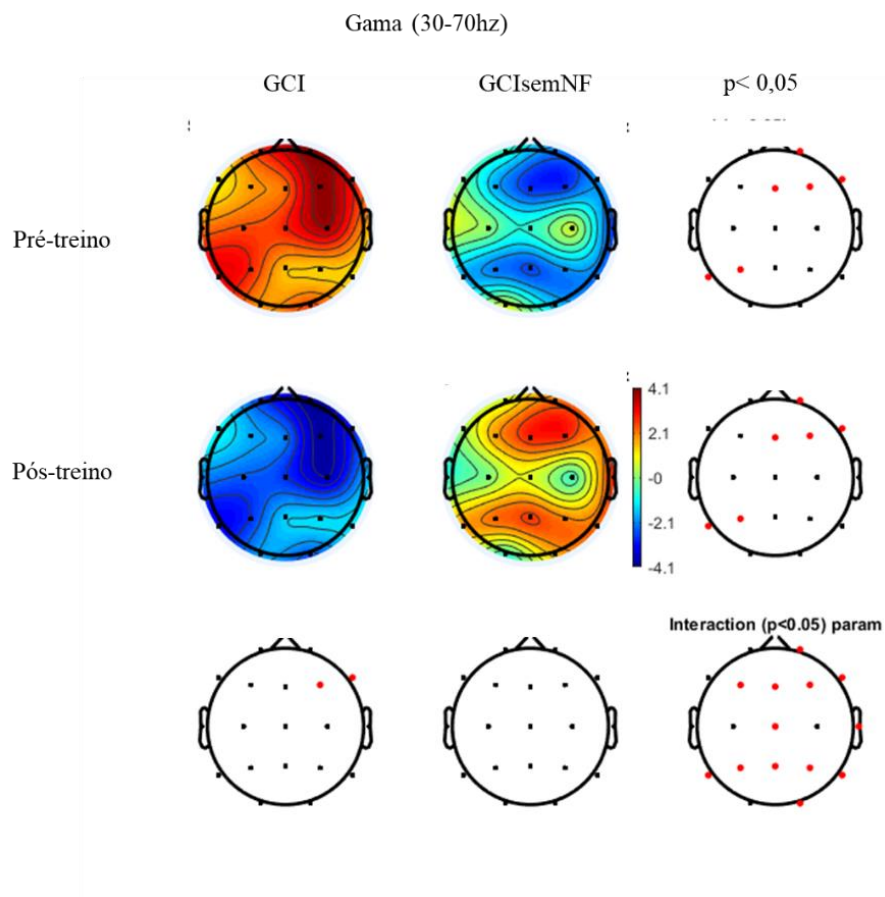
Para a faixa de frequência gama não houve diferença significativa nas condições pré e pós treino entre participantes e nem na comparação entre grupos GCI e GEI (Figura 23).





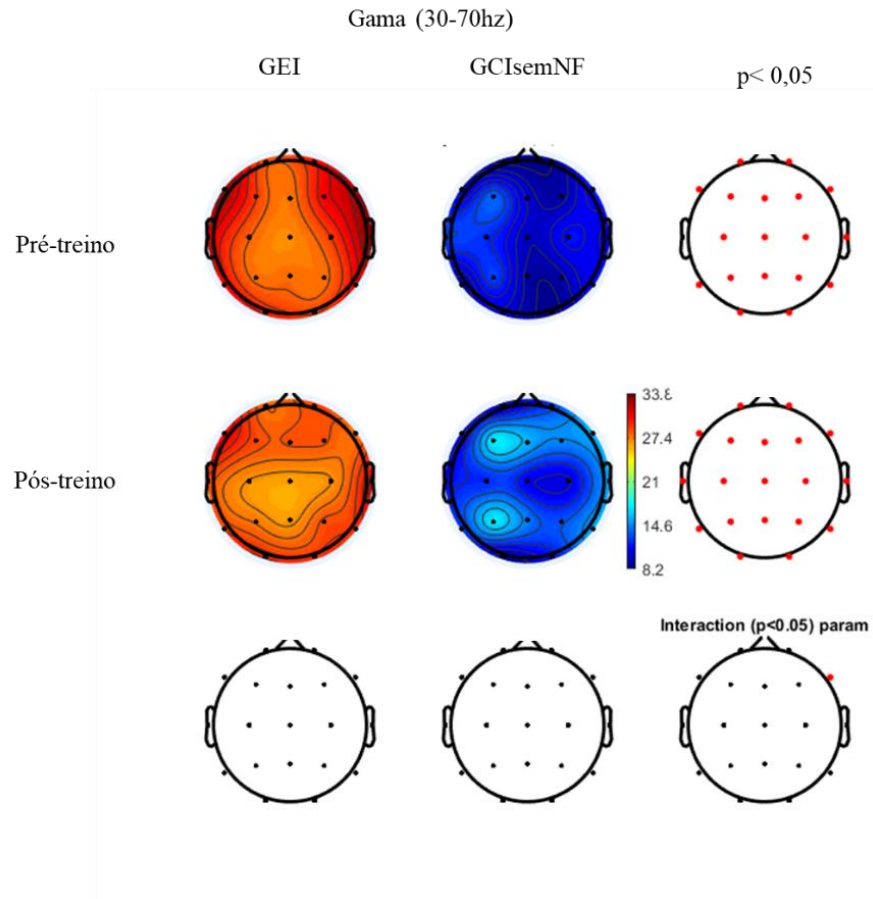
**Figura 23.** Interações entre os grupos GCI e GEI entre pré e pós-treino, entre os grupos e suas interações em Gama (30-70hz) para  $p < 0.05$ .

Para a comparação entre condições pré e pós treino no GCIsemNF não houve diferença significativa na faixa de frequência gama. Na comparação entre grupos GCI e GCIsemNF houve diferença significativa na condição pré treino nas regiões frontal (Fp2, Fz, F4, F8) direita e na região parietal (P3) e temporal (T5) esquerda. Na condição pós-treino houve a mesma diferença observada na condição pré-treino. Na interação entre condições e grupos houve diferença significativa em praticamente todo o córtex exceto na região central C3, C4 e na occipital O1.



**Figura 24.** Interações entre os grupos GCI e GCIsemNF entre pré e pós-treino, entre os grupos e suas interações em Gama (30-70hz) para  $p < 0.05$ .

Na análise entre grupos GEI e GCIsemNF para cada condição, observou-se diferenças significativas em gama na condição pré em todo o córtex exceto T3, bem como na condição pós que incluiu todas as áreas. Assim, na interação entre condição e grupos a análise indica que houve somente diferença significativa na região frontal F8 (Figura 25)



**Figura 25.** Interações entre os grupos GEI e GCIsemNF entre pré e pós-treino, entre os grupos e suas interações em Gama (30-70hz) para  $p < 0.05$ .

## **7 DISCUSSÃO**

O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do treino de *neurofeedback* numa população idosa hígida, sobre a memória operacional, aspecto que apresenta declínio com o decorrer da idade.

Os resultados obtidos indicam que os sujeitos treinados com NF apresentaram um desempenho melhor nos testes de memória operacional quando comparados com indivíduos sem NF. Ou seja, os sujeitos do GEI apresentaram um maior número de acertos no teste após o treino com NF indicando que este treino facilitou processos atencionais que são críticos para o bom desempenho em testes de memória operacional.

Uma comparação entre os diferentes grupos na fase pré-treino indicou que os mesmos não diferem quanto ao desempenho ( $p > 0.05$  ANOVA). Isto é, não havia uma diferença prévia na composição dos grupos que pudesse justificar um melhor desempenho observado para alguns grupos na fase pós-treino. Portanto, o treino de NF parece ter sido responsável por esta melhora no desempenho.

Porém, a análise de variância entre os grupos no pós-treino, indicou que o GEI e o GCI não têm diferença significativa entre eles, somente entre GEI e GCIsemNF ( $p < 0.05$ ) e GCI e GCIsemNF ( $p < 0.05$ ), como observado na Figura 13. Entretanto, o grupo controle que realizou o treino fictício (placebo) apresentou alguma melhora em seu desempenho no teste realizado após este “treino” sugerindo que o procedimento de treino sem contingência é capaz de produzir um efeito facilitador sobre processos atencionais que refletem no desempenho do teste de memória operacional. Ou seja, a simples ida frequente ao laboratório, a colocação dos eletrodos, etc, exerce um papel facilitador. Porém, esta facilitação não é tão pronunciada quanto aquela observada nos sujeitos que passaram por um treinamento real com NF.

