

Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes
Departamento de Psicologia
Programa de Pós-Graduação em Neurociência Cognitiva e Comportamento Laboratório
de Pesquisa em Comportamento e Cognição

**Características eletrofisiológicas e estimulação binaural no desempenho e persistência
da memória**

Yuri Max Araújo Tavares de Farias

João Pessoa
2023

Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes
Departamento de Psicologia
Programa de Pós-Graduação em Neurociência Cognitiva e Comportamento Laboratório
de Pesquisa em Comportamento e Cognição

**Características eletrofisiológicas e Estimulação Binaural no desempenho e persistência
da memória**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Neurociência Cognitiva e Comportamento da Universidade Federal da Paraíba, sob a orientação do Prof. Dr. Flavio Freitas Barbosa.

Yuri Max Araújo Tavares de Farias

João Pessoa
2023

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

F224c Farias, Yuri Max Araújo Tavares de.
Características eletrofisiológicas e estimulação
binaural no desempenho e persistência da memória / Yuri
Max Araújo Tavares de Farias. - João Pessoa, 2023.
83 f. : il.

Orientação: Flávio Freitas Barbosa.
Tese (Doutorado) - UFPB/CCHLA.

1. Memória - Estimulação binaural. 2. Estimulação
cerebral. 3. Oscilações cerebrais. 4.
Eletroencefalograma. I. Barbosa, Flávio Freitas. II.
Título.

UFPB/BC

CDU 612.821.2:612.825.55

Características eletrofisiológicas e estimulação binaural no desempenho e persistência da memória

Autor: Yuri Max Araújo Tavares de Farias

Orientador: Prof. Dr. Flavio Freitas Barbosa.

Esta banca examinadora atesta que esta tese foi defendida e aprovada em **30 de junho de 2023**.



Prof. Dr. Flavio Freitas Barbosa

(Orientador)



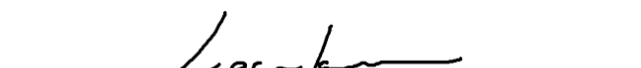
Prof. Dr. Bernardino Fernandez Calvo

(Membro Interno)



Profa. Dra. Melyssa Kellyane Cavalcanti Galdino

(Membro Interno)



Prof. Dr. Leandro da Silva Sauer

(Membro Externo à Instituição)



Prof. Dr. Robson Scheffer Teixeira

(Membro Externo à Instituição)

AGRADECIMENTOS

Aqueles que me conhecem sabem que costumo ser sucinto. Aqui não farei diferente, fosse o número de palavras uma representação do tamanho de minha gratidão, esse texto se estenderia por centenas delas.

Sou bastante curioso, e o início de minha jornada acadêmica partiu do mero desejo de conhecer mais e mais, algo que me foi bastante prazeroso por bastante tempo, contudo, obstáculos se apresentaram para no que diz respeito às formalidades para onde a curiosidade me guiou. Os motivos formam os mais diversos, e assim também foram as ajudas.

Gostaria de agradecer aos meus colegas de laboratório (LEMCOG), que por um lado me ajudaram a socializar e viver o lado informal do ambiente acadêmico, e por outro me inspiraram com as discussões sobre artigos nas reuniões de laboratório, bem como por meio de suas conquistas nas suas próprias jornadas acadêmicas. Agradeço também àqueles de outros laboratórios que me ofereceram todo o suporte que estava ao alcance. Agradeço todos que foram meus professores, que inspiraram e incentivaram, em especial àqueles que participaram das bancas de avaliação (Bernardino, Leandro e Robson), pelo tempo dedicado à leitura e pelas contribuições apresentadas; e a meus orientadores de mestrado e doutorado, Melyssa e Flávio, os quais sempre foram muito acolhedores, solícitos e incentivadores, sobrepondo os incentivos às críticas tanto quanto possível.

Por fim, gostaria de agradecer aos meus familiares (pai, mãe, sogro, sogra, irmãos, cunhado, concunhada, esposa) e amigos, que não mediram esforços para me fazer seguir em frente, participando e divulgando minha pesquisa, bem como oferecendo incentivo e apoio emocional. Aos que conviveram comigo por mais tempo no dia a dia, que tiveram de lidar com as oscilações de humor proveniente dos imprevistos, incertezas, inseguranças.

Estarão todos na minha memória. Muito obrigado.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: introdução	13
Apresentação	13
Introdução aos Conceitos de Eletrofisiologia	14
Introdução aos Conceitos de Memória.....	15
Oscilações Alfa e Memória	16
Oscilações Teta e Memória	17
Estimulação Binaural da Memória.....	19
Hipóteses e Objetivos.....	20
CAPÍTULO 2: método	23
Experimento 1: Oscilações Elétricas na Codificação e Evocação	23
Amostra	23
Delineamento.....	23
Tarefa comportamental.....	23
Registro eletroencefalográfico.....	25
Processamento e análise dos dados de EEG.....	25
Estatísticas	26
Experimento 2: Tarefa Comportamental Para Experimento de Investigação de Características Eletrofisiológicas Associadas à Persistência da Memória.....	26
Amostra	26
Delineamento.....	27
Equipamentos	27
Estímulos e Procedimento	27
Análises dos dados	29
Experimento 3: Estimulação Binaural Online.....	30
Amostra e delineamento	30
Estímulos e Instrumentos	30
Procedimento	31

Análise dos dados	33
Experimento 4: Estimulação Binaural Presencial	34
Amostra e delineamento	34
Instrumentos	35
Procedimento	35
Análise dos dados	35
CAPÍTULO 3: resultados	36
Experimento 1: Oscilações Elétricas na Codificação e Evocação	36
Resultados comportamentais	36
Resultados eletroencefalográficos	36
Experimento 2: Tarefa Comportamental para Experimento de Investigação de Características Eletrofisiológicas Associadas à Persistência da Memória	43
Experimento 3: Estimulação Binaural Online.....	45
Experimento 4: Estimulação Binaural Presencial	48
CAPÍTULO 4: discussão	53
Experimento 1	53
Experimento 2	56
Experimentos 3 e 4.....	57
CAPÍTULO 5: conclusão	60
Experimentos voltados para EEG	60
Experimentos voltados para estimulação binaural	60
Aspectos gerais.....	60
REFERÊNCIAS	62
Apêndice A	70
Apêndice B	71
Apêndice C	73
ANEXO A	74
ANEXO B.....	78

ANEXO C.....	81
--------------	----

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Sequência de telas do experimento 1.
- Figura 2 – Sequência de apresentação das telas da fase de estudo do experimento 2.
- Figura 3 – Sequência de apresentação das telas da fase de teste do experimento 2.
- Figura 4 – Desenho das tarefas de estimulação binaural.
- Figura 5 – Registro EEG na codificação.
- Figura 6 – Registro EEG na evocação.
- Figura 7 – Registro EEG dos acertos na codificação e evocação.
- Figura 8 – Registro EEG dos erros na codificação e evocação.
- Figura 9 – Registro EEG do sinal com o aumento do número de itens durante a codificação.
- Figura 10 – Efeitos de memória por grupo do experimento 4.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatísticas da comparação entre primeira e segunda tarefas.

Tabela 2 – Estatísticas da comparação entre o reconhecimento após 24h dos grupos 1 e 2.

Tabela 3 - Comparação de efeitos sobre a memória entre grupos, para cada tarefa.

Tabela 4 - Comparação entre tarefas, para o percentual de cada tipo de resposta.

Tabela 5 - Comparação dos tempos de reação entre tarefas, para cada tipo de resposta.

Tabela 6 - Comparação dos efeitos sobre a memória com o desempenho obtido ao acaso.

Tabela 7 - Comparação entre tarefas, para percentual de cada tipo de resposta.

Tabela 8 - Comparação do tempo de reação entre as tarefas, por percentual do tipo de resposta.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ac – Acerto
AcI – Acerto de item
AcC – Acerto de contexto
Af – Alarme falso
AfI – Alarme falso de item
AfC – Alarme falso de contexto
ASSR – *Auditory steady state response*
DLD – Depressão de longa duração
EB – Estimulação binaural
EEG – Eletroencefalograma
EEGi – Eletroencefalograma intracraniano
ECNI – Estimulação cerebral não invasiva
ECNI-S - Estimulação cerebral não invasiva sensorial
EM – Estimulação monoaural
Fa – Falha
FaI – Falha de item
FaC – Falha de contexto
FIR – *Finite impulse response*
ICA – *Independent component analysis*
IRMf – Imagem por ressonância magnética funcional
ITPC – *Inter-trial phase coherence*
MCP – Memória de curto prazo
MLP – Memória de longo prazo
NsC – Não sei a cor
PLD – Potenciação de longa duração
PLD-P – Potenciação de longa duração precoce
PLD-T – Potenciação de longa duração tardia
plv – *Phase Locked Value*
Rc – Reconhecimento correto
rTMS – *Repetitive transcranial magnetic stimulation*
tDCS – *Transcranial direct current stimulation*
tACS – *Transcranial alternate current stimulation*
tRNS – *Transcranial random noise stimulation*

SME – *Subsequent memory effect*

RESUMO

Pouco se tem investigado sobre características eletrofisiológicas associadas à persistência da memória ao longo do tempo, bem como, há poucos estudos investigando relação causal entre oscilações teta e memória, em especial por via sensorial auditiva, uma potencial alternativa de estimulação cerebral de baixo custo. A fim de contribuir para a minimização de tais lacunas no conhecimento, foram realizados 4 experimentos. O primeiro, contou com grupo único e medidas repetidas, investigando características eletrofisiológicas relacionadas ao sucesso e falha da memória, bem como aos processos de codificação incidental e evocação por reconhecimento após intervalo de 10 minutos. A atividade eletroencefalográfica foi registrada ao longo de todo o experimento. O segundo experimento, com protocolo similar ao primeiro, mas sem registro eletroencefalográfico e com estímulos compostos por item junto a contexto (cor de fundo), visou investigar as taxas de esquecimento ao longo do tempo, e verificar a viabilidade da investigação de características eletrofisiológicas relacionadas à persistência da memória. Este experimento contou com 2 grupos independentes que realizaram as tarefas de reconhecimento nos intervalos de 10 minutos e 24 horas, ou de 24 e 72 horas, respectivamente. No terceiro e quarto experimentos um protocolo de estimulação binaural (EB) na frequência teta (5 Hz) foi parcialmente replicado, em uma versão online e outra presencial, respectivamente. Ambos contaram com 3 grupos independentes, referentes aos tipos de estimulação recebidos (binaural, monoaural, tom puro). Todos os grupos realizavam tarefa de codificação incidental de palavras associadas a contexto (cor ou cena), e subsequente tarefa de reconhecimento que avaliava memória para item, e item associado a contexto. O quarto experimento tinha uma sessão adicional de reconhecimento que ocorria 7 dias após a primeira. O experimento 1 evidenciou associação entre potência em teta e alfa com o sucesso da codificação, mas não apresentou evidências consistentes dessa relação na evocação. Além disso, a potência em teta se mostrou menor nos erros durante a codificação em comparação aos erros durante a evocação. O experimento 2 identificou baixas taxas de esquecimento entre os intervalos testados, demonstrando a necessidade de investigações futuras com intervalos maiores. Os experimentos 3 e 4 não exibiram diferença significativa de desempenho entre os tipos de estimulação nos experimentos, exceto pelo menor desempenho da estimulação monoaural em relação à de tom puro, no experimento presencial.

Palavras-chave: estimulação cerebral não-invasiva, estimulação binaural, ondas teta, oscilações cerebrais, EEG, memória.

ABSTRACT

Little has been investigated about electrophysiological characteristics associated with memory persistence over time, as well as there are few studies investigating causal relationship between theta oscillations and memory, especially by auditory sensory pathway, a potential low-cost brain stimulation alternative. In order to contribute to the minimization of such gaps in knowledge, 4 experiments were carried out. The first one had a single group and repeated measures design, investigating electrophysiological characteristics related to memory success and failure, as well as to incidental encoding and recognition retrieval processes after a 10-minute interval. The electroencephalographic activity was recorded throughout the experiment. The second experiment, with a protocol similar to the first one, but without electroencephalographic recording, and with stimuli composed of item together with context (background color), aimed to investigate the forgetting rates over time, and to verify the feasibility of investigating electrophysiological characteristics related to memory persistence. This experiment had 2 independent groups that performed the recognition tasks at intervals of 10 minutes and 24 hours, or 24 and 72 hours, respectively. In the third and fourth experiments a binaural stimulation (EB) protocol at theta frequency (5 Hz) was partially replicated, in an online and another presential version, respectively. Both had 3 independent groups, referring to the types of stimulation received (binaural, monaural, pure tone). All groups performed an incidental encoding task of words associated with context (color or scene), and subsequent recognition task that evaluated memory for item, and item associated with context. The fourth experiment had an additional recognition session that occurred 7 days after the first one. The experiment 1 evidenced association between power in theta and alpha with encoding success, but did not present consistent evidence of this relation in retrieval process. In addition, the power in theta was lower in errors during encoding compared to errors during recall. The experiment 2 identified low forgetting rates between the intervals tested, demonstrating the need for future investigations with larger intervals. The experiments 3 and 4 did not show significant difference in performance between the types of stimulation in the experiments, except for the lower performance of monaural stimulation in relation to pure tone stimulation, in the presential experiment.

Keywords: non-invasive brain stimulation, binaural beat stimulation, theta waves, EEG, memory.

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

Apresentação

Tendo como pergunta norteadora “quais características eletrofisiológicas estão relacionadas à persistência da memória”, neste trabalho serão apresentados estudos que perpassam a investigação de medidas eletrofisiológicas e a aplicação de técnica de estimulação cerebral não invasiva por via sensorial, seguindo-se à apresentação dos experimentos realizados no intuito de responder à questão norteadora deste trabalho.

A fim de responder à pergunta supramencionada, foram conduzidos 4 experimentos. Os primeiros experimentos (1 e 2) foram realizados no intuito de corroborar achados relativos a medidas eletrofisiológicas associadas ao desempenho da memória, verificar se os resultados encontrados em tarefas de memorização intencional são observáveis em tarefa de memorização incidental, e explorar características eletrofisiológicas associadas à persistência da memória ao longo do tempo.

O experimento 1 teve início no período do mestrado do autor deste trabalho. À época foram coletados dados de dois grupos independentes que diferiam quanto ao intervalo entre a tarefa de codificação e de evocação (Grupo 1, 10 minutos; Grupo 2, 24 horas). Os resultados aqui apresentados são provenientes de uma ampliação da amostra e das análises referentes ao grupo 1. Tais resultados atenderam à questão referente a características eletrofisiológicas da codificação e evocação, associadas ao desempenho da memória em tarefa de codificação incidental. Contudo, revelaram limitações técnicas em prover dados estatísticos quanto à persistência da memória.

Diante dos resultados do experimento 1, foram realizados ajustes metodológicos no protocolo da tarefa comportamental, a fim de possibilitar comparações estatísticas referentes aos itens esquecidos em intervalos distintos (veja mais detalhes em “estímulos e procedimentos” do Experimento 2). De tais ajustes, surge o experimento 2, com a finalidade de testar o novo protocolo comportamental que seria aplicado a experimento posterior com uso de Eletroencefalograma.

Devido à emergência da pandemia da COVID-19, as pesquisas laboratoriais foram impossibilitadas. Nesse cenário, no intuito de investigar a relação de características eletrofisiológicas com o desempenho e persistência da memória, foi realizado o experimento 3 para o qual foi desenvolvida uma versão online para uma tarefa de memória de reconhecimento acompanhada de estimulação auditiva binaural. Uma versão presencial da tarefa já havia sido desenvolvida e aplicada por Derner et al. (2018), tornando este experimento, portanto, uma

replicação parcial, divergindo quanto à modalidade de apresentação da tarefa e ao delineamento dos grupos (veja detalhes em “método” do Experimento 3).

Como os resultados obtidos com a versão online da tarefa divergiram daqueles obtidos por Derner et al. (2018), no experimento 4 foi dada sequência à investigação, agora com uma versão presencial, a fim de verificar se a divergência de resultados entre o experimento 3 e os de Derner et al. (2018) se deviam à modalidade de apresentação da tarefa (i. e. online versus presencial).

Introdução aos Conceitos de Eletrofisiologia

A investigação da atividade elétrica cerebral tem possibilitado novas descobertas, que complementam informações obtidas através de outras técnicas de neuroimagem. Enquanto a imagem por ressonância magnética funcional (IRMf) forma imagens de alta precisão espacial a partir da detecção do metabolismo do oxigênio, a eletroencefalografia grava dados com pouca precisão espacial, porém com alta precisão temporal, a partir do potencial elétrico produzido pela atividade neuronal (Fell & Axmacher, 2011).

A eletricidade resultante da atividade neuronal pode ser observada através do eletroencefalograma (EEG), aparelho que amplifica os sinais elétricos captados a partir de eletrodos altamente condutores posicionados no escalpo. Este sinal é representado por ondas complexas formadas pela mescla de oscilações elétricas provenientes de diversas regiões cerebrais (Teplan, 2002). Contudo, fórmulas matemáticas (e.g. transformada de Fourier) possibilitam a extração de informações contidas no sinal elétrico, como potência (v^2), fase (graus), frequência de oscilação (Hz), índices de sincronia entre áreas (*phase locking value - plv*). Para um melhor entendimento do que essas informações representam, faz-se necessário conhecer a estrutura e funcionamento do sinal elétrico.

A frequência de uma onda é medida em hertz (Hz). Por padrão, 1Hz equivale a uma oscilação por segundo. Essa é uma propriedade importante, pois permite classificar as ondas em categorias correspondentes à sua velocidade de oscilação. Desse modo, tem-se a categorização das ondas cerebrais nas seguintes bandas de frequência: delta (1-4Hz), teta (4-8Hz), alfa (8-12Hz), beta (12-30Hz), gama (>30Hz).

O percurso da onda pode ser mensurado em graus e seu ciclo completo compreende 360°, sendo um segmento ou posição deste ciclo denominado fase (Fell & Axmacher, 2011). Quando a fase de um agrupamento de neurônios ocorre em concomitância com a mesma fase ou fase similar de outro grupo de neurônios, tem-se uma *sincronização de fase*. Se a sincronia ocorre entre grupos neuronais de uma mesma região cerebral, há aumento de amplitude no sinal detectado nessa região. Por outro lado, quando fases inversas (e.g. 90° e 270°) ocorrem

simultaneamente, diz-se que houve *dessincronização*, e, portanto, diminuição de amplitude (Fell & Axmacher, 2011). Para fins de análise, o sinal elétrico pode ser medido em volts (v), preservando a informação acerca da valência positiva ou negativa do sinal. Ou em potência (v^2), desconsiderando a valência.

A sincronia de fase também pode ser identificada entre regiões cerebrais distantes nas quais há ocorrência concomitante de fases similares. Esse tipo de fenômeno é denominado sincronia de longa distância e é mensurado a partir de um vetor (plv) que varia de 0 a 1, que indica o nível de comunicação entre as regiões síncronas (Fell & Axmacher, 2011; Klimesch et al., 2010).

As propriedades elétricas relacionadas à atividade cerebral fornecem uma possibilidade de investigação dos processos cognitivos (e.g., memória) através de métodos não invasivos, como a eletroencefalografia. Contudo, antes de mergulhar na investigação da relação entre eletrofisiologia e memória, é importante compreender como ela funciona, se manifesta, e vem sendo categorizada com base em experimentos neuropsicológicos.

Introdução aos Conceitos de Memória

Uma informação pode ser codificada com ou sem controle consciente. É possível, por exemplo, adquirir habilidades motoras, perceptuais e relações estímulo-resposta, sem que se possa, no entanto, lembrar quando foram aprendidas (Scoville & Milner, 1957). Assim, denomina-se *conteúdo declarativo*, aquele que pode ser conscientemente evocado e descrito; e *não-declarativo*, aquele que só pode ser evocado através do procedimento pelo qual foi adquirido (e.g. dançar; ler um texto espelhado; reagir rapidamente a um estímulo) (Squire & Wixted, 2011).

Uma memória declarativa episódica pode representar características isoladas de uma informação complexa, de modo que, diante da imagem de um cenário seriam memorizadas apenas partes integrantes de um contexto geral (e.g. água, ondas, conchas e areia), ou informações contextuais, (e.g. localização das conchas na praia, frequência da formação das ondas). Nesse sentido, classifica-se como episódica a memória capaz de armazenar itens ou eventos junto a informações contextuais (espaço-tempo) em que estes ocorreram. Por sua vez, classifica-se como memória semântica aquela capaz de armazenar itens ou eventos desprovidos de informações contextuais relacionadas à sua aquisição (Buzsáki & Moser, 2013; Tulving, 2002).

Memórias episódicas podem ser evocadas livremente a partir de pesquisa mental baseada em pistas internas, ou a partir de pistas provenientes do meio externo. Processos conhecidos, por recordação e reconhecimento, respectivamente (Skinner & Fernandes, 2007).

Atualmente compreende-se que o resgate da memória por reconhecimento ocorre a partir de dois processos distintos. A familiaridade, em que um item é reconhecido sem que dele se obtenha qualquer informação qualitativa; e a lembrança, que se distingue da familiaridade por propiciar informações qualitativas ou contextuais sobre o item evocado (Bastin et al., 2019; Yonelinas et al., 2010).

