



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS MINISTRO REIS VELLOSO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOMÉDICAS**

MONARA KEDMA GOMES NUNES

**ATIVIDADE DIFERENCIAL DAS BANDAS
ELETROENCEFALOGRÁFICAS TETA E ALFA FRONTAL
DURANTE TAREFAS COGNITIVAS DE ATENÇÃO
SUSTENTADA.**

**PARNAÍBA – PI
MARÇO-2017**

MONARA KEDMA GOMES NUNES

**ATIVIDADE DIFERENCIAL DAS BANDAS
ELETROENCEFALOGRÁFICAS TETA E ALFA FRONTAL
DURANTE TAREFAS COGNITIVAS DE ATENÇÃO
SUSTENTADA.**

Defesa de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biomédicas da Universidade Federal do Piauí, *Campus* Ministro Reis Velloso, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biomédicas.

Área de concentração: Novas tecnologias e metodologias de diagnóstico e tratamento.

Orientador: Victor Hugo do Vale Bastos

PARNAÍBA – PI

MARÇO-2017

MONARA KEDMA GOMES NUNES

**ATIVIDADE DIFERENCIAL DAS BANDAS
ELETROENCEFALOGRÁFICAS TETA E ALFA FRONTAL
DURANTE TAREFAS COGNITIVAS DE ATENÇÃO
SUSTENTADA**

Defesa de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biomédicas da Universidade Federal do Piauí, *Campus* Ministro Reis Velloso, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biomédicas.

APROVADA EM 31/03/2017

BANCA EXAMINADORA:

Doutor/ Victor Hugo do Vale Bastos/Universidade Federal do Piauí

Doutor/Silmar Silva Teixeira/Universidade Federal do Piauí

Doutor/ Alair Pedro Ribeiro de Souza e Silva/Universidade Federal do Rio de Janeiro

Doutor Victor Hugo do Vale Bastos
Universidade Federal do Piauí
(Orientador)

PARNAÍBA – PI
MARÇO-2017

EPÍGRAFE

O que sabemos é uma gota, o que ignoramos é um oceano.

(Isaac Newton)

DEDICATÓRIA

Dedico esta obra aos meus familiares, em especial aos meus amados pais (Maria da Luz Silva Nunes e José Arimatéa Gomes Nunes) e minha amada irmã (Jéssyca Cristina Gomes Nunes).

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a minha família o apoio, confiança e carinho que me ofereceram durante minha trajetória. Eles sempre foram meu maior tesouro e com o passar dos tempos só ficou mais claro que todo o meu sucesso, seja ele profissional ou pessoal, é fruto de uma base forte, na qual sei que posso repousar.

Agradeço também aos meus queridos colegas e professores dos laboratórios LAMCEF, LAMPLACE e LANF. Obrigada pela paciência, dedicação e disposição para apontar meus erros e para mostrar o caminho certo a trilhar.

A todos eu só tenho a agradecer, Obrigada!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	iii
CAPÍTULO I	1
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Justificativa	2
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo geral	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Hipóteses	3
1.3.1 Hipótese nula	3
1.3.2 Hipótese alternativa	4
CAPÍTULO II	5
2 REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1 Eletroencefalografia	5
2.2 Habilidades cognitivas: banda alfa versus banda teta	6
2.3 Atividade de atenção sustentada relacionada com o ato motor (Imagética motora)	8
2.3.1 Alterações eletroencefalográficas em tarefas de Imagética Motora	9
2.4 Atividade de atenção sustentada não relacionada com o ato motor (<i>Rapid Visual Information Processing - RVIP</i>)	11
CAPÍTULO III	12
3 MATERIAIS E MÉTODOS	12
3.1 Local de estudo e questões éticas	12
3.2 Participantes da amostra e critérios de inclusão	12
3.3 Determinação do tempo ideal para a tarefa	12
3.4 Experimento principal	13
3.4.1 Familiarização da tarefa motora	13
3.4.2 Familiarização do programa <i>Rapid Visual Information Processing</i>	14
3.4.3 Condições experimentais	14
3.5 Registro eletroencefalográfico	16
3.6 Áreas de interesse	16
3.7 Análise dos dados Eletroencefalográficos	17
3.8 Análise dos dados da Escala de Humor do Brasil	17
3.9 Análise dos dados da Escala de percepção do esforço de Borg	17
3.10 Análise estatística	18
3.10.1 Análise comportamental	18
3.10.2 Análise eletroencefalográfica	18
4 RESULTADOS	20
4.1 Resultados comportamentais	20
4.2 Resultados eletroencefalográficos da banda teta frontal (4-8 Hz)	20
4.2 Resultados eletroencefalográficos da banda alfa frontal (8-12 Hz)	22
CAPÍTULO V	24
5 DISCUSSÃO	24
Limitações do estudo	28
6 CONCLUSÃO	30
7 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	31
8 ANEXOS	39

RESUMO

Oscilações eletroencefalográficas nas bandas eletroencefalográficas alfa e teta refletem desempenho cognitivo e da memória em tarefas cognitivas. Entretanto, o comportamento diferencial do espectro dessas duas bandas em tarefas cognitivas relacionadas ou não com o ato motor ainda não está bem esclarecido. Isto motivou a realização deste trabalho que visa compreender o comportamento espectral das bandas alfa e teta frontal durante a realização de tarefas cognitivas relacionadas ou não com o ato motor, bem como a percepção do esforço mental necessário para a realização das tarefas. Para isso, vinte e dois homens hígidos, idade $20,7 \pm 1,6$ anos, destros, capacidade de imagética visual 22 ± 4 e imagética cinestésica $20,3 \pm 4,6$ participaram do estudo experimental com delineamento *cross-over*. Os resultados mostraram diferença estatisticamente significativa entre a tarefa cognitiva relacionada ao ato motor versus tarefa cognitiva não relacionada ao ato motor nas derivações frontais F3, F4, F7, F8. Além disso, não foi observada diferença estatisticamente significativa na percepção do esforço mental para a realização das duas tarefas cognitivas, apesar de ter sido observado uma diferença significativa dos valores de fadiga e vigor entre os momentos antes e após as duas tarefas cognitivas. O estudo constatou uma dinâmica de neuromodulação cortical onde uma mesma área facilita e inibe estruturas a fim de atingir metas e objetivos onde a tarefa de Imagética Motora demanda mais dos recursos cognitivos da área pré-frontal que a tarefa de *Rapid Visual Information Processing*. Estas informações complementam o conhecimento sobre o desempenho cognitivo e a potência absoluta das bandas eletroencefalográficas alfa e teta bem como a percepção de esforço mental para a execução de diferentes tarefas cognitivas.

Palavras-Chave: Eletroencefalografia, cognição, imagética motora, alfa, teta.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação da diagonal de Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP), abdução-flexão-rotação externa / adução-extensão-rotação interna.

Figura 2. Representação do estímulo apresentado na tarefa de Imagética Motora.

Figura 3. Representação da tarefa *Rapid Visual Information Processing (RVIP)*

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EEG *Eletroencefalográfico*

RVIP *Rapid Visual Information Processing*

IM *Imagética Motora*

CPF *Córtex Pré-Frontal*

QI *Coeficiente de Inteligência*

SNC *Sistema Nervoso Central*

LAMCEF *Laboratório de Mapeamento Cerebral e Funcionalidade*

MIQ-R *Revised Movement Imagery Questionnaire*

BRAMS *Escala de Humor do Brasil*

FNP *Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva*

ACI *Análise de Componentes Independentes*

DPE *Densidade de Potência espectral*

SPSS *Statistical Productand Service Solutions*

EMT *Estimulação Magnética Transcraniana*

S1 *Área somatossensorial primária*

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

Evidências apresentam que as oscilações eletroencefalográficas nas bandas alfa e teta refletem o desempenho cognitivo e da memória. Estes dois elementos pertencem ao arsenal de funções do lobo frontal (DECETY, 1996; KLIMESCH, 1996; KLIMESCH, SAUSENG, HANSLMAYR, 2006), bem como a tomada de decisões (HAMPTON, BOSSAERTS e O'DOHERTY, 2006) e outras funções cognitivas (MOURÃO JUNIOR e MELO, 2011). O bom desempenho na tarefa pode ser refletido por dois fenômenos observados no eletroencefalograma (EEG): (1) aumento tônico da atividade da banda alfa e diminuição da banda teta, e (2) dependendo do tipo de memória, uma diminuição fásica (relacionada ao evento) em alfa, mas aumento de teta (KLIMESCH, 1999). As tarefas por sua vez podem ser classificadas segundo a relevância dos elementos cognitivos e motores. Em geral, as tarefas cognitivas requerem elevado processamento de informações e tomada de decisões, enquanto que as tarefas motoras requerem um foco no movimento, mas não um elevado nível cognitivo (KIM et al., 1996).

Os dois tipos de tarefas têm sido vistos de forma dicotômica e a classificação da demanda cognitiva (alta ou baixa) é consideravelmente subjetiva, pois poucos estudos se preocupam em identificar as diferenças entre essas duas habilidades (KIM et al., 1996). Recentemente, Ryu e colaboradores (2016) investigaram as diferenças psicofisiológicas entre tarefas motoras e cognitivas em 16 voluntários (10 homens e 6 mulheres) e mostraram que a tarefa cognitiva resultou em aumento significativo da potência da banda teta frontal e diminuição não significativa da banda alfa quando comparada a tarefa motora. As operações gerativas e ativas do córtex, particularmente durante os processos cognitivos de alto nível, como codificação e recuperação de memória, retenção de memória de trabalho e detecção de novidades estão relacionadas com a potência da banda teta (CAVANAGH e FRANK, 2014) enquanto que alfa está geralmente reduzida em tarefas visuais de maior esforço (BAYS et al., 2015), bem como o bom desempenho perceptivo (HANSLMAYR et al., 2005) e a atenção seletiva (PAYNE e SEKULER, 2014).

A banda teta frontal é rotineiramente analisada em estudos de aritmética mental e memória de trabalho (SCHEERINGA et al., 2009). Tarefas que permitem a detecção

de processos de memória e atenção sustentada, também definida como vigilância, são utilizadas para avaliar o desempenho cognitivo individual. Um exemplo é o *Rapid Visual Information Processing - RVIP*. Neste, o participante deve recrutar mais processos de memória de trabalho para garantir que o alvo correto seja identificado (COULL et al., 1996). Neale e colaboradores (2015) utilizando a ressonância magnética funcional demonstraram aumento no nível de oxigênio sanguíneo no lobo frontal direito, incluindo o córtex pré-frontal dorsolateral, e as regiões parietais bilateralmente e diminuições do fluxo no giro angular, cuneus, precuneus, cíngulo posterior e córtex pré-frontal ventromedial durante a execução do *RVIP*. O estudo de Michels e colaboradores (2010) mostraram correlações negativas do fluxo sanguíneo no córtex pré-frontal medial, córtex cíngulo e córtex parietal posterior com a banda teta enquanto que a banda alfa 1 manteve correlações positivas nessas mesmas áreas quando os sujeitos realizavam uma tarefa de memória de trabalho. Isso sugere que a tarefa de *RVIP* pode levar a modificações no espectro da potência das bandas alfa e teta frontal.

Tarefas *RVIP* são vistas como cognitivas que requerem elevado processamento de informação e tomadas de decisões (aqui nomearemos tarefas cognitivas não relacionadas ao ato motor) (SARTER, GIVENS e BRUNO, 2001). Entretanto, existem outros tipos de tarefas cognitivas onde os elementos motores são os mais relevantes para a execução da tarefa (aqui nomearemos tarefas cognitivas relacionadas ao ato motor). A Imagética Motora (IM) é um exemplo de tarefa que faz uso de bases neurais do movimento incluindo o componente motor, o planejamento do movimento e o processamento atencional (GARDINI et al., 2016). Em particular, a rede de atenção frontal, incluindo o córtex pré-frontal mediano e as estruturas subjacentes, tais como o cíngulo anterior, a área motora suplementar, o hipocampo e os núcleos da base, estão envolvidos no planejamento dos movimentos. Assim, como a IM precisa de planejamento de ação, pode-se supor que o sistema de atenção frontal também está envolvido na IM (Decety, 1996). Áreas do córtex frontal desempenham um papel relevante não só no processamento da memória de trabalho e de longo prazo, mas também no sistema de atenção seletiva, papel este avaliado por meio das bandas eletroencefalográficas teta e alfa, respectivamente (ENRIQUEZ-GEPPERT et al., 2014; PAYNE e SEKULER, 2014).

1.1 Justificativa

As tarefas cognitivas relacionadas ou não com o ato motor são geralmente vistas de forma dicotômica. Apesar desta divisão ser bastante disseminada no meio científico, poucos estudos se importaram em diferenciar esses dois tipos de tarefas bem como o impacto que cada uma tem sobre a percepção do esforço necessário para a sua execução. Bandas eletroencefalográficas, tais como alfa e teta frontal, estão relacionadas com funções executivas do lobo frontal e outros substratos neurais corticais ou subcorticais, e são capazes de refletir tanto a demanda cognitiva quanto o desempenho do indivíduo. Visto que a classificação quanto ao nível da demanda cognitiva ainda ser bastante subjetiva bem como os aspectos que diferenciem tarefas relacionadas ou não com o ato motor, surge a necessidade de mais estudos que comparem as duas tarefas tanto com variáveis comportamentais que reflitam a percepção do esforço/demanda cognitiva quanto fisiológicas a fim de esclarecer mais sobre os pontos que divergem as duas tarefas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

- Compreender o comportamento espectral da banda teta e alfa frontal durante a realização de tarefas cognitivas relacionadas ou não ao ato motor, bem como a percepção de esforço mental necessário para a realização das tarefas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Entender o comportamento eletroencefalográficos da potência absoluta da banda teta frontal registrado durante tarefas de Imagética Motora e *Rapid Visual Information Processing*.

