



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

KELMA REGINA GALENO PINHEIRO

**A DOENÇA DO MOVIMENTO VISUALMENTE INDUZIDA OCACIONADA PELA
REALIDADE VIRTUAL INTERFERE NA ATIVIDADE CORTICAL DURANTE A
VISUALIZAÇÃO DE TAREFAS SACÁDICAS DE TOMADA DE DECISÃO
ORIENTADAS POR ESTÍMULOS LUMINOSOS.**

**PARNAÍBA – PI
JUNHO – 2018**

KELMA REGINA GALENO PINHEIRO

**A DOENÇA DO MOVIMENTO VISUALMENTE INDUZIDA OCACIONADA PELA
REALIDADE VIRTUAL INTERFERE NA ATIVIDADE CORTICAL DURANTE A
VISUALIZAÇÃO DE TAREFAS SACÁDICAS DE TOMADA DE DECISÃO
ORIENTADAS POR ESTIMULOS LUMINOSOS.**

Defesa submetida 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, sob orientação do Prof. Dr. Victor Hugo do Vale Bastos.

PARNAÍBA – PI
JUNHO – 2018

P654d Pinheiro, Kelma Regina Galeno.

A doença do movimento visualmente induzida ocasionada pela realidade virtual interfere na atividade cortical durante a visualização de tarefas sacádicas de tomada de decisão orientadas por estímulos luminosos. / Kelma Regina Galeno Pinheiro. - 2018.

64 f.

Dissertação (Mestrado em Ciências Biomédicas) – Universidade Federal do Piauí – UFPI, *Campus Ministro Reis Velloso* - Parnaíba, 2018.

“Orientação: Prof. Dr. Victor Hugo do Vale Bastos.”

1. Eletroencefalografia. 2. Enjoo devido ao movimento. 3. movimento sacádico. I. Título.

CDD: 610

KELMA REGINA GALENO PINHEIRO

**A DOENÇA DO MOVIMENTO VISUALMENTE INDUZIDA OCASIONAA PELA
REALIDADE VIRTUAL INTERFERE NA ATIVIDADE CORTICAL DURANTE A
VISUALIZAÇÃO DE TAREFAS SACÁDICAS DE TOMADA DE DECISÃO
ORIENTADAS POR ESTIMULOS LUMINOSOS.**

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

APROVADA EM 06/06/2018

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Victor Hugo do Vale Bastos

Universidade Federal do Piauí – *Campus* Ministro Reis Velloso (Presidente)



Prof. Dr. Silmar Silva Teixeira

Universidade Federal do Piauí – *Campus* Ministro Reis Velloso (Membro)



Prof.ª Dr.ª/ Juliana Bittencourt Marques

Universidade Veiga de Almeida/ RJ (Membro)

PARNAÍBA – PI
JUNHO- 2018

"O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis."

(José de Alencar)

Para Pinheiro, Salvanita e Kelson, por me amarem e apoiarem incondicionalmente.

Para Luiz, por mais uma vez ter me escolhido para cumprir essa jornada chamada vida.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pelo dom da vida, pela oportunidade de evolução constante diante dos seus ensinamentos e por não me permitir desistir dos meus sonhos diante das dificuldades. Ao meu orientador Victor Hugo, pelos ensinamentos que me fizeram crescer enquanto pesquisadora, e pela paciência e compreensão que me ajudaram a crescer enquanto ser humano. Ao meu coorientador, Silmar Teixeira, por suas intervenções sempre acertadas, pelos questionamentos que instigaram as reflexões necessárias e pela disponibilidade e vontade de ajudar. A professora Juliana Bittencourt, pelo aceite em ser membro da banca examinadora e por todas as sugestões e comentários feitos em prol dessa produção. Aos alunos da iniciação científica, Lana, Lucas e Pedro, pelo empenho e contribuição ao longo das coletas. A minha companheira de laboratório, Flávia Sabrynne, por me incentivar a ir além, pelo acolhimento, e pelas risadas nos momentos de desespero que me traziam para o equilíbrio. Aos amigos dos laboratórios LAMCEF e NITlab, pela convivência e aprendizado. Aos meus pais, Pinheiro e Salvanita, por todo amor dedicado a mim e pelo respeito as minhas escolhas, vocês são meus exemplos de coragem e humildade. Ao meu irmão, Kelson, pelo apoio e companheirismo ao longo da vida. Ao meu esposo, Luiz, pela paciência e incentivo constante, obrigada por acreditar em mim mais do que eu mesma conseguiria. Agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a construção dessa dissertação.

RESUMO

A doença do movimento visualmente induzida (DMVI) é um termo genérico utilizado para se referir ao tipo de classificação da doença do movimento tradicional, a Cinetose. Em ambientes virtuais, tem sido intitulada como *cybersickness* com efeitos colaterais, como fadiga ocular, tontura e náuseas além de dificuldade de concentração. Dessa forma, o presente estudo visa demonstrar como a DMVI, ocasionada pela realidade virtual, interfere na atividade cortical durante a visualização de estímulos luminosos para a formação da decisão visual-sacádica por meio da eletroencefalografia tendo como referência a análise da potência absoluta da banda beta parietal e occipital. Para isso 32 participantes do sexo feminino, destras e com idade média de $23,3 \pm 3,2$ anos foram divididas em grupo controle (GC) e grupo experimental (GE), que desenvolveram a DMVI. As participantes realizaram 120 trilhas de estímulos luminosos, em seguida fizeram uso da realidade virtual e repetiram novamente as trilhas. Os resultados demonstraram uma diferença estatisticamente significativa na potência absoluta da banda beta parietal e occipital bilateralmente no GC ($p < 0,001$) e no córtex occipital direito no GE ($p < 0,05$), sendo que a atividade dessa banda no GE se manteve superior durante toda a tarefa em relação ao GC. O estudo sugere que a realidade virtual ocasiona uma sobrecarga cognitiva e aumento na demanda de atenção visual para realização da tarefa em ambos os grupos, sendo que em indivíduos sensíveis a DMVI o próprio estímulo luminoso pode desencadear o conflito sensorial.

Palavras-chave: Eletroencefalografia, enjoo devido ao movimento, movimento sacádico.

ABSTRACT

Visually induced motion sickness (VIMS) is a generic term used to refer to a specific type of traditional movement disease known as Kinetosis. In virtual environments, it has been titled as cybersickness with side effects, such as eye fatigue, dizziness and nausea plus difficulty concentrating. Thus, the present study aims to demonstrate how the VIMS, caused by the virtual reality, interferes in the cortical activity during the visualization of luminous stimuli for the formation of the visual-saccadic decision by means of the electroencephalography having as reference the analysis of the absolute power of the beta band parietal and occipital. For this, 32 female participants, right-handed and with a mean age of 23.3 ± 3.2 years, were divided into control group (CG) and experimental group (EG), who developed VIMS. The participants performed 120 light stimuli, then made use of virtual reality and repeated the tracks again. The results demonstrated a statistically significant difference in the absolute power of the parietal and occipital beta bands bilaterally in the CG ($p < 0.001$) and in the right occipital cortex in the EG ($p < 0.05$), and the activity of this band in the CG remained higher during the whole task in relation to the CG. The study suggests that virtual reality causes a cognitive overload and an increase in the demand for visual attention to perform the task in both groups, and in individuals who are sensitive to VIMS the light stimulus itself can trigger sensory conflict.

Keywords: Electroencephalography, motion sickness, saccadic movement.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D Duas dimensões

3D Três dimensões

D Desorientações

DMVI Doença do Movimento Visualmente Induzida

EEG Eletroencefalografia

EOG Eletrooculograma

EVA Escala Visual Analógica

hEOG Eletrooculograma horizontal

ICA Análise de Componentes Independentes

IFSECN Comitê da Federação Internacional de Sociedades de Eletroencefalografia e Neurofisiologia Clínica

IME Inventário Manual de Edimburgo

LAMCEF Laboratório de Mapeamento Cerebral e Funcionalidade

LED Diodo emissores de luz

MSSQ Motion Sickness Susceptibility Questionnaire

N Náuseas

O Oculomotor

RV Realidade Virtual

SNC Sistema Nervoso Central

SPSS Statistical Product and Service Solutions

SSQ Simulator Sickness Questionnaire

TCLE Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UFPI Universidade Federal do Piauí

vEOG Eletrooculograma verticais

LISTA DE FIGURAS E TABELA

Figura 1 Esquema de representação de classificação dos fenômenos do conflito sensorial.

Figura 2 Posicionamento da barra de LED e da participante para realização da tarefa.

Figura 3 Representação do vídeo em 3D (RV) simulando um passeio de montanha russa.

Figura 4 Participante fazendo uso da RV.

Figura 5 Representação do experimento.

Figura 6 Diferença na potência absoluta da banda beta no córtex parietal e occipital representado pela média e desvio padrão, entre os grupos nos momentos antes e depois da tarefa.