Outra classificação importante diz respeito à durabilidade do armazenamento de uma memória. A esse respeito, sabe-se que os humanos possuem uma memória de curto prazo (MCP), que consegue reter uma quantidade limitada de informação por um curto período de tempo, comumente não mais que alguns minutos; e uma memória de longo prazo (MLP), que retém uma grande quantidade de informações por um longo período de tempo, em alguns casos permanecendo acessível por toda a vida (Squire & Wixted, 2011; Cowan, 2008).

Estudos com animais têm propiciado avanços no conhecimento acerca da persistência da memória por longos períodos de tempo. Izquierdo et al. (1998) descobriram que nas horas seguintes à aquisição da informação, essa passa por dois processos paralelos e independentes correspondentes à MCP e MLP. Nessa perspectiva, a MCP propicia a manutenção da informação por um período de até 6 horas, enquanto na MLP a informação passa por um processo fisiológico que perdura além das 6 horas e possibilita o armazenamento mais durável e menos suscetível a interferência (revisão em Squire, Genzel, Wixted, & Morris, 2015). Há também evidências de que as memórias de curto e longo prazo são distintas quanto aos mecanismos moleculares implicados tanto em sua codificação quanto em sua evocação (Grigor'yan & Markevich, 2015; Izquierdo, 2011).

Os fenômenos denominados potenciação de longa duração (PLD), que consiste no aumento persistente da resposta neuronal, e depressão de longa duração (DLD), na diminuição da resposta neuronal, são conhecidos por sua participação na formação da memória de longo prazo (Bailey, Kandel, & Harris, 2015; Huang & Kandel, 2005; Kandel, 2009).

Estudos *in vivo* identificaram a existência de dois tipos de PLD. Uma fase precoce (PLD-P) que ocorreria nas primeiras 3 a 6h após o estímulo a ser memorizado, ativando terminações sinápticas até então não preenchidas por vesículas portadoras de neurotransmissores. E uma fase tardia (PLD-T) que teria início entre 12 e 18h após o estímulo, em que se dava início à criação de novas terminações sinápticas, um processo que estaria concluso em cerca de 72h (para revisão, Bailey, Kandel, & Harris, 2015).

Oscilações Alfa e Memória

Oscilações elétricas cerebrais na banda de frequência alfa têm sido associadas ao sucesso da codificação (Khader et al., 2010; Meeuwissen et al., 2011; Park et al., 2014), em

especial devido à contribuição do processamento semântico (Hanslmayr et al., ; Vogelsang et al., 2018) e ao controle atencional (Hanslmayr, Gross, et al., 2011; Jensen & Mazaheri, 2010; Klimesch et al., 2007). Uma interpretação recorrente em relação à potência do sinal alfa é de que a baixa potência reflete uma dessincronização de fases, devido ao aumento da demanda de processamento de informação, este qual, inclusive, auxiliaria na codificação e evocação de memórias de longo prazo (revisão em, Hanslmayr et al., 2012), muitos estudos apontam ainda para o papel da potência de alfa na predição da eficiência ou falha na percepção de um estímulo (revisão em, Hanslmayr, Gross, et al., 2011), estando o sucesso da percepção associado à baixa amplitude no período pré-estímulo.

Em pesquisas empíricas, Khader e Rösler (2011) demonstram que as oscilações alfa também estão relacionadas à carga de informações a serem verificadas durante a evocação, apresentando menor potência para itens que passaram por maior número de associações durante a codificação; além disso, demonstram que a distribuição topográfica do sinal alfa varia com o tipo de material a ser evocado (e.g., posições ou objetos). Em um amplo estudo com uso de eletroencefalograma intracraniano (EEGi), Long et al. (2014) identificaram que a baixa potência alfa relacionada a sucessos subsequentes na evocação, presente no córtex, também é observada em localizações mais profundas, incluindo o hipocampo e outras áreas do lobo temporal medial.

Em contraposição ao decréscimo de potência, Chen e Caplan (2017) identificaram que a potência em alfa aumenta na região fronto-central junto ao aumento da carga memória com itens relevantes, não sendo, no entanto, afetada pelo aumento do número de itens irrelevantes (i.e., que eram apresentados, mas não precisariam ser memorizados). Manza et al. (2014) encontraram resultados similares e demonstraram que o aumento de potência além de relacionado com aumento da carga de estímulos relevantes, também acompanha o aumento no desempenho dos participantes na memorização dos estímulos relevantes de alta carga de memória.

Está claro, pois, que as oscilações na banda de frequência alfa têm uma relação relevante com aspectos atrelados ao processo de memorização, contudo, representa aspectos distintos daqueles que são atribuídos a outras faixas de frequência, como é o caso das oscilações na banda teta, como se apresenta a seguir.

Oscilações Teta e Memória

Muitos estudos demonstram que o aumento da potência teta no córtex temporal, antes e durante a apresentação do estímulo a ser codificado, está relacionado à chance de uma memória ser posteriormente evocada com sucesso (De Pascalis, Varriale, & Rotonda, 2012; Duek, Osher,

Belmaker, Bersudsky, & Kofman, 2014; Gruber, Watrous, Ekstrom, Ranganath, & Otten, 2013; Khader & Rösler, 2011; Long, Burke, & Kahana, 2014). O uso de EEG associado a IRMf revela o lobo temporal medial e ventral como fonte dessas oscilações teta durante a formação (Hanslmayr et al., 2011) e evocação da memória (Herweg et al., 2016). Localização semelhante à observada com o uso de EEG intracraniano em roedores (Buzsáki & Moser, 2013; Skaggs et al., 1996) e humanos (Long et al., 2014; Rutishauser et al., 2010).

O decréscimo de potência em teta no traçado eletroencefalográfico também tem sido associado à boa evocação da memória (Hanslmayr et al., 2012). Diante desses achados controversos alguns autores justificam que o decréscimo ocorre em faixa de frequência mais ampla, enquanto o acréscimo ocorre em faixa mais circunscrita (Burke et al., 2013; Long et al., 2014). A esse respeito Hanslmayr e Staudigl (2014) observaram ainda que quando ocorre divergência de contexto entre codificação e evocação há decréscimo de potência em teta associado ao sucesso posterior na evocação.

Durante a evocação, alterações significativas de potência em teta, frequentemente observadas no lobo temporal medial, são também visualizadas na região fronto-medial correspondente ao córtex cingulado anterior (Jost et al., 2012). A variação da potência nessa localização costuma estar relacionada à comparação, gerenciamento e seleção de informações coerentes representativas de uma memória específica (Jost et al., 2012; Khader & Rösler, 2011; Klimesch et al., 2010).

Além da relação potência-desempenho, evidências apontam para a sincronização teta entre áreas distantes como um mecanismo de comunicação neural capaz de proporcionar a transferência de informação entre hipocampo e neocórtex (Cohen, 2011; Herweg et al., 2016, Rutishauser, Ross, Mamelak, & Schuman, 2010), o que, hipoteticamente, representa parte do processo de consolidação da memória. A consolidação proporciona maior estabilidade à memória recém formada, e é acompanhada pela diminuição do processamento hipocampal e aumento do processamento neocortical durante a evocação (para revisão, Squire et al., 2015).

Diversas têm sido as perspectivas sob as quais se tem investigado a relação entre oscilações teta na codificação (Cohen, 2011; Gruber et al., 2013; Hanslmayr et al., 2011) e evocação (Gruber, Tsivilis, Giabbiconi, & Müller, 2008; Heib, Hoedlmoser, Anderer, & Gruber, 2012; Klimesch et al., 2001; Osipova, Takashima, & Oostenveld, 2006) de memórias evocadas com sucesso. Contudo, utilizando-se os descritores “memory AND theta AND (long term memory OR short term memory)” na base de dados MedLine para os últimos 5 anos, por exemplo, não se encontra estudos que comparem diferentes períodos de persistência, ou entre MCP e MLP. Isso indica que apesar das evidências provenientes de estudos com animais

apontarem para a associação entre oscilações cerebrais e persistência da memória (Kandel et al, 2014; Huang & Kandel, 2005), há escassez de estudos com humanos a este respeito.

Nesse sentido, o uso do EEG permite verificar a existência de correlatos eletrofisiológicos envolvidos na formação e recuperação de memórias. Além disso, mostra-se útil para investigar se a atividade elétrica no escalpo passa por modificações ao longo do tempo, de modo que memórias mais antigas apresentem características distintas daquelas mais recentes.

Estimulação Binaural da Memória

Apesar do acúmulo de evidências relacionando oscilações elétricas cerebrais ao funcionamento de processos cognitivos, a maior parte dos estudos desenvolvidos até então são de natureza correlacional. Esse panorama tende a mudar, dado o avanço das tecnologias e dos métodos de estimulação cerebral, contando com métodos não-invasivos que possibilitam aplicação em amostras mais diversas e amplas.

Inicialmente, pesquisas com métodos invasivos, como a estimulação cerebral profunda (i.e., intracraniana), eram a única alternativa, contudo, mais recentemente têm sido desenvolvidos métodos de estimulação cerebral não invasivos (ECNI) os quais já compõem um bom leque de opções, que vai de estimulações transcranianas elétricas e magnéticas (e.g. tDCS, tACS, rTMS, tRNS) a estimulações por treinamento sensorial com estímulos visuais ou sonoros (Hanslmayr et al., 2019; Polanía et al., 2018). As ECNI sensoriais (ECNI-S) figuram como opção de modulação cognitiva de baixo custo, pois sua aplicação pode ser feita a partir de qualquer computador com monitor, fone de ouvido e software apropriado.

Enquanto estudos com estimulação transcraniana têm se difundido e permitido avanços, especialmente na compreensão de como estimulações elétricas ou magnéticas produzem efeitos comportamentais (Polanía et al., 2018; Voelker et al., 2020), a investigação da memória a partir de ECNI ainda é incipiente, principalmente no que se refere a métodos envolvendo treinamento neural por via sensorial (Hanslmayr et al., 2019).

Uma modalidade de ECNI-S que tem alguma popularidade fora do campo científico é a estimulação binaural (EB). Nela, dois sons com oscilações sinusoidais puras distintas (e.g. 200Hz e 210Hz) são apresentados simultaneamente, uma a cada ouvido. Na EB, o cérebro percebe esses estímulos distintos como um só, de frequência correspondente à média dos dois (e.g. $200+210/2 = 205\text{Hz}$), cuja amplitude oscila em frequência correspondente àquela entre as oscilações apresentadas a cada ouvido (e.g. $200 - 210 = 10\text{Hz}$), uma “batida” de 10Hz. Outra forma de estimulação por via auditiva é a estimulação monoaural (EM), que difere da EB por

apresentar os dois tons de frequências próximas em ambos os ouvidos (Garcia-Argibay et al., 2018; Oster, 1973).

Alguns estudos identificaram que a EB produz um efeito conhecido como resposta auditiva de estado estacionário (ASSR), no qual as oscilações cerebrais na frequência da batida binaural se tornam mais potentes (Derner et al., 2018; Pratt et al., 2010; Solcà et al., 2016). Tal efeito sugere que alterações cognitivas alcançadas após estimulação possam decorrer da modulação das oscilações cerebrais e, conforme Perez, Dumas, e Lehmann (2020), mais especificamente pelo pareamento de atividade entre frequências. Derner et al. (2018), por exemplo, observaram aumento do desempenho da memória acompanhado de aumento de sincronia entre córtex rinal e hipocampo durante a estimulação binaural.

Um recente estudo de metanálise investigou o resultado de 22 pesquisas e identificou tamanho de efeito estatístico moderado para estimulações binaurais sobre cognição e emoção. Especificamente em relação à memória, os resultados ainda são inconsistentes, com grande variação entre o tamanho de efeito dos estudos (Garcia-Argibay et al., 2018). Os autores apontam para a variabilidade de protocolos experimentais como um dos principais motivos para a inconsistência. De fato, o estabelecimento de protocolos-padrão ainda é uma meta a ser alcançada. Além da diversidade de parâmetros como frequência, duração, momento de estimulação (antes, durante ou depois tarefa), outro revés se encontra nas amostras pequenas (Garcia-Argibay et al., 2018; Hanslmayr et al., 2019). Está clara, portanto, a necessidade de investigações adicionais para suprir as lacunas presentes na literatura, referentes aos parâmetros mais adequados a cada processo cognitivo. Um dos passos para alcançar tal objetivo é a realização de estudos com amostras mais amplas e seleção de parâmetros de estimulação orientados por premissas teóricas direcionadas a hipóteses específicas.

Como o interesse do presente estudo se estende à persistência da memória, foram buscados artigos que abordassem a relação entre estimulação binaural desempenho da memória ao longo do tempo, utilizando os descritores “binaural stimulation AND memory”, “auditory stimulation AND memory” no PubMed. Nenhum estudo acompanhando os efeitos de uma única sessão de estimulação ao longo do tempo foi encontrado, revelando outra lacuna na literatura.

Hipóteses e Objetivos

Como os estudos que induzem a potenciação de longa duração demonstram que estímulos em maior quantidade ou intensidade são necessários para propiciar a PLD tardia, se comparado ao necessário para a PLD precoce, apresenta-se aqui como hipótese que, sendo a potência do sinal eletroencefalográfico um correlato de potenciais pós-sinápticos locais em

sincronia, o aumento de potência e a durabilidade desse aumento, estão relacionados não só ao sucesso da memorização, mas também tempo de persistência da memória. Além disso, considerando a transição da demanda de processamento hipocampal para o neocórtex como correlato de persistência da memória, espera-se que o aumento de sincronia de longa distância entre regiões corticais durante a evocação se apresente como correlato de memórias mais persistentes.

Por se tratar de pesquisa com humanos, o presente tema de estudo torna-se especialmente relevante como passo inicial para a descoberta de aplicações clínicas, acompanhamento da resposta eletrofisiológica durante o curso de tratamentos para comprometimentos da memória, ou mesmo com finalidade diagnóstica.

Considerando que a verificação de correlação entre memórias bem-sucedidas e os traçados eletrofisiológicos que as acompanham não é capaz de fornecer evidências de causalidade, experimentos de estimulação cerebral que produzam aumento de potência e/ou sincronia, são necessários para investigar a existência de causalidade na qual o sucesso da memória seria produzido pelo padrão elétrico em ação durante a codificação e/ou evocação. Sendo assim, o presente estudo utilizou a estimulação cerebral por batida binaural.

No intuito de testar a relação causal entre estimulação binaural e o desempenho da memória, dadas as medidas de isolamento social impostas pelo cenário de pandemia, foi testada a estimulação binaural aplicada através de ferramenta online, entendendo que, caso os efeitos alcançados por outros estudos presencialmente em laboratórios fossem replicados, esta forma de aplicação seria um recurso tecnológico útil, tanto para a ampliação amostral, quanto para ampliação do acesso da população a um recurso para estimulação cognitiva. Além disso, com a facilidade de acesso a amostra, e com a redução do custo de pesquisa, estudos comparando parâmetros diversos, ou estudos longitudinais com grandes amostras, se tornariam mais tangíveis.

A fim de fornecer maior confiabilidade aos resultados obtidos com o experimento online, realizou-se também um experimento presencial para fins de comparação e corroboração. Nesse experimento foi acrescentado um segundo teste de reconhecimento, com a finalidade de investigar as questões referentes à persistência da memória.

Algumas das hipóteses que guiaram o delineamento dos experimentos de estimulação binaural foram, a previsão de que a EB realizada por meio de ferramenta online afetaria o desempenho da memória com intensidade similar à tarefa presencial; que a EB de 5Hz melhoraria o desempenho da memória evocada 1 minutos após a codificação, e que seus efeitos poderiam prover alguma melhoria no desempenho da evocação 7 dias após a codificação. Prevvia-se ainda, que a EM de 5Hz pioraria o desempenho da memória, e que a EB poderia

melhorar o desempenho da memória, tanto quando aplicadas durante a codificação, quanto quando aplicadas durante a evocação.

CAPÍTULO 2: MÉTODO

Experimento 1: Oscilações Elétricas na Codificação e Evocação

Amostra

Esta pesquisa recebeu aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal da Paraíba, protocolo CAAE: 55976316.5.0000.5188, conforme resolução 466/12 do Comitê Nacional de Ética em Pesquisa. O estudo contou com a participação de 21 pessoas (15 mulheres). A participação no experimento foi condicionada à assinatura do TCLE e resposta a um questionário (Apêndice A).

Devido a excesso de ruído, baixo desempenho (i.e., [acerto + reconhecimento correto] / [total de itens apresentados], menor do que 0.6) ou falhas por problemas técnicos na gravação em uma das fases da tarefa (codificação ou evocação), 12 sujeitos foram excluídos da amostra, restando 9 (4 mulheres), entre 19 e 26 anos de idade (*Média* = 22.8, *D.P.* = 2.2), destros, com acuidade visual normal ou corrigida, e sem histórico declarado de patologia neurológica ou psiquiátrica.

Delineamento

O experimento consistiu em um grupo único, que teve sua atividade elétrica cerebral registrada por meio de eletroencefalograma durante duas tarefas: codificação, e evocação por reconhecimento de imagens.

Tarefa comportamental

A fim de minimizar variabilidade entre sujeitos decorrente de estratégias de codificação distintas a real intenção das tarefas do experimento (avaliar a memória) não foi explicitada aos participantes. Foram, pois, informados que o estudo investigava características eletrofisiológicas relacionadas à velocidade de processamento da informação.

Os participantes foram solicitados a evitar o consumo de cafeína, tabaco, álcool ou outras drogas nas 12 horas antecedentes ao experimento a fim de evitar efeitos neurológicos decorrentes de tais substâncias (De Pascalis et al., 2012).

Em estudo de revisão (Wagner et al., 1999) os autores revelaram que o tipo de material a ser codificado (palavra; imagem; abstratos ou simbólicos), a natureza da codificação (intencional ou, não-intencional / incidental) e as estratégias utilizadas na codificação intencional interferem no sucesso da evocação. Portanto, a fim de minimizar o número de

variáveis a serem explicadas, adotou-se o uso de tarefa de memorização por codificação incidental com apenas um tipo de material (e.g.: imagens concretas).

Trezentas e dezesseis imagens (doravante designadas como estímulos) foram selecionadas do Banco de Estímulos Padronizados (BOSS) (Brodeur et al., 2010). Os estímulos foram separados em 200 estímulos alvo, 100 distratores e 16 para fins de treinamento. As imagens foram dimensionadas em 300 x 300 pixels e exibidas a uma distância de 100 cm de um monitor LCD de 18". Um teclado numérico conectado via porta USB foi usado como dispositivo de resposta.

O experimento consistiu em duas etapas, conforme descrito a seguir.

Uma etapa de codificação incidental, na qual os participantes foram instruídos a classificar os estímulos em maiores ou menores do que uma caixa de sapatos, mas não foram informados sobre o propósito de memorização da tarefa. Após o treinamento com 8 estímulos, os estímulos-alvo foram apresentados aleatoriamente um por vez, em dois blocos de 100 estímulos, com intervalo de descanso de 60s entre eles. Cada estímulo foi mostrado por 2 s, precedido por uma cruz de fixação de 1 a 1.5 s no centro da tela, e seguido por uma tela de resposta com tempo livre. As respostas foram feitas pressionando o botão correspondente (1-menor, 2-maior) (Figura 1A).

Uma tarefa de distração similar à utilizada em Burke et al., (2013) e Long et al., (2014) era realizada no intuito de minimizar as chances de que estímulos mais recentes tenham maior probabilidade de serem evocados. Nesta, o participante realizava operações matemáticas na do tipo $A \times B \times C = ?$, onde A, B e C são números aleatórios entre 1 e 9. As operações eram apresentadas na tela do computador de forma sucessiva durante 10 minutos.

Na sequência, realizaram a etapa de evocação, na qual 200 estímulos alvo e outros 100 novos estímulos de distração foram misturados e apresentados aleatoriamente em 3 blocos de 100 estímulos, espaçados por intervalo de 60s. Esse procedimento foi semelhante ao estágio de codificação, exceto por existirem duas telas de resposta: uma para julgar o estímulo como antigo ou novo (i.e., se o estímulo foi apresentado na etapa de codificação), e outra para atribuir um nível de confiança para a resposta em uma escala de 1 a 3, de baixa a alta confiança, respectivamente (Figura 1B)

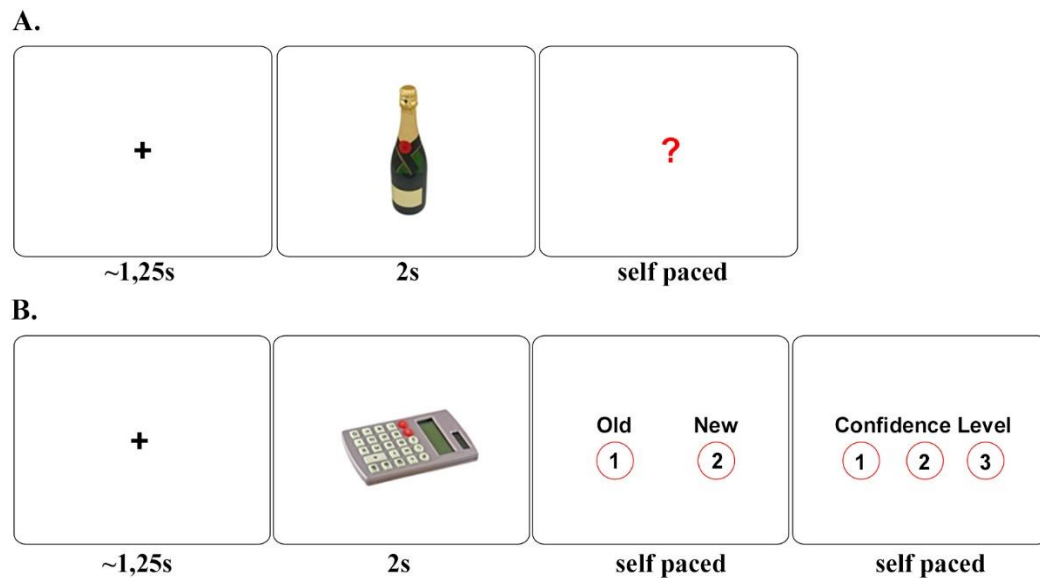


Figura 1 - Sequência de telas do experimento 1. A, exemplo de um ensaio de codificação; B, exemplo de um ensaio de reconhecimento.