- Entender o comportamento eletroencefalográficos da potência absoluta da banda alfa frontal registrado durante tarefas de Imagética Motora e *Rapid Visual Information Processing*.

- Verificar a percepção de esforço mental em tarefas cognitivas relacionadas ou não com o ato motor em indivíduos saudáveis.

1.3 Hipóteses

1.3.1 Hipótese nula

- Ocorrerá um aumento na potência absoluta das bandas teta e alfa frontal quando os sujeitos realizarem tarefas cognitivas relacionados ao ato motor versus tarefa cognitiva não relacionada ao ato motor. Entretanto, a percepção de esforço mental para a realização das tarefas não será discrepante visto se tratar de tarefas cognitivas de esforço mental submáximo.

1.3.2 Hipótese alternativa

- Não ocorrerá um aumento na potência absoluta das bandas teta e alfa frontal quando os sujeitos realizarem tarefas cognitivas relacionados ao ato motor versus tarefa cognitiva não relacionada ao ato motor. Além disso, a percepção de esforço mental para a realização das duas tarefas cognitivas será semelhante.

CAPITULO II

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Eletroencefalografia

O registro eletroencefalográfico (EEG) é uma mensuração neurofisiológica da atividade elétrica cerebral oriunda da combinação de bilhões de neurônios que fazem comunicação entre o tálamo e o córtex. O tálamo é uma estrutura subcortical que gerencia os sinais oriundos do córtex para a periferia e da periferia para o córtex. A ritmicidade das ondas cerebrais é produzida pela ação de retroalimentação tálamo-corticais e córtico-talâmicas (INUSO et al.,2007). Este registro é feito por meio de eletrodos fixados no couro cabeludo e posicionados segundo as orientações do Sistema Internacional 10/20. Neste sistema, os eletrodos são posicionados a 10% e 20% das distâncias relativas entre estruturas anatômicas bem definidas, como a glabella (*nasion*), vértex e protuberância occipital (*inion*). Os eletrodos são identificados por letras, conforme sua localização no couro cabeludo: pré-frontal (Fp), frontal (F), central (C), temporal (T), parietal (P), occipital (O) e auricular (A). A letra “z” identifica os eletrodos sobre a linha média e os números indicam os hemisférios direito (pares) e o esquerdo (ímpares) (KLEM et al., 1999).

A utilização de um sistema baseado em percentagem permite um posicionamento de acordo com as diferenças cranianas. Dos 21 eletrodos utilizados, 19 são destinados ao registro das áreas cerebrais e dois são utilizados como referência. Usualmente, utiliza-se a referência média biauricular (A1 – A2), com aterramento em FPz. O protocolo visa à aquisição de sinais eletroencefalográficos com boa razão sinal/ruído e minimização de artefatos (INUSO et al.,2007). Os ruídos e artefatos presentes no sinal geralmente são causados por agentes externos, instrumentais ou de origem fisiológica. Dessa forma, o protocolo experimental deve ser realizado em um local tranquilo, com baixa luminosidade e isolamento acústico e elétrico (ANGHINAH et al., 2006).

Após o registro, a análise do sinal pode ser feita no domínio do tempo ou no domínio da frequência. O primeiro consiste de respostas do cérebro que são ligados no tempo para um determinado evento, como uma estratégia para examinar o processamento da informação. No segundo, o sinal é dividido em medidas de potência absoluta, potência relativa, coerência e assimetria que refletem a disponibilidade dos

diferentes circuitos oscilantes. Esta análise prevê subsequente capacidade cognitiva e perceptual em um domínio de frequência específica (CARVALHO et al.,2013). Os sinais eletroencefalográficos são classificados de acordo com ritmos cerebrais, que são definidos em termos de bandas de frequência, incluindo Delta (abaixo de 4 Hz), Teta (4-8Hz), Alfa (8-12 Hz) e Beta (acima de 12Hz). Diferentes bandas de frequências do eletroencefalograma são correlacionadas a diferentes funções e interações cerebrais (INUSO et al.,2007).

A banda Delta, por exemplo, é relatada em estudos que avaliam os estágios do sono e processo de consolidação da memória declarativa hipocampo-dependente (BINDER et al., 2012). O correlato cognitivo mais proeminente da atividade delta é detectando no córtex frontal e cingulado quando um alvo ou estímulo “GO” em uma série de distrações ou estímulos é apresentado. Uma vez que atender a um estímulo ou localização pode ser conseguido pela inibição de outros estímulos ou localizações, a banda delta parece estar relacionada aos processos cognitivos de atenção (HERRMANN et al., 2016). A banda Teta nos seres humanos pode refletir operações gerativas e ativas do córtex, particularmente durante os processos cognitivos de alto nível, como codificação e recuperação de memória, retenção da memória de trabalho e detecção de novidades (CAVANAGH e FRANK, 2014). Além disso, a atividade de teta é observada principalmente no córtex frontal durante a inibição funcional de funções executivas (HUSTER et al., 2013; HERRMANN et al., 2016).

As oscilações alfa do eletroencefalograma são moduladas durante a estimulação sensorial (HERRMANN et al., 2016). Esta banda vem sendo correlacionada com processos cognitivos, de memória e atenção se alterando quando o sujeito é exposto a tarefas cognitivas dos mais diferentes níveis de complexidade (BASTOS et al.,2004; HANSLMAYR et al., 2011). Ela exibe uma correlação inversa com o desempenho cognitivo em tarefas de discriminação visual e correlação direta com tarefas de memória de trabalho, sugerindo uma inibição de estruturas corticais irrelevantes para a tarefa (JENSEN e MAZAHARI, 2010). A banda Beta parece estar mais relacionada com o planejamento e a execução do movimento (MACHADO et al.,2014) sendo observadas também durante as tarefas que exigem interação sensório-motora (KILAVIK et al., 2013).

2.2 Habilidades cognitivas: banda alfa versus banda teta

As habilidades cognitivas, ou também conhecidas como habilidades do controle executivo, nos permitem inibir impulsos e comportamentos indesejados, manter a informação na memória de trabalho, concentrar a atenção estrategicamente e organizar nossos pensamentos diante da distração, complexidade e estresse. Alguns exemplos de habilidades cognitivas incluem habilidades motoras, memória, atenção, percepção e uma categoria ampla conhecida como habilidades executivas. As áreas cerebrais associadas às funções executivas - memória de trabalho, controle inibitório, deslocamento flexível da atenção - estão principalmente localizadas no córtex pré-frontal (CPF). Os circuitos neurais que suportam essas habilidades, no entanto, envolvem também outras regiões tanto corticais, incluindo áreas de córtex cingulado e córtex parietal, bem como estruturas subcorticais, principalmente os núcleos da base, amígdala e hipocampo (BAIR, 2017; MILLER e COHEN, 2001).

O uso de habilidades cognitivas em situações sociais complexas, como reconhecimento individual e aprendizagem observacional contribui para a flexibilidade comportamental favorecendo a evolução de espécies mais complexas como o ser humano (FERNALD, 2017). As habilidades cognitivas são bastante úteis no dia-a-dia e a capacidade de controlá-las representa muitas diferenças individuais de QI. A capacidade de eliminar as distrações de fundo a fim de focarmos em outras coisas (atenção seletiva) é fundamental para a cognição. O controle da supressão de informações irrelevantes para a tarefa pode ser representado por oscilações corticais da banda de frequência eletroencefalográfica entre 8 a 12HZ, que caracteriza a banda alfa. Esta supressão das informações irrelevantes previne o desperdício dos recursos limitados da memória e evita a distorção da informação relevante para a construção da memória (PAYNE e SEKULER, 2014).

Uma variedade de estudos tem mostrado que a atividade da banda alfa está associada com o desempenho cognitivo. O estudo de Bonnefound e Jenson (2012) reforça a ideia de que para atuar em um mundo complexo, é essencial ter mecanismos que possam suprimir informações de distração e que a atividade de alfa está relacionada com esta inibição funcional ativa de regiões sensoriais. Neste estudo, eles avaliaram a atividade da banda alfa durante uma tarefa de memória de trabalho com elementos de distração fracos e fortes, e observaram um aumento na potência de alfa posterior antecipadamente ao elemento de distração. Os autores sugerem ainda que esse comportamento possa ocorrer em todo o sistema somatossensorial. Sendo que este aumento da banda alfa foi visto como sinal de melhor desempenho na tarefa de

memória, entretanto, em tarefas de discriminação visual o aumento da potência na banda alfa não corresponde a um bom desempenho. Isto mostra que o comportamento da banda depende do tipo de tarefa em questão (HANSLMAYR et al., 2005).

Assim como o aumento de alfa está relacionado com melhor desempenho na memória de trabalho, o aumento do ritmo de linha média frontal de teta frequentemente acompanha processos de memória de trabalho, bem como de atenção inespecífica (PAVLOV e KOTCHOUBEY, 2017). Os resultados de estudos anteriores frequentemente definem esse fenômeno como reflexo de uma ativação de componentes executivos centrais de memória de trabalho (SAUSENG et al., 2010) que residem em regiões do córtex pré-frontal, parietal e temporais (POSTLE, 2006; D'ESPOSITO, 2007). Além disso, outros estudos demonstraram uma ativação do sistema de controle executivo fronto-parietal durante a retenção na memória de trabalho (COOPER et al., 2015; WU et al., 2007) e uma crescente sincronização fronto-parietal com um engajamento mais forte de componentes executivos centrais (SAUSENG et al., 2005). Em complemento a isto, o estudo de Polanía e colaboradores (2012) mostrou que o acoplamento do ritmo de teta entre regiões frontais e parietais induzido por estimulação transcraniana de corrente alternada resulta em melhor desempenho da memória de trabalho visual, enquanto o desacoplamento induzido leva a deterioração de memória de trabalho.

2.3 Tarefa cognitiva relacionada com o ato motor (Imagética motora)

Nos últimos 20 anos a Imagética Motora (IM) tem chamado atenção como uma técnica de treinamento esportivo e de reabilitação. Esta habilidade cognitiva é definida como a “simulação mental” ou o “ensaio mental” do movimento sem qualquer saída motora (DECETY, 1996; HANAKAWA, 2015). Do ponto de vista do controle motor, a Imagética Motora compartilha das mesmas redes neurais engajadas na execução propriamente dita do movimento estando relacionada com os mecanismos neurais de planejamento e preparação do movimento e uma execução motora suprimida que é resultado de uma manutenção ou atenuação do comando motor pelo Sistema Nervoso Central (SNC) impedindo que ele atinja o nível neuromuscular (ROZAND et al., 2016).

A IM pode ser experimentada em duas perspectivas. A perspectiva de primeira pessoa onde o indivíduo toma como referência o processamento de informações motoras e cinestésicas e a perspectiva em terceira pessoa, onde o indivíduo toma como referência o processamento visual e espacial (JEANNEROD, 1995). Dentre as

estruturas ativadas durante a simulação mental, as mais relatadas são o córtex motor primário, área suplementar motora, córtex pré-frontal que se prolonga para o córtex dorsolateral, cerebelo, núcleos da base, córtex parietal e córtex cingulado anterior. Durante a prática mental, alterações autonômicas como aumento da frequência cardíaca, frequência respiratória e pressão arterial sistólica, e alterações metabólicas como diminuição da creatina fosfato e aumento do fosfato inorgânico são observados. Isto sugere que a ativação vegetativa é em boa parte de origem central e que essas estruturas de programação central causariam um efeito antecipatório da quantidade de energia necessária nas vias motoras para a execução do movimento (DECETY, 1996).

A IM é vista como um mecanismo anterior ao movimento sem que ocorra uma saída motora, onde o tempo gasto para a execução real é igual ao tempo gasto para imaginar (princípio da isocronia) (DECETY e JEANNEROD, 1995). No entanto, esta congruência é perdida quando os movimentos são executados automaticamente sem uma supervisão consciente ou quando precisam de correções online durante a sua execução (LLANOS et al., 2013). Além disso, o tempo de execução do movimento real ou imaginário é influenciado pela complexidade e precisão da tarefa (Lei de Fitts), onde as mais complexas e precisas demandam mais tempo de execução em relação às menos complexas e precisas (BRINKMAN et al., 2014).

Outra similaridade entre o movimento real e o imaginário é a influência da lateralidade na aprendizagem motora. Gentili e Papaxanthis (2015) em seu estudo objetivaram avaliar a influência da lateralidade na aprendizagem motora em movimentos imaginados e observaram uma superioridade do braço dominante na aprendizagem motora que foi justificada a partir de uma perspectiva da teoria dos modelos internos, onde haveria um esquema de controle híbrido em que os dois braços poderiam se beneficiar do controle preditivo e do mecanismo de retroalimentação em diferentes graus, onde o sistema do hemisfério dominante confia mais nos mecanismos preditivos enquanto o hemisfério não dominante confia mais em um mecanismo de retroalimentação.