Esses resultados estão de acordo com aqueles obtidos por Reis *et al.* (2016), em relação ao grupo placebo, uma vez que em seu estudo também foi observado incremento no ritmo alfa no grupo placebo. Com isso, pode-se argumentar que dentro dos princípios de condicionamento operante, o reforço deve vir de forma contingente para que haja condicionamento, porém, a incontingência do reforço pode também influenciar os resultados (STREHL, 2014), já que de alguma maneira existe um *feedback* agindo sobre a ação do participante. Mais ainda, pode-se observar que nenhum participante percebeu que estava no grupo placebo, ou seja, que o treino era uma repetição ou que não havia *feedback* de acordo com o que eles faziam, o que influencia os resultados placebo, já que

as expectativas contingenciais sobre o resultado de uma ação interferem na capacidade de auto-regulação nos indivíduos (WITTE et.al, 2013). Portanto se o participante identifica o treino como verdadeiro e recebe algum retorno, mesmo que não-contingente sobre sua ação, ele pode modifica-la para seu benefício e conseqüentemente obter uma melhora no desempenho.

Assim, o incremento da memória operacional não ocorreu somente pelo treino efetivo, mas também pelo placebo, demonstrando que a exposição a técnica já provoca mudanças positivas nas habilidades cognitivas do participante, enquanto que a falta de estimulação se mostrou deletéria para o participante, pois o grupo que não realizou o treino de NF, além de não apresentar diferenças significativas entre condições pré e pós treino, teve seu desempenho diminuído em cinco semanas.

Como referido anteriormente, a memória operacional é um modelo multicomponente que envolve mais de uma área cortical, principalmente nas regiões do lobo temporal medial e frontal dorsolateral. As ativações captadas por EEG são de camadas superficiais do córtex não possibilitando a captação da atividade neural em áreas mais profundas como o lobo temporal medial ou a parte inferior do córtex parietal. Porém, no estudo, foi possível observar que as áreas de maior ativação nesta fase da tarefa pré-treino são referidas como áreas recrutadas durante a execução de tarefas de memória operacional, como a região frontal e central principalmente nas ondas alfa e teta. O fato de ser observado uma maior ativação de alfa no hemisfério direito nas interações está de acordo ao observado por Baddeley (2003) de maior ativação de áreas fronto parietais na região direita para conteúdo de memória visual. Contudo, a comparação entre condições pré e pós treino para os participantes de GCI e GEI a ativação de alfa se deu principalmente no hemisfério esquerdo (Figura 14 e Figura 15).

Vale ressaltar que na condição pré-treino observamos em todas as faixas de frequência, uma maior intensidade e diferenças significativas em praticamente todas as regiões mensuradas. Entretanto no pós-treino há uma mudança na quantidade de posições com diferenças significativas, mesmo que estes se remetam as mesmas regiões. Assim, em teta observa-se que todo o córtex se ativou durante a tarefa, exceto T3 e F3. Mas, no pós-treino menos regiões estavam ativadas, havendo diferenças em área frontal, temporal, central e occipital. Este padrão também ocorre para a onda alfa, no qual todo córtex estava ativado durante a execução da tarefa no pré-treino, exceto a região T3, e no pós-treino a

área frontal, temporal, central, occipital e parietal apresentaram diferenças significativas, porém em menos pontos.

Para beta, no pré-treino e no pós-treino todas as regiões do córtex mensuradas, apresentaram ativação significativa, com predominância do hemisfério direito.

Foi possível observar também uma diferença significativa na interação entre os grupos GCI e GCIsemNF com ativação em gama, nas condições pré e pós-treino. Essa ativação em ambas as condições para todos os sujeitos, reforça a o papel da atividade gama na promoção da integração da conectividade durante a tarefa de memória operacional (CONSTANTINIDIS e KLIMGBERG, 2016).

Em relação a ativação entre o pré- e pós- treino os resultados indicaram que os participantes do grupo GEI apresentaram menor ativação em todas as faixas de frequência entre sessões do que o grupo GCI. Entretanto, seu resultado comportamental foi significativamente melhor do que o GCI. Assim, pode-se inferir que o treino com NF resultou numa ativação cortical menos generalizada que se relaciona com um melhor desempenho no teste de memória operacional.

Como no idoso as mudanças cognitivas e comportamentais são evidentes por mudanças neurobiológicas que ocorrem devido a mudanças volumétricas em estruturas cerebrais, gerando uma menor eficiência no processamento da informação incluindo diminuição da velocidade de processamento, memória operacional, controle inibitório e memória de longo prazo (PARK e REUTER-LORENZ, 2009), já ressaltado anteriormente tem-se que essa população vai utilizar de recursos para poder manter o desempenho, sendo que um dos recursos utilizados pelo idoso é o aumento da intensidade de ativação durante a realização de uma tarefa mais complexa, o que foi observado no GCI.

Reuter- Lorenz e Cappell (2008) denominou essa compensação de Hipótese de Compensação Relacionada a Utilização de Circuitos Nuronais – *Compensation-Related Utilization of Neural Circuits Hypothesis* (CRUNCH) - onde o idoso supera a ativação esperada em uma determinada área durante a tarefa para manter o desempenho, como uma estratégia para as mudanças corticais citadas acima. Portanto o CRUNCH pode explicar a ativação cortical generalizada que observamos nos nossos sujeitos idosos no GCI.

Já em relação ao GEI, como o treino se deu na região central, com feedback no aumento do RSM, que ocorre na faixa de 12-15hz, que é uma pequena faixa de frequência entre alfa e beta evidente na região sensoriomotora (Cz), que favorece a atenção sustentada e a integração cortical (KOBBER *et al.*, 2014), portanto não haveria necessidade deste aumento na ativação para manutenção do desempenho (VERMEIJ *et al.* 2017), como observado na fase pós-treino para os sujeitos submetidos ao treino de NF. Pode-se inferir que o treino promoveu uma plasticidade na forma de ativação por meio de uma menor atividade para realização da tarefa.

Assim, a plasticidade neuronal observada por meio do treino pode ser considerada de acordo com o modelo Interativo – *INTERACTIVE model* – onde sugere-se que a ativação possa ser modificada de acordo com o tipo do treino realizado. Assim, quando um treino envolve repetição de uma tarefa, geralmente está associado a diminuição da ativação, enquanto um treino envolvendo mudanças metacognitivas e novos aprendizados podem levar ao aumento da ativação na área esperada ou ativar novas áreas (BELLEVILLE *et al.*, 2014). No caso do treino de NF empregado em nosso estudo que envolve o reforço de uma mesma região e faixa de onda ao longo de dez sessões, pode-se considera-lo como sendo de prática repetitiva – *Repeated Practice*, no qual há uma redução da necessidade de ativação pelo aumento da eficiência nas regiões recrutadas.

Um estudo conduzido por Naito e Hirose (2014) que avaliou a eficiência das regiões motoras recrutadas por jogadores de futebol e outros atletas durante a FMRI, obteve resultados semelhantes e de acordo com o modelo interativo, com maior destaque para o jogador de elite Neymar, que apresentou uma atividade ainda mais reduzida na área motora em relação a seus colegas.

A região occipital apresentou diferenças um incremento da atividade na fase pós treino, o que está de acordo com o estudo de Satiram *et al.* (2016) no qual a área occipital lateral está relacionada aos processos cognitivos de controle no treino de NF visual.

Além disso, para realizar o teste de memória operacional, DMTS, adaptado de maneira a atender os critérios avaliativos do estudo, foram utilizadas imagens de paisagens naturais com o intuito de compor estímulos neutros, porém a paisagem remete a conteúdos linguísticos e emocionais que não foram controlados na pesquisa. Assim, parte da ativação nas regiões temporais pode referir a decodificação desse conteúdo.