Registro eletroencefalográfico

Os dados eletrofisiológicos foram registrados por meio de 32 eletrodos dispostos conforme o sistema 10-20, em uma touca elástica (ActiCAP) conectada ao amplificador actiCHamp, produzido por Brain Products GmbH. O sinal foi então adquirido sob os seguintes parâmetros: impedância abaixo de 20 k Ω , taxa de aquisição a 500 Hz, banda de passagem de 0.5 a 100 Hz, eletrodo de aterramento em Fz. A gravação de dados era livre de referência (i.e., assumia-se referência virtual do amplificador).

Processamento e análise dos dados de EEG

Os dados foram processados no EEGLAB (Delorme & Makeig, 2004). O sinal foi referenciado offline para a média dos mastoides (TP9 e TP10) e filtrado para rejeição de banda em 60 Hz, por meio de filtro de resposta a impulso finita (FIR) (função `pop_eegfiltnew` do EEGLAB).

Os dados contínuos foram segmentados em períodos de 3 segundos, variando de 1 segundo pré estímulo a 2 segundos pós-estímulo. Em seguida, os artefatos de piscada e movimentos oculares foram removidos pela análise de componentes independentes (ICA), considerado um método eficaz para esse fim (Hoffmann e Falkenstein, 2008). Os artefatos remanescentes foram removidos por inspeção visual. Na sequência, os ensaios (*trials*) foram igualados em quantidade pelo tipo de resposta (i.e., acertos e erros), de modo que o tipo com mais tentativas foi reduzido para igualar-se àquele com menos, sendo excluídos os ensaios do nível de confiança mais baixo para o mais alto até coincidir com o número de ensaios

(procedimento semelhante em, Gruber, Tsivilis, Giabbiconi, & Müller, 2008; Pastötter & Bäuml, 2014).

Os dados de tempo-frequência foram adquiridos por convolução do tipo Morlet wavelets (2-20 Hz, totalizando 46 frequências espaçadas em escala logarítmica), iniciando-se com 3 ciclos de wavelet e aumentaram com um fator de progressão de 0.5 na faixa de frequência. O período pré estímulo foi usado para correção da linha de base.

Para medir a coerência de fase entre os ensaios (ITPC), efetuou-se média dos vetores das fases entre os ensaios de todos os sujeitos. O vetor resultante para cada tempo-frequência foi utilizado como medida de sincronia. O sinal de cada ensaio foi decomposto por Morlet wavelet conforme descrito no parágrafo anterior. O cálculo de coerência foi realizado separadamente para “acertos” e “erros”.

Estatísticas

Todas as estatísticas de dados eletrofisiológicos foram calculadas a partir de funções do EEGLab, utilizando permutação não paramétrica, onde uma distribuição de permutação é gerada ao randomizar os rótulos das condições para cada participante ao longo de um número específico de iterações, aqui definido como 1000 para gráficos de tempo-frequência. Depois disso, a estatística de teste-*t* observada é comparada com os valores estatísticos resultantes em cada iteração, fornecendo assim um valor *p* de Montecarlo (Maris and Oostenveld, 2007). Além disso, as análises de tempo-frequência foram corrigidas para múltiplas comparações através de correção por clusters (Maris e Oostenveld, 2007). O valor de $p < .05$ foi adotado para todas as análises.

Os dados comportamentais não apresentaram distribuição normal, portanto, foram utilizadas correlações de spearman para as análises. Os intervalos de confiança foram calculados pelo método bootstrap bias-correction and accelerated (*BCa*), com 1000 randomizações, por meio do programa e processamento de dados estatísticos SPSS.

Experimento 2: Tarefa Comportamental Para Experimento de Investigação de Características Eletrofisiológicas Associadas à Persistência da Memória

Amostra

Este experimento recebeu aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal da Paraíba, protocolo CAAE: 89028318.1.0000.5188, conforme resolução 466/12 do Comitê Nacional de Ética em Pesquisa. A amostragem foi feita por conveniência, com

divulgação por cartaz nos corredores da UFPB e por meio de redes sociais. Participaram desse experimento 30 estudantes universitários (13 mulheres), entre 18 e 29 anos de idade (*Média* = 22.8 , *D.P.* = 2), destros, com acuidade visual normal ou corrigida, e sem histórico declarado de patologia neurológica ou psiquiátrica. A participação foi condicionada à assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido, seguido do preenchimento de um questionário (Apêndice A).

Delineamento

Os participantes foram distribuídos aleatoriamente, em dois grupos de mesmo tamanho:

- Grupo 1: Reconhecimento 10 minutos e 24 horas após a codificação;
- Grupo 2: Reconhecimento 24 horas e 72 horas após a codificação;

Equipamentos

Foram utilizados um notebook acoplado a uma tela LCD de 18” polegadas para apresentação de estímulos visuais; um teclado externo conectado via porta USB como hardware de resposta;

A apresentação dos estímulos foi programada no software Superlab.

Estímulos e Procedimento

Para que se possa comparar itens esquecidos após intervalos de tempo distintos, faz-se necessário um aumento da taxa de esquecimento com o aumento do intervalo. Ou seja, além dos itens esquecidos num primeiro momento (e.g. i1, i2, i3), outros itens devem ser esquecidos em momento posterior (e.g. i1, i2, i3, i4, i5, i6), para que se faça uma comparação entre os itens esquecidos em cada período (e.g. [i1, i2, i3] - [i4, i5, i6]).

Contudo, no experimento 1, em tarefa comportamental similar à proposta neste piloto, com mesmo número de estímulos-alvo que será aqui utilizada (i.e. 200), a taxa de acerto após intervalo de 10 minutos foi de 80% e a perda de dados devido a ruído no sinal de EEG foi de 30%. Ou seja, cerca de 60 estímulos seriam perdidos devido a ruído, restando 140 para análise. Considerando a taxa de acerto, restariam 112 acertos e 28 erros para o reconhecimento após 10 minutos. Portanto, para haver pelo menos 23 novos erros (i.e., estímulos lembrados após 10m e esquecidos após 24h) é necessário que a taxa de acertos caia para 65% no segundo teste de reconhecimento.

Dada a alta proporção de acertos, um experimento piloto do protocolo comportamental foi realizado no intuito de verificar a adequação da tarefa à proporção entre acertos e erros necessária para realização de testes estatísticos.

Igualmente ao experimento 1, a real intenção da tarefa não foi informada aos participantes, com a finalidade de minimizar variabilidade entre sujeitos decorrente de estratégias de codificação distintas, a memorização dos estímulos, pois, ocorreu de forma não intencional.

Foram selecionadas 420 imagens de um banco de imagens padronizadas para uso em pesquisas na área de cognição, o *Bank of Standardized Stimuli* (BOSS) (Brodeur et al., 2010). Os estímulos utilizados no experimento foram compostos por imagens sobrepostas a quadros coloridos. Das 420 imagens, 200 foram utilizadas como alvo para memorização durante a codificação; 200 como distratoras, sendo 100 para cada teste de reconhecimento; e 20 para treino, sendo 6 na codificação, 8 no primeiro teste de reconhecimento e 6 no segundo.

Tarefa de Codificação

Os participantes eram instruídos a julgar os itens representados nas imagens como sendo menores ou maiores que uma caixa de sapatos. A resposta era emitida através de botão correspondente no teclado numérico (1-menor, 2-maior) durante a tela de resposta que sucede o estímulo. As telas de estímulo eram precedidas por telas de transição (Figura 2). Já instruídos, os participantes realizaram treino com 6 estímulos. Após o treino, 200 estímulos distintos eram apresentados em ordem aleatória, um-a-um, acompanhado de descanso de 60 s a cada 100 estímulos.

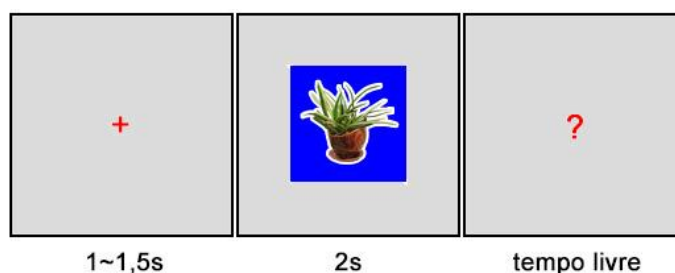


Figura 2 - Sequência de apresentação das telas da fase de estudo do experimento 2. O número abaixo das telas indica seu tempo de duração em segundos, sendo primeira tela de duração variável.

Tarefa de Distração

Para preencher o intervalo de 10 minutos até a próxima etapa, os participantes realizaram uma tarefa matemática do tipo $A \times B \times C = ?$, onde A, B e C eram números de 1 a 9. As operações eram apresentadas na tela do computador de forma sucessiva durante 10 minutos.

Tarefa de Reconhecimento

Após instruídos, os participantes realizaram treino com 6 itens. Cada tarefa contou com 300 imagens apresentadas randomicamente, sendo 200 já apresentadas na tarefa de codificação (item antigo) e 100 nunca apresentadas anteriormente (item novo). A cada 100 estímulos era realizada uma pausa de 60 s para descanso.

Cada tela de apresentação de estímulo era precedida por uma tela de intervalo, e sucedida por duas telas de resposta. Na primeira tela de resposta, o participante classificava o estímulo como antigo ou novo, em escala de 1 a 6, sendo 1 certamente antigo e 6 certamente novo (procedimento similar em, Fellner, Bäuml, & Hanslmayr, 2013). Na segunda, indicava a cor do quadrado que formava o fundo do estímulo, nas teclas de 1 a 5, sendo a tecla cinco sem cor, indicando que o sujeito não lembra a cor (Figura 3).

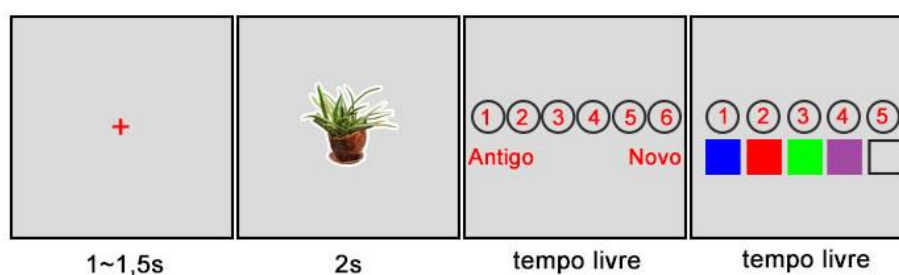


Figura 3 - Sequência de apresentação das telas da fase de teste do experimento 2.

Análises dos dados

A análise dos dados relativos aos índices de reconhecimento foi realizada no programa de tabulação e cálculos matemáticos Excel, a partir dos dados gravados no programa de apresentação de estímulos SuperLab.

As respostas para a tarefa de reconhecimento foram classificadas como acerto (Ac), para imagens corretamente lembradas como antigas; erro ou falha (Fa), para imagens antigas que foram esquecidas; reconhecimento correto (Rc), para imagens corretamente reconhecidas como novas; alarme falso (Af) para imagens novas erroneamente reconhecidas como antigas.

O índice de acertos (IAc) das respostas foi então calculado através da fórmula $(Ac+Rc)/(Ac+Rc+Fa+Af)$.

Para realização dos cálculos estatísticos, foi utilizado o programa SPSS v23 (IBM SPSS, Armonk, NY, USA). Devido à ausência de normalidade das distribuições amostrais, todas as estatísticas foram realizadas com testes não paramétricos, sendo eles: Wilcoxon, Kruskal-Wallis, e Mann-Whitney.

Experimento 3: Estimulação Binaural Online

Amostra e delineamento

Esta pesquisa recebeu aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal da Paraíba, protocolo CAAE: 50649421.8.0000.5188, conforme resolução 466/12 do Comitê Nacional de Ética em Pesquisa. O experimento contou com 87 participantes (47 mulheres), com idade entre 17 e 63 anos (*Média* = 32.3, *D.P.* = 11.0), alfabetizados, com acuidade auditiva e visual declaradas normais ou corrigidas. A amostra foi selecionada por conveniência, com divulgação pelas redes sociais instagram e facebook, bem como por cartazes afixados nos corredores das universidades. Tanto a versão digital quanto a impressa contava com link para acesso ao TCLE e à tarefa, esta qual só poderia ser acessada após assinalar uma caixa confirmando o consentimento com os termos apresentados.

Os participantes foram alocados aleatoriamente em 3 grupos independentes, correspondentes às condições experimentais de estimulação auditiva (binaural = 28, monoaural = 29, tom puro = 30). Foram excluídos das análises, 6 participantes, sendo: 3 por não terem emitido resposta para mais do que 7 estímulos; 2 por ter menos de 68 registros dos 75 estímulos apresentados; 1 por obter efeito de item abaixo de .25; em uma das tarefas. Dos 6 participantes excluídos, havia 2 de cada grupo. Após as exclusões, a distribuição de participantes entre os grupos foi a seguinte: binaural = 26, monoaural = 27, tom puro = 28.

Estímulos e Instrumentos

Dois questionários foram utilizados, um para obtenção de dados sociodemográficos e informações sobre saúde e impressão acerca do experimento no primeiro dia (Apêndice B), e outro para obter informações sobre impressões relativas ao experimento no segundo dia (Apêndice C).

Os pesquisadores utilizaram o programa de distribuição livre Audacity 3.0.2 para produção dos estímulos sonoros. Os participantes necessitaram de computador, fones de ouvido estéreo com ambos os lados funcionando, e acesso à internet. Uma lista com 450 palavras foi produzida pelos autores desta pesquisa, essas palavras embaralhadas e divididas em 3 listas de 150 palavras, que para referência futura chamaremos listas A, B e C. No intuito de evitar que as listas funcionassem como variável de confusão, elas foram contrabalanceadas, rotacionando-se entre as condições experimentais quando se completava cerca de 15 participantes por condição (ABC, CAB, BCA), de modo que a quantidade de participantes que realizou o experimento com cada lista, estivesse igualmente distribuída entre os grupos. A disponibilização de estímulos distintos suficiente para as 3 condições ocorreu a fim de

possibilitar que as pessoas pudessem participar das 3 condições experimentais, caso desejassem. Como menos de 6 pessoas participaram de mais de uma condição, o delineamento para as análises dos resultados teve de ser com grupos independentes.

A tarefa de estimulação auditiva foi construída pelos autores desta pesquisa a partir biblioteca de linguagem javascript, a jsPsych, e integrada a um site. Como o experimento seria online, o site contou com funções para monitoramento e registro de ações que pudessem indicar ausência de engajamento na tarefa, como: mudança de janela ou aba do navegador, saída e retorno ao modo tela cheia. Após alguns participantes visualizarem todos os estímulos do experimento, mas não emitirem nenhuma resposta, uma função para detecção de teclado numérico desativado foi implementada. Então, antes das instruções para a primeira tarefa ser iniciada, quando o teclado numérico estava desativado um alerta em janela “*pop-up*” era emitido.

Os dados da tarefa foram registrados em banco de dados, construído em linguagem MySQL também pelos autores deste estudo. A extração dos dados referentes à contabilização dos tipos de respostas e respectivos tempo de reação médio de cada sujeito também foi realizada a partir de funções programadas em MySQL. Os dados foram então tabulados no programa Microsoft Excel e em seguida transferidos para uma planilha do programa estatístico SPSS v23 (IBM SPSS, Armonk, NY, USA).

Procedimento

Ao acessar o site do experimento os participantes visualizavam o TCLE e passavam para uma tela de cadastro, tão logo confirmassem seu consentimento ao marcar uma caixa de checagem e clicassem em um botão para avançar.

Na tela de cadastro um questionário (Apêndice B) era apresentado. Após conclusão do cadastro, os participantes eram instruídos por mensagens programadas na tarefa computadorizada, via texto escrito, ou áudio e vídeo.

Replicando parcialmente o protocolo de Derner et al. (2018), foram realizadas tarefas de memória associativa composta por uma fase de estudo e outra de reconhecimento (descritas abaixo). Um período de descanso de 1 minuto separava essas duas fases. O mesmo tipo de tarefa era realizado duas vezes, apenas alternando a categoria de estímulos contextuais utilizados (cores ou cenas) a cada rodada (Figura 4). Ao fim do experimento era apresentado um questionário sobre impressões acerca de sua experiência (Apêndice C).

Fase de estudo

Nesta primeira fase da tarefa foram apresentados 50 estímulos, um a um, por 3.5s, intercalados com a apresentação de uma cruz de fixação exibida no centro da tela, com duração variável de 700 a 1300 ms (média 1000 ms). Cada um dos 50 estímulos era composto por uma palavra escrita em caixa alta, exibida acima de um quadrado colorido (vermelho/azul) ou uma cena (escritório/natureza), centralizados em uma tela de fundo preto. O contexto associativo (cor ou cena) possuía 200x300 pixels de dimensão e era posicionado abaixo da palavra constituinte do estímulo. Palavras e contextos eram selecionados aleatoriamente a cada participante. Durante a apresentação de cada estímulo os participantes indicaram, através de botões no teclado [1. Combina, 2. Não combina], se a relação entre nome e contexto era plausível.

Tempo de descanso

Na tela de descanso o participante era incentivado a jogar o “jogo da cobra”, durante o intervalo de 1 minuto. O jogo foi programado em Javascript pelos autores, com a finalidade de padronizar o intervalo de descanso, evitando que os participantes realizassem recapitulação mental dos estímulos nesse tempo.

Fase de reconhecimento

Similarmente à fase de estudo, foram apresentadas telas de resposta com estímulos compostos por palavra e contexto, sendo agora 75 [50 apresentados na fase anterior e outros 25 nunca apresentados]. Abaixo da palavra-estímulo foram apresentadas as seguintes opções de resposta: 1.Novo; 2.Contexto 1 [Antigo, visto com vermelho ou escritório]; 3.Contexto 2 [Antigo, visto azul ou natureza]; 4.Contexto desconhecido [Antigo, contexto desconhecido] (Figura 4). Cada tela de resposta teve duração máxima de 5 segundos, tempo no qual o participante tinha de apertar botão correspondente a sua resposta, fazendo com que a tela de resposta desse lugar à tela de intervalo com cruz de fixação e duração variável de 700 a 1300 ms (média 1000 ms).

Estimulação binaural

Os participantes receberam EB durante a fase de estudo das rodadas com contexto do tipo cor, e a fase de reconhecimento das rodadas com contexto do tipo cena (Figura 4). Esse procedimento foi adotado para que possíveis efeitos da estimulação durante a fase de estudo não repercutissem na fase de reconhecimento (veja, Derner et al., 2018).

Na condição binaural, tons na frequência 217.5 e 222.5 Hz foram apresentados concomitantemente, um em cada ouvido. Na condição monoaural os mesmos tons serão utilizados, porém sobrepostos, apresentando-se ambos em cada ouvido. Na condição controle, uma mesma onda senoidal pura de 220 Hz foi apresentada em ambos os ouvidos, equivalente à média entre 217.5 e 222.5 Hz.

Rodadas de cor



Rodada de cenas



Figura 4 - Desenho das tarefas de estimulação binaural. O desenho de oscilações acima das telas indica o momento em que ocorre estimulação auditiva.

Análise dos dados

As respostas emitidas na fase de estudo têm o propósito único de engajar o participante na tarefa, sendo assim, apenas as respostas produzidas na fase de reconhecimento dizem respeito ao desempenho da memória e foram submetidas a análise.

Para algumas análises, são utilizadas medidas ajustadas por sua probabilidade de ocorrência: probabilidade de acerto de item (pAcI) (respostas corretas para itens estudados / todas as respostas para itens estudados); probabilidade de alarme falso para itens novos (pAfI) (respostas incorretas para itens novos / todas as respostas para novos itens); probabilidade de acertos de contexto (pAcC) (respostas corretas para contexto / todas as respostas para itens estudados); probabilidade de alarme falso de contexto (pAfC) (respostas de contexto para itens novos / todas as respostas para itens novos); probabilidade de falha de contexto (pFaC) (respostas incorretas para contexto / todas as respostas para itens estudados).

Foram analisados efeitos que indicam precisão das respostas: (1) efeito de memória para item (pAcI - pAfi); (2) efeito de memória para contexto (respostas corretas para contexto – respostas incorretas para contexto) / (respostas corretas para itens estudados).