2.3.1 Alterações eletroencefalográficas em tarefas de Imagética Motora

Durante a simulação mental, populações neuronais específicas que controlam características particulares do movimento precisam ser selecionadas, enquanto outras precisam ser suprimidas. Este mecanismo de ativação e inibição neural pode ser avaliado por meio das bandas eletroencefalográficas em regiões de planejamento e

execução do ato motor (LLANOS et al.,2013). Yang et al. (2015) ao avaliar como se detecta de forma confiável o movimento de caminhada imaginada em pacientes vítimas de acidente vascular encefálico e selecionar as áreas cerebrais e as bandas de frequência que mais contribuem para a tarefa mental observaram uma ativação do córtex pré-motor, área motora suplementar, áreas do córtex sensorial do pé e perna e a área sensório-motora do braço. Além disso, observaram que as bandas de frequência alfa1, ritmo "Mu" e beta foram as mais envolvidas na tarefa.

A atividade do ritmo "Mu" (alfa 2) no córtex sensório-motor, pré-motor e área suplementar motora também foi estudada por Llanos et al. (2013) e foi observado que os estímulos visuais usados no planejamento motor ativam o ritmo "Mu" no córtex motor e que esta resposta é semelhante para os movimentos reais e imaginários. Este ritmo parece executar uma dupla ação (1) o aumento do processamento de informações visuais de uma tarefa ("hipótese de processamento") e (2) a diminuição da computação de outras tarefas potencialmente interferentes ("hipótese da inatividade") (SEBATE et al., 2012).

Durante a execução, observação e imaginação do movimento é notada uma dessincronização de alfa e beta que reflete a atividade cortical motora e o acoplamento da ação e percepção (MEIROVITCH et al., 2015). Como a banda cerebral alfa é onipresente no córtex sensorial, acredita-se que exista uma relação com a excitabilidade cortical. Em tarefas de atenção espacial, alfa é modulada de acordo com a direção da atenção, especificamente, é observada uma dessincronização no córtex visual contralateral à direção da atenção e sincronização no córtex visual homolateral à direção da atenção. Estas modulações têm sido associadas com a facilitação e inibição de processamento sensorial (ANDERSON e DING, 2011).

Bandas de baixa frequência como teta também estão relacionadas com o mecanismo de atenção durante atividades imaginadas. Yi et al. (2014) avaliaram diferenças nos padrões eletroencefalográficos, bem como os processos cognitivos entre a Imagética Motora em um único membro (mão direita, mão esquerda e pé) e a Imagética Motora em membros combinados (ambas as mãos, mão direita e pé esquerdo, e mão esquerda e pé direito). Seus resultados mostraram uma sincronização de teta central maior quando se combinava a ação de dois membros. Este achado pode refletir um nível mais elevado de atenção e de vigilância necessária durante a codificação da informação que corresponde à simulação mental de movimentos mais complexos (CEBOLLA et al.,2014).

2.4 Tarefa cognitiva não relacionada com o ato motor (*Rapid Visual Information Processing - RVIP*)

Uma ferramenta utilizada para explorar a atenção sustentada visual e processos de memória de trabalho é o paradigma *Rapid Visual Information Processing - RVIP*. A tarefa consiste de um rápido processamento visual em que cada item apresentado substituirá o anterior na mesma localização espacial. Uma série de números é exibida individualmente na tela (100-110 números por minuto) e os participantes são orientados a responder quando visualizarem três números ímpares ou três números pares. Neste sequenciamento numérico o início súbito de um estímulo alvo é seguido por estímulos não relevantes (NEALE et al., 2015).

A capacidade limitada para perceber quando vários estímulos são processados em uma única matriz espacial parece ser um problema quando os diversos estímulos são apresentados sequencialmente e no caso do *RVIP* essa dificuldade é aumentada, pois a correlação espaço-temporal é normalmente descontínua, ou seja, os estímulos aparecem apenas durante um período de tempo muito breve seguido por elementos aleatórios e sem relevância para a continuidade da tarefa. Ao contrário das tarefas contínuas onde os eventos ocorrem em uma sequência continuada e permanecem presentes por muito mais tempo (MARVIN, CHUN e POTTER, 1995; HILTIA et al., 2010).

Dois elementos são atraentes no paradigma *RVIP*: (1) as imagens são apresentadas tão rapidamente que os movimentos dos olhos correspondem a pouco ou nenhum papel na tarefa e (2) a velocidade de processamento visual e tomada de decisões podem ser levadas ao limite do processamento temporal restringindo desse modo o tempo disponível para um maior nível cognitivo (LUO e SAJDA, 2009). Ao se comparar a tarefa *RVIP* com condições controles (por exemplo, manter os olhos fechados) é possível observar um aumento do fluxo sanguíneo bilateralmente no giro frontal inferior, córtex parietal e giro fusiforme, e também no giro frontal superior direito. Já comparado a condições de tarefas de atenção sustentada mais simples e com menor exigência da memória de trabalho, a ativação do giro frontal superior direito não é observada. Isto sugere a existência de um circuito fronto-parietal direito responsável pela atenção sustentada e um circuito fronto-parietal esquerdo responsável pelo processamento da memória de trabalho (COULL et al., 1996).

CAPÍTULO III

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local de estudo e questões éticas

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Mapeamento Cerebral e Funcionalidade (LAMCEF) da Universidade Federal do Piauí, Campus Ministro Reis Velloso, Piauí, Brasil. Os participantes que concordaram em participar do experimento foram esclarecidos quanto ao procedimento experimental e confidencialidade da pesquisa e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Piauí, Nº 1.144.285.

3.2 Participantes da amostra e critérios de inclusão

Vinte e dois homens hígidos, idade $20,7 \pm 1,6$ anos, destros segundo o questionário de Oldfield, capacidade de imagética visual 22 ± 4 e imagética cinestésica $20,3 \pm 4,6$ segundo o *Revised Movement Imagery Questionnaire (MIQ-R)*. Os participantes eram livres de doenças neurológicas, osteomioarticulares ou sequelas que impedissem a amplitude do movimento dos membros superiores, cardiovasculares, pulmonares, déficits cognitivos e/ou sensoriais ou que fizessem uso de medicamentos psicotrópicos ou psicoestimulantes. Além disso, os participantes foram orientados a não consumirem cafeína e não terem um sono inferior ao período de 8h na noite anterior ao experimento.

3.3 Determinação do tempo ideal para a tarefa

Um estudo preliminar e experimental randomizado foi desenvolvido para a determinação do tempo de tarefa necessário para gerar um esforço mental moderado. A amostra contou com 15 participantes de 18 a 28 anos, 100% destros segundo o Inventário de Oldfield. Uma randomização foi feita para a divisão dos grupos, onde os participantes poderiam executar uma tarefa cognitiva por 15, 20 ou 30 minutos. Para a tarefa, os participantes foram orientados a jogar no paradigma *Rapid Visual Information Processing- RVIP*, no qual uma série de números é exibida individualmente na tela (100-110 números por minuto) e os participantes são orientados a responder quando visualizarem três números ímpares ou três números pares. A partir deste paradigma foi possível extrair valores de acertos, erros e tempo de reação que refletiram o desempenho

do indivíduo na tarefa. Uma ANOVA de uma via demonstrou que o tempo de 30 minutos provocou maior esforço mental, visto que um maior número de erros ($p=0,28$) e tempo de reação ($p<0,001$) foi observado na tarefa com este intervalo de tempo.

3.4 Experimento principal

O estudo com delineamento *cross-over* foi dividido em um dia de familiarização dos protocolos (tarefa motora e *Rapid Visual Information Processing - RVIP*) e das escalas utilizadas (escala de humor do Brasil – BRAMS e escala de percepção do esforço de Borg) e dois dias experimentais. Durante os dias experimentais a escala BRAMS foi apresentada antes e após o protocolo experimental, onde foi solicitado ao participante que respondesse de forma fidedigna como ele se sentia no momento e após o protocolo foi apresentada a escala de Borg para verificar a percepção do esforço mental necessário para a realização da tarefa.

3.4.1 Familiarização da tarefa motora

O participante permaneceu sentado em uma cadeira sem braço, que se localizava na frente de uma tela LCD 21” e transmitiu um vídeo (29 minutos) com a execução da diagonal de Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP), abdução-flexão-rotação externa / adução-extensão-rotação interna (Figura 1). Em seguida, o participante reproduziu a diagonal 20 vezes. Nas dez primeiras vezes o terapeuta auxiliou a execução do movimento (momento *hands on*) e nas últimas dez vezes o movimento foi livre de auxílio (momento *hands off*).

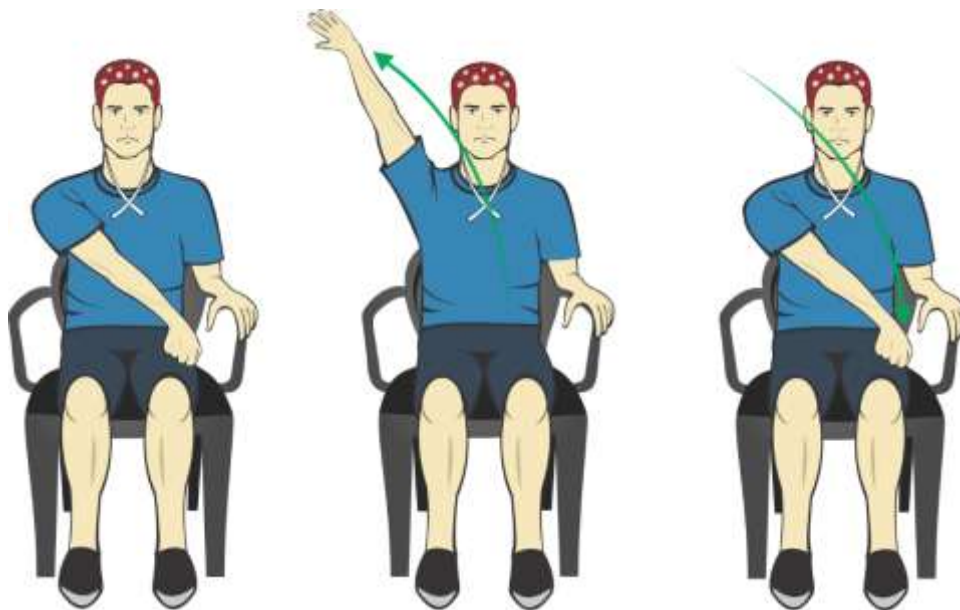


Figura 1. Representação da diagonal de Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP), abdução-flexão-rotação externa / adução-extensão-rotação interna

3.4.2 Familiarização do programa *Rapid Visual Information Processing (RVIP)*

O indivíduo foi orientado a se concentrar por 5 minutos no paradigma *Rapid Visual Information Processing- RVIP*, onde foi exibida uma série de números individualmente na tela do computador em rápida sucessão (a uma taxa de 100-110 números por minuto). Os participantes foram orientados a responder clicando na tecla *space* quando detectavam três números ímpares ou três números pares consecutivos.

3.4.3 Condições experimentais

Em uma sala de baixa luminosidade e temperatura agradável, os participantes permaneceram sentados em uma cadeira sem braço. Inicialmente foi posicionada a touca para captação do sinal eletroencefalográfico segundo o sistema 10/20 e captado um repouso de 5 minutos. Imediatamente após, iniciou o protocolo experimental (Imagética Motora ou *Rapid Visual Information Processing*) que durou 30 minutos. Em seguida, um segundo repouso de 5 minutos foi registrado.

Protocolos experimentais

(1) Imagética Motora: A cada 10 segundos, um estímulo (círculo vermelho) apareceu no centro de uma tela preta (Figura 2). O participante foi orientado a se imaginar executando a diagonal abdução-flexão-rotação externa / adução-extensão-rotação

interna sempre que o círculo aparecia. Dessa forma, os trinta minutos de simulação mental da manobra foram compostos por 180 trilhas com intervalo de 10 segundos entre elas destinados para a execução mental da diagonal.

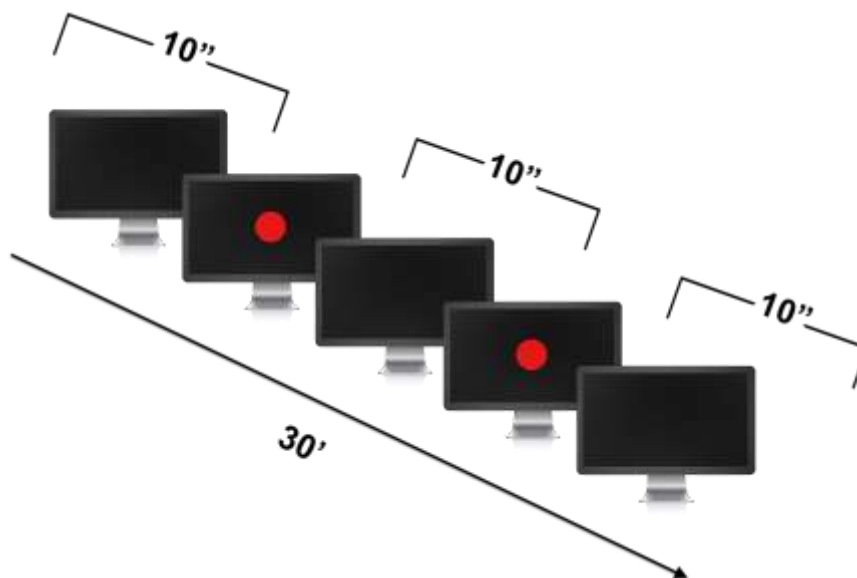


Figura 2. Representação do estímulo apresentado na tarefa de Imagética Motora

(2) *Rapid Visual Information Processing*: O participante foi orientado a se concentrar por 30 minutos consecutivos jogando no paradigma *Rapid Visual Information Processing*, onde foi exibida uma série de números individualmente na tela do computador em rápida sucessão (a uma taxa de 100 números por minuto). Sempre que o participante detectava três números ímpares ou três números pares consecutivos clicou no botão *space* do teclado (Figura 3).