Nosso estudo apresenta algumas limitações. Um fator que pode ter influenciado nos resultados obtidos é o tamanho da amostra, principalmente a amostra sem treino de NF, que continha somente quatro sujeitos, uma amostra pareada em todos os grupos poderia levar a resultados mais fidedignos. A amostra de treino de *neurofeedback* e placebo também poderia conter mais participantes o que levaria a um aumento na força dos resultados estatísticos. Outro fator que pode ter influenciado nos resultados foi o uso de paisagens como imagens no DMTS, pois esse se remeteu a fatores linguísticos e emocionais, assim para uma menor interferência deste conteúdo nos resultados, imagens sem significado linguístico ou paisagens de conteúdo semelhante como uma sequência de portas ou anagramas poderiam levar a diferentes resultados na atividade cortical e no índice de acertos

Adicionalmente, o espectro de EEG realizado concomitante a tarefa de memória operacional não seguia o desenho ou associação por evento relacionado (ERP). Este tipo de análise poderia contribuir num delineamento experimental para a avaliação dos acertos por períodos da tarefa, análise do posicionamento da imagem e a ativação cortical e potencial evocado.

## **8 CONCLUSÃO**

O *Neurofeedback* é uma técnica acessível de neuromodulação por meio do EEG que promove o condicionamento operante e a auto-percepção cognitiva. No envelhecimento, os indivíduos experimentam mudanças nas suas habilidades neuropsicológicas em função das mudanças estruturais neurobiológicas que ocorrem ao longo do tempo. Técnicas e ferramentas que favoreçam a formação de uma reserva cognitiva se tornam de fundamental importância para essa população, uma vez que, com o aumento da expectativa de vida os indivíduos passam muito tempo nessa etapa da vida.

O presente estudo apresentou o treino de Neurofeedback como ferramenta para a formação de reserva cognitiva no idoso, na medida em que pode evidenciar um incremento na sua capacidade de memória operacional visual.

Como mencionado anteriormente, os resultados comportamentais demonstraram que o incremento da memória operacional não ocorreu somente por meio de treino efetivo, mas também pelo placebo. Assim, a simples exposição a técnica provoca mudanças positivas nas habilidades cognitivas do participante.

O mapeamento da atividade cortical neste estudo reforçou o papel de áreas, fronto-medial, ligadas a memória operacional, em faixas de frequência também esperadas para a tarefa, teta e alfa. Foi possível observar também uma ativação significativa em gama, o que reforça seu papel na integração do processamento cognitivo. Além disso, as diferenças observadas no pré e pós treino para os grupos, evidenciou uma diferença significativa nos grupos controle, enquanto que o grupo experimental não modificou tanto sua ativação, isso pode ser explicado pelo fato do treino ser repetitivo, levando a uma redução na ativação da área que de acordo com o modelo Interativo, ocorre em função do aumento da eficiência das regiões recrutadas.

Por fim, o estudo apresenta limitações em relação ao tamanho da amostra, que por ser pequena pode ter influenciado a força estatística dos resultados, e limitações técnicas, pois uma associação da atividade por evento relacionado no EEG poderia fornecer dados mais precisos a respeito do desempenho do participante.

Porém, mesmo diante desses fatores limitantes esse estudo vislumbrou o potencial do NF como uma ferramenta eficiente no treino para o aumento da reserva cognitiva.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELAKIS E., STATHOPOULOU, S., FRYMIARE, J.L., GREEN, D.L., LUBAR, J., KOUNIOS, J. EEG Neurofeedback: A Brief Overview and an Example of Peak Alpha Frequency Training for Cognitive Enhancement in the Eldery, **The Clinical Neuropsychologist**. v. 21, 2007.

BADDELEY, A.D; BRESSI, S.; DELLA SALLA, S.; LOGIE, R.; SPINLER, H. The decline of working memory in Alzheimer's disease, a longitudinal study. **Brain**. v. 114, p. 2521-2542, 1991.

BADDELEY, A. D; HITCH, G.J. Developments in the concept of working memory. **Neuropsychology**. v. 8, n. 4, p. 485-493, 1994.

BADDELEY, A. D. The episodic buffer: a new component of working memory. **Trends in Cognitive Science**. v. 4, n. 11, p. 417-423, 2000

BADDELEY, A. D. Working memory: Looking back and looking forward. **Nature Reviews**, v. 4, p. 829-839, 2003.

BADDELEY, A.D. **Working memory, thought, and action**. United Kingdom: Oxford Press, 2007.

BECERRA, J., FERNANDEZ, T., ROCA-STAPPUNG, M., DIAS-GOMEZL., GALAN, L., BOSCH, J., ESPINO, M., MORENO A., HARMONY, T. Neurofeedback in healthy elderly human Subjects with electroencephalographic risk for cognitive disorder. **Journal of Alzheimer's Disease**, v. 28, 2011.

BECK, A. T. **Escalas Beck- Manual**. Editora Casa do Psicologo, São Paulo, Brasil, 2001.

BELLEVILLE, S., MELLAH, S., BOYSSON, C., DEMONET, J.F., BIER, B. The pattern and loci of training- induced brain changes in healthy older adults are predicted by the nature of the intervention. **PlosOne**. v. 9, n. 8, 2014.

BELHAM, F.S, SATLER, C., GARCIA, A., TOMAZ C., GASBARRI, A., REGO, A., TAVARES, M. C. Aged-related differences in cortical activity during visuo-spatial working memory task with facial stimuli. **PlosOne**, v. 8, n. 9, 2013.

BERGER, H. Uber das elektrenkephalogramm des menschen. **Arquives Psychiatric Nervenkr**. vol.87, p. 527-570, 1929.

BREHMER, Y.; WESTERBERG, H.; BÄCHMAN, L. Working memory training in young and older adults: training gains, transfer, and maintenance. **Frontiers in Human Neuroscience**. v. 6, p. 1- 7, 2012.

BRASIL. Resolução número 466/2012 de 12 de dezembro de 2012. Disponível em: [http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466\\_12\\_12\\_2012.html](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466_12_12_2012.html)

CAMPOS da PAZ NETO, A., KOUZAK, V., SATLER, C. Indução da produção de ondas de ritmo sensório-motor por biofeedback: Nova abordagem para complementação de treino cognitivo. Seção de pôster apresentado no XIII Congresso Brasileiro da Sociedade Brasileira de Neuropsicologia, 20-22 de novembro, Belo Horizonte, Brasil, 2014.

CONSTANTINIDIS, C., KLINGBERG, T. The neuroscience of working memory capacity and training. **Nature Reviews**, doi:10.1038/nrn.2016.43, 2016.

COWAN, N., ELLIOTT, E.M., SAULTS, J.S., MOREY, C.C., MATTOX, S., HISMJATULLINA, A., CONWAY, A.R. On the capacity of attention: its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. **Cognitive Psychology**. V. 51, n. 5, p. 42-100, 2005.

COWAN, N., MOREY, C.C. Visual working memory depends on attentional filtering. **Trends in Cognitive Science**. v. 10, n. 4, p. 139-141, 2006.

DAUME, J., GRUBER, T., ENGEL, A. K., FRIESE, U. Phase-amplitude coupling and long-range phase synchronization reveal frontotemporal interactions during visual working memory. **Journal of Neuroscience**. v. 37, n. 2, p. 313-322, 2017

DELLA SALLA, S; LOGIE, R.; SPINNLER, H. Is primary memory deficit of Alzheimer patients due to a “central executive” impairment? **Journal of Neurolinguistics**. v. 7, n.4, p. 325-346, 1992.

DELORME, A., SEJNOWSKI, T., MAKIEG, S. Enhanced detection of artifacts in EEG data using higher-order statistics and independent component analysis. **NeuroImage**. v. 34, n. 4, p. 1443-1449, 2007.

DELORME, A., MAKIEG, S. EEGLab: An open source toolbox for analysis of single trial EEG dynamics including independent component analysis. **Journal of Neuroscience Methods**. v. 134, p. 9-21, 2004.

DEMOS, J. N. **Getting Started with Neurofeedback**. W.W. Norton and Company, Nova York, NY, 2005.

DIAMOND, A. Executive Functions. **Annual Reviews in Psychology**. v. 64, p. 135-168, 2013

DOWNING, P.E. Interactions between visual working memory and selective attention. **Psychological Science**. v. 11, n. 6, p. 467-473, 2000.

D'ESPOSITO, M., POSTLE, B. The cognitive neuroscience of working memory. **Annual Review of Psychology**. v. 66, p. 115-142, 2015.