As análises estatísticas foram realizadas no programa SPSS v23. Como a maior parte variáveis não apresentou distribuição amostral normal, todas as estatísticas foram realizadas com testes não paramétricos, sendo eles: Wilcoxon, Kruskal-Wallis, e Mann-Whitney. O valor alfa considerado para os testes foi de .05, não corrigindo para múltiplas comparações, sob a justificativa de estar realizando uma investigação exploratória para corroboração futura por outros estudos (Streiner & Norman, 2011).

Experimento 4: Estimulação Binaural Presencial

Amostra e delineamento

Este experimento compunha o mesmo projeto que o experimento 4, beneficiando-se, pois, do mesmo protocolo de aprovação pelo comitê de ética da UFPB.

Contou-se com amostra de 78 voluntários (60 mulheres), entre 18 e 46 anos (*Média* = 23.54, *D.P.* = 6), alfabetizados, com acuidade visual e auditiva declarada normal ou corrigida.

A seleção da amostra foi feita por conveniência, com divulgação nas redes sociais instagram e facebook. Houve também divulgação por mídia física, com cartazes expostos nos corredores da UNIFACISA, CCHLA da UFPB e departamento de psicologia da UEPB. Tanto a versão digital quanto a impressa contava com link para acesso à página de agendamento da participação no experimento. Todos os participantes assinalaram uma caixa de confirmação, indicando consentimento com o TCLE apresentado em versão digital.

Se tratando de um estudo quase-experimental de grupos independentes, os participantes foram alocados na seguinte configuração: Grupo 1: estimulação binaural com teste imediato e após 7 dias; Grupo 2: estimulação monoaural com teste imediato e após 7 dias; Grupo 3: estimulação de tom puro, com teste imediato e após 7 dias.

Os participantes foram distribuídos aleatoriamente em 3 grupos independentes, correspondentes às condições experimentais de estimulação auditiva (binaural = 22, monoaural = 32, tom puro = 24). Foram excluídos de todas as análises 6 participantes, sendo: 5 por apresentar efeito de memória menos que .50, e 1 por ausência de resposta em mais do que 7 estímulos. Também foram excluídos 20 participantes adicionais, apenas das análises que incluíam dados referentes à segunda sessão (i.e., dia de experimentação) – consulte o delineamento, sendo: 3 por ter menos de 68 registros de resposta dos 75 estímulos apresentados, 1 por ausência de resposta em mais do que 7 estímulos, e 16 por não terem comparecido ao

experimento. Nesse último caso, a distribuição entre os grupos foi: binaural = 17, monoaural = 20, tom puro = 15.

Instrumentos

Na modalidade presencial o equipamento já se encontrava à disposição do participante nos laboratórios. Os experimentos foram realizados em 3 instituições de ensino superior distintas (UEPB, UFPB e UNIFACISA), estas quais diferiam quando à infraestrutura.

Na UEPB, duas salas diferentes foram utilizadas para o experimento, conforme disponibilidade de horário, uma das salas possuía ventilador, que era ligado na potência mínima, a fim de evitar que o ruído do aparelho fosse intenso o suficiente para interferir na escuta dos estímulos e instruções. Essas salas são situadas próximas a corredores nos quais eventualmente havia movimentação de alunos, podendo ter causado distrações aos participantes, contudo, apenas 7 participantes realizaram o experimento em tais ambiente, e eles não comentaram terem sofrido distrações que interferissem na execução das tarefas. Já na UFPB e UNIFACISA, os ambientes contavam com ar-condicionado e eram silenciosos.

Para realização dos experimentos, foram utilizados notebooks com tela de 14 a 15” e fones de ouvido Lamia 2 da Redragon. A pressão sonora foi ajustada para 75 dB. Para tanto, foram realizadas mensurações em cada computador e cada lado do fone, para cada estímulo sonoro correspondente às condições experimentais, com decibelímetro calibrado e certificado pela Instrusul.

Procedimento

Esse experimento contou com procedimento similar ao do experimento 3, diferenciando-se pela padronização da pressão sonora, que era ajustada manualmente pelo pesquisador, e pela adição de uma sessão adicional de experimentação que ocorria 7 dias após a primeira. Nessa sessão os participantes realizavam apenas a fase de reconhecimento de ambas as tarefas. Para essa sessão adicional 50 itens novos foram selecionados para serem misturados aos antigos no teste de reconhecimento, sendo 25 para cada tarefa.

Análise dos dados

Os dados comportamentais foram contabilizados e categorizados tal como no experimento online.

CAPÍTULO 3: RESULTADOS

Experimento 1: Oscilações Elétricas na Codificação e Evocação

Resultados comportamentais

Na evocação após 10 minutos os participantes reconheceram em média 80% ($D.P.$ = 27.5; Min = 52; Max = 90) dos itens apresentados na fase de codificação. Ao testar a correlação entre número de acertos e ordem de apresentação dos estímulos durante a codificação revelou-se uma correlação significativamente negativa [$r_s(198) = -.333$, $p < .001$, BCa IC 95% $-.462$ a $-.185$], ou seja, houve diminuição de acertos com o aumento da posição de apresentação do item. Como havia uma pausa após os primeiros 100 estímulos, a correlação também foi conduzida separadamente para cada metade da fase de codificação, contudo, apesar da significância estatística, o intervalo de confiança passa pelo zero, inviabilizando conclusão acerca da direção do efeito [$r_s(98) = -.206$, $p = .040$, BCa IC 95% $-.428$ a $.019$], já na segunda metade, sequer houve efeito estatisticamente significativo [$r_s(98) = .073$, $p = .468$, BCa IC 95% $-.122$ a $.249$]. Ao testar a mesma relação para a ordem de apresentação dos estímulos na evocação, obtém-se correlação significativamente negativa ao considerar todos os estímulos [$r_s(295) = -.241$, $p < .001$, BCa IC 95% $-.347$ a $-.127$]. A evocação conta 3 pausas (uma a cada 100 estímulos), e as correlações resultarem respectivamente em [$r_s(98) = -.200$, $p = .046$, BCa IC 95% $-.388$ a $-.009$], [$r_s(97) = -.025$, $p = .808$, BCa IC 95% $-.224$ a $.173$], [$r_s(96) = -.189$, $p = .063$, BCa IC 95% $-.382$ a $.006$], havendo correlação significativa negativa apenas para a primeira parte da evocação, e aproximando-se da significância estatística na parte final. O bloco do meio da fase de evocação (i. e. do estímulo 101 ao 200) não apresenta nível de correlação significativo.

Resultados eletroencefalográficos

Os dados eletroencefalográficos quanto à diferença de potência na codificação de itens posteriormente reconhecidos (acertos) e não reconhecidos (erros), foram obtidos a partir da média de todos os eletrodos de todos os participantes. Uma linha de base comum entre todas as condições foi estabelecida a partir da média de todo o período pré estímulo (i.e. -1000 a 0 ms). A análise tempo-frequência demonstrou aumento de potência em relação à linha de base em teta (2-4 Hz) em quase todo o período pós estímulo (Figura 5A). Contudo, apesar de a estatística por permutação apresentar maior potência no acerto em comparação ao erro, entre 80 e 550 ms, e entre 1000 e 1500 ms ($p_{perm} < .05$), apenas esse segundo período sobreviveu à correção por

clusters (Figura 5A). Já na frequência alfa (9-14 Hz), percebe-se diminuição de potência em relação à linha de base ao longo de quase todo o período pós estímulo, e maior potência para acertos em comparação aos erros, na janela de 0 e 800 ms ($p_{\text{cluster}} < .05$) (Figura 5A).

A partir das frequências destacadas nessa primeira análise, foram gerados mapas topográficos a fim de identificar a localização daqueles efeitos no escalpo. No intuito de acompanhar eventuais modificações da localização do efeito ao longo do tempo, foram gerados mapas para as 4 janelas sequenciais de 500 ms, entre -500 e 1000 ms. Comparando-se acertos a erros, observou-se maior potência em teta (2-4 Hz) para acertos em área abrangente, abarcando áreas parietais e centrais, alcançando também eletrodos da região temporal esquerda na janela de 1000 a 1500 ms ($p_{\text{cluster}} < .05$) (Figura 5B). Na frequência alfa (9-12 Hz) também se verificou maior potência para acertos, amplamente difundido pelo córtex, abrangendo eletrodos da região parietal à frontal, e abarcando eletrodos temporais esquerdos entre 0 e 1000 ms ($p_{\text{cluster}} < .05$) (Figura 5C). A área de efeito da diferença se modifica após os 1000 ms ($p_{\text{cluster}} < .05$), restringindo-se a uma menor área composta por eletrodos frontais, fronto-centrais e temporais direitos (Figura 5C). Uma análise da coerência de fase entre ensaios (ITPC) apresenta alinhamento das fases no período de 0 a 500 ms, tanto para acertos quanto para erros (Figura 5D). Na comparação entre as condições nota-se significância estatística em pontos dispersos no plano tempo-frequência, aparentando resultados espúrios. Nenhum desses pontos sobreviveu à correção por cluster (Figura 5D).

As mesmas análises foram realizadas também para os registros eletroencefalográficos da evocação. A análise do espectrograma apresentou pontos de diferença significativa entre acertos e erros dispersos na faixa de frequência entre 7 e 20 Hz ($p_{\text{perm}} < .05$), porém nenhum sobreviveu à correção por cluster (Figura 6A). Como não houve efeito consistente, a análise topográfica foi realizada a partir das mesmas frequências analisadas na codificação (teta 2-4 Hz, alfa 9-12 Hz). Nenhum efeito foi encontrado na frequência teta (Figura 6B). Por outro lado, na frequência alfa houve diminuição significativa de potência abrangendo eletrodos centrais, parietais e temporais do hemisfério direito após 1000 ms (Figura 6C). Na análise ITPC houve coerência de fase no período de 0 a 500 ms, tanto para acertos quanto para erros, com pontos diferença significativa dispersos no plano tempo-frequência, nenhum dos quais sobreviveu à correção por cluster (Figura 6D).

A fim de identificar se há características elétricas que diferenciam codificação de evocação, acertos e erros foram comparados separadamente em cada uma dessas fases. Como resultado, observou-se um breve período significativo de menor atividade teta durante a codificação de acertos, comparativamente à evocação (5-7 Hz, 120 a 350 ms, $p_{\text{perm}} < .05$), já na

frequência alfa houve apenas pontos dispersos de diferença significativa em que os acertos da codificação apresentaram maior potência do que na evocação, indicando resultados espúrios (Figura 7A). Nenhum dos efeitos sobreviveu à correção por cluster (Figura 7A). Como o único efeito com alguma consistência ocorreu na frequência 5-7 Hz, esta foi selecionada para gerar os mapas topográficos da banda teta. Nenhum efeito foi detectado nos mapas topográficos em qualquer das frequências, 5-7 Hz ou 9-12 Hz (Figura 7B, 6C). Além disso, nenhum efeito consistente foi identificado e relação à coerência entre ensaios (ITPC) (Figura 7D).

Ao comparar codificação e evocação quanto ao sinal presente nos erros, observou-se menor potência durante a codificação na frequência teta (2-5 Hz, 1100 a 1500 ms, $p_{\text{cluster}} < .05$) (Figura 8A). Os mapas topográficos revelaram menor atividade teta (2-5 Hz, 0 a 500 ms, $p_{\text{cluster}} < .05$) abrangendo área parietal bilateral, central e frontal direitas (Figura 8B). O efeito em teta some entre 500-1000 ms e surge entre 1000 e 1500 ms, ainda mais difundido, indo da região occipital à fronto-polar, estando ausente em poucos eletrodos (Figura 8B). Já para alfa (9-12Hz) nenhum efeito foi encontrado (Figura 8C). Para a análise ITPC nenhum efeito sobreviveu à correção por múltiplas comparações (Figura 8D).

Por fim, com a finalidade de analisar se houve alguma mudança no sinal eletrofisiológico com o número de itens apresentados, comparou-se o sinal da primeira e segunda metades da tarefa de codificação. Para obter uma melhor relação sinal/ruído foram utilizados os dados de todos os ensaios disponíveis antes de igualar a quantidade de ensaios para acertos e erros. Houve diferença entre as duas partes apenas para testes-*t* com reamostragem do tipo Montecarlo, contudo, nenhum dos efeitos sobreviveu à correção por clusters (Figura 9A), nenhum efeito também sobreviveu à correção nos mapas topográficos (Figura 9B).

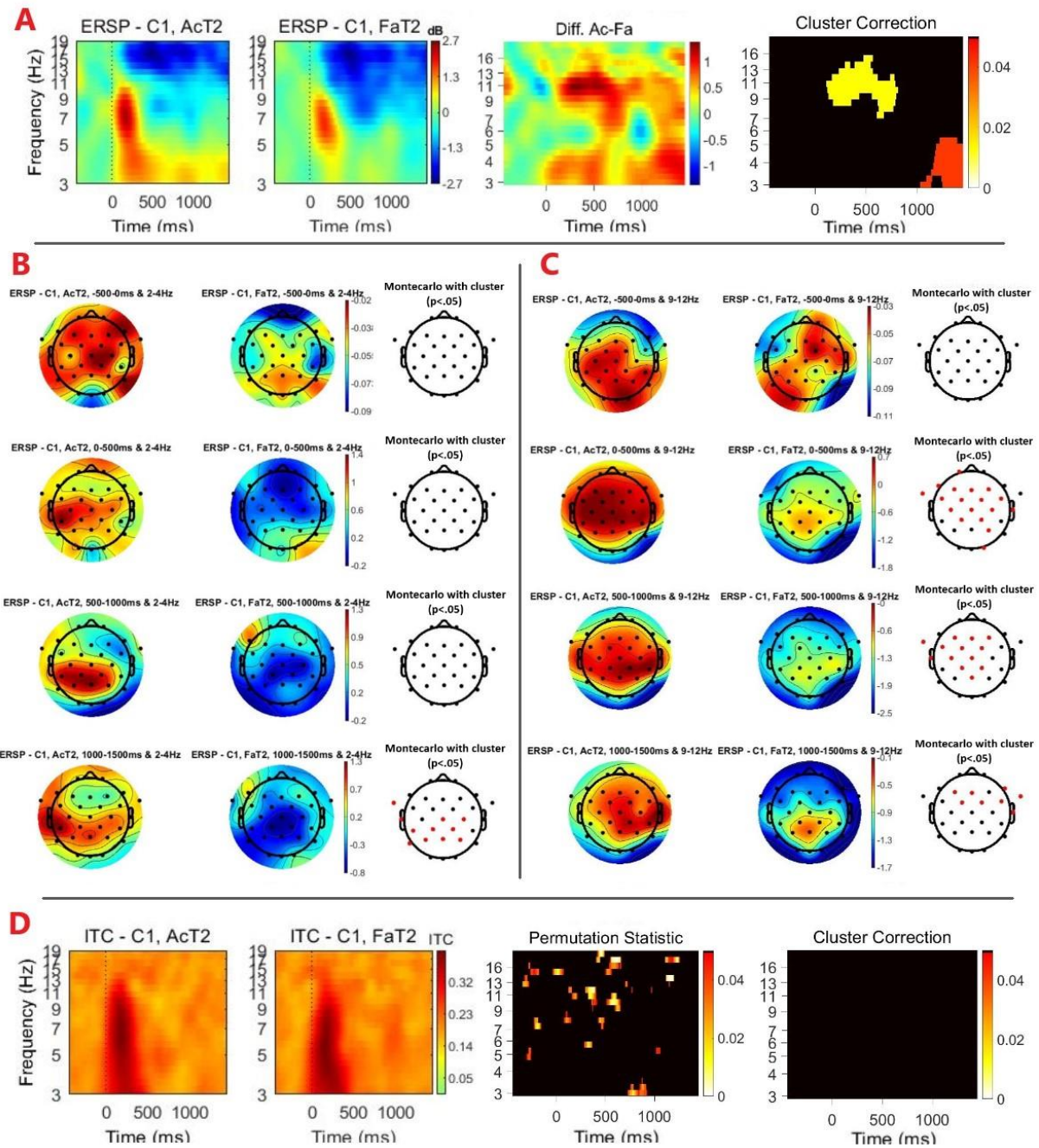


Figura 5 – Registro EEG na codificação. A, espectrogramas de acerto, erro e diferença (acerto-erro) calculados a partir da média dos canais e sujeitos, permutação Montecarlo com correção por cluster ($p < .05$); B, representação topográfica da potência na frequência teta (2-4 Hz) para acertos e erros, e eletrodos representando diferença significativa ($p < .05$) destacados em vermelho; C, representação topográfica da potência na frequência alfa (9-12 Hz); D, ITPC obtido a partir da média de canais e sujeitos, permutação Montecarlo e correção por cluster com critério $p < .01$. C1 = codificação; Ac = Acertos; Fa = Falha | erro; T2 = reconhecido na tarefa 2, i.e., após 10 minutos.

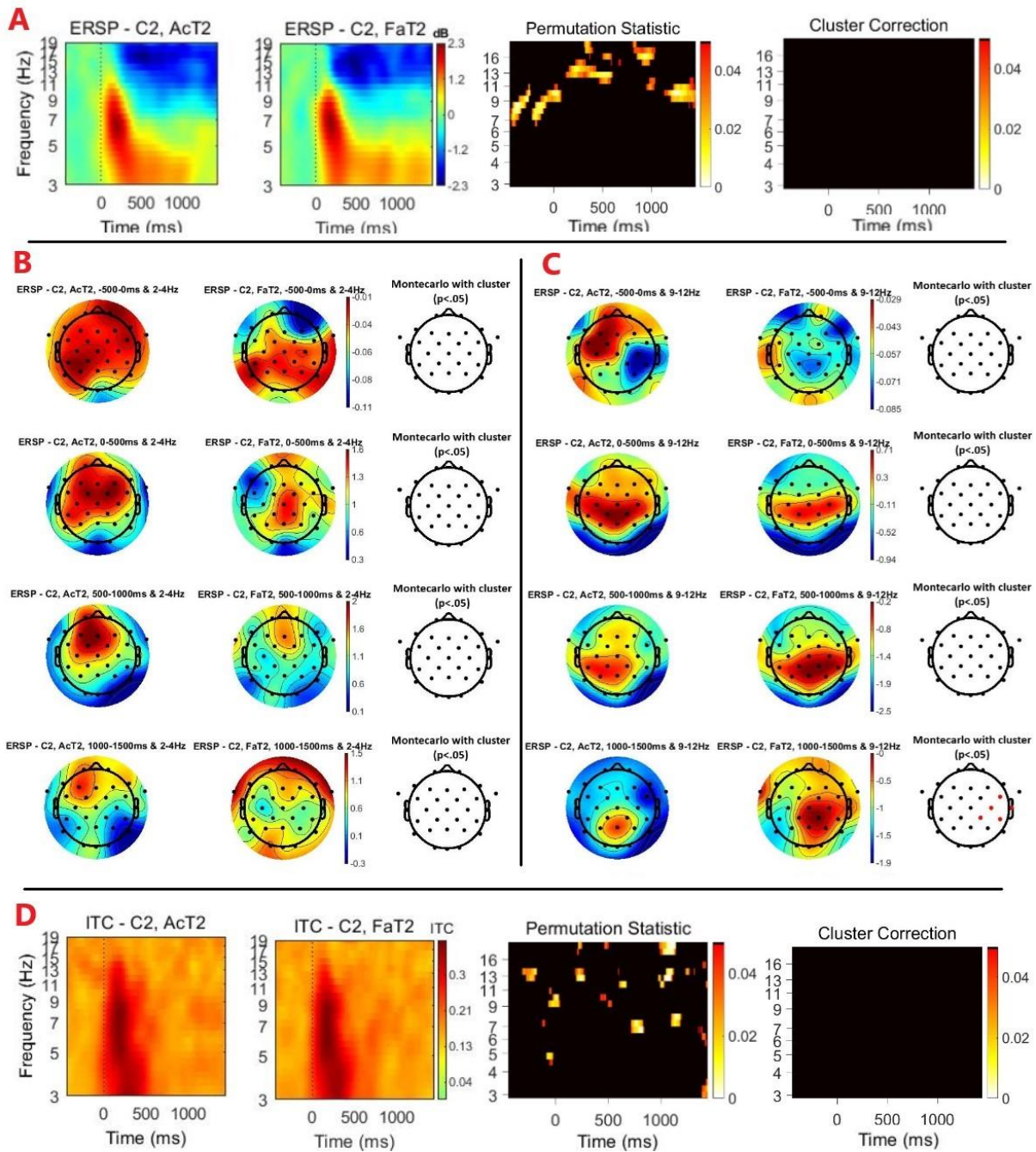


Figura 6 – Registro EEG na evocação. A, espectrogramas de acerto e erro, calculados a partir da média dos canais e sujeitos, permutação Montecarlo sem correção, e com correção por cluster ($p < .05$); B, representação topográfica da potência na frequência teta (2-4 Hz) para acertos e erros, e eletrodos representando diferença significativa ($p < .05$) destacados em vermelho; C, representação topográfica da potência na frequência alfa (9-12 Hz); D, ITPC obtido a partir da média de canais e sujeitos, permutação Montecarlo e correção por cluster com critério $p < .01$. C2 = evocação; Ac = Acertos; Fa = falha | erro; T2 = reconhecido na tarefa 2, i.e., após 10 minutos.