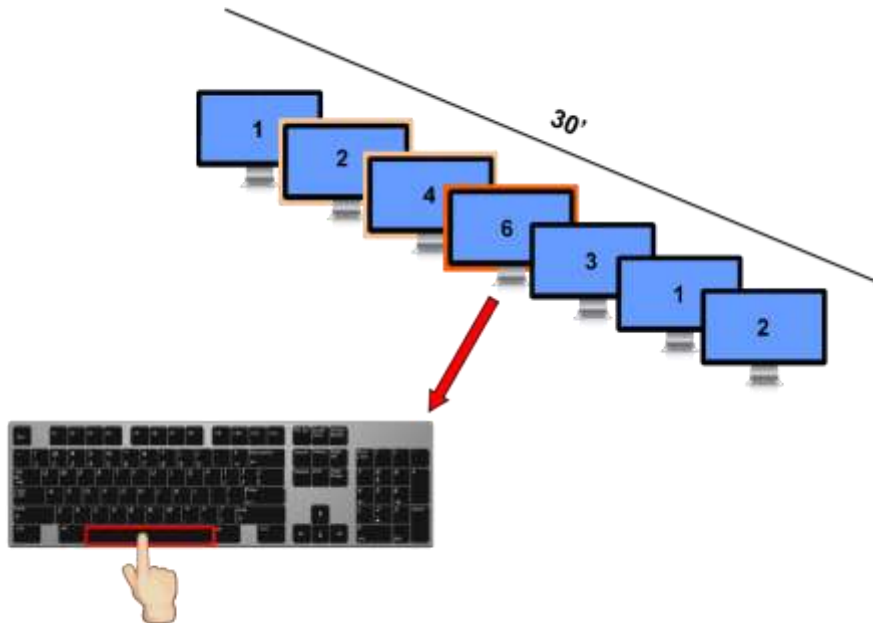


Figura 3: Representação da tarefa Rápido Processamento de Informação Visual (RPIV).

3.5 Registro eletroencefalográfico

A captação do sinal eletroencefalográfico foi feita de forma contínua com o aparelho BrainNet BNT 36 - EEG (EMSA – Instrumentos Médicos, Brasil) constituído por 20 eletrodos dispostos em uma touca elástica segundo o sistema internacional 10-20. Os eletrodos de referência foram posicionados nos lóbulos auriculares (biauricular) e os eletrodos utilizados para posterior análise foram F3, F4, F7 e F8. A sala de captação contou com aterramento elétrico e a impedância da interface pele-eletrodo foi mantida abaixo de $5k\Omega$. Os dados adquiridos tiveram amplitude total menor que 100mV. O sinal EEG foi filtrado analogicamente entre 0,1 Hz (passa-alta) e 100 Hz (passa-baixa), sendo digitalizado a 400Hz. Com o software de aquisição e controle (desenvolvido em Delphi 5.0), os dados brutos foram filtrados digitalmente: *notch* de 60 Hz, passa-alta de 0,3 Hz e passa-baixa de 40Hz.

3.6 Áreas de interesse

Atualmente é sabido que as estruturas corticais responsáveis pelas funções executivas se localizam nos lobos frontais direito e esquerdo, principalmente no córtex pré-frontal (BAIR, 2017). Este desempenha um papel essencial na formação de metas e objetivos, e no planejamento de estratégias de ação necessárias para atingir estes objetivos, selecionando as habilidades cognitivas requeridas para a implementação dos planos, e coordenando as mesmas para aplicá-las na ordem correta (MOURÃO e

MELO, 2011). No eletroencefalograma, os eletrodos são identificados por letras, conforme sua localização no couro cabeludo e números que indicam os hemisférios direito (pares) e o esquerdo (ímpares). A área frontal é representada pela letra “F” e no sistema internacional 10/20 os eletrodos F3 e F4 correspondem ao córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo e direito, enquanto que F7 e F8 correspondem ao córtex pré-frontal ventrolateral esquerdo e direito (KLEM et al., 1999). Dessa forma, a escolha dessas áreas para a análise da tarefa de Imagética Motora e do *Rapid Visual Information Processing* se faz relevante visto que ambas ativam áreas envolvidas na tomada de decisões, memória de trabalho, memória operacional, planejamento e programação do movimento (ROZAND et al., 2016; NEALE et al., 2015).

3.7 Análise dos dados Eletroencefalográficos

Uma inspeção visual e análise de componentes independentes (ACI) foram aplicadas para identificar e remover todos os artefatos remanescentes, ou seja, piscadas de olhos e movimentos oculares produzidos pela tarefa (DELORME E MAKEIG, 2004; JUNG et al., 2000). Os dados de eletrodos individuais que exibiram perda de contato com o escalpo ou alta impedância ($>5K\Omega$) não foram considerados. Um estimador clássico foi aplicado para a densidade de potência espectral (DPE) estimada a partir da Transformada de Fourier, que foi realizada pelo *MATLAB R2009b* (Matwords, Inc.).

3.8 Análise dos dados da Escala de Humor do Brasil

A escala é composta por 24 itens com seis subescalas que se seguem: raiva, confusão, depressão, fadiga, tensão e vigor. Cada subescala contém 4 itens. A partir da soma das respostas de cada subescala, obteve-se um escore que podia variar de 0 a 16.

3.9 Análise dos dados da Escala de percepção do esforço de Borg

A escala possui números de 6 a 20 baseados na frequência cardíaca de 60-200 batimentos por minuto. Os números 12 e 16 correspondem aproximadamente 55% e 85% da frequência cardíaca máxima, respectivamente. Segundo a percepção subjetiva do esforço, o intervalo entre 6 e 14 corresponde a uma sensação que vai de muito fácil a ligeiramente fácil e o intervalo entre 15 e 20 corresponde a uma sensação que vai de cansativo a exaustivo.

3.10 Análise estatística

Para a análise estatística foi utilizado o software *Statistical Product and Service Solutions* (IBM SPSS) para Windows versão 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA). Inicialmente a normalidade dos dados foi testada com Shapiro-Wilk ($p > 0,05$) que constatou uma curva não gaussiana. Dessa forma, todas as análises foram feitas utilizando testes não paramétricos.

3.10.1 Análise comportamental

Um teste de *Mann-Whitney* foi executado para determinar se existiu diferença na percepção de fadiga, vigor e esforço mental entre as condições: Imagética Motora e *RVIP*. Os dados foram apresentados em mediana. O teste de *Mann-Whitney* contou com duas variáveis independentes (condições: IM, *RVIP*) e uma variável dependente (os valores de fadiga e vigor, extraídos da escala BRAMS e os valores extraídos da escala de Borg).

Além disso, o teste de *Wilcoxon* foi executado para determinar se existiu diferença entre os momentos antes e após as condições experimentais: Imagética Motora e *RVIP*. Os dados foram apresentados em mediana. O teste de *Wilcoxon* contou com duas variáveis dependentes (valores pré-protocolo e valores pós-protocolos).

3.10.2 Análise eletroencefalográfica

Com relação à análise da potência absoluta da banda teta, o teste de *Friedman* foi utilizado para determinar se existiu diferença na potência absoluta da banda teta entre os intervalos de tempo antes, durante e após intervenção e para determinar se existiu diferença entre as condições Imagética Motora e *RVIP*. As derivações selecionadas foram F3, F4, F7, F8 e os dados foram apresentados em mediana. O teste de *Friedman* contou com três variáveis independentes (IM, *RPIV* e momentos: antes, durante e após) e uma variável dependente (área expressa pelos eletrodos).

Com relação à análise da potência absoluta da banda alfa, o teste de *Friedman* foi utilizado para determinar se existiu diferença na potência absoluta da banda alfa entre os intervalos de tempo antes, durante e após intervenção e para determinar se existiu diferença entre as condições Imagética Motora e *RVIP*. As derivações selecionadas foram F3, F4, F7, F8 e os dados foram apresentados em mediana. O teste de *Friedman* contou com três variáveis independentes (IM, *RVIP* e momentos: antes, durante e após) e uma variável dependente (área expressa pelos eletrodos).

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Resultados comportamentais

Um teste de *Mann-Whitney* foi executado para determinar se havia diferença entre as condições de *IM* e *RVIP*. A análise revelou que não houve diferença estatística entre as duas condições na percepção de fadiga: momento antes (mediana pré *IM*= 1, mediana, pré *RVIP*= 2,5; $p > 0,5$) e no momento após (mediana pós *IM*=2,5, mediana pós *RVIP*=4; $p > 0,8$). Além disso, o teste de *Wilcoxon* foi executado a fim de avaliar diferenças entre os momentos antes e após protocolos. A análise revelou diferença significativa entre os valores pré e pós *IM* ($p < 0,003$), entretanto o mesmo não foi observado na condição *RVIP*, momentos antes e após ($p > 0,1$).

Com relação à análise da percepção de vigor, o teste de *Mann-Whitney* foi executado para determinar se havia diferença entre as condições de *IM* e *RVIP*. A análise revelou que não houve diferença estatística entre as duas condições na percepção de vigor: momento antes (mediana pré *IM*= 7, mediana, pré *RVIP*= 8; $p > 0,5$) e no momento após (mediana pós *IM*=4, mediana pós *RVIP*=5,5; $p > 0,1$). Além disso, o teste de *Wilcoxon* foi executado a fim de avaliar diferenças entre os momentos antes e após protocolos. A análise revelou diferença significativa entre os valores pré e pós *IM* ($p < 0,004$), e entre os valores pré e pós *RVIP* ($p < 0,002$).

A análise da percepção de esforço mental mostrou que os valores de Borg para a condição de Imagética Motora (mediana=15) foram maiores que a condição *RVIP* (mediana= 13), entretanto esse aumento não foi estatisticamente significativo ($p = 0,104$). Cabe aqui ressaltar que o valor 13 na escala de Borg remete a um esforço ligeiramente fácil, enquanto que o valor 15 remete a uma percepção da tarefa como cansativa.

4.2. Resultados eletroencefalográficos da banda teta frontal (4-8 Hz)

Um teste de *Friedman* foi executado para determinar se havia diferença na potência absoluta da banda teta nas derivações F3, F4, F7 e F8 durante 30 minutos de tarefa de imagética e *RVIP*. As comparações de pares foram realizadas com a correção de *Bonferroni* para comparações múltiplas. Os valores potência absoluta da banda teta na derivação F3 (córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo) foram estatisticamente significativos nos diferentes momentos avaliados, $\chi^2(5) = 243,185$, $p = 0,0001$. A análise de *post hoc* revelou aumento estatisticamente significativo da potência absoluta da

banda teta durante a tarefa IM (mediana=0,0043) com relação aos momentos pós-IM (mediana=0,0030) ($p=0,0001$) e *RVIP* tarefa (mediana=0,0035) ($p=0,012$). Apesar de ter sido observado um aumento da banda teta durante a tarefa IM em relação ao repouso pré-IM (mediana 0,0037), essa diferença não foi estatisticamente significativa ($p=1$). A análise da potência absoluta da banda teta durante a tarefa *RVIP* revelou um aumento estatisticamente significativo quando comparado aos momentos pré-*RVIP* (mediana=0,0029) e pós-*RVIP* (0,0029) e uma diminuição quando comparado ao momento IM tarefa, $p=0,0001$. Ao se analisar a diferença entre os repouso iniciais e finais dos protocolos IM e *RVIP*, observou-se uma diminuição estatisticamente significativa de pré-IM para pós-IM ($p=0,0001$), mas não entre pré-*RVIP* e pós-*RVIP* ($p>0,05$).

Os valores potência absoluta da banda teta na derivação F4 (córtex pré-frontal dorsolateral direito) foram estatisticamente diferentes nos diferentes momentos avaliados, $\chi^2(5) = 498,258$, $p=0,0001$. A análise de *post hoc* revelou aumento estatisticamente significativo da potência absoluta da banda teta durante a tarefa IM (mediana=0,0045) com relação aos momentos pré-IM (mediana=0,0039) ($p=0,002$), pós-IM (mediana=0,0031) ($p=0,0001$) e *RVIP* tarefa (mediana=0,0037) ($p=0,0001$). A análise da potência absoluta da banda teta durante a tarefa *RVIP* revelou um aumento estatisticamente significativo quando comparado aos momentos pré-*RVIP* (mediana=0,0032) e pós-*RVIP* (mediana=0,0029) e uma diminuição quando comparado ao momento IM tarefa, $p=0,0001$. Ao se analisar a diferença entre os repouso iniciais e finais dos protocolos IM e *RVIP*, observou-se uma diminuição estatisticamente significativa de pré-IM para pós-IM ($p=0,0001$) e de pré-*RVIP* para pós-*RVIP*, $p=0,0001$.