EGNER, T., GRUZILIER, J. EEG biofeedback of low beta band components: frequency specific effects on variables of attention and event-related brain potentials. **Clinical Neurophysiology**. v. 115, 2004

ENGLE, R. Working memory capacity as executive attention. **Current Directions in Psychological Science**. v. 11, n. 1, p. 19-23, 2001.

ERIKSSON, J., VOGEL, E. K., LANSNER, A., BERGSTROM, F., NYBERG, L. Neurocognitive architecture of working memory. **Neuron**. v. 88, p. 33-46, 2015.

FAN J., McCANDLISS B. D., SOMMER, T., RAZ, A., POSNER, M.I. Testing the efficiency and independence of attentional networks. **Journal of Cognitive Neuroscience**. vol. 14, p. 340-347, 2002

FUKUDA, K., MANCE, I., VOGEL, E. K. Alpha power and event-related slow wave provide dissociable correlates of visual working memory. **Journal of Neuroscience**. v. 35, n. 41, p. 14009-14016, 2015.

GARCIA, A., URIBE, C.E., TAVARES, M.C., TOMAZ C. EEG and autonomic responses during performance of matching and non-matching to sample working memory tasks with emotional content. **Frontiers in Behavioral Neuroscience**, v. 5, n. 82, 2011.

GRUZILIER, J. EEG-neurofeedback for optimising performance. I: A review of cognitive and affective outcome in healthy participants. **Neuroscience and Biobehavioral reviews**. 2013.

GRUZILIER J. A theory of alpha/theta neurofeedback, creative performance enhancement, long distance functional connectivity and psychological integration. **Research Report - Cognitive process**. 2008.

GRUZILIER, J., EGNER, T., VERNON, D. Validating the efficacy of neurofeedback for optimizing performance, 2006.

[http://research.gold.ac.uk/500/1/PSY\\_Gruzelier\\_2006a.pdf](http://research.gold.ac.uk/500/1/PSY_Gruzelier_2006a.pdf).

HAMMOND, D. Neurofeedback Training for Anxiety and Depression, **Journal of Adult Development**. v.12, 2005.

HARDT, J. V., KAMIYA, J. Anxiety change through electroencephalographic alpha feedback seen only in high anxiety subjects. **Science**. vol. 201, p. 79-81, 1978.

HELENE, A. F.; XAVIER, G. F. A construção da atenção a partir da memória. **Revista Brasileira de Psiquiatria**. v. 25, p. 12-20, 2003.

KAISER, D. A. Basic principles of quantitative EEG. **Journal of Adult Development**, v. 12, n. 2/3, p. 99-104, 2005.

KANE, M. J. ENGLE, R. W. The role of prefrontal cortex in working memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual- differences perspective. **Psychonomic Bulletin and Review**. v. 9, n. 4, p. 637- 671, 2002.

KLIMBERG, T. Training and plasticity of working memory. **Trends in Cognitive Science**. v. 14, n. 7, p. 317-324, 2010.

KLIMESCH, W. Memory processes, brain oscillations and EEG synchronization. **International Journal of Psychophysiology**. v.24, p. 61-100, 1996

KLIMESCH, W., DOPPELMAYR, M., RUSSENGGER, H., PACHINGER, T., SCHWAIGER, J. Induced alpha band power changes in human EEG and attention. **Neuroscience Letters**, v. 244, n. 2, p. 73-76, 1998.

KLIMESCH, W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. **Brain Research Review**. v.29, p. 169-195, 1999.

KOBER, S. E., WITTE, M., STANGL, M., VALJAMAE, A., NEUPER, C., WOOD, G. Shutting down sensorimotor interference unblocks the networks for stimulating processing: an SMR neurofeedback training study. **Clinical Neurophysiology**. v. 126, n. 1, p. 82-95, 2015.



KOUZAK, V., GARCIA, A., CAMPOS da PAZ NETO, A., TOMAZ, C. Efeito do atraso na atenção em uma tarefa de memória operacional visual. Seção de pôster apresentado no XV Congresso Brasileiro da Sociedade Brasileira de Neuropsicologia, 10-15 de novembro, Brasília, Brasil, 2016.

LACROIX J. M. "Mechanisms of biofeedback control," **Consciousness and Self-Regulation**, eds Shapiro D., Schwartz G. E., editors. (New York: Plenum), S.137–S.162, 1986.

LECOMTE, G., JUHEL, J. The Effects of Neurofeedback Training on Memory Performance in Elderly Subjects. **Psychology**. v. 2, n. 8, 2011.

LEHRER, P. e GEVIRTZ, R. Heart Rate Variability biofeedback: how and why does it works? **Frontiers in Psychology**. v. 05, 2014.

LISMAN, J. E., JENSEN, O. The theta-gamma neural code. **Neuron**. v. 77, p. 1002-1016, 2013.

LUBAR, J. F., LUBAR, J. O. Eletroencefalografic biofeedback of SMR and beta for treatment of attention deficit disorders in clinical setting. **Biofeedback and Self-regulation**. Vol. 9, p. 1-23, 1984.

LUCK, S. J., VOGEL, E. K. Visual working memory capacity: from psychophysics and neurobiology to individual differences. **Trends in Cognitive Neuroscience**, v. 17, n. 8, p. 391-400, 2013

LUSTIG, C.; SHAH, P.; SEIDLER, R.; REUTER-LORENZ, P. Aging training and the brain: A review and future directions. **Neuropsychology Review**. v. 19, n.4, p. 504-522, 2009.

LURIA, A. R. **The Working Memory**. Basic Books – a member of The Perseus Book Company, Reino Unido, 1973.

MONASTRA *et al.*, Electroencephalographic Biofeedback in the treatment of attention-deficit/Hyperactivity disorder. **Applied Psychophysiology and Biofeedback**. v. 30, n. 2, 2005;

MUELLER, S. T., PIPER, B. The psychology experiment building language (PEBL) and PEBL test battery. **Journal of Neuroscience Methods**. Vol. 222, p. 250-259, 2014.

NAITO, E., SATOSHI, H. Efficient foot motor control in Neymar's brain. **Frontiers in Human Neuroscience**. v. 8, p. 1-7, 2014.

NORMAN, D. A., SHALLICE, T. Attention to action – willed and automatic control of behaviour. **Bulletin of Psychonomic Society**, v.21, n.5, 1983.

OSTROSKY-SOLIS, F., GÓMEZ-PÉREZ, M. E, MATUTE, E., ROSSELLI, M., ARDILA, A., PINEDA, D. **NEUROPSI Atención y memoria 6 a 85 anos. Manual, instructivo e puntuaciones totales**. American Book Store, Cidade do México, México, 2003

PARK, D., C., REUTER-LORENZ, P., The adaptive brain: aging and neurocognitive scaffolding. **Annual Review of Psychology**. v. 60, p. 173-196, 2009

PEREIRA, D. A., SATLER, C., MEDEIROS, L., PEDROSO, R., TOMAZ, C. Philadelphia brief assessment of cognition in healthy and clinical Brazilian sample. **Arquivos de Neuropsiquiatria**. Vol. 70, n. 30, p. 175-179, 2012.

RAVEN, J. C. **Guide to Standard Progressive Matrices**. H. K. Lewis and Company, Londres, Reino Unido, 1960

REID, A., NIHON, S., THOMPSON, L. e THOMPSON, M. The effects of Heart Rate Variability Training on Sensorimotor Rhythm: A pilot Study. **Journal of Neurotherapy: Investigations in neuromodulation, neurofeedback and applied neuroscience**, v. 17, n.1, 2013.

REUTER-LORENZ, P. A., CAPPELL, K. A. Neurocognitive aging and the compensation hypothesis. **Current Direction in Psychological Science**. v. 17, n. 3, p. 177-182, 2008.

REIS, J., PORTUGAL, A. M., FERNANDES, L., AFONSO, N., PEREIRA, M., SOUSA, N., DIAS, N. An alpha and theta intensive and short neurofeedback protocol for healthy aging working memory training. **Frontiers in Aging Neuroscience**. v. 8, p. 1-11, 2016.

SCHWARTZ, M e ANDRASIK, F. **Biofeedback: A Practitioner's guide**, 3o. Edição, Guilford Press, Nova Iorque, EUA, 2003.