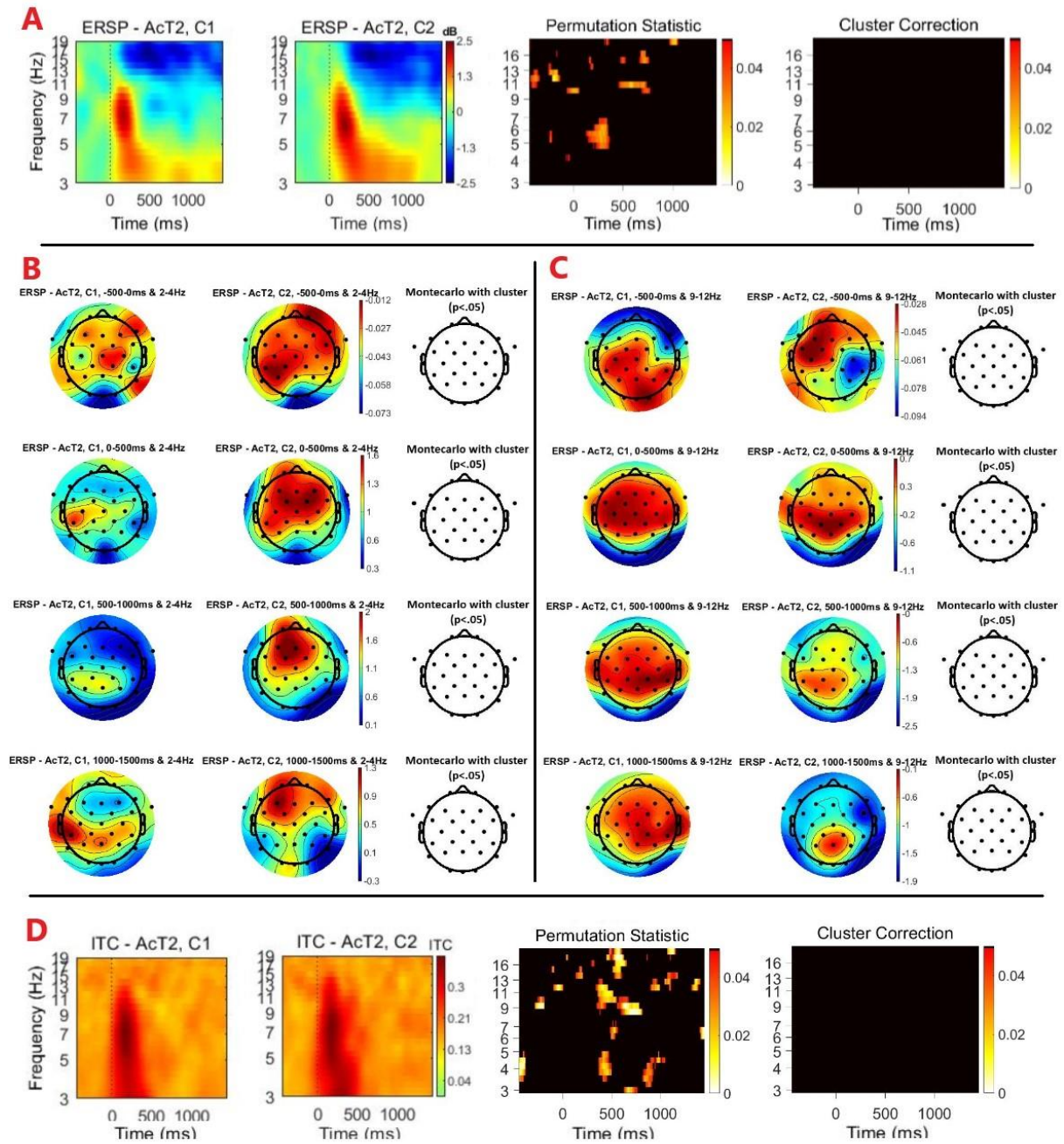


Figura 7 – Registro EEG dos acertos na codificação e evocação. A, espectrogramas de acerto e erro, calculados a partir da média dos canais e sujeitos, permutação Montecarlo sem correção, e com correção por cluster ($p < .05$); B, representação topográfica da potência na frequência teta (2-4 Hz) para acertos e erros, e eletrodos representando diferença significativa ($p < .05$) destacados em vermelho; C, representação topográfica da potência na frequência alfa (9-12 Hz); D, ITPC obtido a partir da média de canais e sujeitos, permutação Montecarlo e correção por cluster com critério $p < .01$. C1 = codificação; C2 = evocação; Ac = Acertos; T2 = reconhecido na tarefa 2, i.e., após 10 minutos.

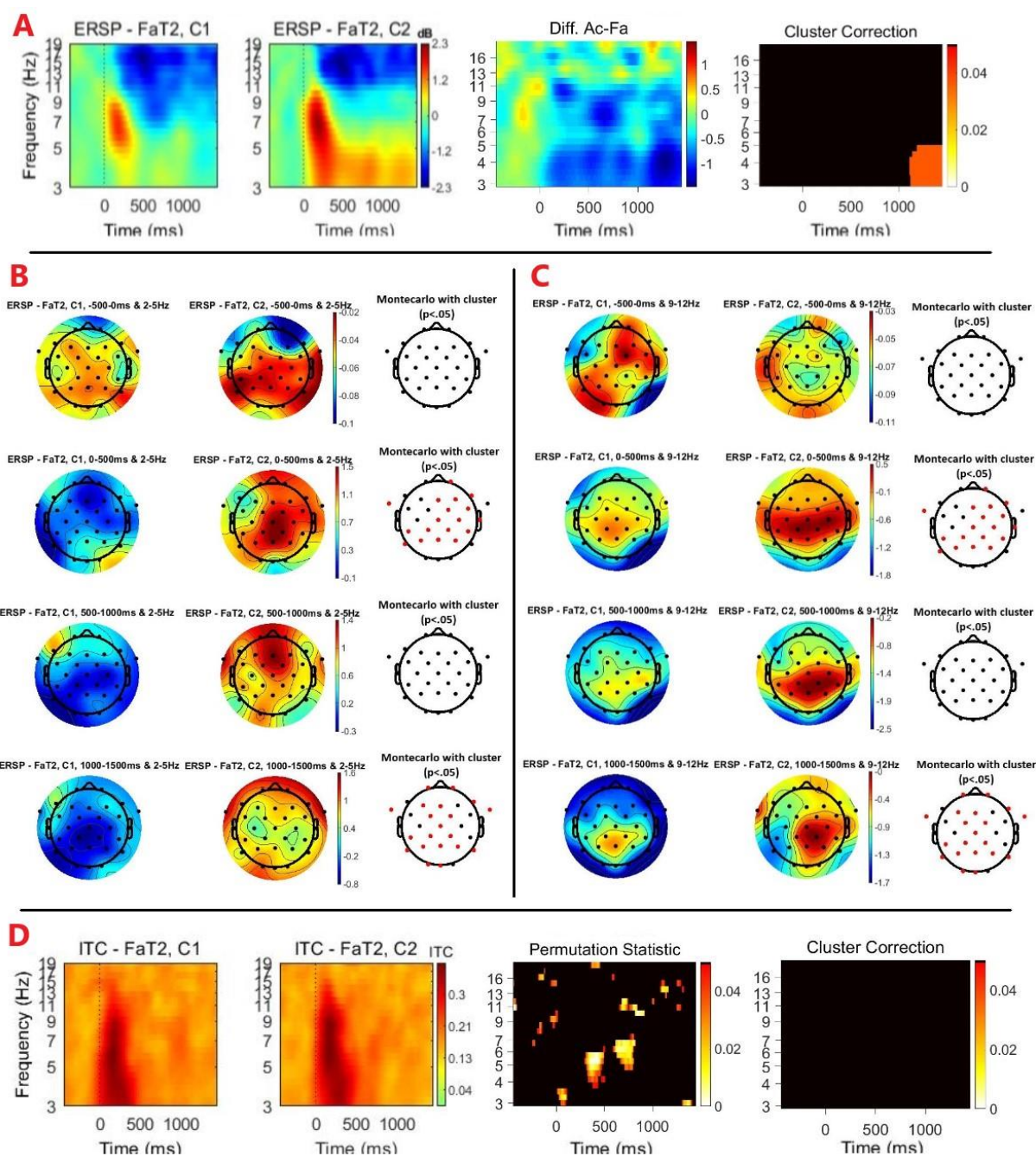


Figura 8 – Registro EEG dos erros na codificação e evocação. A, espectrogramas de acerto, erro e diferença (acerto-erro) calculados a partir da média dos canais e sujeitos, permutação Montecarlo com correção por cluster ($p < .05$); B, representação topográfica da potência na frequência teta (2-5 Hz) para acertos e erros, e eletrodos representando diferença significativa ($p < .05$) destacados em vermelho; C, representação topográfica da potência na frequência alfa (9-12 Hz); D, ITPC obtido a partir da média de canais e sujeitos, permutação Montecarlo e correção por cluster com critério $p < .01$. C1 = codificação; C2 = evocação; Fa = falhas | erros; T2 = reconhecido na tarefa 2, i.e., após 10 minutos.

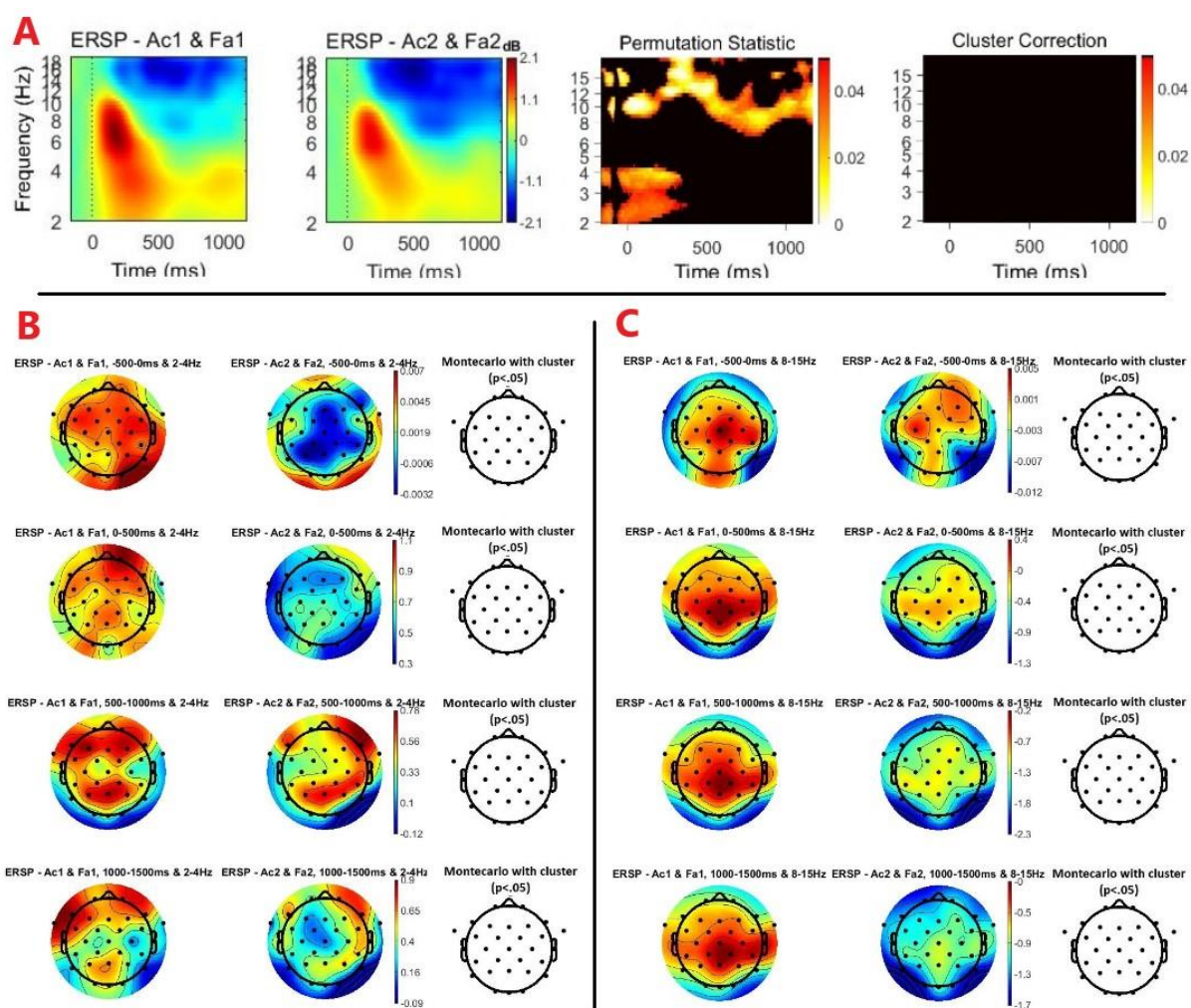


Figura 9 – Registro EEG do sinal com o aumento do número de itens durante a codificação. A, espectrogramas da primeira parte e segunda parte da codificação, calculados a partir da média dos canais e sujeitos, permutação Montecarlo sem correção, e com correção por cluster ($p < .05$); B, representação topográfica da potência na frequência teta (2-4 Hz) para acertos e erros, e eletrodos representando diferença significativa ($p < .05$) destacados em vermelho; C, representação topográfica da potência na frequência alfa (9-12 Hz).

Experimento 2: Tarefa Comportamental para Experimento de Investigação de Características Eletrofisiológicas Associadas à Persistência da Memória

Todos os grupos alcançaram IAc acima de 0.6 para o reconhecimento de itens, e tenderam a manter esse desempenho, similar ou melhor, na segunda tarefa de reconhecimento (Tabela 1), contrariando as hipóteses iniciais de diminuição do desempenho para intervalos mais longos. Como o grupo 1 realizou o reconhecimento após 10 min e 24 h, e o grupo 2 após 24 h e 72 h, a diferença de desempenho entre as tarefas poderia revelar melhoria de desempenho

na memória para itens após intervalos maiores, contudo, essa comparação não apresentou significância estatística (Tabela 1).

A memória para contexto apresenta um cenário mais complexo. O índice de acertos do reconhecimento de contexto (IACc), calculado a partir de $(AcC)/(AcC+FaC)$, se apresenta abaixo do esperado ao acaso em todos os grupos e condições (Tabela 1). Em ambos os grupos houve aumento de respostas do tipo “não sei a cor” (NsC) com o aumento do intervalo de reconhecimento, acompanhado de diminuição dos acertos de contexto (Tabela 1), porém, enquanto o grupo 1 apresentou aumento de IACc, o grupo 2 apresentou diminuição. Contudo, as diferenças no número de acertos de contexto, alarmes falsos e respostas do tipo NsC, só se mostrou significativa no grupo 2 (Tabela 1).

Tabela 1

Estatísticas da comparação entre primeira e segunda tarefas.

Variável	Grupo 1				Grupo 2			
	10 min	24 h	Z	p	24 h	72 h	Z	p
	Med	Med			Med	Med		
Ac	177	171	-.71	.477	162	165	-.94	.348
IAC	.91	.90	-.74	.462	.81	.86	-1.54	.123
AcC	10	3	-.85	.393	28	5	-2.24	.023
IACc	.22	.24	-.14	.889	.17	.02	-1.57	.117
Af	7	4	-1.51	.130	13	6	-3.31	.001
NsC	132	164	-1.70	.088	34	96	-2.27	.023

Nota. Resultados de testes Wilcoxon, todos com $N = 15$. Ac = acerto de itens, IAC = índice de acertos de itens, AcC = acertos de item associado a contexto, IACc = índice de acerto de item associado a contexto, Af = alarme falso, NsC = resposta indicando não saber o contexto, Med = mediana.

A fim de verificar quais efeitos relacionados ao intervalo de 24 h observados no grupo 1 se devem ao efeito de treino, decorrente da repetição da tarefa de reconhecimento, comparou-se o reconhecimento do grupo 1 (24 h na segunda tarefa de reconhecimento) com o do grupo 2 (24 h na primeira tarefa de reconhecimento). Para o intervalo de 24 h, o grupo 1 apresentou melhor desempenho que o grupo 2 no que tange a IAC, bem como maior NsC e menor Af (Tabela 2).

Tabela 2

Estatísticas da comparação entre o reconhecimento após 24 h dos grupos 1 e 2

Variável	Reconhecimento após 24 h			
	G1 <i>Med</i>	G2 <i>Med</i>	<i>Z</i>	<i>p</i>
Ac	171	162	-1,10	.285
IAC	.90	.81	-2,08	.037
AcC	3	28	-1,60	.116
IACc	.24	.17	-0,61	.567
Af	4	13	-2.64	.008
NsC	164	34	-2.68	.007

Nota. Resultados de testes Mann-Whitney. $N = 30$ em todas as comparações. Ac = acertos de itens, IAC = índice de acertos de itens, AcC = acertos de item associado a contexto, IACc = índice de acerto de item associado a contexto, *Med* = mediana.

Experimento 3: Estimulação Binaural Online

Os grupos foram comparados, através de teste Kruskal-Wallis, quanto aos escores de possíveis variáveis de confusão associadas ao desempenho, contudo não apresentaram diferença significativa em nenhuma das variáveis [idade: $H(2) = .34, p = .73$; escolaridade: $H(2) = .93, p = .62$; renda: $H(2) = 1.54, p = .46$; sono: $H(2) = .50, p = .78$].

Foram realizadas ainda correlações da pontuação para desconforto, e crença de que o estímulo sonoro auxiliou no desempenho da memória (daqui em diante denominado “placebo”), com os escores dos efeitos de item e contexto. Não houve correlação significativa, exceto dos efeitos da memória entre si [$r_s(78) = .56, p < .001$]. Tais resultados apontam para menor crença no efeito da estimulação com o aumento da idade e maior escolaridade. Além disso, o aumento da idade se mostra inversamente proporcional à precisão das memórias associativas envolvendo palavra e imagem. Por fim, o efeito de reconhecimento e contexto se mostram diretamente proporcionais.

A fim de verificar se o desempenho dos participantes superou o que seria obtido com respostas emitidas ao acaso, realizou-se teste Wilcoxon de uma amostra com valor de comparação 0, referente ao efeito de reconhecimento e de contexto. O teste demonstrou que os participantes ($N = 81$) obtiveram pontuação acima do acaso no efeito de memória, em ambas as tarefas [Cor: $Med = .72, Z = 7.82, p < .001, r^2 = .75$; Cena: $Med = .78, Z = 7.82, p < .001, r^2 = .75$], indicando engajamento durante o experimento. Similarmente, houve desempenho acima

do acaso para o efeito de contexto [Cor: $Med = .37$, $Z = 7.22$, $p < .001$, $r^2 = .64$; Cena: $Med = .49$, $Z = 7.44$, $p < .001$, $r^2 = .68$]. Ao comparar o desempenho entre os efeitos de item ($Med = .75$) e de contexto ($Med = .42$), observou-se diferença significativa [$Z = -7.68$, $p < .001$, $r^2 = .73$], com superioridade do efeito de reconhecimento.

Foram realizados testes com a finalidade de comparar o desempenho de cada tipo de efeito entre as tarefas e, posteriormente, entre grupos. O efeito de item não apresentou diferença significativa entre tarefas [Cor: $Med = .72$, Cena: $Med = .78$, $N = 81$, $Z = -.21$, $p = .837$, $r^2 = .00$], ao contrário do efeito de contexto, que apresentou maior desempenho na segunda tarefa [Cor: $Med = .37$, Cena: $Med = .49$, $N = 81$, $Z = -2.53$, $p = .011$, $r^2 = .08$].

Por meio de um teste Kruskal-Wallis os efeitos sobre a memória foram comparados entre grupos, não sendo encontradas diferenças estatisticamente significativas [Item: $Med = .75$, $H(2) = 3.93$, $p = .140$; Contexto: $Med = .42$, $H(2) = .32$, $p = .851$]. Considerando a possibilidade de que as condições de estimulação pudessem afetar diferentemente cada uma das tarefas, em especial devido ao momento de estimulação ser diferente entre elas, realizou-se comparações dos efeitos sobre a memória entre os grupos em cada uma das tarefas (Tabela 3), contudo, também não se observou diferenças significativas.

Tabela 3

Comparação de efeitos sobre a memória entre grupos, para cada tarefa.

Variável	Cor			Cena		
	<i>H</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>H</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>
Reconhecimento	4.84	2	.089	2.66	2	.282
Contexto	.22	2	.895	.39	2	.824

Considerando que os efeitos sobre a memória relatados anteriormente são proporções, a ausência de diferença entre tarefas ou condições não indica necessariamente uma manutenção do padrão de respostas em números absolutos. Sendo o efeito de item uma proporção entre acertos e alarmes falsos, por exemplo, é possível que o número de acertos se eleve junto ao número de alarmes falsos, apresentando um mesmo efeito de reconhecimento enquanto difere na quantidade absoluta de acertos e alarmes falsos. Além disso, uma alteração no valor de um efeito sobre a memória pode decorrer tanto do aumento de acertos acompanhado de manutenção ou decréscimo dos erros, quanto do inverso. Devido a isso, foram então realizadas comparações entre os grupos quanto aos percentuais de acerto (pAcI) e alarme falso (pAfI) de item; acerto

(pAcC), alarme falso (pAfC) e falha (pFaC) de contexto; para cada sessão. A probabilidade de falha foi analisada apenas para as respostas de contexto pois é uma medida independente dos acertos de contexto.