Os valores potência absoluta da banda teta na derivação F7 (córtex pré-frontal ventrolateral esquerdo) foram estatisticamente significativos nos diferentes momentos avaliados, $\chi^2(5) = 236,796$, $p=0,0001$. A análise de *post hoc* revelou aumento estatisticamente significativo da potência absoluta da banda teta durante a tarefa IM (mediana=0,0070) com relação ao momento *RVIP* tarefa (mediana=0,0030) ($p=0,0001$). Apesar de ter sido observado um aumento da banda teta durante a tarefa IM quando comparada aos repouso pré-IM (mediana 0,0052) e pós-IM (mediana=0,0054), essas diferenças não foram estatisticamente significativas ($p>0,05$ e $p=0,425$, respectivamente). A análise da potência absoluta da banda teta durante a tarefa *RVIP* revelou uma diminuição estatisticamente significativa quando comparada aos momentos

pré-*RVIP* (mediana= 0,0058) e pós-*RVIP* (mediana= 0,0051) e IM tarefa, $p=0,0001$. Ao se analisar a diferença entre os repousos iniciais e finais dos protocolos IM e *RVIP*, não se observou diferença estatisticamente significativa entre os momentos pré e pós IM ($p=0,18$) e entre pré e pós *RVIP* ($p=0,638$).

Os valores potência absoluta da banda teta na derivação F8 (córtex pré-frontal ventrolateral direito) foram estatisticamente significativos nos diferentes momentos avaliados, $\chi^2(5) = 357,096$, $p=0,0001$. A análise de *post hoc* revelou aumento estatisticamente significativo da potência absoluta da banda teta durante a tarefa IM (mediana=0,0069) com relação aos momentos pré-IM (mediana=0,0056), pós-IM (mediana=0,0054) e *RVIP* tarefa (mediana=0,0031), $p=0,0001$. A análise da potência absoluta da banda teta durante a tarefa *RVIP* revelou uma diminuição estatisticamente significativa quando comparado aos momentos pré-*RVIP* (mediana= 0,0059), pós-*RVIP* (mediana= 0,0050) e IM tarefa, $p=0,0001$. Ao se analisar a diferença entre os repousos iniciais e finais dos protocolos IM e *RVIP*, observou-se uma diminuição estatisticamente significativa de pré-*RVIP* para pós-*RVIP*, $p=0,0001$, mas não entre pré-IM e pós-IM ($p>0,05$).

4.3. Resultados eletroencefalográficos da banda alfa frontal (8-12 Hz)

Um teste de *Friedman* foi executado para determinar se havia diferença na potência absoluta da banda alfa nas derivações F3, F4, F7 e F8 durante 30 minutos de tarefa de imagética e *RVIP*. As comparações de pares foram realizadas com a correção de *Bonferroni* para comparações múltiplas. Os valores potência absoluta da banda alfa na derivação F3 (córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo) foram estatisticamente significativos nos diferentes momentos avaliados, $\chi^2(5) = 349,153$, $p=0,0001$. A análise de *post hoc* revelou aumento estatisticamente significativo da potência absoluta da banda alfa durante a tarefa IM (mediana=0,0065) com relação aos momentos pré-IM (mediana=0,0041), pós-IM (mediana=0,0046) e *RVIP* tarefa (mediana=0,0027), $p=0,0001$. A análise da potência absoluta da banda alfa durante a tarefa *RVIP* revelou uma diminuição estatisticamente significativa quando comparado aos momentos pré-*RVIP* (mediana= 0,0041), pós-*RVIP* (mediana= 0,0041) e IM tarefa, $p=0,0001$. Ao se analisar a diferença entre os repousos iniciais e finais dos protocolos IM e *RVIP*, observou-se um aumento estatisticamente significativo de pré-IM para pós-IM, $p=0,001$, mas não entre pré-*RVIP* e pós-*RVIP* ($p>0,05$).

Os valores potência absoluta da banda alfa na derivação F4 (córtex pré-frontal dorsolateral direito) foram estatisticamente significativos nos diferentes momentos avaliados, $\chi^2(5) = 395,798$, $p=0,0001$. A análise de *post hoc* revelou aumento estatisticamente significativo da potência absoluta da banda alfa durante a tarefa IM (mediana=0,0076) com relação aos momentos pré-IM (mediana=0,0045), pós-IM (mediana=0,0049) e *RVIP* tarefa (mediana=0,0029), $p=0,0001$. A análise da potência absoluta da banda alfa durante a tarefa *RVIP* revelou uma diminuição estatisticamente significativa quando comparado aos momentos pré-*RVIP* (mediana= 0,0045), pós-*RVIP* (mediana= 0,0046) e IM tarefa, $p=0,0001$. Ao se analisar a diferença entre os repousos iniciais e finais dos protocolos IM e *RVIP*, não se observou diferença estatisticamente significativa entre os momentos pré e pós IM ($p=0,268$) e entre pré e pós *RVIP* ($p>0,05$).

Os valores potência absoluta da banda alfa na derivação F7 (córtex pré-frontal ventrolateral esquerdo) foram estatisticamente significativos nos diferentes momentos avaliados, $\chi^2(5) = 876,22$, $p=0,0001$. A análise de *post hoc* revelou aumento estatisticamente significativo da potência absoluta da banda alfa durante a tarefa IM (mediana=0,0090) com relação aos momentos pré-IM (mediana=0,0054), pós-IM (mediana=0,0064) e *RVIP* tarefa (mediana=0,0028), $p=0,0001$. A análise da potência absoluta da banda alfa durante a tarefa *RVIP* revelou uma diminuição estatisticamente significativa quando comparado aos momentos pré-*RVIP* (mediana= 0,0054), pós-*RVIP* (mediana= 0,0055) e IM tarefa, $p=0,0001$. Ao se analisar a diferença entre os repousos iniciais e finais dos protocolos IM e *RVIP*, observou-se um aumento estatisticamente significativo de pré-IM para pós-IM, $p=0,001$, mas não entre pré-*RVIP* e pós-*RVIP* ($p>0,05$).

Os valores potência absoluta da banda alfa na derivação F8 (córtex pré-frontal ventrolateral direito) foram estatisticamente diferentes nos diferentes momentos avaliados, $\chi^2(5) = 8911,394$, $p=0,0001$. A análise de *post hoc* revelou aumento estatisticamente significativo da potência absoluta da banda alfa durante a tarefa IM (mediana=0,0072) com relação aos momentos pré-IM (mediana=0,0053), pós-IM (mediana=0,0056) e *RVIP* tarefa (mediana=0,0027), $p=0,0001$. A análise da potência absoluta da banda alfa durante a tarefa *RVIP* revelou uma diminuição estatisticamente significativa quando comparado aos momentos pré-*RVIP* (mediana= 0,0053), pós-*RVIP* (mediana= 0,0051) e IM tarefa, $p=0,0001$. Ao se analisar a diferença entre os repousos iniciais e finais dos protocolos IM e *RVIP*, observou-se uma diminuição

estatisticamente significativa de pré-*RVIP* para pós-*RVIP* ($p=008$), mas não entre pré-IM e pós-IM ($p>0,05$).

CAPÍTULO V

5. DISCUSSÃO

A hipótese deste estudo é que se esperava observar um aumento na potência absoluta de teta e alfa frontal quando os sujeitos realizassem tarefa cognitiva relacionada ao ato motor versus tarefa cognitiva não relacionada ao ato motor. Entretanto, a percepção de esforço mental para a realização das tarefas não seria discrepante. Os resultados mostraram diferenças estatisticamente significantes entre a tarefa cognitiva relacionada ao ato motor versus tarefa cognitiva não relacionada ao ato motor em todas as derivações eletroencefalográficas analisadas, tanto na banda alfa frontal quanto na banda teta frontal. Além disso, não foi observada diferença estatisticamente significante na percepção de esforço mental entre as duas tarefas cognitivas mostrando que os participantes perceberam de forma semelhante o esforço necessário para a realização da tarefa de IM e *RVIP*, apesar de ter sido observado uma diferença significante dos valores de fadiga e vigor entre os momentos antes e após as tarefas cognitivas.

A percepção de fadiga após a tarefa de Imagética Motora apresentou um aumento significativo enquanto que a tarefa de *RVIP* não apresentou modificações significantes. Em contrapartida, os valores de vigor diminuíram estatisticamente em ambas as tarefas sem diferenças significantes entre as tarefas. Isso mostra uma exigência cognitiva maior na tarefa de IM versus *RVIP*. Tais achados podem ser complementados com os valores de Borg, onde na tarefa de Imagética Motora os participantes perceberam um esforço cansativo enquanto que na tarefa de *RVIP* os participantes perceberam um esforço ligeiramente fácil. Tais dados vão de encontro com outros autores que constataram uma exigência cognitiva maior em tarefas puramente cognitiva versus tarefas motoras (RUY et al., 2016). Isso pode ser justificado pelo fato da IM ser uma tarefa complexa que faz uso não só das bases neurais do movimento real, mas também de um sistema de memória de trabalho e processamento de informações (ROZAND et al., 2016).

O aumento da potência absoluta de teta observada no córtex pré-frontal dorsolateral em ambas as tarefas cognitivas (IM e *RVIP*) sugere que esta região desempenha um controle cognitivo semelhante nas duas tarefas. Entretanto, a tarefa de

IM apresentou uma ativação cortical superior à tarefa *RVIP*, mostrando uma exigência maior de recursos cognitivos, tais como atenção, esforço mental, memória de trabalho, inibição e flexibilidade cognitiva (DIAMOND, 2013). Por exemplo, Ryu e colaboradores (2016) ao avaliarem a diferenças psicofisiológicas entre tarefas motoras e cognitivas observaram uma atividade maior de teta frontal em tarefas motoras e sugeriram que tarefas não motoras exigem demanda cognitiva maior que as tarefas motoras. Entretanto esse trabalho se difere deste, pois não foi solicitada ao participante uma realização real do movimento, mas uma ação imaginária, sendo que tarefas de imagéticas exigem maior esforço cognitivo que tarefas motoras reais (ROZAND et al., 2016).

As tarefas neste estudo se caracterizavam por um período sem descanso onde o indivíduo era orientado a se imaginar realizando a diagonal de FNP ou discriminar trincas de números ímpares ou pares por trinta minutos. Tais características revelam a necessidade de uma atenção sustentada para a realização das tarefas (BUSCHMAN e KASTNER, 2015) refletindo assim numa atividade aumentada de teta que medeia uma conectividade funcional entre o córtex pré-frontal e o córtex parietal posterior no sistema de atenção sustentada (CAVANAGH e FRANK, 2014; SELLERS et al., 2016). Esta banda também está relacionada com uma reorganização central que faz uso de diferentes processos de aprendizagem e memória, tomada de decisões, plasticidade sináptica (JACOBS et al., 2006; GOLD e SHADLEN, 2007; CAVANAGH e FRANK, 2014) e pode ser resultado da privação de entrada sensorial ou resultado de um aumento da entrada sensorial (situações estas observadas nas tarefas de IM e *RVIP*, respectivamente), que por sua vez pode causar modificações corticais mesmo em um curto período de treinamento de 30 minutos (CLASSEN et al. 1998).

Semelhante ao comportamento da banda teta, na Imagética Motora, foi possível observar um aumento da potência absoluta de alfa quando comparada aos momentos sem tarefa. Na tarefa, um estímulo foi apresentado a cada 10 segundos a fim de alarmar o participante quanto ao início da realização mental da diagonal de FNP. Por ser um período fixo, indivíduos saudáveis são capazes de prever o momento do estímulo seguinte por meio de uma aprendizagem temporal. Esta capacidade cognitiva de antecipar um estímulo de distração, bem como a atenção preparatória (sinal de alerta) melhora o processamento de estímulos relevantes para a tarefa (BONNEFOND e JENSEN, 2012; NOONAN et al., 2016) melhorando o desempenho da memória de trabalho, que por sua vez está relacionado positivamente com a atividade da banda alfa (BASAR e GÜNTEKIN, 2012). Além disso, para a IM é preciso retomar

constantemente da memória de trabalho, informações do movimento real e ignorar estímulos somatossensoriais (ROZAND et al., 2016). Esta ignorância perceptiva está intimamente relacionada com o comportamento da banda alfa, cujo aumento indica um estado de desativação das estruturas corticais, que confere um melhor desempenho na tarefa (PAYNE e SEKULER, 2014).

Quando as tarefas são executadas na mente o processamento *bottom-up* é evitado, a potência de alfa aumenta (BENEDEK et al., 2014) e o córtex pré-frontal desempenha um papel no controle *top-down* que suprime informações somatossensoriais irrelevantes para a tarefa de IM a fim de proteger o conteúdo do movimento real na memória de trabalho (SAVOLAINEN et al., 2011). Hanulla e colaboradores (2010) executaram uma serie de experimentos com Estimulação Magnética Trascraniana (EMT) combinada com ressonância magnética para testar uma ideia específica: que uma das contribuições do CPF na função da memória de trabalho é a supressão de informações sensoriais irrelevantes, a fim de proteger de interferências os conteúdos da memória de trabalho. Seus resultados sugeriram que a melhora da memória induzida por EMT é explicada pelo aumento da supressão *top-down* do processamento sensorial interferente no córtex somatosensorial primário (S1) através da ligação giro frontal medial-S1. Estes resultados demonstram uma rede anatômica e funcional que está envolvida na manutenção da memória de trabalho tátil temporal.

O controle *top-down* está intimamente relacionado com as oscilações da banda alfa uma vez que tal banda desempenha um papel importante na atenção através da inibição de informações irrelevantes (SCHOUWENBURG et al., 2017; VAN DRIEL et al., 2017). Esta neurodinâmica cortical do controle inibitório possui um papel importante na Imagética Motora, visto que tal tarefa exige respostas motoras inibidoras suportadas por circuitos corticais e subcorticais (HWANG et al., 2014), incluindo regiões pré-frontais, como o córtex pré-frontal dorsolateral (MENON et al., 2001; DESOUZA et al., 2003) e o córtex pré-frontal ventrolateral (ARON et al., 2007, CHIKAZOE et al., 2007). Além disso, estudos preveem que a alocação adaptativa da dinâmica oscilatória de banda alfa pode ignorar a informação perceptiva ou suprimir a atividade motora de acordo com a meta comportamental. (KLIMESCH et al., 2007; JENSEN e MAZAHERI, 2010).