Tabela 1 Comparação da pontuação do SSQ para os momentos antes e após a realidade virtual para os grupos.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	10
1.INTRODUÇÃO	10
1.1.Justificativa	11
1.2.Objetivos	12
1.2.1.Objetivo geral	12
1.2.2.Objetivos específicos.....	12
1.3.Hipóteses.....	13
CAPÍTULO II	14
2.REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1.Eletroencefalografia	14
2.2.Realidade Virtual	16
2.3.Doença do Movimento Visualmente Induzida	18
2.3.1.Alterações eletroencefalográficas na DMVI	22
2.4.Movimento sacádico e alterações eletroencefalográficas	23
CAPÍTULO III	26
3.1.Artigo na versão língua portuguesa.....	26
REFERENCIAS	46
APÊNDICE	55
ANEXOS	57

CAPITULO I

1. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento de novas tecnologias relacionadas à realidade virtual, novas condições surgem como efeito colateral do uso dessas inovações, e uma delas é a doença do movimento visualmente induzida – DMVI. A DMVI pode ser interpretada como uma “atualização” de uma condição já existente, a doença do movimento ou Cinetose, onde indivíduos exibem sinais e sintomas como náuseas, sudorese e cefaleias. As condições ocorrem devido ao conflito sensorial entre os sistemas visual e vestibular onde ocorre uma incompatibilidade entre as informações que chegam ao cérebro tornando sua interpretação confusa, originando os sintomas citados anteriormente. A ocorrência da DMVI se dá principalmente durante experiência em ambientes virtuais, simuladores de condução de aeronaves ou automóveis, jogos e filmes em três dimensões (3D) (KENNEDY et al., 2010; LIN et al., 2013; GANANÇA et al., 2015).

Todos os indivíduos com aparelho vestibular íntegro podem exibir sintomas relacionados à DMVI de acordo com a quantidade e qualidade da exposição aos estímulos conflitantes, embora existam diferenças individuais em relação ao grau de susceptibilidade (SCHMAL, 2013). Existem alguns fatores que influenciam como a idade e o gênero (PEREZ e SCHARLACH, 2015). Mulheres parecem ser mais afetadas, sendo que a gravidez e a menstruação agravam os sintomas (CLEMES e HOWARTH, 2015). Além dos sintomas imediatos como os nausogênicos e oculomotores, sintomas posteriores exibem igual importância como a diminuição no equilíbrio e dificuldade de concentração, essa por sua vez pode afetar a execução de atividades que exigem atenção e tomada de decisão como tarefas

que envolvem paradigmas *go/no go* para a realização do movimento sacádico dos olhos (KIM et al., 2005; LA VIOLA, 2000).

Por meio da Eletroencefalografia (EEG) podem-se observar as contínuas mudanças que o córtex cerebral sofre no seu estado de ativação de acordo com as demandas que lhes são impostas e que se traduzem na manifestação de modulações transitórias do espectro de potência cortical. As mudanças do estado cortical revelam os eventos que ocorrem durante atos cognitivos rápidos, como decisões perceptivas. Estudos anteriores encontraram uma modulação global da atividade da banda beta (13-30 Hz) no córtex parietal e occipital em humanos durante uma decisão visual elementar relatando a aparência ou o desaparecimento de estímulos visuais (MEINDERTSMA et al., 2017). Estudos apontam que além do componente motor existe forte relação da atividade oscilatória da banda beta com os processos cognitivos. Em paradigmas onde a resposta comportamental do indivíduo é determinada por um estímulo do meio observa-se a diminuição da atividade da banda beta, ocorrendo efeito contrário em tarefas que exibem o envolvimento de buscas e reconhecimento visual baseado no conhecimento prévio do indivíduo onde é exibido um aumento na atividade dessa banda (ENGEL e FRIES, 2010).

Diante dos poucos estudos que investiguem a repercussão da DMVI nos processos cognitivos, especificamente nos processos de tomada de decisão e a correlação entre as medidas da potência espectral da banda beta com os processos cognitivos e decisões perceptivas, este estudo visa compreender os efeitos dos sintomas da DMVI na realização de uma tarefa *go/no go* para a formação da decisão visual-sacádica durante a visualização do estímulo luminoso.

1.1. Justificativa

A tecnologia e seus produtos estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas e sua aplicabilidade se dá nos mais diversos setores como ensino e aprendizagem, pesquisa, entretenimento, entre outros. A realidade virtual, por exemplo, tem proporcionado experiências antes inimagináveis com uma sensação de realismo cada vez maior. Com a tecnologia em três dimensões e a popularização de jogos e filmes em 3D surge uma nova condição em resposta ao uso dessa tecnologia: doença do movimento visualmente induzida, que além dos sintomas característicos como náuseas e tonturas tem como consequência a dificuldade de concentração, o que no estilo de vida moderna atual se torna um fato relevante. Entender como a DMVI influencia a atividade eletrofisiológica cerebral durante a execução de tarefas que exigem concentração, como formação da decisão, é importante visto que a ocorrência dessa condição tem se tornado cada vez mais comum, e somada a existência de poucos de estudos que identifiquem esse fato, torna esse estudo pertinente.

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo geral:

Identificar como a doença do movimento visualmente induzida (DMVI), ocasionada pela realidade virtual (RV), interfere na atividade cortical durante a visualização do estímulo luminoso para tomada de decisão visual-sacádica por meio da eletroencefalografia tendo como referência a análise da potência absoluta da banda beta em áreas parietais e occipitais.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Avaliar a potência absoluta da banda beta em áreas parietais e occipitais nos grupos controle e experimental durante a visualização do estímulo luminoso para a tomada de decisão visual-sacádica;
- Comparar as alterações da potência absoluta da banda beta em áreas parietais e occipitais entre os grupos controle e experimental após a RV e a manifestação da DMVI;

- Comparar as pontuações do SSQ entre os grupos controle e experimental.

1.3.Hipóteses

- A ocorrência da DMVI e suas alterações eletroencefalográficas ocasionadas pela realidade virtual repercutem na atividade cortical durante a visualização do estímulo luminoso para a tomada de decisão visual-sacádica;
- Participantes com DMVI exibem maiores variações da potência absoluta da banda beta em áreas parietais e occipitais em relação às participantes que não exibem DMVI;
- Participantes com DMVI demonstram maiores variações dos sintomas.

CAPITULO II

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.2. Eletroencefalografia

O médico alemão Hans Berger foi responsável pela primeira gravação da atividade elétrica no cérebro humano, dando início aos estudos com Eletroencefalografia (EEG) que levou a inúmeras descobertas científicas e aplicações clínicas. A atividade cerebral registrada em seres humanos usando eletrodos na superfície do couro cabeludo fornece uma medida sensível, contínua e não invasiva da função cerebral em curso durante a execução de tarefas sensoriais e cognitivas como também no estado de repouso (FOREMAN e CLAASSEN, 2012; KAMARAJAN e PORJESZ, 2015). A EEG é considerada uma técnica de captação de sinais de potenciais sinápticos na superfície do couro cabeludo resultante de potenciais lentos e síncronos de grupos celulares organizados no córtex cerebral. A atividade elétrica cerebral é expressa como a diferença de potencial entre dois eletrodos, sendo um localizado na superfície do escalpo e outro de referência em um local eletricamente neutro (CONSTANT e SABOURDIN, 2012; CANTARELLI, JÚNIOR e JÚNIOR 2016).

A aquisição dos sinais de EEG obedece a sistemas específicos de colocação dos eletrodos para uso nos laboratórios, sendo o mais conhecido o sistema internacional 10-20, definido pelo Comitê da Federação Internacional de Sociedades de Eletroencefalografia e Neurofisiologia Clínica (IFSECN). Nesse sistema, a glabella (*nasion*), vértex e protuberância occipital (*inion*), são usadas como referências para determinar a colocação dos eletrodos, sendo que a partir destes marcos anatômicos são feitas medições específicas e, em seguida, utiliza-se 10% a 20% de uma distância especificada como intervalo de eletrodo, em que eletrodos de número par são colocados no lado direito da cabeça, e eletrodos de número ímpar

no lado esquerdo. As letras que acompanham o número designam a área anatômica cerebral, por exemplo, "P" significa parietal (KLEM et al., 1999; NUWER et al., 1999).

Assim como outros sinais biológicos, o sinal de EEG também possui interferências ou artefatos que podem ser de origem biológica (movimento ocular, muscular, entre outros) ou instrumental (ruído da rede elétrica). Dessa forma, o protocolo experimental deve ser realizado por um profissional qualificado que consiga obter um sinal mais “limpo” possível e em um local controlado com isolamento acústico e elétrico (ANGHINAH et al., 2006). Os sinais de EEG podem ser analisados sob o domínio do tempo, quando analisamos um evento bem caracterizado, que ocorre em determinado instante do tempo, e sob o domínio da frequência, representada pela descrição de distribuição de energia do sinal como uma função de frequência que pode ser dividida em medidas de potência absoluta, potência relativa, coerência e assimetria as quais refletem a disponibilidade dos diferentes circuitos oscilantes (ANGHINAH et al., 1998; CARVALHO et al., 2013).

