



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

DIANDRA CAROLINE MARTINS E SILVA

**MUDANÇAS NA VELOCIDADE DE REPRODUÇÃO DO MOVIMENTO
AUMENTAM A POTÊNCIA ABSOLUTA DA BANDA TETA E ALTERAM O
DESEMPENHO NA TAREFA DE PRODUÇÃO DO TEMPO**

PARNAÍBA – PI
AGOSTO – 2018

DIANDRA CAROLINE MARTINS E SILVA

**MUDANÇAS NA VELOCIDADE DE REPRODUÇÃO DO MOVIMENTO
AUMENTAM A POTÊNCIA ABSOLUTA DA BANDA TETA E ALTERAM O
DESEMPENHO NA TAREFA DE PRODUÇÃO DO TEMPO**

Dissertação apresentada 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 e co-orientação do Prof. Dr. Silmar Silva Teixeira.

PARNAÍBA – PI
AGOSTO – 2018

DIANDRA CAROLINE MARTINS E SILVA

**MUDANÇAS NA VELOCIDADE DE REPRODUÇÃO DO MOVIMENTO
AUMENTAM A POTÊNCIA ABSOLUTA DA BANDA TETA E ALTERAM O
DESEMPENHO NA TAREFA DE PRODUÇÃO DO TEMPO**

Dissertação apresentada 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 ___/___/___

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. Dra. Juliana Bittencourt Marques
Universidade Federal do Rio de Janeiro – (Membro)

À Deus, meus pais, meus irmãos, e à toda minha família, em especial ao ser humano mais humilde que passou pela minha vida, meu avô Ludimar.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar meus passos, orientar meus atos, e por sua infinita misericórdia.

Aos meus pais Carlos Antônio e Vanda Martins, por seu amor infinito, pela presença em todos os momentos da minha vida, e pela construção do meu caráter.

Aos meus irmãos Diêgo Santiago e Davana Cristiny, pelos momentos de felicidade compartilhados, pela união e irmandade.

A minha família, por sempre me dar apoio, e sempre ter acreditado no meu potencial, em especial aos meus tios de Parnaíba, Marly Guimarães e Pedro Afonso por terem me acolhido em Parnaíba-PI.

Aos meus colegas de laboratório pelas mãos estendidas em todos os momentos durante o mestrado, em especial aos colegas Monara Nunes, Victor Marinho e Francisco Elezzer pelas orientações e amizade.

A minha colega de pesquisa Maria Gabriela pela irmandade e parceria durante todo o mestrado.

Ao meu orientador, professor Victor Hugo Bastos, ao professor Silmar Teixeira, e a professora Juliana Bittercourt, pelo apoio, atenção e orientações em todos os momentos no decorrer desta pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

Aos meus irmãos do grupo de oração Maranathá por todas as orações, amizade e momentos de fé compartilhados.

“Nós devemos ser a mudança que desejamos ver no mundo”. (Mahatma Gandhi)

RESUMO

A capacidade de perceber e interpretar os intervalos de tempo são habilidades inatas e essenciais a todas as espécies animais, pois estão incorporadas a inúmeras funções cognitivas no processo de adaptação ao ambiente. No entanto, a base neural e o processo de temporização permanecem envoltos em mistérios dentro das neurociências, dessa maneira novas abordagens como a Realidade Virtual com estímulos visuais dinâmicos vêm sendo desenvolvidas para analisar a interpretação dos intervalos de tempo, principalmente por meio de tarefas que demandam a cognição e funções executivas em atividades cotidianas. O objetivo do estudo foi investigar as modificações corticais e o desempenho do indivíduo induzido por mudanças na reprodução da velocidade de movimento de um estímulo virtual não-imersivo em 3D, em uma tarefa de produção do tempo. Trata-se de um estudo *crossover* formado por 21 participantes em três condições de velocidade do movimento: original, *slow* e *fast*. Os participantes passaram por análise eletroencefalográfica da potência absoluta da banda teta no córtex pré-frontal dorsolateral simultaneamente com execução da tarefa de produção do tempo, além de análise comportamental da atenção, através do teste de Stroop. Os sujeitos da condição *slow* apresentaram maior número de erro na tarefa de produção do tempo, no momento após utilização de realidade virtual ($p < 0.001$). Além disso, na análise eletrofisiológica foi observado aumento da potência absoluta da banda teta no córtex pré-frontal dorsolateral direito em todas as janelas de tempo investigadas ($p < 0.001$). Desta forma, o estímulo virtual com mudança na velocidade de movimento resultou na diminuição do desempenho na tarefa de produção do tempo, atuando em domínios cognitivos na faixa de segundos, influenciando ainda na atividade cortical de áreas com funções executivas de atenção e memória.