Ao comparar as tarefas quanto aos percentuais dos tipos de respostas observou-se significância estatística apenas para alarmes falsos e falhas de contextos, embora com um tamanho de efeito pequeno (Tabela 4). Isso implica que a diferença de efeito de contexto decorre mais consistentemente da mudança do número de falhas do que do número de acertos entre as tarefas. Também foram feitas comparações entre grupos, as quais não revelaram diferenças significativas [pAcI: $H(2) = 1.42$, $p = .490$; pAcC: $H(2) = 1.35$, $p = .508$; pAfI: $H(2) = 1.70$, $p = .428$; pAfC: $H(2) = .02$, $p = .992$; pFaC: $H(2) = .275$, $p = .871$].

Tabela 4

Comparação entre tarefas, para o percentual de cada tipo de resposta.

Variável	Cor	Cena	Z	p	r^2
	Med	Med			
pAcI	.84	.86	-1.13	.259	.02
pAcC	.46	.52	-1.52	.129	.03
pAfI	.04	.04	-.08	.938	.00
pAfC	.04	.00	-2.36	.018	.07
pFaC	.12	.10	-2.50	.012	.08

Nota. $N = 81$ para todas as análises. pAcI = percentuais de acerto de item, pAfI = percentual de alarme falso de item, pAcC = percentual de acerto de contexto, AfC = percentual alarme falso de contexto, pFaC = percentual falha de contexto, *Med* = mediana.

O tempo de reação pode servir como medida representativa do nível de esforço empreendido pelo indivíduo na realização da tarefa, onde maiores tempos de reação representam maior dificuldade em emitir a resposta (Sternberg, 1966). Sendo assim, os tempos de reação foram analisados com a finalidade de levantar informações complementares às referentes ao desempenho. Os tempos de reação foram então comparados entre as tarefas, para cada tipo de resposta, revelando diferença para todos os tipos de resposta exceto para falha de item e alarme falso de contextos (Tabela 5). Todos os tempos de reação diminuíram da primeira para a segunda tarefa, indicando algum tipo de facilitação, esta qual pode ser atribuída ao efeito de ordem, tipo de estímulo utilizado como contexto, ou momento da estimulação.

Tabela 5

Comparação dos tempos de reação entre tarefas, para cada tipo de resposta.

Variável	Cor	Cena	N	Z	p	r ²
	Med	Med				
AcI	2139	1854	62	-3.39	.001	.19
AcC	1952	1729	76	-4.37	.000	.25
FaI	1878	1618	79	-4.43	.026	.25
FaC	2135	1942	66	-2.93	.000	.13
AfI	2092	1787	40	-2.22	.003	.12
AfC	2048	2030	28	-.61	.539	.01
Rc	1627	1391	81	-4.90	.001	.30

Nota. AcI = acertos de itens, AcC = acerto de contexto, FaI = falha de item, FaC = falha de contexto, AfI = de alarme falso de itens, AfC = alarme falso de contexto, Rc = Reconhecimento correto, *Med* = mediana.

Experimento 4: Estimulação Binaural Presencial

Os escores de possíveis variáveis de confusão associadas ao desempenho foram comparados entre os grupos através de teste Kruskal-Wallis, contudo não apresentaram diferença significativa em nenhuma das variáveis [idade: $H(2) = 1.85$, $p = .369$; escolaridade: $H(2) = 1.43$, $p = .490$; renda: $H(2) = 1.40$, $p = .497$; sono: $H(2) = 2.08$, $p = .353$]. Também foram correlacionados os escores de desconforto, e de “placebo”, com os efeitos de item e de contexto, revelando relação apenas entre desconforto na sessão 1 com desconforto na sessão 2 [$r_s(54) = -.38$, $p = .003$], e entre efeito de item e efeito de contexto [$r_s(49) = -.52$, $p < .001$].

Por meio de teste Wilcoxon de uma amostra com valor de comparação 0, verificou-se que o desempenho dos participantes se mostrou acima do que seria obtido ao acaso (Tabela 6), tanto para o efeito de reconhecimento, quanto para o efeito de contexto, em ambas as sessões e tarefas, indicando engajamento ao longo do experimento.

Em análises adicionais, verificou-se que o efeito de item ($Med = .65$) se mostrou superior ao efeito de contexto ($Med = .32$), [$N = 52$, $Z = -6.27$, $p < .001$, $r^2 = .76$]. Ao comparar as tarefas quanto ao efeito de item não houve diferença [Cor: $Med = .65$; Cena: $Med = .65$] ($n = 52$, $Z = -.17$, $p = .866$, $r^2 = .00$), enquanto o efeito de contexto mostrou diferença significativa [Cor: $Med = .25$, Cena: $Med = .36$, $N = 52$, $Z = -4.23$, $p < .001$, $r^2 = .34$], apontando, tal como no experimento online, que alguma característica da segunda tarefa facilitou o reconhecimento de contextos, não sendo possível identificar qual característica (tipo de estímulo contextual,

ordem de realização da tarefa, momento de estimulação) foi responsável por tal facilitação. Já na comparação entre sessões (i.e., dia de experimentação), para o efeito de item a sessão 1 ($Med = .78$) apresentou desempenho superior à sessão 2 ($Med = .49$) [$N = 52$, $Z = -6.28$, $p < .001$, $r^2 = .76$], similarmente ao efeito de contexto, que se mostrou superior na sessão 1 ($Med = .47$) em comparação à sessão 2 ($Med = .16$) [$N = 52$, $Z = -6.07$, $p < .001$, $r^2 = .71$], indicando aumento da dificuldade de evocação com o passar do tempo.

Para verificar se as condições de estimulação tiveram efeito no desempenho da memória, os grupos foram comparados quanto ao efeito de item [$H(2) = 1.81$, $p = .404$] e contexto [$H(2) = 9.79$, $p = .012$]. Como houve diferença significativa apenas no efeito de contexto, foram realizadas comparações pareadas entre os grupos apenas para esse efeito [G1 x G2: $N = 37$, $U = 111.5$, $p = .075$; G1 x G3: $N = 32$, $U = 90.5$, $p = .162$; G2 x G3: $N = 35$, $U = 66$, $p = .005$], que revelaram diferenças estatisticamente significativas apenas entre o grupo 2 e 3, ou seja, entre a estimulação monoaural e tom puro, respectivamente, o que representa uma redução de desempenho quando aplicada estimulação do tipo monoaural, como se observa na Figura 10.

Tabela 6

Comparação dos efeitos sobre a memória com o desempenho obtido ao acaso.

Variáveis	Sessão 1								Sessão 2							
	T1				T2				T1				T2			
	<i>n</i>	<i>Med</i>	<i>EP</i>	<i>Z</i>	<i>n</i>	<i>Med</i>	<i>EP</i>	<i>Z</i>	<i>n</i>	<i>Med</i>	<i>EP</i>	<i>Z</i>	<i>n</i>	<i>Med</i>	<i>EP</i>	<i>Z</i>
Efeito de memória	72	.76	178.10	7.37*	72	.81	178.11	7.38*	52	.48	109.77	6.28*	52	.51	109.77	6.27*
Efeito de contexto	72	.42	156.52	7.05*	72	.54	167.23	7.22*	52	.12	74.37	4.90*	52	.22	94.48	5.78*

* $p < .001$

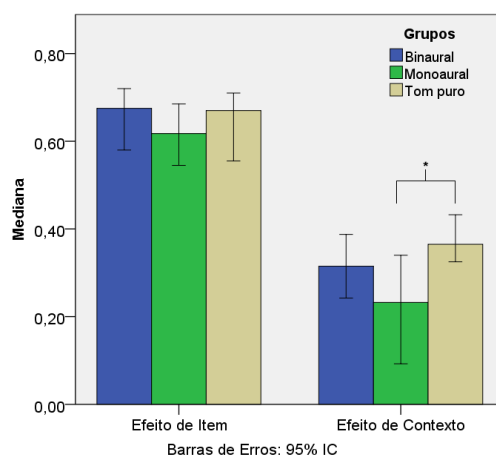


Figura 10 - Efeitos de memória por grupo do experimento 4.

* $p < .05$

Considerando que os efeitos são proporções, sua manutenção ou alteração em momentos ou condições distintos depende de combinações entre variáveis representativas de acertos e erros, sendo assim, foram realizadas comparações entre as tarefas para o percentual de cada tipo de resposta (Tabela 7), encontrando-se diferença significativa apenas para acertos de contexto, diferente do experimento online em que se observou diferenças para alarme falso e falha de contexto. A diferença entre os grupos para cada tipo de resposta também foi investigada, mas não apresentou diferença significativa, apenas uma tendência na probabilidade de acertos de contexto [p_{AcI} : $H(2) = .191$, $p = .909$; p_{AcC} : $H(2) = 5.14$, $p = .077$; p_{AfI} : $H(2) = 1.08$, $p = .582$; p_{AfC} : $H(2) = .644$, $p = .725$; p_{FaC} : $H(2) = .328$, $p = .849$], tal como no experimento online.

Tabela 7

Comparação entre tarefas, para percentual de cada tipo de resposta.

Variáveis	Cor	Cena	Z	p	r ²
	Med	Med			
AcI	.79	.78	-1.27	.203	.03
AcC	.32	.38	-3.81	.000	.28
AfI	.12	.10	-1.36	.173	.04
AfC	.04	.06	-.678	.498	.01
FaC	.10	.09	-1.08	.278	.02

Nota. $N = 52$ para todas as análises. AcI = acertos de itens, AcC = acerto de contexto, AfI = de alarme falso de itens, AfC = alarme falso de contexto, FaC = falha de contexto, Med = mediana.

Análises adicionais foram realizadas no intuito de verificar diferenças no tempo de reação entre as diferentes atividades. Com isso, identificou-se que os tempos de reação nos acertos de contexto, falhas de item, e reconhecimento correto, foram menores na tarefa com contexto de cena do que na tarefa com contexto de cor (Tabela 8), similarmente ao experimento online, contudo, naquele todos os tempos de reação diminuíram, exceto para alarme falso de contexto. Outro ponto em comum entre os experimentos está no fato de os tempos de reação de falhas de item e de reconhecimentos corretos de itens novos serem os menores entre todos os tipos de resposta para ambas as tarefas.

Entre as sessões, só houve diferença no tempo de reação para acertos de item e reconhecimento correto [AcI: $N = 40$, $Z = -2.90$, $p = .004$, $r_s = .21$; Rc: $N = 52$, $Z = -4.16$, $p < .001$, $r_s = .33$]. E na comparação entre os grupos não houve diferença estatisticamente significativa para nenhum dos tipos de resposta.

Tabela 8

Comparação do tempo de reação entre as tarefas, por percentual do tipo de resposta.

Variáveis	Cor	Cena	<i>N</i>	<i>Z</i>	<i>p</i>	<i>r</i> ²
	<i>Med</i>	<i>Med</i>				
AcI	2183	2149	40	-.73	.468	.01
AcC	2234	1911	42	-4.51	.000	.48
FaI	2018	1760	49	-3.42	.001	.24
FaC	2387	2128	38	-2.53	.011	.17
AfI	2291	2174	21	-.608	.543	.02
AfC	2201	2288	14	-.471	.638	.02
Rc	1706	1570	52	-2.85	.004	.16

Nota. AcI = acertos de itens, AcC = acerto de contexto, FaI = falha de item, FaC = falha de contexto, AfI = de alarme falso de itens, AfC = alarme falso de contexto, Rc = Reconhecimento correto, Med = mediana.

CAPÍTULO 4: DISCUSSÃO

Experimento 1

Nossos resultados mostraram que (1) durante a codificação a frequência teta apresentou aumento de potência e a frequência alfa apresentou diminuição, em comparação à linha de base. Além disso, (2) teta e alfa tiveram maior potência durante acertos. Por sua vez, (3) o aumento de potência em alfa e teta durante os acertos se mostrou espacialmente localizado: a potência teta foi maior na região parietal, enquanto a potência alfa se expande entre as áreas parietal, central, temporal e frontal, sendo mais proeminente na região frontal. Já na evocação, (4) a influência sobre o desempenho da memória parece decorrer em maior medida da atividade alfa, sendo a única a apresentar efeito na diferenciação acerto-erro. (5) Tal efeito em alfa é localizado em região centro-parietal e temporal direita. (6) Codificação e evocação diferem significativamente apenas nos erros. (7) A coerência de fase entre ensaios se mostrou consistente, com aumento de sincronia entre 0 e 500 ms em todas as condições e bandas de frequência analisadas, sem apresentar efeito significativo em quaisquer comparações realizadas. A coerência em teta e alfa entre os ensaios foi maior após o início do estímulo, mas igual para eventos de acertos e erros.

A faixa de frequência nas oscilações teta em que se observou efeito durante a codificação neste trabalho divergem da faixa padrão da banda teta (4-8 Hz). Um achado semelhante surgiu em estudos recentes (Lega et al., 2012; Pastötter and Bäuml, 2014). Nesse sentido, Rutishauser et al. (2010) observaram que o nível de confiança atribuído ao reconhecimento aumenta com a frequência de oscilação (por exemplo, baixa confiança: 3-6 Hz; alta confiança: 7-9 Hz). Além disso, Cohen (2011) observou oscilações mais lentas associadas a maior quantidade de matéria branca na conexão hipocampo-PFC e ao melhor desempenho em teste de memória de longo prazo. Usando EEGi, Lega, Burke, Jacobs, e Kahana (2016) identificaram aumentos de potência em duas frequências de banda teta: de 2.5 a 5 Hz no hipocampo, e de 5.5 a 10 Hz nos córtices frontal e temporal, ambos associados ao efeito subsequente sobre a memória (SME: i.e., maior ativação em região cerebral específica durante a codificação de estímulos que serão posteriormente lembrados). Portanto, a faixa de frequência teta foi considerada uma característica associada a características comportamentais (Rutishauser et al., 2010) e fisiológicas individuais (Cohen, 2011).

A localização topográfica de teta SME é geralmente observada nas áreas frontais, I, EEG intracraniano (Burke et al., 2013; Long et al., 2014) e EEG associado a fMRI (Hanslmayr et al., 2011). Em uma revisão, Klimesch et al. (2008) concluem que a atividade teta frontal está

relacionada à manutenção da informação durante o período de retenção de tarefas de memória de trabalho, enquanto teta parietal representa a codificação episódica.

De modo geral os resultados dos espectrogramas tempo-frequência deste estudo estão de acordo com pesquisas anteriores que identificaram atividade teta mais alta para itens posteriormente lembrados (Hanslmayr et al., 2011; Osipova et al., 2006; White et al., 2013). O aumento da atividade teta também está de acordo com modelos teóricos e revisões que relacionam esse aumento de potência aos fenômenos de potenciação de longa duração (LTP), amplamente associados à formação da memória por meio do fortalecimento da comunicação neural (Fell & Axmacher, 2011; Lisman & Buzsáki, 2008; Lisman & Jensen, 2013).

Além de teta, também foi observado SME positivo na faixa de frequência alfa. É importante ressaltar que em tarefas de memória de longo prazo o SME está geralmente associado à dessincronização alfa, que supostamente desempenha um papel no processamento semântico da informação (Fellner et al., 2013; Hanslmayr et al., 2009). O SME alfa positivo frequentemente aparece durante o período de retenção da memória de trabalho em regiões posteriores e é atribuído à inibição de estímulos interferentes (Meeuwissen et al., 2011; Park et al., 2014; Scheeringa et al., 2009), o que ainda contrasta com os resultados aqui apresentados. No entanto, um estudo recente utilizou uma tarefa que foi capaz de separar a atividade de oscilação relacionada à carga de memória de estímulos relevantes e irrelevantes, e descobriu que o aumento da atividade alfa fronto-central é modulado apenas pela carga de memória de estímulos relevantes (Klimesch et al., 2006; Manza et al., 2014).

Este último parece ser o caso observado aqui durante o alfa SME positivo, uma vez que os sujeitos foram solicitados a comparar o tamanho de dois estímulos, portanto, há necessidade de manter representações mentais de ambos os estímulos (ou seja, imagem alvo e "imagem de caixa de sapato") durante a comparação na fase de codificação. Seria possível argumentar que a atividade alfa em questão reflete a carga de memória com o aumento da quantidade de itens apresentados ao longo da tarefa, contudo, os resultados comportamentais demonstraram que os acertos e erros estão igualmente distribuídos ao longo da tarefa. Ainda assim, a fim de comparar a atividade elétrica ao longo da tarefa, comparou-se a primeira com a segunda metade, porém, nenhum efeito passou pela correção estatística. Algo a ter em mente nessa comparação é que o aumento do número de itens é indissociável da passagem do tempo e de algum possível efeito de fadiga (menciona-se especulativamente, pois nenhum efeito de fadiga foi mensurado nesse experimento) que o acompanhe. Nesse sentido, talvez a localização e ritmo das oscilações alfa pudessem revelar efeito de sonolência associado à fadiga. De qualquer forma, nenhum efeito foi observado nos mapas topográficos. Como o efeito de carga de memória é uma característica usual da codificação intencional (Sederberg et al., 2006), a ausência de efeito é indício de que

a codificação incidental pode ter impedido com sucesso o ensaio e a consequente divisão de atenção que acompanha o aumento na posição serial ao longo da tarefa.

Nas comparações entre codificação e evocação nota-se maior potência em teta e alfa na evocação, que segundo Klimesch et al. (2001), reflete a demanda de processamento específica da evocação, pois não identificaram diferença entre acertos (em que existe traço mnemônico prévio) e rejeições corretas (em que não existe traço mnemônico prévio). Ao compararmos acertos e erros separadamente, apenas erros apresentaram aumento significativo de potência na evocação, efeito amplamente difundido por quase todo o escalpo. Considerando evidências que apontam para o reestabelecimento do padrão de ativação neural presente na codificação durante a evocação (Waldhauser et al., 2016), a maior diferença no processamento da informação entre codificação e evocação se mostra como fator contribuinte para a falha no reconhecimento.

A coerência de fase transitória observada entre 0 e 500 ms em todas as condições, pode representar um processamento perceptual que não foi relevante para diferenciação entre as condições. Além disso, como o período de ITPC intenso durante a codificação e evocação diverge do período do SME teta e alfa no espectrograma de potência, isso parece indicar que a função de codificação episódica é refletida pela atividade oscilatória induzida em vez de evocada, sendo o ITPC representante de um processo mais imediato e recorrente, possivelmente a referente à detecção do estímulo.

As análises aqui apresentadas corroboram que o SME com aumento de potência teta observado em estudos com tarefa de memorização intencional, também está presente em tarefas de memorização incidental, estas quais são mais próximas de grande parte do uso da memória episódica no cotidiano. Além disso, apresentam informações específicas sobre a atividade eletrofisiológica na codificação e evocação que podem servir de base para o aprimoramento de desenhos experimentais futuros, demonstrando, por exemplo, parâmetros associados ao sucesso da memória os quais podem ser mimetizados por meio de estimulação cerebral elétrica ou sensorial com a finalidade de investigar relações causais, ou até mesmo testar aplicações terapêuticas.

Apresentados tais destaques, cabe a ressalva de que algumas das análises supracitadas carecem de significância estatística, uma limitação possivelmente decorrente do pequeno tamanho amostral e da variabilidade entre sujeitos. Nesse sentido, análises futuras podem se tornar mais conclusivas a partir da ampliação da amostra ou da adoção de estratégias de análise intrassujeito, realizando a comparação entre os ensaios/tentativas que o participante emitiu. Outro aprimoramento que pode ser implementado em pesquisas futuras maior controle de possíveis variáveis de confusão, como emoção, motivação, e qualidade do sono.

Experimento 2

Ao analisar o desempenho ao longo do tempo, demonstrou-se não haver diferença significativa do índice de acerto para itens, entre 10 minutos e 24 horas, ou entre 24 e 72 horas. Apesar da ausência de significância estatística, nota-se a diminuição do número de alarmes falsos em ambos os conjuntos de intervalo, sendo a diferença significativa entre 24 e 72 horas. Consideradas conjuntamente, essas informações sugerem que a manutenção ou pequenos ganhos de desempenho no IAc decorre menos do efeito de reminiscência da memória (i.e., evocação e memórias anteriormente não evocadas com sucesso) e mais do aumento da capacidade de distinguir itens novos dos antigos, como uma espécie de contraste no nível de familiaridade produzido pelos itens, que se torna mais intenso após um primeiro teste de reconhecimento, e se mostra mais relevante quão mais tardiamente após a codificação ocorreram esses testes.

No que diz respeito aos acertos referentes a contexto, revelou-se desempenho abaixo do acaso em qualquer das tarefas e grupos, apontando para grande emissão de palpites em relação ao contexto. Isso pode ter ocorrido devido ao caráter não intencional da codificação, o grande número de itens a serem codificados, e o contexto com pouca relação semântica em relação aos itens.