Os ritmos cerebrais podem ser classificados de acordo com sua frequência em banda Delta (0,5 a 3,9 Hz), Teta (4,0 a 7,9 Hz), Alfa (8,0 a 12,9 Hz), Beta (13 a 30 Hz) e Gama (30 - 80Hz) (STERIADE et al., 1990). A banda de frequência Delta é relacionada aos estágios do sono profundo e processo de consolidação da memória (BINDER et al., 2012). A banda de frequência Teta está associada a processos de automatismo e atenção, sendo correlacionada aos mecanismos de potencialização e depressão de longa duração que fundamentam o aprendizado. A banda de frequência Alfa vem sendo correlacionada a processos cognitivos, se modificando frente a exposição do sujeito a tarefas cognitivas dos mais diferentes níveis de complexidade. A banda de frequência Beta está envolvida em diferentes processos cognitivos, sendo importante em atividades como atenção, planejamento e execução do movimento e integração audiovisual (BASTOS et al., 2004; WANG et al., 2017). A banda Gama é um ritmo relacionado às frequências mais elevadas, que está relacionada com o

processamento de informações, manutenção da memória e do estado de consciência, dependendo da região cortical em que é encontrada (HERRMANN et al., 2016).

Devido à alta resolução temporal da EEG é possível registrar os sinais eletrofisiológicos das estruturas corticais em tempo real (CARVALHO et al., 2013). Em razão dessas características, a EEG vem sendo amplamente utilizada para analisar as repercussões da Doença do Movimento Visualmente Induzida (DMVI), como também os processos de atenção e integração sensório-motora durante tarefas que envolvem o movimento sacádico (NAQVI et al., 2015; DINI et al., 2012).

2.2. Realidade Virtual

A Realidade Virtual (RV) pode ser definida como uma interface tridimensional que coloca o sujeito em condição de troca com um ambiente recriado computacionalmente (CHOI et al., 2005). A RV vem sendo utilizada em diversas situações, na vida cotidiana, para fins de entretenimento, em jogos de computador ou filmes 3D, em ambientes de trabalho e para treinamento, devido à possibilidade de simular situações reais com riscos controlados ou sem risco aos participantes, por exemplo, procedimentos cirúrgicos virtuais, no processo de ensino-aprendizagem, nas terapias de distúrbios psicológicos, sequelas cognitivas e motoras (RIBEIRO e ZORZAL, 2011; VIEIRA et al., 2014; MALÍNSKA et al., 2015).

Especificamente, na área da saúde a terapia com RV tem uma maior capacidade motivacional, estimulando novas habilidades motoras e sensoriais nos pacientes (LI et al., 2016). Na reabilitação de indivíduos após acidente vascular cerebral, a RV se apresenta como uma ferramenta importante no treinamento sensório-motor, onde o *feedback* visual fornecido pode modular redes neurais no córtex motor, pré-motor e parietal. Esse *feedback* tem sido indicado como o gerador de autocorreção imediata no paciente, facilitando assim a ativação da plasticidade neuronal, além de aumentar sua aplicabilidade clínica (FONSECA, SILVA e

PINTO, 2017; BALLESTER et al., 2017). A RV tem sido utilizada também como uma ferramenta para a neuroreabilitação de indivíduos com a doença de Parkinson permitindo a prática de atividades que exigem habilidades desafiadoras, por exemplo, o treino de marcha durante longos períodos de imersão na RV (KIM, DARAKJIAN e FINLEY, 2017). Além de ter sido apontada também como ferramenta de suporte e monitoramento de pacientes em tratamento oncológico, propiciando bem-estar emocional e diminuição dos sintomas psiquiátricos (CHIRICO et al., 2016).

O efeito esperado da RV depende, às vezes, do grau de presença percebido pelos indivíduos, definido como “a experiência subjetiva de estar em um lugar ou ambiente, mesmo quando se está fisicamente situado em outro”. Geralmente, o ponto de vista em primeira pessoa, permite ao usuário perceber a simulação através dos olhos de um personagem, somado a uma navegação egocêntrica, onde o usuário é cercado pelo ambiente, fornece uma maior sensação de imersão e uma experiência visual mais natural, pois permite ao usuário fazer parte da simulação, em vez de ser apenas um observador (KIM et al., 2017). Estudos apontam que a região do córtex pré-frontal dorsolateral e alterações nas oscilações da banda alfa, particularmente nas regiões frontoparietais estão intimamente relacionadas com a sensação de presença percebida durante imersões virtuais (VOGT et al., 2015).

Apesar dos benefícios, podem haver efeitos adversos ao experimentar a RV. Em ambientes virtuais é possível que os usuários sintam efeitos colaterais, como fadiga ocular, tontura e náuseas, que atrapalham a experiência virtual e fazem parte da experiência denominada de “*cybersickness*”. Além dos efeitos de *cybersickness* imediatos, sintomas consequentes à interação, como *flashbacks* visuais, desorientação e distúrbios de equilíbrio podem acontecer até 12 horas após a exposição (KENNEDY et al., 1997). Um estudo apontou a presença dos sintomas adversos a RV por até 5 horas após a imersão. A severidade e a duração desses sintomas podem ser influenciadas pelo tempo de exposição ao ambiente

virtual e pela intensidade da experiência (REGAN e RAMSEY, 1994). Regan e Price (1994), exploraram os efeitos de uma exposição de 20 minutos a um ambiente virtual, onde 61% dos 146 participantes experimentaram algum grau de desconforto, como tonturas, dores de cabeça, fadiga ocular e náuseas severas, e 5% se retiraram do experimento antes de completarem o período de imersão de 20 minutos.

2.3. Doença do Movimento Visualmente Induzido

A doença do movimento visualmente induzida (DMVI) é um termo genérico utilizado para se referir a um tipo específico de classificação da doença do movimento tradicional, a Cinetose. A Cinetose ou conhecida como doença do movimento não é uma doença propriamente dita, mas sim uma resposta fisiológica relacionada a estímulos de movimentos não familiares, ou seja, uma resposta normal frente a um estímulo anormal, caracterizada pela intolerância ao movimento, real ou aparente, resultante de um conflito sensorial entre os sistemas vestibular, visual e proprioceptivo (DORIGUETO et al., 2012).

Reason e Brand (1975), criaram um quadro teórico para tentar classificar os vários tipos da doença do movimento. Segundo os autores existem duas categorias da Cinetose: (1) conflito entre os sinais visuais e vestibulares/proprioceptivo e (2) conflito entre os sinais e os canais otolíticos, onde cada categoria possui três subtipos de conflito, existindo no total seis tipos básicos de conflitos onde é esperado que ocorra a doença do movimento. Especificamente no tipo 2 de conflito da categoria 1, que ocorre quando os receptores visuais percebem um movimento relativo de grandes porções no campo visual, que normalmente estaria associado com a aceleração da cabeça ou deslocamento corporal captado pelo sistema vestibular, mas os mesmos não acontecem, se enquadra a DMVI.

Dependendo do equipamento e do ambiente de laboratório, a DMVI pode ser subdividida em diferentes subcategorias. Em ambientes virtuais, por exemplo, tem sido intitulada como *cybersickness* (MCCAULEY e SHARKEY, 1992; MALIŃSKA et al., 2015), durante os jogos de vídeo *game* a nomenclatura adotada é doença dos jogos (MERHI et al., 2007), e em simuladores de voo e condução de automóveis tem sido nomeada como doença do simulador (BROOKS et al., 2010; CHEN et al., 2016). Para melhor entendimento, a representação do esquema de divisão da condição detalha a organização do fenômeno (Figura 1). Os sintomas da DMVI não diferem dos sintomas da Cinetose clássica. Na literatura, os sintomas mais frequentemente relatados incluem: distúrbios visuais (tensão ocular e visão turva), tonturas e dores de cabeça, fadiga, palidez, sudorese, alterações gastrointestinais (desconforto abdominal, náuseas e vômitos) e dificuldade de concentração (BUBKA et al., 2007; WEBB, 2009).

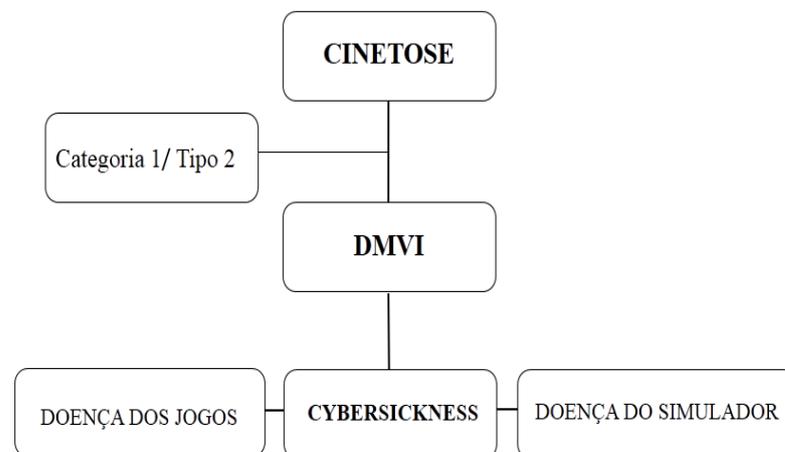


Figura I. Esquema de representação de classificação dos fenômenos do conflito sensorial.