Palavras-chave: Eletroencefalografia, Percepção do tempo, Realidade Virtual, Ritmo teta.

ABSTRACT

The ability to perceive and interpret time intervals are innate abilities and essential to all animal species, since they are incorporated in innumerable cognitive functions in the process of adaptation to the environment. However, the neural basis and the timing process remain shrouded in mysteries within the neurosciences, so new approaches such as Virtual Reality with dynamic visual stimuli have been developed to analyze the interpretation of time intervals, mainly through tasks that demand cognition and executive functions in everyday activities. The aim of the study was to investigate cortical modifications and individual performance induced by changes in motion speed of a non-immersive 3D virtual stimulus in a time-producing task. It is a crossover study formed by 21 participants in three conditions of movement speed: original, slow and fast. The participants underwent electroencephalographic analysis of the absolute power of the theta band in the dorsolateral prefrontal cortex simultaneously with execution of the task of production of the time, besides behavioral analysis of the attention, through the Stroop test. The subjects of the slow condition presented a greater number of errors in the task of time production, at the time after the use of virtual reality ($p < 0.001$). In addition, the electrophysiological analysis showed an increase in the absolute power of the theta band in the prefrontal cortex right ventricle in all time windows investigated ($p < 0.001$). In this way, the virtual stimulus with change in the speed of movement resulted in a decrease in performance in the time production task, acting in cognitive domains in the second range, also influencing the cortical activity of areas with executive functions of attention and memory.

Keywords: Electroencephalography, Theta rhythm, Time perception, Virtual Reality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação do desenho experimental.....	38
Figura 2. Tarefa de produção do tempo.....	38
Figura 3. Representação do estímulo virtual utilizado nos óculos estereoscópico.....	41
Figura 4. Desempenho dos participantes na tarefa de produção do tempo	44
Figura 5. Julgamento dos participantes na tarefa de produção do tempo	45
Figura 6. Desempenho dos participantes no tempo de resposta do Stroop.....	46
Figura 7. Comportamento da potência absoluta da banda teta no córtex pré-frontal dorsolateral.....	47
Figura 8. Comportamento da potência absoluta da banda teta no córtex pré-frontal dorsolateral para 7s e 9s.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Associação entre o desempenho no erro absoluto, as variáveis eletrofisiológicas e a atenção no momento após realidade virtual.....	49
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EEG – Eletroencefalografia

RV – Realidade Virtual

RMf - Ressonância Magnética Funcional

CPFDL - Córtex Pré-Frontal Dorsolateral

MT – Memória de Trabalho

AV – Ambientes Virtuais

MEM - Mini-Exame do Estado Mental

EEGq – Eletroencefalografia quantitativa

η^2p - Eta parcial ao quadrado

SPSS - Statistical Product and Service Solutions

SNC – Sistema Nervoso Central

3D - Tridimensional

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	12
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Justificativa	13
1.1 Objetivo	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos	14
1.2 Hipóteses	15
CAPÍTULO II	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Percepção do tempo	16
2.1.1 Métodos de avaliação da percepção do tempo	18
2.1.2 Efeitos do envolvimento atencional na percepção do tempo	19
2.1.3 Mudanças na velocidade do estímulo visual e distorções do tempo	23
2.2 Eletroencefalografia	26
2.2.1 Banda teta	27
2.3 Realidade Virtual	28
2.3.1 A realidade virtual na avaliação neuropsicológica	30
CAPÍTULO III	32
3 PRODUÇÃO CIENTÍFICA	32
3.1 Artigo em português	32
3.2 Artigo em inglês	59
REFERÊNCIAS	84
APÊNDICE	93
ANEXO	97