Ainda em relação ao contexto, o escore de AcC deve sempre ser interpretado junto ao IAcC. Idealmente, o aumento de AcC deveria ser acompanhado do aumento de IAcC, demonstrando que as tentativas adicionais de reconhecimento do contexto foram acuradas. Os resultados demonstram redução das tentativas de reconhecimento de contexto (expresso pelo número de NsC) entre 10 min e 24 h, e entre 24 h e 72 h, no entanto, apesar da maior quantidade de tentativas, a redução do IAcC entre 24 h e 72 h indica um aumento da proporção de palpites errôneos. Tal aumento de palpites errôneos acerca do contexto parece decorrer de uma falsa impressão de reconhecimento do contexto, que se eleva com o intervalo entre codificação e reconhecimento. Caso o efeito observado decorresse de fadiga por repetição da tarefa, o efeito deveria ser ainda maior entre 10 min e 24 h, quando o participante realiza duas tarefas em menor intervalo.

Visto que a diferença entre grupos quanto à evocação após 24h está na realização de um teste de reconhecimento anterior pelo grupo 1 (i.e., após 10 min), a vantagem de desempenho do grupo 1 sobre o grupo 2 após intervalo de 24 h possivelmente decorre de um efeito de treino devido à reapresentação dos estímulos antigos.

Em última análise, tendo as condições experimentais sido construídas com o propósito de analisar a diferença do sinal eletrofisiológico dos itens esquecidos em após intervalos de tempo distintos, evidencia-se que não há, neste experimento, quantidade suficiente de

esquecimentos exclusivos para intervalos mais longos que permitam a realização de testes estatísticos que produzam resultados consistentes, seja para comparações entre 10 min e 24 h, ou entre 24h e 72h. Sendo necessário a investigação de intervalos maiores entre uma evocação e outra. Além disso, devido à diferença na taxa de esquecimento de itens e de contextos ao longo do tempo, a memória para itens e para contextos deverá ser investigada separadamente, por experimentos com delineamentos distintos, dado que seriam necessários diferentes intervalos de tempo para a obtenção da proporção adequada de esquecimentos de cada tipo de memória. Baseando-se nos experimentos realizados por Yang et al. (2016), que investigaram os intervalos de retenção de 10 min, 1 dia, 1 semana e 1 mês, e identificaram desempenho (Acertos-Alarmes falsos) abaixo do acaso apenas para o intervalo de 1 mês, estima-se que novas investigações acerca da memória para itens deveriam comparar o reconhecimento após 10 minutos com após pelo menos 7 dias.

Tais análises podem nortear a construção futura de experimentos eletrofisiológicos que visem a investigação da persistência da memória ao longo do tempo.

Experimentos 3 e 4

Em ambos os experimentos (online e presencial) não houve correlação entre variáveis de confusão para o desempenho (idade, escolaridade, renda, desconforto, placebo e o desempenho da memória), indicando que as diferenças de desempenho entre os grupos não foram afetadas de forma significativa por tais variáveis; e o efeito de reconhecimento se mostrou superior ao contexto, apontando para a maior facilidade de memorização do item dissociado de pistas contextuais.

Também em ambos os experimentos, o efeito de contexto se mostrou maior na segunda tarefa. Isso significa que a tarefa com contextos de cena favoreceu o reconhecimento adequado dos contextos associados às palavras, ainda que essa diferença seja estatisticamente pequena, como se verifica pelo tamanho do efeito. Esse favorecimento pode se dever à qualidade da informação fornecida pelos diferentes contextos, vez que as cores utilizadas como contextos possuem associações mais fracas com boa parte das palavras, enquanto os cenários utilizados como contexto possuem associações mais intensas por participarem mais frequentemente de experiências cotidianas. Essa linha de interpretação tem suporte qualitativo dos comentários feitos por alguns participantes que espontaneamente relataram ter tido maior facilidade de categorizar e criar relações nessa tarefa do que na tarefa com contexto de cor. De qualquer forma, deve-se considerar a possibilidade de contribuição de efeitos de ordem ou do momento de estimulação (i.e., codificação ou evocação). Ressalva-se, contudo, que o desenho experimental do presente estudo não possibilita testar essa possibilidade, pois proporciona

sobreposição de potenciais variáveis independentes (e.g., Cor, primeira tarefa, estimulação na codificação; Cena, segunda tarefa, estimulação na evocação).

A ausência de diferença entre as condições experimentais, exceto pela diferença no efeito de contexto entre os grupos Monoaural e Tom Puro do experimento presencial, indica que o desempenho da memória não é significativamente afetado de maneira específica por qualquer um dos tipos de estimulação sensorial auditiva testados aqui. Além disso, a ausência de diferença entre os grupos em ambas as tarefas, aponta que as demandas cognitivas de cada tarefa (i.e., associação da palavra com contexto mais ou menos complexo), bem como a estimulação durante codificação ou evocação, não são afetadas por um tipo de estimulação em particular.

Os resultados aqui apresentados divergem, em parte, dos obtidos por Derner et al. (2018), de quem replicamos parcialmente o protocolo experimental. Na pesquisa supracitada os participantes obtiveram menor desempenho para efeito de item, e maior para efeito de contexto. Além disso, apresentaram menor tempo de reação em comparação aos resultados desta pesquisa, o que pode se dever a impaciência proveniente do cansaço, visto que cada participante passou por todas as condições experimentais, enquanto os desta pesquisa só participaram de uma das condições de estimulação, contudo, para investigar tal possibilidade seria necessária a mensuração do nível de fadiga, algo que não foi feito nesta pesquisa. Outro ponto relevante é que naquela pesquisa a estimulação monoaural foi a condição associada ao pior desempenho da memória, enquanto nesta pesquisa isso só ocorreu de forma significativa na versão presencial, mais especificamente apenas em comparação à condição de tom puro.

Outros estudos já falharam em produzir melhoria de desempenho da memória por meio de estimulação binaural na banda teta (Beauchene et al., 2017; Garcia-Argibay et al., 2019; Wahbeh et al., 2007), porém, há dificuldade em obter explicação precisa para tal falha, pois diversas características do desenho experimental podem influenciar os resultados. Como exemplo, apesar de terem indicado que a estimulação na faixa de frequência teta piorou o desempenho da memória, enquanto Garcia-Argibay et al. (2019) realizou estimulação com 5 Hz por 17 minutos contanto com período anterior e ao longo da tarefa, Wahbeh et al. (2007) realizou estimulação com 7 Hz por 30 minutos apenas durante a tarefa.

Um fator em comum entre o experimento 3 desta pesquisa e o de Beauchene et al. (2017) é que a intensidade do volume era escolhida pelo participante. Esse poderia ser um fator relevante para a divergência de resultado, dado que experimentos que alcançaram melhoria de desempenho com a estimulação binaural na banda teta padronizaram a intensidade em níveis elevados (e.g. Derner et al., (2018) com 75 dB; Ortiz et al., (2008) com 80 dB).

No experimento online não havia como padronizar a intensidade do volume, pois os participantes utilizavam seu próprios computadores e fones de ouvido, os quais têm especificações técnicas distintas, de modo que o “volume 50” em cada aparelho produz pressões sonoras distintas. Para experimentos online futuros, sugere-se ajustar o volume das instruções para uma intensidade mais baixa que a dos estímulos e instruir o participante a ajustar o volume até que a instrução por áudio se torne audível. Sabe-se que essa não é uma solução precisa, mas deverá reduzir a variação de intensidade entre participantes e garantir uma intensidade elevada do estímulo correspondente à condição experimental.

Nesta pesquisa o experimento presencial contou com controle da pressão sonora, contudo, ainda assim não foram alcançados os mesmos resultados observados por Derner et al. (2018).

CAPÍTULO 5: CONCLUSÃO

Experimentos voltados para EEG

Os resultados deste estudo corroboram descobertas anteriores sobre as funções de teta e alfa, agora sob um paradigma mais ecológico no que diz respeito uso cotidiano da memória episódica, a codificação incidental. Além disso, demonstram a necessidade de intervalos superiores a 48 horas entre as evocações para que haja maior quantidade de esquecimentos exclusivos na segunda evocação, fornecendo mais dados para as estatísticas de comparação. Entende-se, contudo, que os achados desta pesquisa são limitados no que tange à sua generalização, sendo relevante fazer uso da codificação incidental com outros tipos de materiais, estímulos de complexidades variadas, e cargas de memória diversas.

Quanto à distinção das características eletrofisiológicas dos processos de codificação e evocação, ainda são necessários mais estudos, os quais poderão oferecer resultados mais robustos mediante amostras mais amplas e maior controle de possíveis variáveis intervenientes.

Experimentos voltados para estimulação binaural

Os experimentos evidenciaram que tarefas de estimulação binaural online produzem resultados similares a tarefas presenciais. Indicaram ainda, que os efeitos da estimulação binaural podem não ser intensos o suficiente para se sobrepor a outras variáveis que produzem variação entre os sujeitos, implicando na necessidade de maior controle de variáveis e, preferencialmente, delineamentos de medidas repetidas. Investigações adicionais com maior número de sujeitos também auxiliarão na elucidação dos reais efeitos de cada tipo de estimulação, bem como nas repercussões das variações nos protocolos das tarefas.

Aspectos gerais

A investigação do funcionamento neural por meio da análise da atividade elétrica cerebral tem se mostrado importante em diversos aspectos, indo desde a interpretação desse “código neural” para finalidades diagnósticas, produção de ferramentas de interface cérebro-máquina, ou até construção de ferramentas de estimulação cerebral que possam dar suporte a reabilitações cognitivas. Nesse sentido, estudos correlacionais funcionam como guia para o ajuste de parâmetros a serem utilizados em pesquisas aplicadas, ao passo que essas auxiliam na comprovação de pressuposições de causalidade provenientes dos estudos correlacionais.

Por fim, os resultados e discussões apresentados neste trabalho destacam tanto avanços quanto entraves a serem resolvidos neste campo de conhecimento, deixando clara a necessidade e relevância do desenvolvimento de pesquisas em eletrofisiologia.

REFERÊNCIAS

- Bailey, C. H., Kandel, E. R., & Harris, K. M. (2015). *Structural Components of Synaptic Plasticity and Memory Consolidation*. 1–30.
- Bastin, C., Besson, G., Simon, J., Delhay, E., Geurten, M., Willems, S., & Salmon, E. (2019). An Integrative Memory model of recollection and familiarity to understand memory deficits. *Behavioral and Brain Sciences*. <https://doi.org/10.1017/S0140525X19000621>
- Beauchene, C., Abaid, N., Moran, R., Diana, R. A., & Leonessa, A. (2017). The effect of binaural beats on verbal working memory and cortical connectivity. *Journal of Neural Engineering*, 14(2). <https://doi.org/10.1088/1741-2552/aa5d67>
- Brodeur, M. B., Dionne-Dostie, E., Montreuil, T., & Lepage, M. (2010). The bank of standardized stimuli (BOSS), a new set of 480 normative photos of objects to be used as visual stimuli in cognitive research. *PLoS ONE*, 5(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010773>
- Burke, J. F., Zaghoul, K. A., Jacobs, J., Williams, R. B., Sperling, M. R., Sharan, A. D., & Kahana, M. J. (2013). Synchronous and Asynchronous Theta and Gamma Activity during Episodic Memory Formation. *Journal of Neuroscience*, 33(1), 292–304. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2057-12.2013>
- Buzsáki, G., & Moser, E. I. (2013). Memory, navigation and theta rhythm in the hippocampal-entorhinal system. *Nature Neuroscience*, 16(2), 130–138. <https://doi.org/10.1038/nn.3304>
- Chen, Y. Y., & Caplan, J. B. (2017). Rhythmic Activity and Individual Variability in Recognition Memory: Theta Oscillations Correlate with Performance whereas Alpha Oscillations Correlate with ERPs. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 29(1), 183–202. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01033
- Cohen, M. X. (2011). Hippocampal-prefrontal connectivity predicts midfrontal oscillations and long-term memory performance. *Current Biology*, 21(22), 1900–1905. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.09.036>
- De Pascalis, V., Varriale, V., & Rotonda, M. (2012). EEG oscillatory activity associated to monetary gain and loss signals in a learning task: Effects of attentional impulsivity and learning ability. *International Journal of Psychophysiology*, 85(1), 68–78. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2011.06.005>
- Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: An open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, 134(1), 9–21. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2003.10.009>

- Derner, M., Chaieb, L., Surges, R., Staesina, B. P., & Fell, J. (2018). Modulation of item and source memory by auditory beat stimulation: A pilot study with intracranial EEG. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12(December), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00500>
- Duek, O., Osher, Y., Belmaker, R. H., Bersudsky, Y., & Kofman, O. (2014). Reward sensitivity and anger in euthymic bipolar disorder. *Psychiatry Research*, 215(1), 95–100. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2013.10.028>
- Fell, J., & Axmacher, N. (2011). The role of phase synchronization in memory processes. *Nature Reviews Neuroscience*, 12(2), 105–118. <https://doi.org/10.1038/nrn2979>
- Fellner, M. C., Bäuml, K. H. T., & Hanslmayr, S. (2013). Brain oscillatory subsequent memory effects differ in power and long-range synchronization between semantic and survival processing. *NeuroImage*, 79, 361–370. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.04.121>
- Garcia-Argibay, M., Santed, M. A., & Reales, J. M. (2018). Efficacy of binaural auditory beats in cognition, anxiety, and pain perception: a meta-analysis. *Psychological Research*, 83(2), 357–372. <https://doi.org/10.1007/s00426-018-1066-8>
- Garcia-Argibay, M., Santed, M. A., & Reales, J. M. (2019). Binaural auditory beats affect long-term memory. *Psychological Research*, 83(6), 1124–1136. <https://doi.org/10.1007/s00426-017-0959-2>
- Grigor'yan, G. A., & Markevich, V. A. (2015). Consolidation, Reactivation, and Reconsolidation of Memory. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 45(9), 1019–1028. <https://doi.org/10.1007/s11055-015-0181-x>
- Gruber, M. J., Watrous, A. J., Ekstrom, A. D., Ranganath, C., & Otten, L. J. (2013). Expected reward modulates encoding-related theta activity before an event. *NeuroImage*, 64(1), 68–74. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.07.064>
- Gruber, T., Tsivilis, D., Giabbiconi, C.-M., & Müller, M. M. (2008). Induced electroencephalogram oscillations during source memory: familiarity is reflected in the gamma Band, recollection in the theta Band. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(6), 1043–1053. <https://doi.org/10.1162/jocn.2008.20068>
- Hanslmayr, S., Axmacher, N., & Inman, C. S. (2019). Modulating Human Memory via Entrainment of Brain Oscillations. *Trends in Neurosciences*, 42(7), 485–499. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2019.04.004>
- Hanslmayr, S., Gross, J., Klimesch, W., & Shapiro, K. L. (2011). The role of alpha oscillations in temporal attention. *Brain Research Reviews*, 67(1–2), 331–343. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2011.04.002>

- Hanslmayr, S., Spitzer, B., & Bäuml, K. H. (2009). Brain oscillations dissociate between semantic and nonsemantic encoding of episodic memories. *Cerebral Cortex*, 19(7), 1631–1640. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhn197>
- Hanslmayr, S., & Staudigl, T. (2014). How brain oscillations form memories - A processing based perspective on oscillatory subsequent memory effects. *NeuroImage*, 85, 648–655. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.05.121>
- Hanslmayr, S., Staudigl, T., & Fellner, M.-C. (2012). Oscillatory power decreases and long-term memory: the information via desynchronization hypothesis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6(April), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00074>
- Hanslmayr, S., Volberg, G., Wimber, M., Raabe, M., Greenlee, M. W., & Bäuml, K. H. T. (2011). The relationship between brain oscillations and BOLD signal during memory formation: A combined EEG-fMRI study. *Journal of Neuroscience*, 31(44), 15674–15680. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3140-11.2011>
- Heib, D. P. J., Hoedlmoser, K., Anderer, P., & Gruber, G. (2012). *Oscillatory Theta Activity during Memory Formation and Its Impact on Overnight Consolidation : A Missing Link ?* 1–11. <https://doi.org/10.1162/jocn>
- Herweg, N. A., Apitz, T., Leicht, G., Mulert, C., Fuentemilla, L., & Bunzeck, N. (2016). Theta-Alpha Oscillations Bind the Hippocampus, Prefrontal Cortex, and Striatum during Recollection: Evidence from Simultaneous EEG-fMRI. *Journal of Neuroscience*, 36(12), 3579–3587. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3629-15.2016>
- Huang, Y. ., & Kandel, E. R. (2005). Theta frequency stimulation induces a local form of late phase LTP in the CA1 region of the hippocampus. *Learning & Memory*, 12(6), 587–593. <https://doi.org/10.1101/lm.98905>
- Izquierdo, I., Barros, D. M., Mello e Souza, T., de Souza, M. M., Izquierdo, L. A., & Medina, J. H. (1998). Mechanisms for memory types differ. *Nature*, 393(6686), 635–636.
- Jensen, O., & Mazaheri, A. (2010). Shaping functional architecture by oscillatory alpha activity: Gating by inhibition. *Frontiers in Human Neuroscience*, 4(November), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2010.00186>
- Jost, K., Khader, P. H., Düsel, P., Richter, F. R., Rohde, K. B., Bien, S., & Rösler, F. (2012). Controlling Conflict from Interfering Long-term Memory Representations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(5), 1173–1190. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00199
- Kandel, E. R. (2009). *The Biology of Memory : A Forty-Year Perspective*. 29(41), 12748–12756. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3958-09.2009>
- Khader, P. H., Jost, K., Ranganath, C., & Rösler, F. (2010). Theta and alpha oscillations during

- working-memory maintenance predict successful long-term memory encoding. *Neuroscience Letters*, 468(3), 339–343. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2009.11.028>
- Khader, P. H., & Rösler, F. (2011). EEG power changes reflect distinct mechanisms during long-term memory retrieval. *Psychophysiology*, 48(3), 362–369. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2010.01063.x>
- Klimesch, W., Doppelmayr, M., Stadler, W., Pöllhuber, D., Sauseng, P., & Röhme, D. (2001). Episodic retrieval is reflected by a process specific increase in human electroencephalographic theta activity. *Neuroscience Letters*, 302(1), 49–52. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11278109>
- Klimesch, W., Freunberger, R., & Sauseng, P. (2010). Oscillatory mechanisms of process binding in memory. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 34(7), 1002–1014. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.10.004>
- Klimesch, W., Freunberger, R., Sauseng, P., & Gruber, W. (2008). A short review of slow phase synchronization and memory: Evidence for control processes in different memory systems? *Brain Research*, 1235, 31–44. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2008.06.049>
- Klimesch, W., Sauseng, P., & Hanslmayr, S. (2006). *EEG alpha oscillations : The inhibition – timing hypothesis*. 3. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2006.06.003>
- Klimesch, W., Sauseng, P., & Hanslmayr, S. (2007). EEG alpha oscillations: The inhibition-timing hypothesis. *Brain Research Reviews*, 53(1), 63–88. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2006.06.003>
- Lega, B., Burke, J., Jacobs, J., & Kahana, M. J. (2016). Slow-Theta-to-Gamma Phase-Amplitude Coupling in Human Hippocampus Supports the Formation of New Episodic Memories. *Cerebral Cortex*, 26(1), 268–278. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhu232>
- Lega, B. C., Jacobs, J., & Kahana, M. (2012). Human hippocampal theta oscillations and the formation of episodic memories. *Hippocampus*, 22(4), 748–761. <https://doi.org/10.1002/hipo.20937>
- Lisman, J., & Buzsáki, G. (2008). A neural coding scheme formed by the combined function of gamma and theta oscillations. *Schizophrenia Bulletin*, 34(5), 974–980. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbn060>
- Lisman, J., & Jensen, O. (2013). The Theta-Gamma Neural Code. *Neuron*, 77(6), 1002–1016. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2013.03.007>
- Long, N. M., Burke, J. F., & Kahana, M. J. (2014). Subsequent memory effect in intracranial and scalp EEG. *NeuroImage*, 84(9), 488–494. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.08.052>

- Manza, P., Hau, C. L. V., & Leung, H.-C. (2014). Alpha Power Gates Relevant Information during Working Memory Updating. *Journal of Neuroscience*, 34(17), 5998–6002. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4641-13.2014>
- Maris, E., & Oostenveld, R. (2007). Nonparametric statistical testing of EEG- and MEG-data. *Journal of Neuroscience Methods*, 164(1), 177–190. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2007.03.024>
- Meeuwissen, E. B., Takashima, A., Fernández, G., & Jensen, O. (2011). Increase in posterior alpha activity during rehearsal predicts successful long-term memory formation of word sequences. *Human Brain Mapping*, 32(12), 2045–2053. <https://doi.org/10.1002/hbm.21167>
- Neylan, T. C., Editor, S., & Scoville, W. B. (2000). NEUROPSYCHIATRY CLASSICS Memory and the Medial Temporal Lobe : Patient H . M . Loss of Recent Memory After Bilateral Hippocampal Lesions. *Journal Neuropsychiatry Clinical Neuroscience*, 253(5026), 1380–1386.
- Orozco Perez, H. D., Dumas, G., & Lehmann, A. (2020). Binaural beats through the auditory pathway: From brainstem to connectivity patterns. *ENeuro*, 7(2). <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0232-19.2020>
- Ortiz, T., Martinez, A. M., Fernández, A., Maestu, F., Campo, P., Hornero, R., Escudero, J., & Poch, J. (2008). Impact of auditory stimulation at a frequency of 5 Hz in verbal memory. *Actas Espanolas de Psiquiatria*, 36(6), 307–313.
- Osipova, D., Takashima, A., Oostenveld, R., Fernandez, G., Maris, E., & Jensen, O. (2006). Theta and Gamma Oscillations Predict Encoding and Retrieval of Declarative Memory. *Journal of Neuroscience*, 26(28), 7523–7531. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1948-06.2006>
- Oster, G. (1973). Auditory Beats in the Brain. *Scientific American*, 229(4), 94–102. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican1073-94>
- Park, H., Lee, D. S., Kang, E., Kang, H., Hahm, J., Kim, J. S., Chung, C. K., & Jensen, O. (2014). Blocking of irrelevant memories by posterior alpha activity boosts memory encoding. *Human Brain Mapping*, 35(8), 3972–3987. <https://doi.org/10.1002/hbm.22452>
- Pastötter, B., & Bäuml, K. H. T. (2014). Distinct slow and fast cortical theta dynamics in episodic memory retrieval. *NeuroImage*, 94, 155–161. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.03.002>
- Polanía, R., Nitsche, M. A., & Ruff, C. C. (2018). Studying and modifying brain function with non-invasive brain stimulation. *Nature Neuroscience*, 21(2), 174–187.