Além da teoria do conflito sensorial, outras tentam explicar a ocorrência da DMVI. Uma delas é a teoria da estabilidade postural, na qual indivíduos com déficit do controle postural ou em ambientes onde esse controle é colocado à prova, tenderiam a manifestar a DMVI. Segundo essa teoria, a instabilidade postural não seria apenas consequência da DMVI,

mas um fator precedente para que ela ocorra (STOFFREGEN, 1991). Outra teoria que visa explicar a ocorrência da DMVI é a teoria dos movimentos oculares, que afirma que o nistagmo optocinético a partir dos movimentos dos olhos ativaria o nervo vago desencadeando os sintomas da DMVI (EBENHOLTZ, 1992).

Tecnologias de simulação e realidade virtual são cada vez mais utilizados para pesquisas, processos de aprendizagem e entretenimento (STANNEY, 2002). A capacidade de imergir os usuários em ambientes não reais e interativos oferece as mais diversas vantagens na medida em que proporciona um ambiente controlado e seguro, em que os indivíduos podem ser repetidamente expostos a situações que na vida real exigem um certo custo financeiro, envolvem algum risco ou simplesmente não existe. Porém, a aceitabilidade final e o uso dessas tecnologias são limitados pelo fato de que elas muitas vezes são desencadeadoras da doença de movimento visualmente induzida (DMVI) (BOS, 2011; DIELS e HOWARTH, 2013).

Pelo fato de ainda não existirem marcadores fisiológicos específicos para detecção do início da DMVI, o auto relato é a principal forma de identificar e quantificar a ocorrência desta condição. A partir do *Motion Sickness Susceptibility Questionnaire* (MSSQ), um questionário específico para analisar a suscetibilidade a Cinetose, foi criado o *Simulator Sickness Questionnaire* (SSQ), um instrumento bastante utilizado nas investigações sobre DMVI (KENNEDY et al., 1993). Um estudo identificou que de um total de 50 estudos, 40 utilizaram o SSQ para medir o nível de DMVI (LO e SO, 2001).

Após a análise fatorial do MSSQ realizada por Lane e Kennedy (1988) surgiu o SSQ composto por três fatores específicos (Oculomotor, desorientação e náuseas) e um escore total de Gravidade específico para estudar os efeitos individuais da realidade virtual. O SSQ consiste em 16 itens (sintomas). Pontuações na subescala Náuseas (N) estão relacionadas com distúrbios gastrintestinais tais como náuseas, desconforto abdominal, aumento da salivação e

arrotos. Pontuações na subescala Oculomotor (O) estão relacionadas com distúrbios visuais tais como a fadiga ocular, dificuldade em manter o foco, visão turva e dor de cabeça. Pontuações na subescala Desorientações (D) estão relacionados aos distúrbios vestibulares, tais como tonturas e vertigens (EBENHOLTZ,1988; EBENHOLTZ, 2001). Os sintomas podem ser classificados como: ausente, leve, moderado ou grave e pontuados de 0 a 3, respectivamente. O escore total de gravidade é obtido pela soma dos valores obtidos em cada subescala e a aplicação em uma fórmula específica que indicará o resultado final da escala (CARVALHO et al., 2011).

Devido à inexistência de um tratamento considerado o ideal para a DMVI, algumas medidas têm sido estudadas. Uma variedade de medicamentos foi testada nos últimos anos (SHERMAN, 2002; SHUPAK e GORDON, 2006), e duas classes de drogas tem se destacado, anti-histamínicos e anticolinérgicos (HOYT et al., 2009). Embora essas drogas possam reduzir com segurança o enjoo, os efeitos colaterais, tais como sonolência, fadiga ou alterações cognitivas, ocorrem frequentemente e limitam o uso desses fármacos, sendo que a maioria desses medicamentos são empregados para aliviar ou prevenir os sintomas da doença do movimento clássico, ou seja, da Cinetose tradicional. Permanece incerto se essas drogas também podem ter sucesso para diminuir a ocorrência da DMVI. Furman e Marcus (2009), em seu estudo mostraram que tratamento farmacológico pode reduzir a doença do movimento clássica, não sendo, no entanto, tão eficaz na prevenção de DMVI.

A terapia comportamental também tem sido empregada como tratamento para a DMVI. O método mais eficiente para prevenir DMVI é adaptação ou habituação. Por exigir um certo tempo em algumas situações, não é o método de primeira escolha em muitos casos. Keshavars e Hecht (2014) analisaram a utilização da música como forma de tratamento e observaram que a música agradável e relaxante pode ser um método eficaz, de baixo custo e fácil administração para reduzir a DMVI. Em outro estudo, Keshavars e colaboradores (2015)

investigaram o uso de diferentes odores como terapia na DMVI e encontraram uma correlação moderada positiva entre sensibilidade ao odor e a ocorrência da condição, demonstrando que o olfato pode modular a DMVI e que um odor agradável pode reduzir potencialmente os seus sintomas.

2.3.1. Alterações eletroencefalográficas na Doença do Movimento Visualmente Induzido

A atividade neural referente ao conflito sensorial entre o sistema visual e o sistema vestibular nas regiões do cérebro onde as informações das duas regiões estão sendo processadas pode ser estudada usando técnicas como a EEG (CHEN et al., 2010). Estudos apontam que a DMVI está associada a mudanças na atividade cerebral de forma complexa em uma variedade de regiões relacionadas com os aspectos sensoriais e cognitivos. Foram observados aumentos na atividade do córtex frontal, occipital e cíngulo anterior esquerdo, como também uma maior ativação nas regiões da amígdala e putâmen (NAPADOW et al., 2012; FARMER et al., 2015).

Naqvi et al. (2015), compararam a capacidade entre a tecnologia 3D e a tecnologia 2D na indução da DMVI, observando uma maior ocorrência do conflito sensorial nos voluntários que assistiram filmes na versão 3D caracterizados eletrofisiologicamente por uma diferença significativa na diminuição no espectro da potência absoluta da banda beta na região temporal. Kim et al (2005), investigaram mudanças nas características eletrofisiológicas de indivíduos expostos à realidade virtual utilizando filme em 3D para induzir os sintomas como náusea e fadiga ocular. Eles observaram uma correlação positiva entre a gravidade dos sintomas e a diminuição da potência da banda beta na região frontal, temporal e parietal, assim como uma diminuição da potência da banda delta na região frontal e temporal, sugerindo mudanças no padrão de atividade do sistema nervoso central durante o conflito sensorial.

Alterações nas modulações das bandas alfa e gama em áreas motoras, parietais e occipitais, também têm sido relacionadas com a ocorrência da DMVI. Uma maior sincronização da banda alfa foi observada durante o aumento da gravidade dos sintomas da DMVI, refletindo uma maior tentativa de integração da atividade cortical das áreas sensoriais. Assim como o aumento da potência absoluta da banda gama, devido à necessidade do processamento do estímulo visual e as informações vestibulares, visto que a atividade desta banda tem sido observada em atividades de atenção visual seletiva. O aumento na modulação de ambas as bandas revela uma maior demanda neurofisiológica para regular conflitos entre os sistemas sensoriais, visual e vestibular, a fim de integrar a informação recebida durante a ocorrência da DMVI (CHUANG et al, 2016).

O aumento na potência absoluta da banda teta também tem sido relacionado com a ocorrência da DMVI (MIN et al, 2004). Esta banda tem sido apontada como um possível marcador neurofisiológico com parâmetros subjetivos do conflito sensorial. Park et al (2008), observaram uma diferença estatisticamente significativa na modulação da banda teta entre grupos de participantes que não exibiram os sintomas do conflito sensorial e os que os experimentaram. Esses últimos tiveram como importante alteração um aumento da potência da banda teta, identificada como uma medida de sensibilidade individual ao conflito sensorial.

2.4. Movimento sacádico e suas alterações eletroencefalográficas

O movimento sacádico é um movimento curto e rápido dos olhos que pode ser voluntário ou reflexivo, responsável por capturar a imagem e projetá-la na fóvea. Ele é amplamente utilizado para investigar a integração sensório-motora e o processamento da informação em várias áreas corticais, sendo uma importante medida de comportamento utilizada para investigar processos cognitivos, incluindo a atenção (DINIS et al., 2013; BITTENCOURT et al., 2013). O movimento sacádico dos olhos está diretamente relacionado

aos processos de atenção e tomado de decisão por meio da integração das informações visuais com os movimentos oculares, que podem ser considerados o primeiro estágio do processamento de informações e integração sensório-motora, sendo esta um processo complexo que exige a geração de um plano interno, começando pela entrada de estímulos para realizar o ato motor. O planejamento da sacada é composto por um componente motor, que é responsável pela geração e controle oculomotor, e um componente cognitivo, responsável pela seleção de estímulos relevantes para modulação da sacada (VELASQUES et al., 2011).

O movimento de sacadas reflexivas dos olhos é uma resposta que envolve um redirecionamento do olhar para um estímulo, que é gerado para alinhar a fóvea com o alvo de interesse. Isso acontece quando um estímulo visual aparece aleatoriamente no ambiente e guia a direção da sacada sendo que para a realização correta da tarefa uma rápida integração sensorial tem que ocorrer. Entre as estruturas cerebrais envolvidas, o colículo superior desempenha um papel essencial nas sacadas reflexivas. A atividade está negativamente relacionada à latência, ou seja, quanto maior a atividade do colículo superior, menor o tempo de reação e mais rápido o movimento ocular acontece (BITTENCOURT et al., 2013).