Interessantemente, na tarefa cognitiva *RVIP* não foi possível observar este mesmo comportamento na banda alfa, pois uma diminuição da potência absoluta foi observada no momento da tarefa quando comparada aos repousos. Na tarefa, uma série

de números é exibida individualmente na tela (100-110 números por minuto) onde cada item apresentado substitui o anterior na mesma localização espacial. Os participantes são orientados a responder quando visualizarem o estímulo alvo (trincas ímpares ou pares) (NEALE et al., 2015). A velocidade da tomada de decisões e o processamento de informações visual podem ser levados ao limite do processamento temporal restringindo desse modo o tempo disponível para um maior nível cognitivo. Dessa forma, áreas pré-frontais relacionadas com o desempenho cognitivo precisam de uma maior ativação para facilitar o processamento da informação (LUO e SAJDA, 2009).

Haegens e colaboradores (2011) realizaram um trabalho para entender como atividade de alfa está ligada ao disparo neuronal e para isso registraram simultaneamente potenciais de campos locais e picos de regiões somatossensoriais, pré-motoras e motoras enquanto um macaco treinado realizava uma tarefa de discriminação tátil vibratória. Nos potenciais de campos locais foi observada uma forte atividade na banda alfa, que diminuiu nas regiões sensório-motoras durante a tarefa de discriminação. Os autores sugeriram que essa diminuição da potência de alfa prediz melhor desempenho de discriminação e que alfa desempenha um papel semelhante nas regiões motoras e pré-frontais, e reflete um mecanismo geral para definir o estado das redes corticais, visto que o comportamento da banda alfa é inversamente proporcional a excitabilidade cortical (WANG et al., 2016).

As modificações de alfa observadas no córtex pré-frontal abrangem duas situações diferentes que podem ser representadas: (1) a facilitação do processamento no córtex pré-frontal dorsolateral e no córtex pré-frontal ventrolateral vista na tarefa *RVIP*, (2) e a supressão de processamento irrelevante ou interferente vista na tarefa de *IM*. Estes achados estão de acordo com a literatura uma vez que regiões do córtex pré-frontal e do parietal funcionam como fontes de sinais de controle executivo e sua modulação está subjacente à nossa capacidade de concentrar a atenção em estímulos relevantes para as tarefas e ignorar distrações irrelevantes gerando contraste neural, aumentando a atividade em regiões sensoriais para itens que são relevantes e suprimindo atividade para itens irrelevantes para os objetivos da tarefa (GAZZALEY e NOBRE, 2012).

As alterações eletroencefalográficas observadas no córtex pré-frontal revelam diferenças e semelhanças de alfa e teta frontal nas tarefas cognitivas relacionadas ou não ao ato motor de forma que o resultado final seja a organização de comportamentos eficientes em direção a objetivos relevantes, onde alfa reflete o controle inibitório

exercido pelo córtex pré-frontal (WANG et al., 2016; SCHOUWENBURG et al., 2017; VAN DRIEL et al., 2017) e teta reflete a excitabilidade neural (SELLERS et al., 2016). A IM é um processo cognitivo e dinâmico cuja representação de uma ação motora específica é ativada internamente sem qualquer saída motora. Em outras palavras, o movimento imaginado exige a ativação consciente de regiões cerebrais que também estão envolvidas na preparação e execução do movimento, acompanhado por uma inibição voluntária do movimento real (LOTZE e COHEN, 2006; ROZAND et al., 2016). Isto sugere a função do córtex pré-frontal na tarefa de Imagética Motora, mostrando que em uma mesma área existem sistemas facilitando e suprimindo informações.

Além disso, essa facilitação e inibição cortical também podem refletir uma modificação da representação cortical indicando uma plasticidade neural. Isso é possível visto que mesmo movimentos simples repetidos durante um curto período de tempo são eficazes na indução de alterações de representação cortical. Este fenômeno pode ser considerado como uma memória de curto prazo para o movimento e ser o primeiro passo da aquisição de habilidades (CLASSEN et al., 1998; MULDER, 2007). Tais dados se tornam mais interessantes quando comparamos as duas tarefas cognitivas, visto que o *RVIP* não apresentou este mesmo comportamento cortical. Nesta tarefa, especificamente no córtex pré-frontal dorsolateral, é visto uma diminuição de alfa enquanto teta se eleva significativamente com relação aos momentos sem tarefa. Este comportamento é o mais frequentemente observado em estudos com tarefas cognitivas, onde as duas bandas apresentam comportamentos inversos (KLIMESCH, 1999).

Limitações do estudo

Apesar de o eletroencefalograma ser bastante utilizado para avaliar o comportamento cortical em tarefas cognitivas, esta ferramenta possui bastantes limitações, tais como uma resolução espacial e a falta de uma linguagem unificada quanto ao real significado das bandas em tarefas cognitivas. Além disso, neste estudo não foi feito um registro de épocas limitando o estudo da neurodinâmica cortical no momento exato da tarefa e impossibilitando o estudo das sincronizações ou dessincronizações das bandas eletroencefalográficas que são bastante reladas na literatura que abrangem tarefas cognitivas. Além disso, outra observação para estudos futuros é que o presente estudo se limitou ao lobo frontal, o que impede uma visão mais

abrangente dos sistemas corticais relacionados às tarefas cognitivas aqui apresentadas. Acréscimos de regiões parietais e occipitais são bem vindas uma vez que os circuitos fronto-parietais e fronto-occipitais estão envolvidos nos processos cognitivos.

6. CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi compreender o comportamento espectral da banda teta e alfa frontal durante a realização de tarefas cognitivas relacionadas ou não ao ato motor, bem como a percepção de esforço mental necessário para a realização das tarefas. Na tarefa de IM, alfa e teta representaram uma dinâmica de neuromodulação cortical onde uma mesma área facilita e inibe estruturas a fim de atingir metas e objetivos. Na tarefa de *RVIP*, as bandas apresentaram um comportamento oposto representando o sistema *top-down* que facilita o recrutamento de estruturas neurais para a realização das tarefas.

As duas tarefas apresentaram diferenças significativas entre elas, onde tanto a banda alfa quanto a banda teta se mantiveram mais elevadas na tarefa de IM, refletindo uma maior exigência de recursos cognitivos- memória de trabalho, flexibilidade cognitiva, inibição cortical- quando comparada ao *RVIP*. Tais achados foram complementados com a percepção de esforço mental mais elevado em tarefas relacionadas ao ato motor versus não relacionadas ao ato motor.

Por fim, esta pesquisa possui informações sobre o desempenho cognitivo e suas correlações com a potência absoluta de alfa e teta bem como com a percepção de esforço mental para a execução de diferentes tarefas cognitivas. Tais informações contribuem para a compreensão da função do córtex pré-frontal em tarefas relacionadas ou não ao ato motor, complementando a literatura sobre os reais significados das bandas eletroencefalográficas alfa e teta em tarefas cognitivas.

7. REFERÊNCIAS

1. DECETY, J. The neurophysiological basis of motor imagery. **Behavioural Brain Research**, 77, 45-52, 1996.
2. KLIMESCH, W. Memory processes, brain oscillations and EEG synchronization. **International Journal of Psychophysiology**, 24, 61-100, 1996.
3. KLIMESCH, W; SAUSENG, P; HANSLMAYR, S. EEG alpha oscillations: The inhibition–timing hypothesis. **Brain Research Reviews**, 53,63–88, 2006.
4. HAMPTON, AN; BOSSAERTS, P; O'DOHERTY, JP. The Role of the Ventromedial Prefrontal Cortex in Abstract State-Based Inference during Decision Making in Humans. **The Journal of Neuroscience**, 26(32),8360–8367, 2006.
5. MOURÃO JUNIOR, CA; MELO, LBR. Integração de Três Conceitos: Função Executiva, Memória de Trabalho e Aprendizado. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, 27 (3), 309-314, 2011.
6. KIM, J; SINGER, RN; RADLO SJ. Degree of Cognitive Demands in Psychomotor Tasks and the Effects of the Five-Step Strategy on Achievement. **Human performance**, 9(2),155-169,1996.
7. RYU, K; CHOI, Y; KIM, J; KIM, Y; CHIO, S. Differential frontal theta activity during cognitive and motor tasks. **Journal of Integrative Neuroscience**, 15(2), 1–9, 2016.
8. CAVANAGH, JF; FRANK, MJ. Frontal theta as a mechanism for cognitive control. **Trends Cogn Sci**,18, 414–421, 2014.
9. BAYS, BC; Visscher, KM; Le Dantec, CC; Seitz ,AR. Alpha-band EEG activity in perceptual learning. *J Vis*, 15(10), 7, 2015
10. HANSLMAYR, S; KLIMESCH, W; SAUSENG, P; GRUBER, W; OPPELMAYR, M; FREUNBERGER, R; PECHERSTORFER, T. Visual discrimination performance is related to decreased alpha amplitude but increased phase locking. **Neuroscience Letters**, 375, 64–68, 2005.
11. PAYNE, L; SEKULER, R. The importance of ignoring: Alpha oscillations protect selectivity. **Curr Dir Psychol Sci**, 23(3): 171–177, 2014.
12. SCHEERINGA, R; PETERSSON, KM; OOSTENVELD, R; NORRIS, DG; HAGOORT, P; BASTIAANSEN, MCM. Trial-by-trial coupling between EEG and

- BOLD identifies networks related to alpha and theta EEG power increases during working memory maintenance. **Neuroimage**, 44, 224–1238, 2009.
13. COULL, JT; FRITH, CD; FRACKWIAK, RSJ; GRASBY, PM. A fronto-parietal network for rapid visual information processing: a PET study of sustained attention and working memory. **Neuropsychologia**, 34, 1085-1095, 1996.
 14. NEALE, C; JOHNSTON, P; HUGHES, M; SCHOLEY, A. Functional Activation during the Rapid Visual Information Processing Task in a Middle Aged Cohort: An fMRI Study. **PLoS One**, 10(10), e0138994, 2015.
 15. MICHELS, L; BUCHER, K; LÜCHINGER, R; KLAVER, P; MARTIN, E. Simultaneous EEG-fMRI during a working memory task: modulations in low and high frequency bands. **PLoS ONE**, 7,e39447, 2010.
 16. SARTER M, GIVENS B, BRUNO JP. The cognitive neuroscience of sustained attention: Where top-down meets bottom-up. **Brain Research Reviews**, 35(2),146–60, 2001.
 17. GARDINI, S; VENNERI, A; MCGEOWN, WJ; TORACI, C; NOCETTI, L; PORRO, CA; CAFFARRA, P. Brain Activation Patterns Characterizing Different Phases of Motor Action: Execution, Choice and Ideation. **Brain Topogr**, 29(5):679-92, 2016.
 18. ENRIQUEZ-GEPPERT, S; HUSTER, RJ; FIGGE, C; HERRMANN, CS. Self-regulation of frontal-midline **theta** facilitates memory updating and mental set shifting. **Front Behav Neurosci**, 8:420, 2014.
 19. INUSO, G; FORESTA, F; MAMMONE, N; MORABITO, FC. Brain Activity Investigation by EEG Processing: Wavelet Analysis, Kurtosis and Renyi's Entropy for Artifact Detection. **IEEE**: 195-200. DOI 10,1109 / ICIA.2007.4295725, 2007.
 20. KLEM, GH; LUÈDERS, HO; JASPER, HH; ELGER, C. The ten-twenty electrode system of the International Federation. **The International Federation of Clinical Neurophysiology: Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl**, 52, 3-6, 1999.
 21. ANGHINAH, R; BASILE, LI; SCHMIDT, MT; SAMESHIMA, K; GATTAZ, WF. Artefatos biológicos no EEG quantitativo. **Arq Neuropsiquiatr**, 64 (2-A), 264-268, 2006.
 22. CARVALHO, MR; VELASQUES, BB; CAGY, M; MARQUES, JB; TEIXEIRA, S; NARDI, AE; PIEDADE, R; RIBEIRO, P. Electroencephalographic findings in panic disorder. Trends psychiatry psychother, **Trends Psychiatry Psychother**, 35, 238-51, 2013.