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

A percepção subjetiva do tempo é uma função robusta e relativa, a qual fundamenta as concepções da realidade, além de ser parte essencial na função adaptativa que envolve vários componentes cerebrais que nos permitem prever, antecipar e responder com eficiência aos próximos eventos (ALLMAN e MECK, 2012; COULL et al., 2010; MECK, 2005). Dessa forma, requer a participação de estruturas encefálicas que atuam como relógios modulares no processo de ajuste da temporização (GUPTA, 2014), tais como, o córtex pré-frontal dorsolateral, estrutura que auxilia na organização temporal do comportamento contínuo, incluindo temporizações curtas, eventos de ordem temporária e codificação da ocorrência relativa dos eventos, relaciona-se ainda ao armazenamento e recuperação da memória (MATHEWS e MECK, 2014; BINKOFSKI e BLOCK, 1996).

Dada a complexidade destes processos temporais, várias abordagens vêm sendo aplicadas para descrever como os intervalos de tempo são interpretados por seres humanos. Dentre as principais tarefas disponíveis para investigar os mecanismos comportamentais envolvidos na percepção do tempo, têm-se a produção do tempo (MIONI et al., 2014). Nas tarefas de produção do tempo, os participantes produzem um intervalo de tempo equivalente a uma duração previamente indicada, ou seja, traduzem uma duração objetivamente rotulada para uma duração experimentada subjetivamente (GLICKSOHN et al., 2009).

Além desta investigação comportamental da capacidade de produzir o tempo, é necessário entender como os componentes estruturais do cérebro interagem para representar o tempo (SCHIRMER et al., 2016). Evidências sugerem que a Eletroencefalografia (EEG), que é uma ferramenta comumente utilizada para o registro da atividade elétrica de bilhões de neurônios, oferece uma melhor compreensão dos mecanismos neurais envolvidos na temporização (CARVALHO et al., 2013). Dentro desta análise eletrofisiológica as atividades da banda teta (4-8 Hz) tem tido um interesse particular na neurociência cognitiva, estando relacionada ao

processamento sensorial, a atenção e a memória de trabalho, que tem relação direta com a percepção do tempo (DAI et al, 2017).

Estudos prévios indicam que a avaliação da passagem do tempo é adaptável e que o Sistema Nervoso Central (SNC) ajusta e recalibra informações temporais de acordo com fatores situacionais, tais como estímulos visuais com mudanças de velocidade (GLICKSOHN et al., 2017; EAGLEMAN, 2014; GRIVEL et al., 2011). De acordo com estes modelos de análise da percepção do tempo e suas evidências de suporte, qualquer estímulo dinâmico deve sempre ser percebido mais do que um estímulo estático sem nenhuma mudança. Neste sentido, vêm sendo desenvolvidas pesquisas que analisam a influência da exposição a ambientes com estímulos visuais que mudam de velocidade, na percepção do tempo, por meio da investigação comportamental e utilização de Realidade Virtual imersiva e não-imersiva (NYMAN et al., 2017; KASHIWAKURA e MOTOYOSHI, 2017).

Ainda não está claro, se a utilização da realidade virtual como ferramenta concomitante a eletroencefalografia nas tarefas de percepção do tempo pode modificar e/ou promover o entendimento dos mecanismos neurobiológicos e neurofisiológicos nas distorções da percepção do tempo. Desse modo, o estudo poderá fornecer informações acerca dos mecanismos corticais que podem levar a distorções do tempo em indivíduos saudáveis e conseqüentemente, favorecer ao embasamento de novos conceitos e modelos da percepção do tempo. O estudo tem como objetivo investigar as modificações corticais e o desempenho do indivíduo induzido por mudanças na reprodução da velocidade de movimento (original, *slow* e *fast*) de um estímulo virtual não-imersivo em 3D (tridimensional), em uma tarefa de produção do tempo. Acredita-se que a aplicação de um estímulo virtual com mudanças de velocidade aumenta a potência absoluta na banda de frequência teta e altera a capacidade do indivíduo de perceber o tempo.