O circuito cortical comum a todos os movimentos sacádicos voluntários inclui o campo ocular parietal, o campo ocular frontal, o campo ocular suplementar e o pré-cuneus no córtex parietal superior. O córtex pré-frontal está envolvido em tarefas mais complexas quando estão envolvidos processos de seleção de respostas corretas, inibição de uma resposta indesejada ou lembrar informações relevantes para o desempenho adequado da tarefa ao longo do tempo, já os córtex estriados e extra-estriados estão necessariamente envolvidos no processamento do estímulo visual para orientar as respostas visuomotoras (CLEMENTZ et al., 2007).

A decisão de realizar a sacada é dita como uma decisão perceptiva sendo influenciada não só pela informação sensorial visual, mas também por fatores como atenção,

dificuldade da tarefa, probabilidade anterior de ocorrência de um evento e resultado da decisão. Especialmente quando a atenção visual e a tomada de decisão perceptiva são relacionadas por meio de uma sacada, a área interparietal lateral do córtex parietal posterior desempenha um importante papel, onde sua atividade neuronal aumenta gradualmente permanecendo elevada até que uma resposta motora seja realizada, sendo que esse aumento é mais lento durante a realização de tarefas complexas em comparação a realização de tarefas mais simples (GANGULI et al, 2008; DE LAFUENTE et al., 2015).

A atividade da banda beta desempenha um papel expressivo nos processos relacionados à atenção e à decisão e vem sendo utilizada como suporte para ativação atencional dentro do sistema visual do cérebro humano (BASILE et al., 2007). O aumento do estado de alerta manifestado por respostas mais rápidas aos estímulos visuais pode ser precedido por uma maior atividade da banda beta, conforme medido por gravações de EEG na região parietal e occipital (KAMIŃSKI et al., 2012). A sincronização da banda beta parece preceder discriminações bem-sucedidas de estímulos visuais mais complexos (HANSLMAYR et al., 2007). Movimentos sacádicos realizados de maneira rápida e repetitiva na tentativa de perseguição visual podem induzir a ocorrência do nistagmo optocinético que de acordo com a teoria dos movimentos oculares pode contribuir para o início da DMVI (EBENHOLTZ, 1992).

PÁGINAS RESTRITAS
26 A 45

REFERENCIAS

ANGHINAH, R; KANDA, PAM; JORGE, MS; MELO, ACP. Eletrencefalograma quantitativo e topográfico (mapeamento cerebral) estudo do padrão normal para uma população adulta. **ArqNeuropsiquiatr**, 56,1, 59-63,1998.

BALLESTER, BR; NIRME, J; CAMACHO, I; DUARTE, E; RODRÍGUEZ, S; CUXART, A; VERSCHURE, PF. Domiciliary VR-Based Therapy for Functional Recovery and Cortical Reorganization: Randomized Controlled Trial in Participants at the Chronic Stage Post Stroke. **JMIR Serious Games**, 5, 3, 15, 2017

BASILE, LF; ANGHINAH, R; RIBEIRO, P; RAMOS, RT; PIEDADE, R; BALLESTER, G; BRUNETTI, EP. Interindividual variability in EEG correlates of attention and limits of functional mapping. **International Journal of Psychophysiology**, 65, 3, 238-251, 2007.

BASILE, LFH; ANGHINAH, R; RIBEIRO, P; RAMOS, RT; PIEDADE, R; BALLESTER, G; BRUNETTI, EP. Interindividual variability in EEG correlates of attention and limits of functional mapping. **International Journal of Psychophysiology**, 65, 238-251, 2007.

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.

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.

BITTENCOURT, J et al. Saccadic eye movement applications for psychiatric disorders. **Neuropsychiatric disease and treatment**, 9, 1393, 2013.

BOČKOVÁ, M; CHLÁDEK, J; ŠÍMOVÁ, L; JURÁK, P; HALÁMEK, J; REKTOR, I. Oscillatory changes in cognitive networks activated during a three-stimulus visual paradigm: an intracerebral study. **Clinical Neurophysiology**, 124, 2, 283-291, 2013.

BOS, JE. Visual imagesafety. **Displays**, 32, 151–152, 2011.

BROOKS, JO; GOODENOUGH, RR; CRISLER, MC; KLEIN, ND; ALLEY, RL; KOON, BL. Simulator sickness during driving simulation studies. **Accid. Anal. Prev**, 42, 788–796, 2010.

BUBKA, A; BONATO, F; PALMISANO, S. Expanding and contracting optical flow patterns and simulator sickness. **Aviat Space Environ Med**, 78, 383–386, 2007.

CANTARELLI, TL; JÚNIOR, JJAM; JR, SLS. Fundamentos da medição do EEG: uma introdução. **SEA-Seminário de Eletrônica e Automação Ponta Grossa** / 2016.

CARNEGIE, K; RHEE, T. Reducing visual discomfort with HMDs using dynamic depth of field. **IEEE computer graphics and applications**, 35, 5, 34-41, 2015.

CARTIER, C et al. Premotor and occipital theta asymmetries as discriminators of memory- and stimulus-guided tasks. **Brain research bulletin**, 87, 1, 103-108, 2012.

CARVALHO, MR; DA COSTA, RT; NARDI, AE. Simulator Sickness Questionnaire: tradução e adaptação transcultural. **J Bras Psiquiatr**, 60, 4, 247-52, 2011.

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.

CHEN, DJ; BAO, B; ZHAO, Y; SO, RH. Visually induced motion sickness when viewing visual oscillations of different frequencies along the fore-and-aft axis: keeping velocity versus amplitude constant. **Ergonomics**, 59, 1, 582-590, 2016.

CHEN, YC; DUANN, JR; CHUANG, SW; LIN, CL; KO, LW; JUNG, TP; LIN, CT. Spatial and temporal EEG dynamics of motion sickness. **NeuroImage**, 49, 3, 2862-2870, 2010.

CHIRICO, A; LUCIDI, F; DE LAURENTIIS, M; MILANESE, C; NAPOLI, A; GIORDANO, A. Virtual Reality in Health System: Beyond Entertainment. A Mini-Review on the Efficacy of VR During Cancer Treatment. **Journal of cellular physiology**, 231, 2, 275-287, 2016.

CHOI, Y; VINCELLI, F; RIVA, G; WIEDERHOLD, BK; LEE, J; PARK, K. Effects of group experiential cognitive therapy for the treatment of panic disorder with agoraphobia. **CyberpsycholBehav**, 8, 4, 387-393, 2005.

CHUANG, SW; CHUANG, CH; YU, YH; KING, JT; LIN, CT. EEG alpha and gamma modulators mediate motion sickness-related spectral responses. **International journal of neural systems**, 22, 2, 1650007, 2016.

CLEMENTZ, BA; BRAHMBHATT, SB; MCDOWELL, JE; BROWN, R; SWEENEY, JA. When does the brain inform the eyes whether and where to move? An EEG study in humans. **Cerebral Cortex**, 17, 11, 2634-2643, 2007.

COBB, SV; NICHOLS, S; RAMSEY, A; WILSON, JR. Virtual reality-induced symptoms and effects (VRISE). **Presence: Teleoperators & Virtual Environments**, 8, 2, 169-186, 1999.

CONSTANT, I; SABOURDIN, N. The EEG signal: a window on the cortical brain activity. **Pediatric Anesthesia**, 22, 539-552, 2012.

DE LAFUENTE, V; JAZAYERI, M; SHADLEN, MN. Representation of accumulating evidence for a decision in two parietal areas. **Journal of Neuroscience**, 35, 10, 4306-4318, 2015.

DIELS, C; HOWARTH, PA. Frequency characteristics of visually induced motion sickness. Human Factors: **The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, 55, 3, 595-604, 2013.

DINIZ, C; VELASQUES, B; BITTENCOURT, J; PERESSUTTI, C; MACHADO, S; TEIXEIRA, S; SANTOS, JL; SALLES, JI; BASILE, LF; ANGHINAH, R; CHENIAUX, E;

NARDI, AE; CAGY, M; PIEDADE, R; ARIAS-CARRIÓN, O; RIBEIRO, P. Cognitive mechanisms and motor control during a saccadic eye movement task: evidence from quantitative electroencephalography. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, 70, 7, 506-513, 2012.

DONNER, TH; SIEGEL, M; OOSTENVELD, R; FRIES, P; BAUER, M; ENGEL, AK. Population activity in the human dorsal pathway predicts the accuracy of visual motion detection. **Journal of Neurophysiology**, 98,1, 345-359, 2007.

DORIGUETO, RS; KASSE, CA; SILVA, RC. Cinetose. **Revista Equilíbrio Corporal e Saúde**, 4, 1, 51-58, 2012.

EBENHOLTZ, SM. Sources of asthenopia in Navy flight simulators. Alexandria, VA: **Defense Logistics Agency, Defense Technical Information Center**, 1988.

EBENHOLTZ, SM. Motion sickness and oculomotor systems in virtual environments. **Presence (Camb.)** 1, 302–305, 1992.