SIGNORET, J. L. **B.E.C. 96: Evaluation des troubles de mémoire et des désordres cognitifs associés**. Paris, França. 1996

SITARAM, R., ROS, T., STOECKEL, L., HALLER, S., SCHARNOWSKI, F., LEWIS-PEACOCK, J., WEISKOPF, N., BLEFARI, M. L., RANA, M., OBLAK, E., BIRBAUMER, N., SULZER, J. Close-loop brain training: the science of neurofeedback. **Nature Reviews**, doi:10.1038/nrn.2016.164, 2016.

SHERWOOD, M. S., KANE, J. H., WEISEND, M. P., PARKER, J. G. Enhanced control of dorsolateral prefrontal cortex neurophysiology with real-time functional magnetic resonance imaging (rt-fMRI) neurofeedback training and working memory practice. **Neuroimage**. v. 124, p. 214-223, 2016.

STERNBERG, S. High-speed scanning in human memory. **Science**. vol. 153, p. 652-654, 1966.

STERMAN, M. B., HOWE, R. C., MACDONALD, L., R. Facilitation of spindle-burst sleep by conditioning electroencephalographic activity while awake. **Science**. v. 167,1970

STERMAN, M. B. Physiological Origins and Functional Correlates of EEG Rhythmic Activities: Implications for self-regulation. **Biofeedback and Self- Regulation**, v. 21, 1996.

STERMAN, M. B. Basic concepts and clinical findings in the treatment of seizures disorders with EEG operant conditioning. **Clinical Electroencephalography**. v. 31, p. 45-55, 2000

STREHL, U. What learning theories can teach us in designing neurofeedback treatments. **Frontiers in human neuroscience**. v. 8, n. 894, 2014

STROOP, J. R. Studies of interference in serial verbal reactions. **Journal of Experimental Psychology**. vol. 18, p. 643-662, 1935

SOARES, J.M., MAGALHÃES, R., MOREIRA, P.S., SOUSA, A., GANZ, E., SAMPAIO, A., ALVES, V., MARQUES, P., SOUSA, N. A hitchhiker's guide to functional magnetic resonance. **Frontiers in Neuroscience**. v.10. 2016.

TEPLAN, M., Fundamentals of EEG measurement. **Measurement Science Review**, v. 2, 2002.

THOMPSON, M., THOMPSON, L. Neurofeedback combine with training in metacognitive strategies: Effectiveness in student with ADD. **Applied Psychophysiology and Biofeedback**. v. 23, n. 4, 1998

THOMPSON, M. THOMPSON, L. **The Neurofeedback Book- An introduction to basic concepts in applied psychophysiology**. The Applied Psychophysiology and Biofeedback publisher, Colorado, EUA, 2003.

WANG J.R., HSIEH S. Neurofeedback training improves working memory and attention performance. **Clinical Neurophysiology**. v. 124, n. 12, 2013.

WECHSLER, D. **Wechsler memory scale-III**. Psychological Press, San Antonio-TX, Estados Unidos, 1997

WECHSLER, D. **Escala de Inteligência Wechsler para adultos -III**. Editora Casa do Psicólogo. São Paulo, Brasil, 2004.

WELSH, K. A., BUTTERS, N., HUGHES, J. P., MOHS, R. C., HEYMAN, A. Detection of abnormal memory decline in mild cases of Alzheimer's disease using CERAD neuropsychological measures. **Achieves of Neurology**. Vol. 48, p. 278-281, 1991.

WITTE, M., KOBER, S.E, NIMAUS, M., CHRISTA, N., WOOD, G. Control beliefs can predict the ability to up-regulate sensorimotor rhythm in neurofeedback training. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 07, 2013

WOOKCOCK, R. W., JOHNSON, M. B. **Woodcock-Johnson Psychoeducational Battery**. Teaching Resources, Hingham, MA, Estados Unidos, 1977

VALENZUELA M. J. Brain reserve and the prevention of dementia. **Current Opinion in psychiatry**. v. 21, p. 269-302, 2008.

VERNON, D., EGNER, T., COOPER, N., COMPTON, T., NEILANDS, C., SHERI, A., GRUZILIER, J. The effects of training distinct neurofeedback protocols aspects of cognitive performance. **International Journal of Psychophysiology**, v. 47, 2003

VERMEIJ, A., KESSELS, R. P. C., HESKAMP, L., SIMONS, E. M. F., DAUTZENBERG, P. L. J., CLAASSEN, J. A. H. R. Prefrontal activation may predict working-memory training gain normal aging and mild impairment. **Brain Image and Behavior**. v. 11, p. 141-154, 2017

VOGEL, E. K., WOODMAN, G. F., LUCK, S. J. The time course of consolidation in visual working memory. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**. v. 32, n. 6, p. 1436-1451, 2006

## APÊNDICE A: TERMOS DE CONSENTIMENTO E LIVRE ESCLARCEIDO-TCLE

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE 1ª Via - Participante

Gostaríamos de convidá-lo(a) para participar do projeto de pesquisa “Efeito do treino de *Neurofeedback* sobre a memória operacional em idosos: um estudo encefalográfico”, sob a responsabilidade da pesquisadora Valeska Kouzak Campos da Paz. O objetivo deste projeto é avaliar o efeito do treino de *Neurofeedback* sobre a cognição. No treino de *Neurofeedback* utilizamos um instrumento chamado Eletroencefalograma, no qual colocamos alguns eletrodos sobre a cabeça e um computador poderá lhe mostrar seus sinais e ajuda-lo a ter melhores condições de pensamento. Esse estudo trabalhará com jovens e adultos.

Você receberá todos os esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa e lhe asseguramos que seu nome não será divulgado sendo mantido o mais rigoroso sigilo através da omissão total de quaisquer informações que permitam identificá-lo(a).

A sua participação se dará primeiramente por meio de uma avaliação, que consta da realização do eletroencefalograma (exame que avalia suas ondas cerebrais), atividade cognitiva e outros testes para avaliação neuropsicológica. Posteriormente contamos com a sua participação em dez treinos de *Neurofeedback*, que serão realizados no laboratório de Neurociência do Instituto de biologia, bem como um novo eletroencefalograma após o treino. O treino de *Neurofeedback* não acarretará em incômodos físicos, o tempo de sessão é de 60 minutos, duas vezes na semana, em datas previamente acertadas de acordo com a disponibilidade do participante.

Se você aceitar participar, estará contribuindo para o desenvolvimento de uma técnica de estimulação do pensamento não invasiva e que pode favorecer sua saúde no envelhecimento.

Você pode se recusar a participar de qualquer procedimento ou a responder a qualquer questão que lhe traga constrangimento, podendo desistir de participar da pesquisa em qualquer momento sem sofrer nenhum prejuízo. Sua participação é voluntária, isto é, não há pagamento por sua colaboração. Despesas suas relacionadas diretamente ao projeto de pesquisa poderão ser cobertas pelo(a) pesquisador(a) responsável.

Os resultados da pesquisa serão divulgados na Instituição UnB podendo ser publicados posteriormente. Os dados e materiais utilizados na pesquisa ficarão sob a guarda do(s) pesquisador(es) por um período de no mínimo cinco anos, após isso serão destruídos ou mantidos na instituição. Caso seja do seu interesse, os resultados obtidos com sua participação poderão ser disponibilizados mediante solicitação direta ao pesquisador ao final do estudo.

Desde já agradecemos sua atenção e participação e colocamo-nos à disposição para maiores informações. Se você tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, por favor telefone para o(a) pesquisador(a) responsável, Dr(a). Valeska Kouzak Campos da Paz, na instituição UnB telefone (61) 98201-6364, no horário: 8:00 as 12:00 e 14:00 as 18:00 de segunda a sexta.

Este projeto foi Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou aos direitos do sujeito da pesquisa podem ser solucionadas através do telefone: (61)3107-1918 ou do e-mail [cepfm@umb.br](mailto:cepfm@umb.br).

Assim sendo, eu \_\_\_\_\_, portador do RG nº \_\_\_\_\_, declaro estar de acordo com os procedimentos acima descritos e esclarecidos pessoalmente pelo pesquisador e ciente dos benefícios e riscos aos quais posso ser submetido durante o experimento. Este documento foi elaborado em duas vias, uma ficará com você e a outra com o(a) pesquisador(a) responsável.