<https://doi.org/10.1038/s41593-017-0054-4>

- Pratt, H., Starr, A., Michalewski, H. J., Dimitrijevic, A., Bleich, N., & Mittelman, N. (2010). A comparison of auditory evoked potentials to acoustic beats and to binaural beats. *Hearing Research*, 262(1–2), 34–44. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2010.01.013>
- Rutishauser, U., Ross, I. B., Mamelak, A. N., & Schuman, E. M. (2010). Human memory strength is predicted by theta-frequency phase-locking of single neurons. *Nature*, 464(7290), 903–907. <https://doi.org/10.1038/nature08860>
- Scheeringa, R., Petersson, K. M., Oostenveld, R., Norris, D. G., Hagoort, P., & Bastiaansen, M. C. M. (2009). Trial-by-trial coupling between EEG and BOLD identifies networks related to alpha and theta EEG power increases during working memory maintenance. *NeuroImage*, 44(3), 1224–1238. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.08.041>
- Schneider, S. L., & Rose, M. (2016). Intention to encode boosts memory-related pre-stimulus EEG beta power. *NeuroImage*, 125, 978–987. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.11.024>
- Sederberg, P. B., Gauthier, L. V., Terushkin, V., Miller, J. F., Barnathan, J. A., & Kahana, M. J. (2006). Oscillatory correlates of the primacy effect in episodic memory. *NeuroImage*, 32(3), 1422–1431. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.04.223>
- Skaggs, W. E., McNaughton, B. L., Wilson, M. a., & Barnes, C. a. (1996). Theta phase precession in hippocampal neuronal populations and the compression of temporal sequences. *Hippocampus*, 6(2), 149–172. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-1063\(1996\)6:2<149::AID-HIPO6>3.0.CO;2-K](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-1063(1996)6:2<149::AID-HIPO6>3.0.CO;2-K)
- Skinner, E. I., & Fernandes, M. A. (2007). Neural correlates of recollection and familiarity: A review of neuroimaging and patient data. *Neuropsychologia*, 45(10), 2163–2179. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.03.007>
- Solcà, M., Mottaz, A., & Guggisberg, A. G. (2016). Binaural beats increase interhemispheric alpha-band coherence between auditory cortices. *Hearing Research*, 332, 233–237. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2015.09.011>
- Squire, L. R., Genzel, L., Wixted, J. T., & Morris, R. G. (2015). Memory Consolidation. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 7(8), a021766. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a021766>
- Squire, L. R., & Wixted, J. T. (2011). The cognitive neuroscience of human memory since H.M. In *Annual Review of Neuropsychology* (Vol. 34, Issue 1881). <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-061010-113720>
- Sternberg, S. (1966). High-speed scanning in human memory. *Science*, 153(3736), 652–654.

<https://doi.org/10.1126/science.153.3736.652>

- Streiner, D. L., & Norman, G. R. (2011). Correction for multiple testing: Is there a resolution? *Chest*, 140(1), 16–18. <https://doi.org/10.1378/chest.11-0523>
- Teplan, M. (2002). Fundamentals of EEG measurement. *Measurement Science Review*, 2(2), 1–11. <https://doi.org/10.1021/pr070350l>
- Tulving, E. (2002). Episodic Memory: From Mind to Brain. *Annual Review of Psychology*, 53(1), 1–25. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135114>
- Voelker, P., Parker, A. N., Luu, P., Davey, C., Rothbart, M. K., & Posner, M. I. (2020). Increasing the amplitude of intrinsic theta in the human brain. *AIMS Neuroscience*, 7(4), 418–437. <https://doi.org/10.3934/neuroscience.2020026>
- Vogelsang, D. A., Gruber, M., Bergström, Z. M., Ranganath, C., & Simons, J. S. (2018). Alpha oscillations during incidental encoding predict subsequent memory for new “foil” information. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 30(5), 667–679. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01234
- Wagner, a D., Koutstaal, W., & Schacter, D. L. (1999). When encoding yields remembering: insights from event-related neuroimaging. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 354(1387), 1307–1324. <https://doi.org/10.1098/rstb.1999.0481>
- Wahbeh, H., Calabrese, C., Zwickey, H., & Zajdel, D. (2007). Binaural beat technology in humans: A pilot study to assess neuropsychologic, physiologic, and electroencephalographic effects. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 13(2), 199–206. <https://doi.org/10.1089/acm.2006.6201>
- Waldhauser, G. T., Braun, V., & Hanslmayr, S. (2016). Episodic Memory Retrieval Functionally Relies on Very Rapid Reactivation of Sensory Information. *Journal of Neuroscience*, 36(1), 251–260. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2101-15.2016>
- White, T. P., Jansen, M., Doege, K., Mullinger, K. J., Park, S. B., Liddle, E. B., Gowland, P. A., Francis, S. T., Bowtell, R., & Liddle, P. F. (2013). Theta power during encoding predicts subsequent-memory performance and default mode network deactivation. *Human Brain Mapping*, 34(11), 2929–2943. <https://doi.org/10.1002/hbm.22114>
- Yang, J., Zhan, L., Wang, Y., Du, X., Zhou, W., Ning, X., Sun, Q., & Moscovitch, M. (2016). Effects of learning experience on forgetting rates of item and associative memories. *Learning and Memory*, 23(7), 365–378. <https://doi.org/10.1101/lm.041210.115>
- Yonelinas, A. P., Aly, M., Wang, W., & Koen, J. D. (2010). Recollection and familiarity: Examining controversial assumptions and new directions. *Hippocampus*, 20(11), 1178–

1194. <https://doi.org/10.1002/hipo.20864>

APÊNDICE A
Questionário para experimentos com EEG

Id:_____ Idade:_____

Sexo: () Masculino () Feminino

Curso:_____ Período:_____

Lateralidade: Destro () Canhoto ()

Faz uso de medicação? Sim () Não ()

Qual a medicação?

Para que usa a medicação?

Possui alguma dificuldade relacionada à atenção, memória ou coordenação motora? Se sim, qual?

Atenção () Memória () Motricidade () Nenhuma ()

A dificuldade já foi diagnosticada? Sim () Não ()

Qual o diagnóstico?

APÊNDICE B

Questionário 1 – experimentos com estimulação binaural

Idade: _____

Cidade: _____ Estado: _____

Sexo: () Masculino () Feminino

Escolaridade:

1. Ensino Médio
2. Ensino Superior Incompleto
3. Ensino Superior
4. Especialização
5. Mestrado
6. Doutorado

Renda familiar:

1. Até R\$1000
2. Entre R\$1001 e R\$2000
3. Entre R\$2001 e R\$3000
4. Entre R\$3001 e R\$4000
5. Entre R\$4001 e R\$5000
6. Maior que R\$5000

Faz uso continuado de alguma medicação? Se sim, qual, e com qual finalidade?

Fez uso de alguma medicação 12 horas? Se sim, qual, e com qual finalidade?

Possui alguma dificuldade relacionada à atenção, audição, memória ou coordenação motora?

Atenção () sim () não

Audição () sim () não

Memória () sim () não

Motricidade () sim () não

Se marcou “sim” para alguma dificuldade, a descreva aqui. Se já foi diagnosticada, informe o diagnóstico.

Avalie a qualidade do descanso da sua noite de sono.

- 0. Não descansei nada
- 1. Descansei pouco
- 2. Descansei razoavelmente
- 3. Descansei bem

APÊNDICE C

Questionário 2 – experimentos com estimulação binaural

Indique seu nível de desconforto durante a tarefa:

Nenhum 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Alto

Indique o quanto você acredita que a estimulação auditiva melhorou seu desempenho na tarefa de memória:

Nenhum 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Alto

Se desejar, deixe algum comentário, sugestão ou crítica.

ANEXO A

UNIVERSIDADE FEDERAL DA
PARAÍBA - CENTRO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Investigando Ondas Gama e Teta: Características Relacionadas à Memória de Curto e Longo Prazo

Pesquisador: Yuri Max Araújo Tavares de Farias

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 55976316.5.0000.5188

Instituição Proponente: Programa de Pós Graduação em Neurociência Cognitiva e Comportamento

Patrocinador Principal: Programa de Pós Graduação em Neurociência Cognitiva e Comportamento
Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.648.901

Apresentação do Projeto:

Esta é a 2ª apreciação do projeto "Investigando Ondas Gama e Teta: Características Relacionadas à Memória de Curto e Longo Prazo" trata-se de uma pesquisa de mestrado do Programa de Pós Graduação em Neurociência Cognitiva e Comportamento/ Departamento de Psicologia / UFPB realizado por Yuri Max Araújo Tavares de Farias e orientado pela Profª. Drª. Melyssa Kelyanne Cavalcanti Galdino. Também consta na Plataforma Brasil o pesquisador Flávio Freitas Barbosa como membro da pesquisa.

MÉTODO

Participantes: 45

Critério de Inclusão:

Estudantes do Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes (CCHLA) da Universidade Federal da Paraíba, de ambos os sexos, de 18 e 30 anos de idade, destros com acuidade visual normal ou corrigida.

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: eticaccs@ccs.ufpb.br

Critério de Exclusão: Portadores de patologia neuropsiquiátrica, deficiência física ou déficit cognitivo que prejudique a atenção, memória ou habilidade motora de modo a incapacitar o participante ao uso dos instrumentos de pesquisa ou a levar o participante a estado de desconforto que lhe seja prejudicial.

Objetivo da Pesquisa:

OBJETIVO PRIMÁRIO:

Investigar características do padrão elétrico de ondas teta e gama associados à formação e evocação de memórias de longo prazo.

OBJETIVO SECUNDÁRIO:

- Identificar se existe um limiar de amplitude em frequências de banda teta e gama relacionado à formação da memória de longo prazo.
- Verificar os níveis de amplitude presentes na evocação de itens reconhecidos na memória de curto (10 minutos) e longo prazo (24 horas)
- Comparar a amplitude das ondas gama e teta na codificação com a amplitude na evocação em curto e longo prazo.
- Relacionar o nível de confiança para memória de reconhecimento com a amplitude das ondas teta e gama na evocação em curto e longo prazo.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

A pesquisa proposta não oferece riscos graves à saúde dos participantes. Apresentando como riscos prováveis apenas fadiga leve ou desconforto postural devido à durabilidade das tarefas.

Benefícios:

Por se tratar de atitude voluntária, presume-se que a participação gera uma satisfação altruísta por estar contribuindo para o desenvolvimento da ciência. Ademais, indiretamente o conhecimento gerado pela pesquisa pode retornar ao participante como benefício caso futuramente necessite de algum tratamento para reabilitação da memória. O conhecimento sobre o funcionamento eletrofisiológico da memória pode auxiliar na construção de protocolos de eletroestimulação que possibilitem uma reabilitação mais rápida e também mais duradoura.

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: eticaccs@ccs.ufpb.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DA
PARAÍBA - CENTRO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE



Continuação do Parecer: 1.648.901

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O presente projeto de pesquisa apresenta grande relevância social, acadêmica e científica. Também atende aos requisitos éticos de pesquisa com seres humanos.

Sanou, de forma meticulosa, as pendências anteriores.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O presente protocolo de pesquisa integra todos os termos de apresentação obrigatória, satisfazendo a legislação vigente.

Recomendações:

Tendo em vista a legislação vigente (Resolução CNS 510/2016, Resolução CNS 466/2012 e a Norma Operacional CNS 01/2013) orientamos atentar para as seguintes recomendações:

1ª RECOMENDAÇÃO) Sugerimos que seja inserido na versão final de seu Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e/ou no Termo de Assentimento Livre e Esclarecido, a ser entregue para os participantes da pesquisa, o número do CAAE da certidão de aprovação deste CEP.

2ª RECOMENDAÇÃO) Ressaltamos que para a emissão da Certidão Definitiva deste CEP, o(a) pesquisador(a) responsável deve anexar os resultados da pesquisa, assim como os comprovantes de devolução/retorno, na Plataforma Brasil.

3ª RECOMENDAÇÃO) Para as pesquisas futuras, informamos que está em vigor a Resolução CNS 510/2016 que dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais. A Resolução CNS 510/2016 <<http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2016/Reso510.pdf>> foi aprovada pelo Plenário do Conselho Nacional de Saúde em 06 e 07/abril/2016 e publicada no Diário Oficial da União (DOU), nº 98 - seção 1, páginas 44- 46, em 24/maio/2016.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não possui pendências

Considerações Finais a critério do CEP:

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: eticaccs@ccs.ufpb.br

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA
PARAÍBA - CENTRO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE**



Continuação do Parecer: 1.648.901

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_692571.pdf	01/07/2016 22:21:44		Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_DE_ROSTO.pdf	01/07/2016 22:17:43	Yuri Max Araújo Tavares de Farias	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO.pdf	01/07/2016 22:09:21	Yuri Max Araújo Tavares de Farias	Aceito
Outros	TERMO_DE_COMPROMISSO.pdf	01/07/2016 22:02:04	Yuri Max Araújo Tavares de Farias	Aceito
Outros	NOTA_SOBRE_PENDENCIAS.pdf	01/07/2016 22:01:21	Yuri Max Araújo Tavares de Farias	Aceito
Outros	QUESTIONARIO.pdf	01/07/2016 17:26:22	Yuri Max Araújo Tavares de Farias	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO.pdf	01/07/2016 17:21:51	Yuri Max Araújo Tavares de Farias	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	27/06/2016 11:43:47	Yuri Max Araújo Tavares de Farias	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

JOAO PESSOA, 26 de Julho de 2016

Assinado por:
Eliane Marques Duarte de Sousa
(Coordenador)

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: eticaccs@ccs.ufpb.br

ANEXO B

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Características das Oscilações Teta Associadas à Persistência da Memória

Pesquisador: Yuri Max Araújo Tavares de Farias

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 89028318.1.0000.5188

Instituição Proponente: Programa de Pós Graduação em Neurociência Cognitiva e Comportamento

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio
Universidade Federal da Paraíba

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.694.358

Apresentação do Projeto:

Adequado as exigências de um projeto de pesquisa.

Objetivo da Pesquisa:

Elaborados com coerência.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Previsíveis

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Projeto interessante adequadamente estruturado.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Adequadamente organizados

Recomendações:

Projeto interessante considerando o tema e os objetivos propostos.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sem pendências

Considerações Finais a critério do CEP:

Certifico que o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba – CEP/CCS aprovou a execução do referido projeto de pesquisa.

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br

**UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA**



Continuação do Parecer: 2.694.358

Outrossim, informo que a autorização para posterior publicação fica condicionada à submissão do Relatório Final na Plataforma Brasil, via Notificação, para fins de apreciação e aprovação por este egrégio Comitê.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1124737.pdf	03/05/2018 17:14:09		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.pdf	03/05/2018 17:13:21	Yuri Max Araújo Tavares de Farias	Aceito
Outros	Declaracao_do_orientador.pdf	03/05/2018 17:12:31	Yuri Max Araújo Tavares de Farias	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	03/05/2018 17:11:55	Yuri Max Araújo Tavares de Farias	Aceito
Orçamento	Orcamento.pdf	03/05/2018 17:11:34	Yuri Max Araújo Tavares de Farias	Aceito
Parecer Anterior	Certidao_aprovacao.pdf	03/05/2018 17:11:20	Yuri Max Araújo Tavares de Farias	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Carta_de_anuencia.pdf	03/05/2018 17:10:27	Yuri Max Araújo Tavares de Farias	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_compromisso_do_pesquisador.pdf	03/05/2018 17:09:57	Yuri Max Araújo Tavares de Farias	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	03/05/2018 17:09:14	Yuri Max Araújo Tavares de Farias	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	03/05/2018 16:58:05	Yuri Max Araújo Tavares de Farias	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA



Continuação do Parecer: 2.694.358

JOAO PESSOA, 06 de Junho de 2018

Assinado por:
Eliane Marques Duarte de Sousa
(Coordenador)

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br

Página 03 de 03

ANEXO C

CENTRO DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA -
CCS/UFPB



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Investigando a eficácia da estimulação binaural na modulação da memória em tarefa online

Pesquisador: Yuri Max Araújo Tavares de Farias

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 50649421.8.0000.5188

Instituição Proponente: Universidade Federal da Paraíba

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.002.746

Apresentação do Projeto:

Trata-se de uma Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Neurociência Cognitiva e Comportamento e será realizada no Laboratório de Pesquisa em Comportamento e Cognição, cujo pesquisador pretende desenvolver uma tarefa online de estimulação binaural para modulação da memória e comparar seus efeitos com aqueles obtidos mediante tarefa presencial em laboratório.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Investigar o efeito da estimulação binaural sobre o desempenho da memória em tarefa online.

Objetivo Secundário:

1. Testar se o efeito de estimulação binaural por ferramenta online, em ambientes menos controlados, produz efeitos similares aos observados em laboratório. 2. Verificar os efeitos da estimulação monoaural e binaural, na modalidade online e presencial sobre a memória. 3. Verificar se a estimulação binaural produz efeitos diferentes se aplicada durante a formação ou evocação da memória.

Endereço: Prédio da Reitoria da UFPB, 1º Andar

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br

CENTRO DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA -
CCS/UFPB



Continuação do Parecer: 5.002.746

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Esta pesquisa não oferece riscos graves à saúde, apresentando como riscos prováveis apenas fadiga leve ou desconforto auditivo.

Benefícios:

O participante poderá testar o desempenho de sua memória e passar por procedimento que pode ser capaz de prover algum aprimoramento cognitivo transitório. Além disso, contribuirá com o desenvolvimento de uma modalidade terapêutica em potencial.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

As respostas emitidas na fase de estudo têm o propósito único de engajar o participante na tarefa, sendo assim, apenas as respostas produzidas na fase de reconhecimento dizem respeito ao desempenho da memória e serão submetidas à análise. Serão analisados quatro efeitos comportamentais: (1) memória para item, (respostas corretas para itens estudados / todas as respostas para itens estudados) - (respostas incorretas para itens novos / todas as respostas para novos itens); (2) memória para contexto, (respostas corretas para contexto / respostas incorretas para contexto) / respostas corretas para itens estudados; (3) tempo de resposta para item, proveniente de respostas corretas de itens estudados; (4) tempo de resposta para contexto, proveniente de respostas corretas para contexto.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos de apresentação obrigatória atendem aos requisitos formais do CEP.

Recomendações:

Não há recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sou de parecer favorável a execução desse projeto de pesquisa, salvo melhor juízo.

Considerações Finais a critério do CEP:

Certifico que o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba – CEP/CCS aprovou a execução do referido projeto de pesquisa. Outrossim, informo que a autorização para posterior publicação fica condicionada à submissão do Relatório Final na Plataforma Brasil, via Notificação, para fins de apreciação e aprovação por este egrégio Comitê.

Endereço: Prédio da Reitoria da UFPB / 1º Andar

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br

**CENTRO DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA -
CCS/UFPB**



Continuação do Parecer: 5.002.746

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1794937.pdf	09/08/2021 17:02:19		Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto_preenchida_assinada.pdf	09/08/2021 17:01:24	Yuri Max Araújo Tavares de Farias	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.pdf	09/08/2021 17:00:59	Yuri Max Araújo Tavares de Farias	Aceito
Outros	Questionarios.pdf	09/08/2021 17:00:17	Yuri Max Araújo Tavares de Farias	Aceito
Declaração de concordância	Certidao_de_aprovacao_PPGNeC.pdf	28/07/2021 15:03:01	Yuri Max Araújo Tavares de Farias	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Carta_de_anuencia.pdf	28/07/2021 15:02:26	Yuri Max Araújo Tavares de Farias	Aceito
Orçamento	Orcamento.pdf	28/07/2021 10:25:50	Yuri Max Araújo Tavares de Farias	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	27/07/2021 15:01:25	Yuri Max Araújo Tavares de Farias	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	27/07/2021 14:58:00	Yuri Max Araújo Tavares de Farias	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

JOAO PESSOA, 28 de Setembro de 2021

Assinado por:

**Eliane Marques Duarte de Sousa
(Coordenador(a))**

Endereço: Prédio da Reitoria da UFPB, 1º Andar

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br