EBENHOLTZ, SM. Oculomotor systems and perception. **Cambridge University Press.**, 2001.

ENGEL, AK; FRIES, P. Beta-band oscillations—signalling the status quo?. **Current opinion in neurobiology**, 20, 2, 156-165, 2010.

FARMER, AD; BAN, VF; COEN, SJ; SANGER, GJ; BARKER, GJ; GREYSTY, MA; ANDREWS, PL. Visually induced nausea causes characteristic changes in cerebral, autonomic and endocrine function in humans. **The Journal of physiology**, 593, 5, 1183-1196, 2015.

FLANAGAN, MB.; MAY, JG.; DOBIE, TG. Sex differences in tolerance to visually-induced motion sickness. **Aviation, space, and environmental medicine**, 76, 7, 642-646, 2005.

FONSECA, EP; SILVA, NMR; PINTO, EB. Therapeutic effect of virtual reality on post-stroke patients: Randomized clinical trial. **Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases**, 26,1, 94-100, 2017.

FOREMAN, B; CLAASSEN, J. EEG quantitativo para a detecção de isquemia cerebral. **Cuidados Críticos**, 16, 2, 216, 2012.

FURMAN, JM; MARCUS, DA. A pilot study of rizatriptan. and visually-induced motion sickness in migraineurs. **Int J Med Sci**, 6, 4, 212-217, 2009.

GANANÇA, FF; GANANÇA, CF; DE ÁVILA PIRES, APB; DUARTE, JA. Realidade Virtual para o Tratamento da Cinetose: Resultados Preliminares. **Revista Equilíbrio Corporal e Saúde**, 6, 1, 2015.

GANGULI, S; BISLEY, JW; ROITMAN, JD; SHADLEN, MN; GOLDBERG, ME; MILLER, KD. One-dimensional dynamics of attention and decision making in LIP. **Neuron**, 58, 1, 15-25, 2008.

- GLIMCHER, PW. Making choices: the neurophysiology of visual-saccadic decision making. **Trends in neurosciences**, 24, 11, 654-659, 2001.
- GLIMCHER, P W. The neurobiology of visual-saccadic decision making. **Annual review of neuroscience**, 26, 1, 133-179, 2003.
- GOLA, M., MAGNUSKI, M., SZUMSKA, I., WRÓBEL, A. EEG beta band activity is related to attention and attentional deficits in the visual performance of elderly subjects. **International Journal of Psychophysiology**, 89, 3, 334-341, 2013.
- HANKS, TD; DITTERICH, J; SHADLEN, MN. Microstimulation of macaque area LIP affects decision-making in a motion discrimination task. **Nature neuroscience**, 9,5, 682, 2006.
- HANSLMAYR, S; ASLAN, A; STAUDIGL, T; KLIMESCH, W; HERRMANN, CS; BAUML, K. Prestimulus oscillations predict visual perception performance between and within subjects. **NeuroImage**, 37, 1465-1473, 2007.
- HERRMANN, CS. *et al.* EEG oscillations: From correlation to causality. **International Journal of Psychophysiology**, 103, 12- 21, 2016.
- HIPP, JF; ENGEL, AK; SIEGEL, M. Oscillatory synchronization in large-scale cortical networks predicts perception. **Neuron**, 69, 2, 387-396, 2011.
- HOWELLS, FM; STEIN, DJ; RUSSELL, VA. Perceived mental effort correlates with changes in tonic arousal during attentional tasks. **Behavioral and Brain Functions**, 6,1, 39, 2010.
- HOYT, RE; LAWSON, BD; MCGEE, HA; STROMPOLIS, ML; MCCLELLAN, MA. Modafinil as a potential motion sickness countermeasure. **Aviation, space, and environmental medicine**, 80, 8, 709-715, 2009.
- JANG, DP; KIM, IY; NAM, SW; WIEDERHOLD, BK; WIEDERHOLD, MD; KIM, SI. Analysis of physiological response to two virtual environments: driving and flying simulation. **CyberPsychology & Behavior**, 5, 1, 11-18, 2002.
- KAMARAJAN, C; PORJESZ, B. Advances in Electrophysiological Research. **Alcohol Research : Current Reviews**, 37,1,53-87, 2015.
- KAMIŃSKI, J; BRZEZICKA, A; GOLA, M; WRÓBEL, A. Beta band oscillations engagement in human alertness process. **International Journal of Psychophysiology**, 85, 1, 125-128, 2012.
- KENNEDY RS; LANHAM DS; DREXLER JM; MASSEY CJ; LILIENTHAL MG. Comparison of cybersickness incidences, symptom profiles, measurement techniques, and suggestions for further research. **Presence**, 6, 6,638-645,1997.
- KENNEDY, RS; DREXLER, J; KENNEDY, RC. Research in visually induced motion sickness. **Applied ergonomics**, 41, 4, 494-503, 2010.

KENNEDY, RS; LANE, NE; BERBAUM, KS; LILIENTHAL, MG. Simulator Sickness Questionnaire (SSQ): a new method for quantifying simulator sickness. **Int J AviatPsychol**, 3, 3, 203-20, 1993.

KESHAVARZ, B; HECHT, H. Pleasant music as a countermeasure against visually induced motion sickness. **Applied ergonomics**, 45, 3, 521-527, 2014.

KESHAVARZ, B; STELZMANN, D; PAILLARD, A; HECHT, H. Visually induced motion sickness can be alleviated by pleasant odors. **Experimental brain research**, 233, 5, 1353-1364, 2015.

KHANI, A; RAINER, G. Neural and neurochemical basis of reinforcement-guided decision making. **Journal of neurophysiology**, 116, 2, 724-741, 2016.

KIM, A; DARAKJIAN, N; FINLEY, JM. Walking in fully immersive virtual environments: an evaluation of potential adverse effects in older adults and individuals with Parkinson's disease. **Journal of neuroengineering and rehabilitation**, 14, 1, 16, 2017.

KIM, YY; KIM, HJ; KIM, EN; KO, HD; KIM, HT. Characteristic changes in the physiological components of cybersickness. **Psychophysiology**, 42, 5, 616-625, 2005.

KLEM, GH; LUÈDERS, HO; JASPER, HH; ELGER, C. The ten-twenty electrode system of the International Federation. **The International Federation of Clinical Neurophysiology: ElectroencephalogrClinNeurophysiolSuppl**, 52, 3-6, 1999

KOSLUCHER, F; HAALAND, E; MALSCH, A; WEBELER, J; REGEN TA. Sex differences in the incidence of motion sickness induced by linear visual oscillation . **Aerosp Med Hum Perform**, 86, 9, 787 – 793, 2015.

KUBANEK, J; SNYDER, LH; BRUNTON, BW; BRODY, CD; SCHALK, G. A low-frequency oscillatory neural signal in humans encodes a developing decision variable. **Neuroimage**, 83, 795-808, 2013.

LA VIOLA, JJR. A discussion of cybersickness in virtual environments. **SIGCHI Bulletin.**, 32, 47-56, 2000.

LI, Z; HAN, XG; SHENG, J; MA, SJ. Virtual reality for improving balance in patients after stroke: a systematic review and meta-analysis. **Clinical rehabilitation**, 30, 5, 432-440, 2016.

LIN, CT; CHUANG, SW; CHEN, Y.C; KO, LW; LIANG, SF; JUNG, TP. EEG effects of motion sickness induced in a dynamic virtual reality environment. **In: Engineering in Medicine and Biology Society. EMBS. 29th Annual International Conference of the IEEE. IEEE**, 3872-3875, 2007.

LIN, CT; TSAI, SF; KO, LW. EEG-based learning system for online motion sickness level estimation in a dynamic vehicle environment. **IEEE transactions on neural networks and learning systems**, 24,10, 1689-1700, 2013.

LO, WT; SO, RHY. Cybersickness in the presence of scene rotational movements along different axes. **ApplErgon**, 32, 1-14, 2001.

MALIŃSKA, M; ZUŻEWICZ, K; BUGAJSKA, J; GRABOWSKI, A. Heart rate variability (HRV) during virtual reality immersion. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, 21, 1, 47-54, 2015.

MALIŃSKA, M; ZUŻEWICZ, K; BUGAJSKA, J; GRABOWSKI, A. Subiektywne odczucia wskazujące na występowanie choroby symulatorowej i zmęczenie po ekspozycji na rzeczywistość wirtualną. **Med Pr.**, 65, 3, 361–371, 2014.

MCCAULEY, ME; SHARKEY, TJ. Cybersickness: perception of self-motion in virtual environments. **Presence (Camb.)**, 1, 311–318, 1992.

MEINDERTSMA, T; KLOOSTERMAN, NA; NOLTE, G; ENGEL, AK; DONNER, TH. Multiple Transient Signals in Human Visual Cortex Associated with an Elementary Decision. **Journal of Neuroscience**, 37, 23, 5744-5757, 2017.

MERHI, O; FAUGLOIRE, E; FLANAGAN, M; STOFFREGEN, TA. Motion sickness, console video games, and head-mounted displays. **Hum. Factors**, 49, 920–934, 2007.