1.1 Justificativa

A capacidade de perceber o tempo é uma condição essencial para o indivíduo planejar seu dia-a-dia, embora vários estudos venham descrevendo as teorias que caracterizam os mecanismos neurológicos envolvidos na percepção do tempo, o tema ainda apresenta lacunas, principalmente nos fatores que podem levar à distorção do

tempo. O modo como a função temporizadora se comporta diante de situações ou um ambiente que simule estímulo visual com mudanças de velocidade por meio da utilização de realidade virtual, associada à análise eletrofisiológica, por exemplo, pode ser uma nova abordagem para determinar ou analisar a temporização, principalmente em tarefas que demandam a cognição e funções executivas. Além disso, pode identificar situações de risco que envolvem velocidade e estimativa de tempo, principalmente no trânsito, que exige uma alta demanda de atenção, e funções temporizadoras.

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo Geral

Investigar as modificações corticais e o desempenho do indivíduo induzido por mudanças na reprodução da velocidade de movimento (original, *slow* e *fast*) de um estímulo virtual não-imersivo em 3D, em uma tarefa de produção do tempo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar as modificações da potência absoluta da banda teta antes e após estímulo virtual com mudanças de velocidade (original, *slow* e *fast*);
- Examinar se o estímulo virtual com mudanças de velocidade altera o desempenho do indivíduo na tarefa de produção do tempo através da análise do erro absoluto;
- Investigar se o estímulo virtual com mudanças de velocidade altera o desempenho do indivíduo na tarefa de produção do tempo através da análise do erro relativo;
- Verificar se a tarefa de produção do tempo tem influência sobre a atenção do indivíduo.

1.3 Hipóteses

- A aplicação de um estímulo virtual com mudanças na velocidade de reprodução do movimento aumenta a potência absoluta na banda de frequência teta durante tarefa de produção do tempo.
- O estímulo virtual dinâmico com mudanças de velocidade altera o desempenho do indivíduo por meio da análise do erro absoluto durante a tarefa de produção do tempo.
- O estímulo virtual dinâmico com mudanças de velocidade altera o desempenho do indivíduo por meio da análise do erro relativo durante a tarefa de produção do tempo.
- A tarefa de produção do tempo recruta demandas de atenção, levando a alterações no teste de Stroop do indivíduo logo após a tarefa.

CAPÍTULO II

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Percepção do tempo

A percepção do tempo é uma habilidade inata e essencial a todas as espécies, a qual descreve a experiência subjetiva do tempo e como interpreta a duração de um evento. Dependendo da ocasião, as pessoas podem sentir que o tempo passa rapidamente ou lentamente, devido a modulações de acordo com estados emocionais, variações neuroquímicas, a atenção, entre outros (FONTES et al., 2016). Capacidades temporais adequadas são essenciais para realizar a maioria das nossas atividades cotidianas, particularmente no contexto das interações sociais. Em diferentes escalas de tempo, atividades tão diversas como programar uma trajetória, e planejar um evento, exigem a execução de uma sequência de ações em direção a um objetivo e estão intimamente ligados à percepção do tempo (EL HAJ e KAPOGIANNIS, 2016).

A capacidade de perceber o tempo contribui para o desenvolvimento neurofisiológico do controle de movimento (MARINHO et al., 2018), por exemplo, calcular os ajustes de fração de segundo necessários para chutar uma bola, permitindo que uma orquestra toque com sincronicidade e garantir que dancemos em complemento à música. Cronometragem dentro dessa faixa não é exclusivamente motora; "subconscientemente" informações sobre o tempo aprendidas permeiam o comportamento (Por exemplo, prever quando um semáforo está prestes a mudar) e juízos de tempo de percepção (por exemplo, decidir se uma chaleira pode ter fervido, voltar a assistir televisão depois de uma ruptura de um comercial) são uma parte da vida cotidiana (JONES et al., 2008; GUPTA, 2014).

Diferentes modelos que conceituam a percepção do tempo têm sido apresentados, os pesquisadores formularam duas hipóteses: a primeira afirma que o tempo é independente dos relógios internos; a segunda hipótese suporta a ideia de que os relógios internos utilizam contextos temporais para julgar a duração de um

evento (MECK, 2005). O processamento temporal requer a participação mútua de três sistemas neurais; o primeiro consiste em um "núcleo temporizador", o segundo é um sistema executivo que processa a duração do estímulo, e o terceiro é um sistema associativo para contextualizar a duração dos estímulos. Uma teoria bastante utilizada na pesquisa atual é a de Gibbon, a Teoria da Expectativa Escalar que consiste em um marcapasso responsável pela produção de pulsos para o tempo (LUCAS et al., 2013).