Brasília, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Assinatura do(a) participante

Assinatura do(a) pesquisador(a)

**APÊNDICE B: TERMOS DE AUTORIZAÇÃO PARA USO DE IMAGEM E SOM DE VOZ PARA FINS DE PESQUISA (TAUIS)**

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO DE IMAGEM E SOM DE VOZ PARA FINS DE PESQUISA**

**1ª Via - Participante**

Eu, \_\_\_\_\_, autorizo a utilização da minha imagem e som de voz, na qualidade de participante/entrevistado(a) no projeto de pesquisa intitulado “Efeito do treino de *Neurofeedback* sobre a memória operacional em idosos: um estudo encefalográfico”, sob responsabilidade de Valeska Kouzak Campos da Paz vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, no laboratório de Neurociência e Comportamento da Universidade de Brasília.

Minha imagem e som de voz podem ser utilizados apenas para análise por parte da equipe de pesquisa, apresentações em conferências profissionais e/ou acadêmicas e atividades educacionais.

Tenho ciência de que não haverá divulgação da minha imagem nem som de voz por qualquer meio de comunicação, sejam elas televisão, rádio ou internet, exceto nas atividades vinculadas ao ensino e a pesquisa explicitadas acima. Tenho ciência também de que a guarda e demais procedimentos de segurança com relação às imagens e sons de voz são de responsabilidade do(a) pesquisador(a) responsável.

Deste modo, declaro que autorizo, livre e espontaneamente, o uso para fins de pesquisa, nos termos acima descritos, da minha imagem e som de voz.

Este documento foi elaborado em duas vias, uma ficará com o(a) pesquisador(a) responsável pela pesquisa e a outra com o(a) participante.

Brasília, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do(a) participante

\_\_\_\_\_  
Assinatura do(a) pesquisador(a)

## APÊNDICE C: FICHA DE INFORMAÇÕES DEMOGRÁFICAS E CLÍNICAS (FIDC)

### FICHA E INFORMAÇÕES DEMOGRÁFICAS E CLÍNICAS

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
 Iniciais do nome: \_\_\_\_\_ Data de nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
 Idade (anos completos): \_\_\_\_\_  
 Cidade em que vive: \_\_\_\_\_  
 Sexo: (0) Feminino (1) Masculino  
 Cor da pele: (1) Amarelo (2) Branco (3) Pardo (4) Preto  
 Grau de instrução do  
 (1) 1 grau ou fundamental incompleto: (Total anos): \_\_\_\_\_  
 (2) 1 grau ou fundamental completo: (Total anos): \_\_\_\_\_  
 (3) 2 grau ou médio incompleto: (Total anos): \_\_\_\_\_  
 (4) 2 grau ou médio completo: (Total anos): \_\_\_\_\_  
 (5) superior incompleto: (Total anos): \_\_\_\_\_  
 (6) superior completo: (Total anos): \_\_\_\_\_

Área de interesse: (1) Exatas (2) Humanas (3) Biológicas

Estado civil: (1) Amasiado. (2) Casado. (3) Divorciado. (4) Desquitado. (5) Separado. (6) Solteiro. (7) Viúvo.

História de transtorno mental: (1) Não.  
 (2) Sim, qual: \_\_\_\_\_ Tempo: \_\_\_\_\_  
 (+) pessoal: \_\_\_\_ (+) familiar: \_\_, parentesco: \_\_\_\_\_

Faz uso de Medicação: (1) Não: \_\_  
 (2) Sim Qual: \_\_\_\_\_  
 Dose: \_\_\_\_\_ Tempo de uso: \_\_\_\_\_  
 Hora no dia atual: \_\_\_\_\_

Pratica atividade física: (1) Não: \_\_  
 (2) Sim: \_\_ Qual: \_\_\_\_\_

Tem problemas na visão: (1) Não: \_\_  
 (2) Sim: \_\_ qual: \_\_\_\_\_ tem óculos: sim \_\_ não: \_\_

Tem problemas de audição: (1) Não: \_\_  
 (2) Sim: \_\_ tem aparelho auditivo: sim \_\_ não: \_\_

Tem problemas na motricidade: (1) Não: \_\_  
 (2) Sim: \_\_ Qual: \_\_\_\_\_

Qual é a mão dominante: (1) direita. (2) esquerda. (3) dois

Classe social: A\_ B\_ C\_ D\_ E\_  
 Classe Salários mínimos (s.m.) A Acima de 20 s.m. ;  
 B Entre 10 e 20 s.m.; C Entre 4 e 10 s.m. ;  
 D Entre 2 e 4 s.m.; E Até 2 s.m. (Fonte IBGE)

Histórico Escolar: (dados relevantes como problemas na escola com algum colega/professores, desenvolvimento acadêmico, em que área melhor se desenvolve).

Consumiu álcool nas últimas 24 horas: (1) Não: \_\_ (2) Sim: \_\_

Consumiu drogas nas últimas 24 horas: (1) Não: \_\_ (2) Sim: \_\_

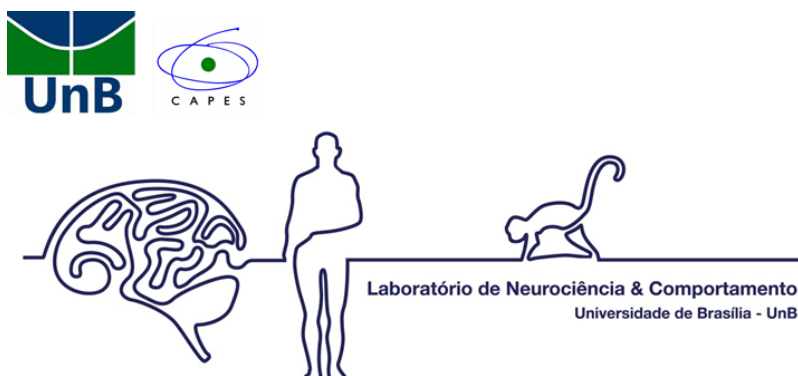
É fumante: (1) Não: \_\_ (2) Sim: \_\_

Consumiu café, refrigerante, chocolate ou alguma bebida energética nas últimas duas horas:

(1) Não \_\_\_\_ (2) Sim \_\_\_\_



## APÊNDICE D: ANUNCIO DE DIVULGAÇÃO DA PESQUISA



O Laboratório de neurociência e comportamento da UnB convida para participar da pesquisa:

### **Treino cognitivo por meio do Neurofeedback**

Se você tem mais de 60 anos e tem interesse em treinar sua memória e atenção nos procure no telefone **(61) 98201-6364** e agende seu treino.

A sua participação é voluntária e não incorre em custo nenhum para a atividade.

Responsável pela pesquisa: Valeska Kouzak Campos da Paz

## ANEXO A: PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITE DE ÉTICA E PESQUISA DA FACULDADE DE MEDICINA-UNB

UNB - FACULDADE DE  
MEDICINA



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Efeito do treino de Neurofeedback em idosos sobre a memória operacional: um estudo encefalográfico

**Pesquisador:** Valeska Kouzak Campos da Paz

**Área Temática:**

**Versão:** 3

**CAAE:** 55584516.0.0000.5558

**Instituição Proponente:** Instituto de Biologia da Universidade de Brasília

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 1.793.877

## ANEXO B: AVALIAÇÃO COGNITIVA BREVE DA FILADÉLFIA (PBAC)

### Avaliação Cognitiva Breve de Filadélfia (Versão Modificada para Idosos)

PACIENTE: \_\_\_\_\_ ESCOLARIDADE: \_\_\_\_\_  
 AVALIADOR: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

DIAGNÓSTICO: \_\_\_\_\_ TEMPO DIAGNÓST.: \_\_\_\_\_

**(1) Aprendizagem Verbal** (De 1 até 3 tentativas): “Eu vou ler uma lista de palavras três vezes. Por favor, ouça com atenção e, quando eu acabar, repita na ordem que você quiser” (aqui se deve repetir isso para cada tentativa: “agora eu vou ler novamente...”, “uma última vez”).

Palavra	Tentativa 1	Tentativa 2	Tentativa 3
Sapato	_____	_____	_____
Livro	_____	_____	_____
Cadeira	_____	_____	_____
Maçã	_____	_____	_____
Xícara	_____	_____	_____
Lago	_____	_____	_____

Pontuação (Máx.: 6) =  
 Avalie apenas a 3ª tentativa. *Atribuir 1 ponto para cada palavra evocada corretamente.*

**(2) Fluência de Letras** (letra “F”): “Por favor, diga todas as palavras que conseguir lembrar que comecem com a letra “F”. Mas por favor, não diga nomes de pessoa, como Francisca, ou nome de lugares como Fortaleza”.