MIN, BC; CHUNG, SC; MIN, YK; SAKAMOTO, K. Psychophysiological evaluation of simulator sickness evoked by a graphic simulator. **Applied ergonomics**, 35, 6, 549-556, 2004.

MUNAFO, J; DIEDRICK, M; STOFFREGEN, TA. The virtual reality head-mounted display Oculus Rift induces motion sickness and is sexist in its effects. **Experimental brain research**, 235, 3, 889-901, 2017.

NAPADOW, V; SHEEHAN, JD; KIM, J; LACOUNT, LT; PARK, K; KAPTCHUK, TJ; ROSEN, BR; KUO, B. The brain circuitry underlying the temporal evolution of nausea in humans. **Cerebral cortex**, 23, 4, 806-813, 2012.

NAQVI, SAA; BADRUDDIN, N; JATOI, MA; MALIK, AS; HAZABBAH, W; ABDULLAH, B. EEG based time and frequency dynamics analysis of visually induced motion sickness (VIMS). **Australas Phys Eng Sci Med**, 38, 721–729, 2015.

NIENBORG, H; CUMMING, BG. Decision-related activity in sensory neurons reflects more than a neuron's causal effect. **Nature**, 459, 7243, 89- 92, 2009.

NUWER, MR; COMI, G; EMERSON, R; FUGLSANG-FREDERIKSEN, A; GUERIT, J. M; HINRICHS, H; IKEDA, A; LUCCAS, FJ; RAPPELSBERGER, P. IFCN standards for digital recording of clinical EEG. **Electroencephalography and clinical Neurophysiology**, 106, 3, 259-261, 1999.

PARK, JR; LIM, DW; LEE, SY; LEE, HW; CHOI, MH; CHUNG, SC. Long-term study of simulator sickness: differences in EEG response due to individual sensitivity. **International Journal of Neuroscience**, 118, 6, 857-865, 2008.

PEREZ, MLVD; SCHARLACH, RC. Susceptibilidade à Cinetose em Escolares. **Rev. Equilíbrio Corporal Saúde**, 7, 2, 47-0, 2015.

PHILIASTIDES, MG; HEEKEREN, H R; SAJDA, P. Human scalp potentials reflect a mixture of decision-related signals during perceptual choices. **Journal of Neuroscience**, 34, 50, 16877-16889, 2014.

PÖLÖNEN, M; JÄRVENPÄÄ, T; BILCU, B. Stereoscopic 3D entertainment and its effect on viewing comfort: Comparison of children and adults. **Applied Ergonomics**, 44, 1, 151–160, 2013.

POSNER MI; PETERSEN SE. The attention system of the human brain. **Annu Rev Neurosci**, 13: 25-42, 1990.

RATCLIFF, R; PHILIASTIDES, MG; SAJDA, P. Quality of evidence for perceptual decision making is indexed by trial-to-trial variability of the EEG. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 106(16), 6539-6544. (2009).

REBENITSCH, L; OWEN, C. Review on cybersickness in applications and visual displays. **Virtual Reality**, 20, 2, 101-125, 2016.

REGAN, EC; RAMSEY, AD. Some side-effects of immersion virtual-reality: the results of four immersions (Technical Report 94R012). (**Farnborough**): **Army Personal Research Establishment**, 1994.

REGAN, EC; PRICE, KR. The frequency of occurrence and severity of side-effects of immersion virtual reality. **Aviat Space Environ Med.**,65, 527–530, 1994.

RIBEIRO, MWS; ZORZAL, ER. Realidade Virtual e Aumentada: aplicações e tendências. **Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Computação**; 151. 2011.

ROUHINEN, S., PANULA, J., PALVA, J.M., PALVA, S. Load dependence of β and γ oscillations predicts individual capacity of visual attention. **The Journal of Neuroscience**, 33, 48, 19023–19033, 2013.

SCHMAL, F. Neuronal Mechanisms and the Treatment of Motion Sickness. **Pharmacology**. 91, 3-4 , 229-241, 2013.

SENKOWSKI, D; MOLHOLM, S; GOMEZ-RAMIREZ, M; FOXE, JJ. Oscillatory beta activity predicts response speed during a multisensory audiovisual reaction time task: a high-density electrical mapping study. **Cerebral Cortex**, 16, 11, 1556-1565, 2005.

SEYA, Y; ISHIHARA, M; IMANAKA, K. Up–down asymmetry in vertical induced motion and optokinetic nystagmus. **Attention, Perception, & Psychophysics**, 77, 1, 220-233, 2015.

SHADLEN, MN; KIANI, R. Decision making as a window on cognition. **Neuron**, 80, 3, 791-806, 2013.

SHERMAN, CR. Motion sickness: review of causes and preventive strategies. **Journal of travel medicine**, 9, 5, 251-256, 2002.

SHULMAN, GL; OLLINGER, JM; LINENWEBER, M; PETERSEN, SE; CORBETTA, M. Multiple neural correlates of detection in the human brain. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 98, 1, 313-318, 2001.

- SHUPAK, A; GORDON, CR. Motion sickness: advances in pathogenesis, prediction, prevention, and treatment. **Aviation, space, and environmental medicine**, 77, 12, 1213-1223, 2006.
- SIEGEL, M; DONNER, TH; OOSTENVELD, R; FRIES, P; ENGEL, A K. Neuronal synchronization along the dorsal visual pathway reflects the focus of spatial attention. **Neuron**, 60, 4, 709-719, 2008.
- SIEGEL, M; ENGEL, A K.; DONNER, TH. Cortical network dynamics of perceptual decision-making in the human brain. **Frontiers in human neuroscience**, 5, 21, 2011.
- SOLIMINI, AG. Are there side effects to watching 3D movies? A prospective crossover observational study on visually induced motion sickness. **PloS one**, 8, 2, 560-560, 2013.
- STANNEY, KM. Handbook of virtual environments: Design, implementation, and applications. Mahwah, NJ: **Lawrence Erlbaum**. 2002.
- STERIAD, M; GLOOR, P; LLINAS, RR; LOPES DE SILVA, FH; MESULAM, MM. Reporto of IFCN Committee on Basic Mechanisms. Basic Mechanisms of cerebral rhythmic activities. **ElectroencephalogrClinNeurophysiol**, 76 ,6, 481-508, 1990.
- STOFFREGEN, TA; RICCIO, GE. An ecological critique of the sensory conflict theory of motion sickness. **Ecol. Psychol**, 3,159–194, 1991.
- TALLON-BAUDRY, C; MANDON, S; FREIWALD, WA; KREITER, AK. Oscillatory synchrony in the monkey temporal lobe correlates with performance in a visual short-term memory task. **Cerebral Cortex**, 14, 7, 713-720, 2004.
- VAN DER LAND, S; SCHOUTEN, AP; FELDBERG, F; VAN DEN HOOFF, B; HUYSMAN, M. Lost in space? Cognitive fit and cognitive load in 3D virtual environments. **Computers in Human Behavior**, 29, 3, 1054-1064, 2013.
- VAN DER WERF, J; JENSEN, O; FRIES, P; MEDENDORP, WP. Neuronal synchronization in human posterior parietal cortex during reach planning. **Journal of Neuroscience**, 30, 4, 1402-1412, 2010.
- VELASQUES, B et al. Hemispheric differences over frontal theta-band power discriminate between stimulus-versus memory-driven saccadic eye movement. **Neuroscience letters**, 504, 3, 204-208, 2011.
- VIEIRA, GP; DE ARAUJO, DFGH; LEITE, MAA; ORSINI, M; CORREA, CL. Realidade virtual na reabilitação física de pacientes com Doença de Parkinson. **JournalofHumanGrowthandDevelopment**, 24, 1, 31-41, 2014.
- VOGT, T; HERPERS, R; ASKEW, CD; SCHERFGEN, D; STRÜDER, HK; SCHNEIDER, S. Effects of exercise in immersive virtual environments on cortical neural oscillations and mental state. **Neural plasticity**, 2015.
- VON STEIN, A; CHIANG, C; KÖNIG, P. Top-down processing mediated by interareal synchronization. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 97, 26, 14748-14753, 2000.

WADDINGTON, J., HARRIS, C. M. Human optokinetic nystagmus and spatial frequency. *Journal of vision*, 15(13), 7-7, 2015.

WANG, L; WANG, W; YAN, T; SONG, J; YANG, W; WANG, B; RITSU, GO; HUANG Q; WU, J. Beta-Band Functional Connectivity Influences Audiovisual Integration in Older Age: An EEG Study. **Frontiers in Aging Neuroscience**, 9, 239, 2017.

WEBB, CM; BASS, JM; JOHNSON, DM; KELLEY, AM; MARTIN, CR; WILDZUNAS, RM. Simulator sickness in helicopter flight training school. **Aviat Space Environ Med**, 80, 541–545, 2009.

WEBB, NA; GRIFFIN, MJ. Optokinetic stimuli: motion sickness, visual acuity, and eye movements. **Aviation, space, and environmental medicine**, 73,4, 351-358, 2002.

WILIMZIG, C; SCHNEIDER, S; SCHÖNER, G. The time course of saccadic decision making: Dynamic field theory. **Neural Networks**, 19, 8, 1059-1074, 2006.