As durações dos eventos e as relações temporais estão associadas a aspectos gerais da cognição, tais como consciência, atenção e processos de memória de trabalho. Consequentemente, o tempo cognitivo é fortemente sensível ao efeito de vários fatores contextuais e estados interno. Propõe-se que o cérebro represente o tempo de maneira distribuída e conte o tempo, detectando a ativação coincidente de diferentes populações neurais especializadas (BUHUSI e MECK, 2005; NG e PENNEY, 2014).

Dentro destes conceitos algumas regiões do cérebro são associadas ao sentido do tempo (córtex frontal, núcleos da base, córtex parietal, cerebelo e hipocampo) que são responsáveis para receber, associar e interpretar informações em frações de milissegundos, segundos e minutos (MAGALHÃES et al., 2016). O processamento temporal no cérebro depende desse sistema especializado (APAYDIN et al., 2018; COULL e NOBRE, 2008; COULL et al., 2011).

No entanto, em muitas ocasiões, o tempo pode ser superestimado ou subestimado, um exemplo dessas mudanças na interpretação dos intervalos, é quando estamos ansiosos para um evento, como o dia em que vamos sair de férias, o tempo parece passar mais lentamente do que quando as férias estão chegando ao fim e estamos perto de voltar ao trabalho. Diferentes percepções de tempo podem ser associadas com diferenças na forma como percebemos atividades diárias, as chamadas distorções do tempo (FONTES et al., 2016; WALSH, 2003; OKAJIMA et al., 2017).

As bases neurais da percepção do tempo permanecem envoltas em mistérios dentro das neurociências. Uma classe de estudos envolve maneiras pelas quais a percepção do tempo distorce: por exemplo, durante eventos breves e perigosos, como acidentes de carro e assaltos, muitas pessoas relatam que os eventos passam em câmera lenta como se o tempo diminuísse (EAGLEMAN et al., 2005). Outros pesquisadores relataram que distorções de tempo estão relacionadas a mudanças de atenção, onde quando muitos estímulos são mostrados em sucessão, um estímulo

"estranho" de baixa probabilidade na série tende a durar subjetivamente mais do que os estímulos de alta probabilidade, mesmo quando são apresentados para a mesma duração objetiva (TSE et al., 2004; GHADERI et al., 2018).

Desta maneira a duração perceptível é conhecida por depender de vários fatores contextuais intrínsecos aos estímulos cuja duração deve ser julgada (por exemplo, seu tamanho, taxa de cintilação, velocidade) e extrínseca para eles (por exemplo, atenção, expectativa ou surpresa, emoção, demandas de tarefas) (GOREA e KIM, 2015). Nesse sentido alguns estudos puramente comportamentais, com o objetivo de identificar os fatores que distorcem a capacidade de perceber o tempo, sugerem que a apresentação de uma série de estímulos auditivos ou visuais aumenta sistematicamente ou diminui os intervalos de tempo percebidos ou produzidos. Em conjunto, estes dados sugerem uma rede subcortical comum de áreas que sustentam a utilização do tempo para a percepção, no entanto ainda não está claro quais áreas desempenham a função temporizadora (BUETI, 2008; R.G. JONES et al., 2008; VAN WASSENHOVE e LECOUTRE, 2014).

2.1.1 Métodos de avaliação da percepção do tempo: tarefa de produção do tempo

Várias abordagens vêm sendo aplicadas para descrever como os intervalos de tempo na faixa dos segundos-minutos são processados em seres humanos e animais, a tarefa empregada para estudar esse processamento depende da questão específica a ser abordada. Quatro tarefas principais estão disponíveis para investigar os mecanismos envolvidos na percepção do tempo. Estes incluem (1) comparação (ou discriminação no tempo), (2) produção de tempo, (3) estimativa verbal e (4) reprodução temporal (GRONDIN, 2008; MIONI et al., 2014).