15s	30s	45s	60s

Pontuação (Max.: 6) = \_\_\_\_\_ (0 = 0; 1-3 = 1; 4-6 = 2; 7-9 = 3; 10-12 = 4; 13-15 = 5; >16 = 6)

**(3) Aprendizagem Verbal (Evocação)** “Um tempinho atrás eu li uma lista de palavras para você. Por favor, tente lembrar as palavras, pode falar em qualquer ordem”.

(3) Evocar a lista de palavras de (1)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### **(4) Aprendizagem Verbal (Reconhecimento)**

“Eu vou ler uma palavra para você. Se essa palavra estava na lista que eu li um tempinho atrás, por favor, diga SIM. Se não estava na lista que eu li a um tempinho atrás, diga NÃO”. Ler as palavras na ordem numérica (de 1 a 12).

1 sapato _____	2 chapéu _____
4 livro _____	3 papel _____
6 cadeira _____	5 sofá _____
7 maçã _____	8 manga _____
9 xícara _____	10 prato _____
11 lago _____	12 montanha _____

Pontuação (Máx.: 6) Atribuir ½ pt para o seguinte: SIM para a palavra correta (esquerda); NÃO para a palavra enganadora (direita).

(5) **Nomeação** (1pt)

Mostre cada figura para o paciente e peça para ele nomear, dizendo: "Por favor, me diga o nome dessa figura".

1. martelo
2. caju
3. macaco
4. alicate
5. abacaxi
6. papagaio/arara

Pontuação (Máx.: 6) = \_\_\_\_\_

(6) **Questão Semântica de (5)**

Peça ao paciente para agrupar os desenhos de (5), dizendo: "Por favor aponte duas figuras que tenham algo em comum"

animais \_\_\_\_\_  
 frutas \_\_\_\_\_  
 ferramentas \_\_\_\_\_

2 pt. para cada par correto, escreva os nomes nos espaços em branco para fins de correção; Pontuação: (Máx.: 6) = \_\_\_\_\_

(7) **Figura de Rey (Cópia)**: Peça ao paciente para copiar a figura no espaço abaixo da mesma.

1/2 pt atribuído para cada um dos 12 itens representados na figura (ver folha de pontuação)

Retângulo grande \_\_\_\_\_ Cruz esquerda \_\_\_\_\_ Triângulo superior \_\_\_\_\_ Diagonais internas \_\_\_\_\_ Círculo \_\_\_\_\_ linha triangular superior \_\_\_\_\_ Linha vertical interna \_\_\_\_\_ 3 linhas \_\_\_\_\_ Triângulo direito \_\_\_\_\_ Linha horizontal direita \_\_\_\_\_ Diamante \_\_\_\_\_  
 Linha horizontal interna \_\_\_\_\_

Pontuação (Máx.: 6) = \_\_\_\_\_

(8) **Discernimento de Orientação de Linha**

Peça ao paciente para combinar cada uma das 6 linhas oblíquas abaixo da linha horizontal com as linhas acima da linha horizontal. ("Com qual dessas linhas aqui de baixo dessa aqui se parece? – aponte para cada uma das linhas de cima").

1 pt atribuído para cada combinação correta. Pontuação (Máx.: 6) = \_\_\_\_\_

(9) **Figura de Rey (Evocação)** : Peça ao sujeito para desenhar a figura que foi mostrada a ele um tempinho atrás. Que o paciente a desenhe abaixo dos estímulos do Discernimento de Orientação de Linha. ("Agora eu quero que o Sr desenhe de cabeça aquela figura que acabou de copiar") 1/2 pt atribuído para cada um dos 12 itens representados na figura. Pontuação (Máx.: 6) = \_\_\_\_\_

(10) **\*Leitura**

Peça ao paciente para ler em voz alta cada uma das 4 palavras irregulares. 1 ponto para cada resposta correta.

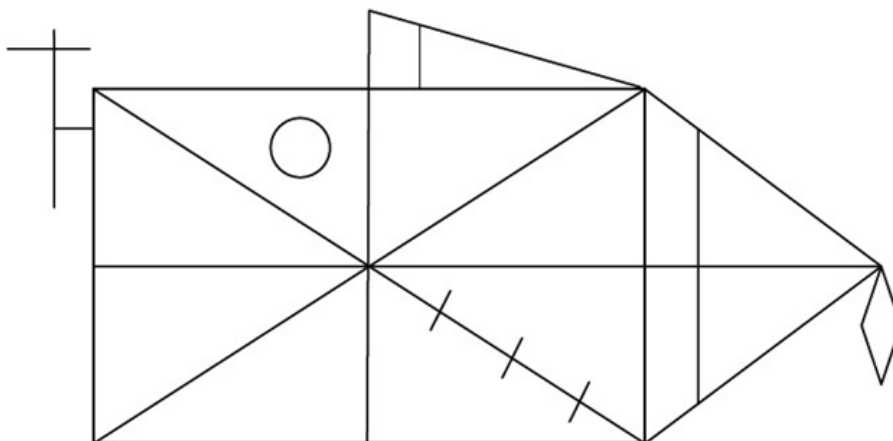
TÁXI	CASA	CAMA	BRUXA
------	------	------	-------

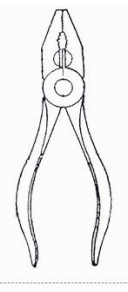
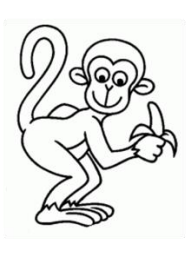
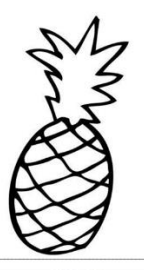
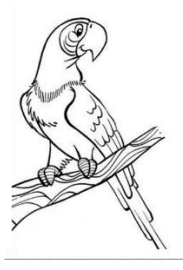
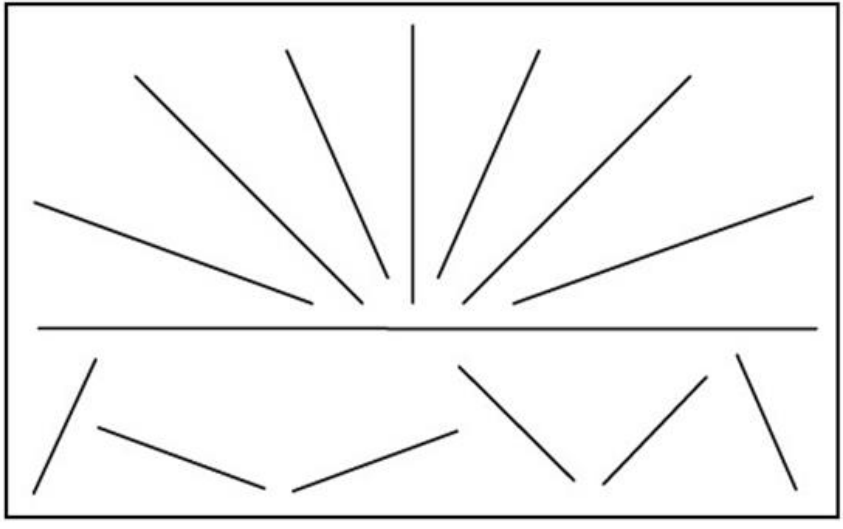
Pontuação (Máx.: 6) = \_\_\_\_\_

(11) **Teste de Trilhas Oral** (6pt) - limite de 60s. 1-a, 2-b, etc.

"Você sabe contar e conhece o alfabeto? Eu quero que você alterne entre um número e uma letra. Por exemplo, diga 1-A, 2-B, 3-C... e assim por diante". Pontuação (Máx.: 6) = \_\_\_\_\_

<p><b>PONTUAÇÃO DE TEMPO</b>                  Até o "z" = 3 pts                  Até o "r" = 2 pts                  Até o "l" = 1 pt                  &lt; "l" = 0 pts</p>	<p><b>PONTUAÇÃO DE ERRO</b>                  O paciente recebe 3 pts no começo da tarefa, mas perde 1 pt para cada erro, até um máximo de 3 perdas.</p>
--	---





## ANEXO C: INVENTÁRIO DE ANSIEDADE E DEPRESSÃO BECK



Data: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ Estado Civil: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_

Ocupação: \_\_\_\_\_ Escolaridade: \_\_\_\_\_

Abaixo está uma lista de sintomas comuns de ansiedade. Por favor, leia cuidadosamente cada item da lista. Identifique o quanto você tem sido incomodado por cada sintoma durante a **última semana, incluindo hoje**, colocando um "x" no espaço correspondente, na mesma linha de cada sintoma.