23. BINDER, S; BAIER, PC; MÖLLE, M; INOSTROZA, M; BORN, J; MARSHALL, L. Sleep enhances memory consolidation in the hippocampus-dependent object-place recognition task in rats. **Neurobiology of Learning and Memory**, 97, 213–219, 2012.
24. HERRMANN, CS; STRÜBER, D; HELFRICH, RF; ENGEL, AK. EEG oscillations: From correlation to causality. **International Journal of Psychophysiology**, 103,12–21, 2016.
25. CAVANAGH, JF; FRANK, MJ. Frontal theta as a mechanism for cognitive control. **Trends CognSci**,18, 414–421, 2014.
26. HUSTER, RJ; ENRIQUEZ-GEPPERT, S; LAVALLEE, CF; FALKENSTEIN, M; HERRMANN, CS. Electroencephalography of response inhibition tasks: functional networks and cognitive contributions, **Int. J. Psychophysiol**, 87, 217–233.,2013.
27. BASTOS, VH; CUNHA, M; VEIGA, H; MCDOWELL, K; POMPEU, F; CAGY, M; PIEDADE, R; RIBEIRO P. Análise da distribuição de potência cortical em função do aprendizado da datilografia. **Rev. Bras Med Esporte**, 10, 500-504, 2004.
28. HANSLMAYR, S; GROSS, J; KLIMESCH, W; SHAPIRO, KL. The role of α oscillations in temporal attention. **Brain Res. Rev.** 67, 331–343, 2011.
29. JENSEN, O; MAZAHERI, A. Shaping functional architecture by oscillatory alpha activity: gating by inhibition. **Front. Hum. Neurosci.** 4, 186,2010.
30. MACHADO, DCD; LIMA, GC; SANTOS, RS; RAMOS, AJB; SOUSA, CCM; SANTOS, RPM; COELHO, KKO; CAGY, M; ORSINI, M; BASTOS, VH. Comparative analysis electroencephalographic of alpha, beta and gamma bands of a healthy individual and one with hemiparesis. **J Phys TherSci**, 26, 801-4,2014.
31. KILAVIK, BE; ZAEPFFEL, M; BROVELLI, A; MACKAY,WA; RIEHLE, A. The ups and downs of β oscillations in sensorimotor cortex. **Exp. Neurol.** 245, 15–26, 2013
32. BLAIR, C. Educating executive function. **Wiley Interdiscip Rev CognSci**, 8 (1-2), 2017.
33. MILLER, EK; COHEN, JD. An integrative theory of prefrontal cortex function. **Annu. Rev. Neurosci**, 24:167–202, 2001.

34. FERNALD, RD. Cognitive skills and the evolution of social systems. **J ExpBiol**, 220:103-113, 2017.
35. PAVLOV, YG; KOTCHOUBEY, B. EEG correlates of working memory performance in females, **BMC Neurosci**, 18:26, 2017.
36. SAUSENG, P; KLIMESCH, W; SCHABUS, M; DOPPELMAYR, M. Fronto-parietal EEG coherence in theta and upper alpha reflect central executive functions of working memory. **Int J Psychophysiol**, 57:97–103, 2005.
37. POSTLE, BR. Working memory as an emergent property of the mind and brain. **Neuroscience**, 139:23–38, 2006.
38. D’ESPOSITO, M. From cognitive to neural models of working memory. **Philos Trans R Soc B Biol Sci**. 362:761–772, 2007.
39. COOPER, PS; WONG, ASW; FULHAM, WR; THIENEL, R; MANSFIELD, E; MICHIE, PT; KARAYANIDIS, F. Theta frontoparietal connectivity associated with proactive and reactive cognitive control processes. **NeuroImage**.108:354–363, 2015.
40. WU, X; CHEN, X; LI, Z; HAN, S; ZHANG, D. Binding of verbal and spatial information in human working memory involves large-scale neural synchronization at theta frequency. **NeuroImage**. 35:1654–1662. 2007.
41. POLANÍA, R; NITSCHKE, MA; KORMAN, C; BATSIKADZE, G; PAULUS, W. The importance of timing in segregated theta phase-coupling for cognitive performance. **Curr Biol**. 22:1314–1318, 2012
42. HANAKAWA, T. Organizing motor imageries. **Neuroscience Research**, 104, 56–63, 2015.
43. ROZAND, V; LEBONA, F; STAPLEYC, PJ; PAPAXANTHISA, C; LEPERSA, R.A prolonged motor imagery session alter imagined and actual movement durations: Potential implications for neurorehabilitation. **Behavioural Brain Research**,297,67–75,2016.
44. JEANNEROD, M. Mental imagery in the motor context. **Neuropsychologia**, 33, 1419-1432, 1995.
45. DECETY, J; JEANNEROD, M. Mentally simulated movements in virtual reality does Fitts's law hold in motor imagery? **Behavioural Brain Research**,72, 127-134, 1995

46. LLANOS, C; RODRIGUEZ, M; RODRIGUEZ-SABATE, C; MORALES, I; SABATE, M. Um-rhythm changes during the planning of motor and motor imagery actions. **Neuropsychologia**, 51, 1019-1026, 2013.
47. BRINKMAN, L; STOLK, A; DIJKERMAN, HC; DE LANGE, FP; TONI, I; Distinct Roles for Alpha- and Beta-Band Oscillations during Mental Simulation of Goal-Directed Actions. **J Neurosci**, 34, 14783–14792, 2014.
48. GENTILI, RJ; PAPAXANTHIS, C. Laterality effects in motor learning by mental practice in right-handers. **Neuroscience**, 297, 231-242, 2015.
49. YANG, H; GUAN, C; WANG, CC; ANG, KK. Detection of motor imagery of brisk walking from electroencephalogram. **Journal of Neuroscience Methods**, 244, 33–44, 2015.
50. SABATE, M; LLANOSA, C; ENRIQUEZA, E; RODRIGUEZ, M. Mu rhythm, visual processing and motor control. **Clinical Neurophysiology**, 123, 550-557, 2012.
51. MEIROVITCH, Y; HARRIS, H; DAYAN, E; ARIELI, A; FLASH, T. Alpha and beta band event-related desynchronization reflects kinematic regularities. **J Neurosci**, 35, 1627-37, 2015.
52. ANDERSON, KL; DING, M. Attentional modulation of the somatosensory mu rhythm. **Neuroscience**, 180, 165-80, 2011.
53. YI, W; QIU, S; WANG, K; QI, H; ZHANG, L; ZHOU, P; HE, F; MING, D. Evaluation of EEG Oscillatory Patterns and Cognitive Process during Simple and Compound Limb Motor Imagery. **PLoS One**, 9: e114853, 2014.
54. CEBOLLA, AM; PETIEAU, M; CEVALLOS, C; LEROY, A; DAN, B; CHERON, G. Long-Lasting Cortical Reorganization as the Result of Motor Imagery of Throwing a Ball in a Virtual Tennis Court. **Frontiers in Psychology**, 6, 1869, 2014.
55. MARVIN, M; CHUN, MM; POTTER, MC. A Two-Stage Model for Multiple Target Detection in Rapid Serial Visual Presentation. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, 21, 109-127, 1995.
56. HILTIA, CC; HILTIA, LM; HEINEMANN, D; ROBBINS, T; SEIFRITZ, E; CATTAPAN-LUDEWIGA, K. Impaired performance on the Rapid Visual Information Processing task (RVIP) could be an endophenotype of schizophrenia. **Psychiatry Research**, 177, 60-64, 2010.

57. LUO, U; SAJDA, P. Comparing Neural Correlates of Visual Target Detection in Serial Visual Presentations Having Different Temporal Correlations. **Front Hum Neurosci**, 3, 1-11, 2009.
58. DIAMOND, A. Executive Functions. **Annu. Rev. Psychol**, 64:135-168, 2013.
59. BUSCHMAN TJ, KASTNER S. From Behavior to Neural Dynamics: An Integrated Theory of Attention. **Neuron**. 88:127–44, 2015.
60. CAVANAGH, JF; FRANK, MJ. Frontal theta as a mechanism for cognitive control. **Trends Cogn Sci**. 18(8): 414–421, 2014.
61. SELLERS, KK; YU, C; ZHOU, ZC; STITT, I; LI, Y; RADTKE-SCHULLER, S; ALAGAPAN, S; FRÖHLICH, F. Oscillatory dynamics in the frontoparietal attention network during sustained attention in the ferret. **Cell Rep**, 16(11): 2864–2874, 2016.
62. JACOBS J; HWANG, G; CURRAN, T; KAHANA, MJ. EEG oscillations and recognition memory: theta correlates of memory retrieval and decision making. **Neuroimage**,32:978–98,2006.
63. GOLD JI, SHADLEN MN. The neural basis of decision making. **Annu Rev Neurosci**,30:535–74. 2007.
64. CLASSEN J, LIEPERT J, WISE SP, HALLETT M, COHEN LG. Rapid plasticity of human cortical movement representation induced by practice. **J Neurophysiol**. 79 (2): 1117-23.1998
65. BONNEFOND, M; JENSEN, O. Alpha oscillations serve to protect working memory maintenance against anticipated distracters. **Curr Biol**, 22(20):1969-74, 2012.
66. NOONAN, MP; ADAMIAN, N; PIKE, A; PRINTZLAU, F; CRITTENDEN, BM; STOKES, MG. Distinct Mechanisms for Distractor Suppression and Target Facilitation. **J Neurosci**. 36(6): 1797–1807, 2016.
67. BASAR, E; GÜNTEKIN, B. A short review of alpha activity in cognitive processes and in cognitive impairment. **International Journal of Psychophysiology**, 86, 25–38, 2012.
68. SAVOLAINENA, P; CARLSONA, S; BOLDTA, R; NEUVONENA, T; HANNULAE, H; HILTUNENC, J; SALONENF, O; Y MAG, YY; PERTOVAARA, A. Facilitation of tactile working memory by top-down suppression from prefrontal to primary somatosensory cortex during sensory interference. **Behavioural Brain Research**, 219(2):387–390, 2011.

69. BENEDEK, M; SCHICKEL, RJ; JAUK, E; FINK, A; NEUBAUER, AC. Alpha power increases in right parietal cortex reflects focused internal attention. **Neuropsychologia**. 56(100): 393–400, 2014.
70. HANNULA, H; NEUVONEN, T; SAVOLAINEN, P; HILTUNEN, J; MA, YY; ANTILA, H; SALONEN, O; CARLSON, S; PERTOVAARA, A. Increasing top-down suppression from prefrontal cortex facilitates tactile working memory. **NeuroImage**, 49: 1091–1098, 2010.
71. SCHOUWENBURG, MR; ZANTO, TP; GAZZALEY, A. Spatial Attention and the Effects of Frontoparietal Alpha Band Stimulation. **Front Hum Neurosci**. 10: 658, 2016.
72. VAN DRIEL J; GUNSELI E; MEETER M; OLIVERS CN. Local and interregional alpha EEG dynamics dissociate between memory for search and memory for recognition. **Neuroimage**. 26;149:114-128,2017.
73. HWANG, K; GHUMAN, AV; MANOACH, DS; JONES, SR; LUNA, B. Cortical Neurodynamics of Inhibitory Control. **J Neurosci**, 34(29): 9551–9561. 2014.
74. MENON V, ADLEMAN NE, WHITE CD, GLOVER GH, REISS AL. Error-related brain activation during a Go/NoGo response inhibition task. **Hum Brain Mapp**, 12:131–143, 2001.
75. DESOUZA J, MENON RS, EVERLING S. Preparatory set associated with pro-saccades and anti-saccades in humans investigated with event-related fMRI. **J Neurophysiol**, 89:1016–1023, 2003.
76. ARON AR, BEHRENS TE, SMITH S, FRANK MJ, POLDRACK RA. Triangulating a cognitive control network using diffusion-weighted magnetic resonance imaging (MRI) and functional MRI. **J Neurosci**, 27:3743–3752, 2007.
77. CHIKAZOE J, KONISHI S, ASARI T, JIMURA K, MIYASHITA Y. Activation of right inferior frontal gyrus during response inhibition across response modalities. **J Cogn Neurosci**.19:69–80, 2007.
78. KLIMESCH W, SAUSENG P, HANSLMAYR S. EEG alpha oscillations: the inhibition-timing hypothesis. **Brain Res Rev**. 53:63–88, 2007
79. JENSEN O, MAZAHERI A. Shaping functional architecture by oscillatory alpha activity: gating by inhibition. **Front Hum Neurosci**. 4:186, 2010

80. WANG, C; RAJAGOVINDAN, R; HAN, SM ; DING, M. Top-Down Control of Visual Alpha Oscillations: Sources of Control Signals and Their Mechanisms of Action. **Frontiers in Human Neuroscience**. 10(15):1-14, 2016.
81. HAEGENS, S; NÁCHER, V; LUNA, R; ROMO, R; JENSEN, O. Alpha-Oscillations in the monkey sensorimotor network influence discrimination performance by rhythmical inhibition of neuronal spiking. **Proc Nat Acad Sci USA**,108:19377–19382, 2011.
82. GAZZALEY, A; NOBRE, AC. Top-down modulation: Bridging selective attention and working memory. **Trends Cogn Sci**.16(2): 129–135, 2012.
83. LOTZE M, COHEN LG. Review Volition and imagery in neurorehabilitation.**Cogn Behav Neurol**. 19 (3): 135-40. 2006.
84. MULDER, T. Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation. **J Neural Transm**, 114 (10): 1265-1278. 2007.

ANEXOS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do estudo: Atividade diferencial das bandas eletroencefalográficas teta e alfa frontal durante tarefas cognitivas de atenção sustentada.

Pesquisador responsável: Victor Hugo do Vale Bastos.

Instituição/Departamento: Universidade Federal do Piauí – CMRV/Fisioterapia

Telefone para contato: (86) 9942-0054

Local da coleta de dados: Laboratório de Mapeamento Cerebral e Funcionalidade da Universidade Federal do Piauí – CMRV

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa. Você precisa decidir se quer participar ou não. Por favor, não se apresse em tomar a decisão. Leia atentamente o que se segue e pergunte ao responsável pelo estudo qualquer dúvida que você tiver. Após ser esclarecido sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa você não será penalizado de forma alguma e você tem o direito de retirar o termo de consentimento a qualquer momento.