A produção do tempo e as tarefas de estimativa verbal são métodos adequados para investigar as diferenças individuais na velocidade do relógio interno, mas os métodos de estimativa verbal produzem menos precisão e produzem mais variabilidade do que o método de produção de tempo porque os participantes tendem a arredondar a duração do tempo (MIONI et al., 2013). Nas tarefas de produção de tempo, os participantes são requeridos a produzir um intervalo temporal equivalente a uma duração que foi previamente indicada, ou seja, traduzir uma duração

objetivamente rotulada para uma duração experimentada subjetivamente (GRONDIN, 2010).

A tarefa de produção do tempo, em que um participante - sem a ajuda de um relógio externo - produz uma duração de destino, sinalizando quando essa duração foi decorrida, talvez reflita melhor a velocidade ou essa taxa de funcionamento de um relógio interno. Se a duração requerida a ser estimada for de 10 s, o indivíduo A pode produzir uma duração de 8 s, indivíduo B de 10 s e C individual de 12 s - no entanto, para os três indivíduos, subjetivamente a duração produzida é vista como duradoura 10 s. O indivíduo B exibe a percepção do tempo verídico (isto é, duração produzida = duração requerida; 1 subjetivo = 1 s). O indivíduo A seria visto como tendo um relógio interno mais rápido (com cada segundo subjetivo durando 0,8 s), e o C individual seria visto como tendo um relógio interno mais lento (com cada segundo subjetivo com duração de 1,2 s) (GLICKSOHN e HADAD, 2012; GLICKSOHN et al., 2009).

Neste sentido, é possível serem feitas previsões específicas sobre performances temporais dependendo da tarefa temporal utilizada. Diferentes tarefas vêm sendo usadas para investigar a percepção do tempo, dado a complexidade dos processos temporais, é fundamental selecionar o método apropriado porque as ferramentas de medição poderiam orientar diferentes aspectos do processamento temporal (MIONI et al., 2016).

2.1.2 Efeitos do envolvimento atencional na percepção do tempo

A maioria das pessoas está familiarizada com a experiência de ficar completamente cativada por um livro ou filme. Alguns argumentam que, quando estamos totalmente absorvidos em uma narrativa, há uma perda de consciência do ambiente externo e da passagem do tempo. Algumas pesquisas a respeito da base neural da percepção temporal vêm demonstrando a importância da atenção à percepção do tempo, é possível que a percepção do tempo possa ser substancialmente diferente durante cenários mais realistas, como narrativas atraentes (LOSITSKY et al., 2016; COHEN et al., 2017).

Estudos sugerem que a atenção à passagem do tempo tem consequências semelhantes na percepção da duração de um estímulo. Com foco no tempo (como

quando observa o relógio quando entediado), o tempo diminui. De acordo com o modelo, o interruptor de atenção fecha-se e abre-se à medida que a vigilância aumenta e diminui, e quando focada na duração do estímulo, a vigilância para o tempo é aumentada e o interruptor é fechado mais do que normalmente seria. Com o interruptor fechado, mais pulsos chegam ao acumulador durante uma determinada duração. Assim, o número correto de pulsos para coincidir com o padrão se acumula mais rapidamente e o valor de referência é atingido antes da duração do destino ter ocorrido. Isso faz com que a experiência do tempo padrão chegue mais cedo, fazendo com que o tempo pareça lento, o tempo de uma determinada duração é superestimado (MOSKOWITZ et al., 2017; FORTIN et al.,1993).

Se a atenção for voltada para o processamento de informação não temporário, menor capacidade estará disponível para o processamento de informações temporais, e os julgamentos de duração tendem a diminuir ou tornar-se menos confiáveis (BROWN, 1985). Se a atenção não for distraída do processamento de informações temporais, mais capacidade estará disponível para processar informações temporais, e os julgamentos de duração tenderão a aumentar. Estudos sugerem que o julgamento prospectivo do tempo requer atenção na passagem do tempo. O processamento simultâneo implica uma subestimação relativa do tempo do relógio, porque o observador deve atender à tarefa de distração, em vez da passagem do tempo como tal (TSE et al.,2004).