WILKE, M; LOGOTHETIS, NK; LEOPOLD, DA. Local field potential reflects perceptual suppression in monkey visual cortex. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 103, 46, 17507-17512, 2006.

WIMMER, K; COMPTE, A; ROXIN, A; PEIXOTO, D; RENART, A; DE LA ROCHA, J. Sensory integration dynamics in a hierarchical network explains choice probabilities in cortical area MT. **Nature communications**, 6, 6177, 2015.

APÊNDICE

DADOS PESSOAIS

PARTICIPANTE N°: _____

Sexo: _____ Idade: _____

Telefone: () _____

Usa medicamentos com regularidade? () SIM () NÃO

Qual? _____

Possui alguma doença neurológica? () SIM () NÃO

Qual? _____

Possui alguma doença vestibular? () SIM () NÃO

Qual? _____

Tem diminuição da acuidade visual? () SIM () NÃO

Qual correção utiliza? _____

ANEXOS

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Este documento que você está lendo é chamado de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Você está sendo convidada para participar, como voluntária, em uma pesquisa. Leia cuidadosamente o que segue e me pergunte sobre qualquer dúvida que você tiver. Após ser esclarecida sobre as informações a seguir, caso aceite fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que consta em duas vias. Uma via pertence a você e a outra para o pesquisador responsável. Você poderá recusar sua participação de imediato e a qualquer momento sem que haja qualquer penalidade.

ESCLARECIMENTO DA PESQUISA

NOME DA PESQUISA: Diminuição da coerência da banda beta no córtex parietal e occipital durante realização do movimento sacádico na ocorrência da doença do movimento visualmente induzida (DMVI).

OBJETIVOS: Demonstrar como a doença do movimento visualmente (DMVI), ocasionada pela realidade virtual (RV), interfere na realização do movimento sacádico por meio da eletroencefalografia tendo como referência a análise da coerência de beta parietal e occipital.

PROCEDIMENTOS DO ESTUDO: As participantes realizarão uma tarefa na barra de LEDs, e em seguida serão expostas a realidade virtual que simulará um passeio de montanha russa, no qual ocorrerão estímulos capazes de desencadear os sintomas da DMVI. Em seguida, irão repetir a tarefa na barra de LEDs.

RISCOS E DESCONFORTOS: O experimento poderá, de acordo com o grau de suscetibilidade do participante a desenvolver os sintomas da DMVI, ocasionar desconfortos como vertigem, náuseas, cefaleias e/ou sudorese. Vale ressaltar que a qualquer sinal de intolerância dos sintomas mencionados o experimento poderá ser interrompido a pedido da participante ou pela observação das pesquisadoras.

BENEFÍCIOS: O experimento possibilitará conhecer o comportamento cortical durante o aparecimento dos sintomas da DMVI, além de possibilitar analisar o movimento sacádico do participante, por meio do EEG associado à barra de LEDs.

CUSTO/REEMBOLSO PARA O PARTICIPANTE: A pesquisa não terá nenhum custo para a participante e esta não receberá qualquer espécie de reembolso ou gratificação devido à sua participação na pesquisa.

CONFIDENCIALIDADE DA PESQUISA: O nome da participante será mantido em sigilo, assegurado assim a sua privacidade e se desejar, deverá ser informada dos resultados dessa pesquisa. Quanto aos dados obtidos neste estudo, serão divulgados dados diretamente relacionados aos objetivos do mesmo. Qualquer dúvida ou solicitação de esclarecimentos a participante poderá entrar em contato com a equipe científica pelo telefone (86) 9. 9902-4726 ou (86) 9. 9839-5888, endereço: Av. São Sebastião, 2819 – São Benedito, Parnaíba- PI.

O estudo será submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Piauí.

Diante dos esclarecimentos prestados, concordo em participar do estudo: “Diminuição da coerência da banda beta no córtex parietal e occipital durante realização do movimento sacádico na ocorrência da doença do movimento visualmente induzida (DMVI).”

Parnaíba, _____ de _____ de 2017.

Assinatura da participante

Assinatura da pesquisadora responsável

Eu, _____, portador do RG _____ e CPF _____ declaro que li as informações contidas nesse documento, fui devidamente informada pela pesquisadora _____ - dos procedimentos que serão utilizados, riscos e desconfortos, benefícios, custo/reembolso, confidencialidade da pesquisa, concordando ainda em participar da pesquisa. Foi-me garantido que posso retirar o consentimento a qualquer momento, sem que isso leve a qualquer penalidade. Declaro ainda que recebi uma cópia desse Termo de Consentimento.

Questionário *Edinburgh inventory* (versão modificada)

Questionário de Dominância Manual: Este é um questionário para determinar qual lado você usa para realizar as atividades manuais. Nas questões seguintes, marque a letra (D) se você realiza certa atividade com a mão direita; (E) se você realiza com a mão esquerda; e (A) se você realiza facilmente com ambas as mãos. Em todas essas atividades, considere suas mãos vazias quando começar a realizá-las.

	D	E	A
1. Com que mão você gira a maçaneta da porta para abri-la?			
2. Com que mão você arremessa uma bola?			
3. Com que mão você usualmente pega um copo ou caneca, quando vai beber algo?			
4. Com que mão você segura um martelo quando está martelando?			
5. Com que mão você segura a tampa quando está abrindo uma compota?			
6. Com que mão você segura a tesoura quando está cortando algo?			
7. Com que mão você aperta o interruptor da luz na parede?			
8. Com que mão você distribui cartas quando está embaralhando-as?			
9. Com que mão você segura o lenço quando esta assoando o nariz?			
10. Com que mão você dá tchau?			
11. Com que mão você joga a moeda para cima para fazer cara ou coroa?			
12. Com que mão você risca um fósforo?			
13. Com que mão você coloca o relógio?			
14. Com que mão você segura a escova de dente?			
15. Com que mão você tira o dinheiro da carteira?			
16. Com que mão você segura a faca para cortar um baguete?			
17. Com que mão você segura a linha para colocá-la na agulha?			
18. Com que mão você segura uma colher quando está mexendo algo em uma panela?			
19. Com que mão você segura o pente para pentear o cabelo?			
20. Com que mão você vira as páginas de um livro?			
21. Com que mão você segura a faca quando está descascando uma batata?			

22. Com que mão você escreve?			
23. Com que mão você usa a borracha no papel?			
24. Com que mão você corta com a faca quando está comendo de garfo e faca?			
25. Com que mão você usa o saleiro?			
26. Com que mão você quica uma bola de basquete no chão?			
27. Qual mão está acima quando você aplaude?			
28. Com que mão você desenha uma figura?			
29. Com que mão você abre uma torneira quando está com as duas mãos livres?			
30. Com que mão você pega uma moeda que está no chão?			
31. Com que mão você usa o apagador em um quadro negro?			
32. Qual a mão que fica em cima quando você usa uma pá?			
33. Com que mão você segura uma raquete de tênis (frescobol/squash/tênis de mesa)?			
34. Com que mão você coloca a chave na fechadura?			

-Você se considera: () Destro () Canhoto () Ambidestro

- Há alguma atividade que não está listada acima que você consistentemente realiza com sua mão dominante, se sim, por favor, explique.

Adapted questionnaire from: Hull, C.J. "Study of laterality test items." *J.Exp.Educ.* 4, 287-290, 1998.

Questionário Doença do Simulador (SSQ)

Kennedy, Lane, Berbaum, & Lilienthal (1993)***

Instruções: circule o quanto cada sintoma abaixo está lhe afetando agora.

1. Mal estar generalizado	Nenhum	Ligeiro	Moderado	Grave
2. Cansaço	Nenhum	Ligeiro	Moderado	Grave
3. Dor de cabeça	Nenhum	Ligeiro	Moderado	Grave
4. Vista cansada	Nenhum	Ligeira	Moderado	Grave
5. Dificuldade de manter o foco	Nenhum	Ligeiro	Moderado	Grave
6. Aumento da salivação	Nenhum	Ligeiro	Moderado	Grave
7. Sudorese	Nenhum	Ligeiro	Moderado	Grave
8. Náuseas	Nenhum	Ligeiro	Moderado	Grave
9. Dificuldade de concentração	Nenhum	Ligeiro	Moderado	Grave
10. Cabeça pesada	Nenhum	Ligeiro	Moderado	Grave
11. Visão embaçada	Nenhum	Ligeiro	Moderado	Grave
12. Tontura com os olhos abertos	Nenhum	Ligeiro	Moderado	Grave
13. Tontura com os olhos fechados	Nenhum	Ligeiro	Moderado	Grave
14. Vertigem*	Nenhum	Ligeiro	Moderado	Grave
15. Desconforto abdominal**	Nenhum	Ligeiro	Moderado	Grave
16. Arroto	Nenhum	Ligeiro	Moderado	Grave

Vertigem* é experimentada como perda de orientação em relação ao posicionamento vertical.

Desconforto no estômago** indica uma sensação de desconforto menor que a náusea.

***Versão original: Kennedy, R.S., Lane, N.E., Berbaum, K.S., & Lilienthal, M.G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *International Journal of Aviation Psychology*, 3(3), 203-220.

Escala Analógica Visual

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nulo		Pouco		Razoável		Muito		Excessivo		