Neste trabalho serão escolhidos indivíduos com idade entre 18 e 28 anos com o objetivo de compreender o comportamento espectral da banda alfa e teta frontal durante a realização de tarefas cognitivas relacionadas ou não ao ato motor, bem como a percepção de esforço mental necessário para a realização das tarefas. O experimento será realizado em três dias. O primeiro será para uma familiarização das tarefas e questionários utilizados neste estudo. Os próximos dois dias o participante poderá (1) participar de um protocolo de 30 minutos de Imagética Motora da diagonal de Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva com registro eletroencefalográfico 5 minutos antes, durante e 5 minutos após o tarefa (Condição Imagética Motora 1) ou (2) participar de um protocolo utilizando o programa *Rapid Visual Information Processing -RVIP* por 30 minutos, com registro eletroencefalográfico 5 minutos antes, durante e 5 minutos após o tarefa (Condição *Rapid Visual Information Processing - RVIP*). Antes e após cada protocolo será solicitado ao participante que responda a Escala de Humor do Brasil a fim de avaliar possíveis alterações de humor.

Os riscos relacionados com a participação nesta pesquisa poderão estar implicados na presença de cansaço mental durante as tarefas realizadas, porém este resultado é esperado visto estarem se submetendo a uma atividade mental complexa e

tenderão a voltar ao seu estado inicial por se tratarem de sujeitos jovens e hígidos. Os benefícios relacionados com a participação nesta pesquisa podem ser traduzidos pelos ganhos nos aspectos cognitivos e funcionais proporcionados pelos protocolos traçados.

Se você concordar em participar do estudo, seu nome e identidade serão mantidos em sigilo. A menos que requerido por lei ou por sua solicitação, somente o pesquisador e a equipe do estudo terão acesso a suas informações para verificar as informações do estudo. Ciente e de acordo com o que foi anteriormente exposto, eu

_____RG _____ou
CPF _____estou de acordo em participar desta pesquisa, assinando este consentimento em duas vias, ficando com a posse de uma delas.

Parnaíba (PI), _____ de _____ de 2016.

Assinatura

Pesquisador Responsável

Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato: Comitê de Ética em Pesquisa - UFPI. Campus Universitário Ministro Petrônio Portella- Bairro Ininga. Pró Reitoria de Pesquisa - PROPESQ. CEP: 64.049-550 - Teresina – PI. **Telefone:** 86 3237-2332. **E-mail:**cep.ufpi@ufpi.br**Web.:** www.ufpi.br/cep

**INVENTÁRIO DE DOMINÂNCIA LATERAL DE EDIMBURGO (OLDFIELD,
1971)**

Por favor, indique sua preferência no uso das mãos nas seguintes atividades pela colocação do sinal + na coluna apropriada. Onde a preferência é tão forte que você nunca usaria a outra mão a menos que fosse forçado a usá-la, coloque ++. Se em algum caso a mão utilizada é realmente indiferente, coloque + em ambas as colunas.

Algumas das atividades requerem ambas as mãos. Nestes casos a parte da tarefa, ou objeto, para qual preferência manual é desejada é indicada entre parênteses.

Por favor, tente responder a todas as questões, e somente deixe em branco se você não tiver qualquer experiência com o objeto ou tarefa.

		Esquerda	Direita
1	Escrever		
2	Desenhar		
3	Arremessar		
4	Uso de tesouras		
5	Escovar os dentes		
6	Uso de faca (sem garfo)		
7	Uso de colher		
8	Uso de vassoura (mão superior)		
9	Acender um fósforo (mão do fósforo)		
10	Abrir uma caixa (mão da tampa)		

MIQ-R (REVISED MOVEMENT IMAGERY QUESTIONNAIRE) EM PORTUGUÊS

Cada um dos seguintes enunciados descreve uma ação ou movimento particular. Ouça cada enunciado cuidadosamente e então execute o movimento como descrito. Somente execute o movimento uma única vez após o comando “execute o movimento agora”. Após executar o movimento retorne à posição de partida anterior à execução, exatamente como se esperasse para executar o movimento uma segunda vez. Então, dependendo das questões que serão solicitadas para a sua execução: (1) forme uma imagem a mais clara e nítida possível do movimento executado, (2) preste atenção para se sentir realizando o movimento sem o executar efetivamente.

Somente inicie as tarefas mentais solicitadas após os comandos “Feche os olhos e se veja AGORA” ou “Feche os olhos e se sinta AGORA”. Após ter completado o teste mental proposto classifique em fácil/difícil com relação a sua habilidade na execução de acordo com as escalas abaixo.

Escala de Imagética Visual



Escala de Imagética Cinestésica



Início do teste

1	Posição inicial	Permaneça de pé com os pés juntos e os braços ao longo do corpo
	Ação	Em 1 segundo será solicitado que execute o seguinte movimento: Flexione seu joelho direito o máximo possível de maneira que você permaneça de pé apoiado na perna esquerda. Com a perna direita retorne à posição inicial de apoio com ambos os pés no solo Execute o movimento AGORA. 10 segundos
	Tarefa mental	Assuma a posição inicial.

		<p>Em 1 segundo você será instruído a se sentir executando o movimento anterior sem o realizar de fato, da maneira mais clara e nítida possível.</p> <p>Feche os olhos e sinta-se executando AGORA. 10 segundos</p> <p>Agora, classifique a facilidade/dificuldade encontrada na realização desta tarefa mental. 10 segundos</p>
2	Posição inicial	Permaneça de pé com as suas mãos ao longo do corpo
	Ação	<p>Em 1 segundo você será instruído a realizar o seguinte movimento:</p> <p>Curve-se para baixo e então salte em linha reta para cima o mais alto possível com ambos os braços estendidos acima da cabeça.</p> <p>Aterrisse com os pés afastados e abaixe os braços até que retornem à posição ao longo do corpo</p> <p>Execute o movimento AGORA. 10 segundos</p>
	Tarefa Mental	<p>Assuma a posição inicial.</p> <p>Em 1 segundo você será instruído a se sentir realizando a tarefa anterior sem o realizar de fato, da maneira mais clara e nítida possível.</p> <p>Feche seus olhos e se sinta executando AGORA. 10 segundos</p> <p>Agora, classifique a facilidade/dificuldade encontrada na realização desta tarefa mental. 10 segundos.</p>
3	Posição inicial	Estenda o braço de sua mão não-dominante para o lado do corpo de maneira que ele fique paralelo ao solo com a palma da mão para baixo.
	Ação	<p>Em 1 segundo você será instruído a realizar o seguinte movimento:</p> <p>Mova seu braço para frente do corpo permanecendo paralelo ao solo. Mantenha seu braço estendido durante o movimento executando vagorosamente.</p> <p>Execute o movimento AGORA. 10 segundos.</p>
	Tarefa Mental	<p>Assuma a posição inicial,</p> <p>Em 1 segundo você será instruído a se sentir executando o movimento anterior sem o realizar de fato.</p> <p>Feche seus olhos e se sinta executando AGORA. 10 segundos.</p> <p>Agora, classifique a facilidade/dificuldade encontrada na realização desta tarefa mental. 10 segundos.</p>
4	Posição inicial	Permaneça com seus pés afastados e seus braços completamente estendidos acima da cabeça
	Ação	<p>Em 1 segundo você será instruído a realizar o seguinte movimento:</p> <p>Lentamente curve seu corpo para frente pela cintura tentando alcançar o dedão do pé ou o solo com a ponta dos dedos das mãos e então retorne a posição inicial permanecendo ereto com seus braços estendidos sobre a cabeça.</p> <p>Execute o movimento AGORA. 10 segundos</p>

	Tarefa mental	Assuma a posição inicial. Em 1 segundo você será instruído a se sentir realizando a tarefa anterior da maneira mais clara e nítida possível. Feche seus olhos e se sinta AGORA. 10 segundos. Agora, classifique a facilidade/dificuldade encontrada na realização desta tarefa mental. 10 segundos,
5	Posição inicial	Permaneça de pé com as suas mãos ao longo do corpo
	Ação	Em 1 segundo você será instruído a realizar o seguinte movimento: Curve-se para baixo e então salte em linha reta para cima o mais alto possível com ambos os braços estendidos acima da cabeça. Aterrisse com os pés afastados e abaixe os braços até que retornem à posição ao longo do corpo Execute o movimento AGORA. 10 segundos
	Tarefa Mental	Assuma a posição inicial. Em 1 segundo você será instruído a se visualizar executando o movimento anterior sem o realizar de fato. Feche seus olhos e se veja executando AGORA. 10 segundos. Agora, classifique a facilidade/dificuldade encontrada na realização desta tarefa mental. 10 segundos.
6	Posição inicial	Permaneça com seus pés e pernas unidas e seus braços ao longo do corpo.
	Ação	Em 1 segundo será solicitado que execute o seguinte movimento: Flexione seu joelho direito o máximo possível de maneira que você permaneça de pé apoiado na perna esquerda. Com a perna direita retorne à posição inicial de apoio com ambos os pés no solo Execute o movimento AGORA. 10 segundos
	Tarefa mental	Assuma a posição inicial. Em 1 segundo você será instruído a se visualizar executando o movimento anterior sem o realizar de fato. Feche seus olhos e se veja executando AGORA. 10 segundos. Agora, classifique a facilidade/dificuldade encontrada na realização desta tarefa mental. 10 segundos.
7	Posição inicial	Permaneça com os pés unidos e os braços ao longo do corpo.
	Ação	Em 1 segundo você será instruído a realizar o seguinte movimento: Lentamente curve seu corpo para frente pela cintura tentando alcançar o dedão do pé ou o solo com a ponta dos dedos das mãos e então retorne a posição inicial permanecendo ereto com seus braços estendidos sobre a cabeça. Execute o movimento AGORA. 10 segundos
	Tarefa mental	Assuma a posição inicial. Em 1 segundo você será instruído a se visualizar

		<p>executando o movimento anterior sem o realizar de fato. Feche seus olhos e se veja executando AGORA. 10 segundos.</p> <p>Agora, classifique a facilidade/dificuldade encontrada na realização desta tarefa mental. 10 segundos.</p>
8	Posição inicial	<p>Estenda o braço de sua mão não-dominante para o lado do corpo de maneira que ele fique paralelo ao solo com a palma da mão para baixo.</p>
	Ação	<p>Em 1 segundo você será instruído a realizar o seguinte movimento:</p> <p>Mova seu braço para frente do corpo permanecendo paralelo ao solo. Mantenha seu braço estendido durante o movimento executando vagarosamente.</p> <p>Execute o movimento AGORA. 10 segundos.</p>
	Tarefa mental	<p>Assuma a posição inicial.</p> <p>Em 1 segundo você será instruído a se visualizar executando o movimento anterior sem o realizar de fato. Feche seus olhos e se veja executando AGORA. 10 segundos.</p> <p>Agora, classifique a facilidade/dificuldade encontrada na realização desta tarefa mental. 10 segundos.</p>

ESCALA DE HUMOR BRASILEIRA (BRAMS)

Abaixo está uma lista de palavras que descrevem sentimentos. Por favor, leia tudo atentamente. Em seguida assinale, em cada linha, o círculo que melhor descreve COMO VOCÊ SE SENTE AGORA. Tenha certeza de sua resposta para cada questão, antes de assinalar.

Escala: 0 = nada, 1 = um pouco, 2 = moderadamente, 3 = bastante, 4 = extremamente

- | | | | | | |
|--------------------|---|---|---|---|---|
| 1. Apavorado | ⓪ | ① | ② | ③ | ④ |
| 2. Animado | ⓪ | ① | ② | ③ | ④ |
| 3. Confuso | ⓪ | ① | ② | ③ | ④ |
| 4. Esgotado | ⓪ | ① | ② | ③ | ④ |
| 5. Deprimido | ⓪ | ① | ② | ③ | ④ |
| 6. Desanimado | ⓪ | ① | ② | ③ | ④ |
| 7. Irritado | ⓪ | ① | ② | ③ | ④ |
| 8. Exausto | ⓪ | ① | ② | ③ | ④ |
| 9. Inseguro | ⓪ | ① | ② | ③ | ④ |
| 10. Sonolento | ⓪ | ① | ② | ③ | ④ |
| 11. Zangado | ⓪ | ① | ② | ③ | ④ |
| 12. Triste | ⓪ | ① | ② | ③ | ④ |
| 13. Ansioso | ⓪ | ① | ② | ③ | ④ |
| 14. Preocupado | ⓪ | ① | ② | ③ | ④ |
| 15. Com disposição | ⓪ | ① | ② | ③ | ④ |
| 16. Infeliz | ⓪ | ① | ② | ③ | ④ |
| 17. Desorientado | ⓪ | ① | ② | ③ | ④ |
| 18. Tenso | ⓪ | ① | ② | ③ | ④ |
| 19. Com raiva | ⓪ | ① | ② | ③ | ④ |
| 20. Com energia | ⓪ | ① | ② | ③ | ④ |
| 21. Cansado | ⓪ | ① | ② | ③ | ④ |
| 22. Mal-humorado | ⓪ | ① | ② | ③ | ④ |
| 23. Alerta | ⓪ | ① | ② | ③ | ④ |
| 24. Indeciso | ⓪ | ① | ② | ③ | ④ |

Somente para uso dos Avaliadores:

Raiv: ____ Conf: ____ Dep: ____ Fad: ____ Ten: ____ Vig: ____

ESCALA DE PERCEÇÃO DE ESFORÇO DE BORG

06-
07- Muito fácil
08-
09- Fácil
10-
11- Relativamente fácil
12-
13- Ligeiramente fácil
14-
15- Cansativo
16-
17- Muito cansativo
18-
19- Exhaustivo
20-