	Absolutamente não	Levemente Não me incomodou muito	Moderadamente Foi muito desagradável mas pude suportar	Gravemente Difícilmente pude suportar
1. Dormência ou formigamento.				
2. Sensação de calor.				
3. Tremores nas pernas.				
4. Incapaz de relaxar.				
5. Medo que aconteça o pior.				
6. Atordoado ou tonto.				
7. Palpitação ou aceleração do coração.				
8. Sem equilíbrio.				
9. Aterrorizado.				
10. Nervoso.				
11. Sensação de sufocação.				
12. Tremores nas mãos.				
13. Trêmulo.				
14. Medo de perder o controle.				
15. Dificuldade de respirar.				
16. Medo de morrer.				
17. Assustado.				
18. Indigestão ou desconforto no abdômen.				
19. Sensação de desmaio.				
20. Rosto afogueado.				
21. Suor (não devido ao calor).				

"Traduzido e adaptado por permissão de The Psychological Corporation, U.S.A. Direitos reservados ©1991, a Aaron T. Beck. Tradução para a língua portuguesa. Direitos reservados ©1993 a Aaron T. Beck. Todos os direitos reservados."

Tradução e adaptação brasileira, 2001, Casa do Psicólogo Livraria e Editora Ltda. BAI é um logotipo da Psychological Corporation.



Data: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ Estado Civil: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_

Ocupação: \_\_\_\_\_ Escolaridade: \_\_\_\_\_

Este questionário consiste em 21 grupos de afirmações. Depois de ler cuidadosamente cada grupo, faça um círculo em torno do número (0, 1, 2 ou 3) próximo à afirmação, em cada grupo, que descreve **melhor** a maneira que você tem se sentido na **última semana, incluindo hoje**. Se várias afirmações num grupo parecerem se aplicar igualmente bem, faça um círculo em cada uma. **Tome o cuidado de ler todas as afirmações, em cada grupo, antes de fazer a sua escolha.**

<p><b>1</b> 0 Não me sinto triste. 1 Eu me sinto triste. 2 Estou sempre triste e não consigo sair disto. 3 Estou tão triste ou infeliz que não consigo suportar.</p> <p><b>2</b> 0 Não estou especialmente desanimado quanto ao futuro. 1 Eu me sinto desanimado quanto ao futuro. 2 Acho que nada tenho a esperar. 3 Acho o futuro sem esperança e tenho a impressão de que as coisas não podem melhorar.</p> <p><b>3</b> 0 Não me sinto um fracasso. 1 Acho que fracassei mais do que uma pessoa comum. 2 Quando olho para trás, na minha vida, tudo o que posso ver é um monte de fracassos. 3 Acho que, como pessoa, sou um completo fracasso.</p> <p><b>4</b> 0 Tenho tanto prazer em tudo como antes. 1 Não sinto mais prazer nas coisas como antes. 2 Não encontro um prazer real em mais nada. 3 Estou insatisfeito ou aborrecido com tudo.</p> <p><b>5</b> 0 Não me sinto especialmente culpado. 1 Eu me sinto culpado grande parte do tempo. 2 Eu me sinto culpado na maior parte do tempo. 3 Eu me sinto sempre culpado.</p> <p><b>6</b> 0 Não acho que esteja sendo punido. 1 Acho que posso ser punido. 2 Creio que vou ser punido. 3 Acho que estou sendo punido.</p> <p><b>7</b> 0 Não me sinto decepcionado comigo mesmo. 1 Estou decepcionado comigo mesmo. 2 Estou enojado de mim. 3 Eu me odeio.</p>	<p><b>8</b> 0 Não me sinto de qualquer modo pior que os outros. 1 Sou crítico em relação a mim por minhas fraquezas ou erros. 2 Eu me culpo sempre por minhas falhas. 3 Eu me culpo por tudo de mal que acontece.</p> <p><b>9</b> 0 Não tenho quaisquer idéias de me matar. 1 Tenho idéias de me matar, mas não as executaria. 2 Gostaria de me matar. 3 Eu me mataria se tivesse oportunidade.</p> <p><b>10</b> 0 Não choro mais que o habitual. 1 Choro mais agora do que costumava. 2 Agora, choro o tempo todo. 3 Costumava ser capaz de chorar, mas agora não consigo, mesmo que o queira.</p> <p><b>11</b> 0 Não sou mais irritado agora do que já fui. 1 Fico aborrecido ou irritado mais facilmente do que costumava. 2 Agora, eu me sinto irritado o tempo todo. 3 Não me irrita mais com coisas que costumavam me irritar.</p> <p><b>12</b> 0 Não perdi o interesse pelas outras pessoas. 1 Estou menos interessado pelas outras pessoas do que costumava estar. 2 Perdi a maior parte do meu interesse pelas outras pessoas. 3 Perdi todo o interesse pelas outras pessoas.</p> <p><b>13</b> 0 Tomo decisões tão bem quanto antes. 1 Adio as tomadas de decisões mais do que costumava. 2 Tenho mais dificuldades de tomar decisões do que antes. 3 Absolutamente não consigo mais tomar decisões.</p>
---	---

Subtotal da Página 1

CONTINUAÇÃO NO VERSO

<p><b>14</b> 0 Não acho que de qualquer modo pareço pior do que antes.</p> <p>1 Estou preocupado em estar parecendo velho ou sem atrativo.</p> <p>2 Acho que há mudanças permanentes na minha aparência, que me fazem parecer sem atrativo.</p> <p>3 Acredito que pareço feio.</p> <p><b>15</b> 0 Posso trabalhar tão bem quanto antes.</p> <p>1 É preciso algum esforço extra para fazer alguma coisa.</p> <p>2 Tenho que me esforçar muito para fazer alguma coisa.</p> <p>3 Não consigo mais fazer qualquer trabalho.</p> <p><b>16</b> 0 Consigo dormir tão bem como o habitual.</p> <p>1 Não durmo tão bem como costumava.</p> <p>2 Acordo 1 a 2 horas mais cedo do que habitualmente e acho difícil voltar a dormir.</p> <p>3 Acordo várias horas mais cedo do que costumava e não consigo voltar a dormir.</p> <p><b>17</b> 0 Não fico mais cansado do que o habitual.</p> <p>1 Fico cansado mais facilmente do que costumava.</p> <p>2 Fico cansado em fazer qualquer coisa.</p> <p>3 Estou cansado demais para fazer qualquer coisa.</p> <p><b>18</b> 0 O meu apetite não está pior do que o habitual.</p> <p>1 Meu apetite não é tão bom como costumava ser.</p> <p>2 Meu apetite é muito pior agora.</p> <p>3 Absolutamente não tenho mais apetite.</p>	<p><b>19</b> 0 Não tenho perdido muito peso se é que perdi algum recentemente.</p> <p>1 Perdi mais do que 2 quilos e meio.</p> <p>2 Perdi mais do que 5 quilos.</p> <p>3 Perdi mais do que 7 quilos.</p> <p>Estou tentando perder peso de propósito, comendo menos: Sim Não</p> <p><b>20</b> 0 Não estou mais preocupado com a minha saúde do que o habitual.</p> <p>1 Estou preocupado com problemas físicos, tais como dores, indisposição do estômago ou constipação.</p> <p>2 Estou muito preocupado com problemas físicos e é difícil pensar em outra coisa.</p> <p>3 Estou tão preocupado com meus problemas físicos que não consigo pensar em qualquer outra coisa.</p> <p><b>21</b> 0 Não notei qualquer mudança recente no meu interesse por sexo.</p> <p>1 Estou menos interessado por sexo do que costumava.</p> <p>2 Estou muito menos interessado por sexo agora.</p> <p>3 Perdi completamente o interesse por sexo.</p>
---	---

\_\_\_\_\_ Subtotal da Página 2

\_\_\_\_\_ Subtotal da Página 1

Score

\_\_\_\_\_