Uma pesquisa desenvolvida por Coull et al. (2004), utilizou a ressonância magnética funcional relacionada ao evento (RMf) para identificar regiões cerebrais implicadas na atenção explícita da modulação da estimativa do tempo, eles utilizaram estímulo de tempo ou de cor de forma paramétrica. Os aumentos lineares no desempenho das tarefas foram acompanhados por aumentos correspondentes na atividade cerebral. Aumentando a atenção ao tempo aumentou seletivamente a atividade em uma rede corticostriatal, incluindo área motora pré-suplementar e *operculum* frontal direito. Aumentando a atenção para a cor, aumentou seletivamente a atividade na área V4 (área do córtex visual). Com isso, atender a forma visual, cor, velocidade ou localização do estímulo aumenta a sensibilidade comportamental nas mudanças discriminantes dessa característica e aumenta a atividade neural em regiões cerebrais especializadas para o processamento da percepção temporal (COULL et al., 2004; FORTIN et al.,1993).

Tradicionalmente, três redes neurais que suportam vários aspectos do controle atencional foram identificadas no domínio visual. Mais recentemente, o modelo foi ampliado para incluir cinco redes (PETERSEN e POSNER, 2012). A rede de alerta, predominantemente dependente do tronco encefálico e das regiões frontoparietais direitas, permite a capacidade de manter um estado focado e vigilante quando se envolve em uma tarefa e depende principalmente da norepinefrina. A rede de orientação permite a atenção seletiva aos estímulos externos e depende da acetilcolina. No quadro elaborado (cinco redes), esta rede é subdividida em dois sub-sistemas: 1) o sub-sistema dorsal, que envolve os campos de olho frontal e o sulco intraparietal, permite a seleção descendente de estímulos externos relevantes e 2) a sub-estrutura ventral, sistema, incluindo a junção temporoparietal e as regiões ventrais frontais, está subjacente à resposta de baixo para cima aos estímulos externos, o que facilita a detecção e a troca de atenção para estímulos inesperados. A rede final, denominada rede executiva, permite o controle cognitivo de ordem superior através de mecanismos de cima para baixo e também foi expandido para incluir duas sub-redes no modelo elaborado: 1) o sub-sistema cíngulo-opercular, que consiste em regiões temporais, parietais e insulares, permite o monitoramento do comportamento e 2) o córtex pré-frontal dorsolateral (CPF DL) permite o controle transitório (isto é, mudança de tarefa / mudança de regras) dentro de uma determinada tarefa (MELROSE et al., 2017).

Os modelos da neurociência cognitiva sugerem que a atenção pode ser dividida em redes de alerta, orientação e executivo. Dessa forma, dentro da neuropsicologia existe um teste que é considerado padrão ouro das medidas atencionais, o teste ou tarefa de Stroop, um teste neuropsicológico amplamente utilizado para fins experimentais e clínicos. Ele avalia a capacidade de inibir a interferência cognitiva, que ocorre quando o processamento de um recurso de estímulo afeta o processamento simultâneo de outro atributo do mesmo estímulo (SCARPINA e TAGIN, 2017).

Neste paradigma, os participantes devem responder tão rápido e com maior precisão possível para a cor dos estímulos apresentados ao ignorar a palavra do conteúdo. Normalmente, a tarefa consiste em três tipos de estímulo: congruente, incongruente e neutro. Na condição congruente, o significado da palavra e da cor tem o mesmo significado semântico (por exemplo, a palavra AZUL escrita em tinta azul), enquanto na condição incongruente, a palavra e a cor não compartilham o mesmo

significado semântico (por exemplo, a palavra AZUL escrito em tinta verde). Na condição neutra, os estímulos apresentados são ilegíveis, ou pelo menos não são palavras relacionadas com a cor, e, portanto, não ativam a representação de cores (por exemplo, a palavra "cadeira" escrita em azul ou a sequência de letras "XXXX" escrita em vermelho). Normalmente, as respostas a estímulos incongruentes são mais lentas, as respostas aos estímulos congruentes são mais rápidas e as respostas aos estímulos neutros estão no meio (SHICHEL e TZELGOV, 2017).

No âmbito destas investigações neuropsicológicas, existem diversas versões para o teste de Stroop. Entre as principais variantes, destacam-se os testes computadorizados, ou software TESTINPACS, que é aplicado com um monitor e um teclado, possui 3 fases: cor, palavra, cor-palavra. Através das três condições separadas dos aspectos Stroop, as cinco redes propostas por Petersen e Posner (2012), podem ser distinguidas. Durante as três condições (PALAVRA, COR e COR-PALAVRA), o paciente deve focar os estímulos apresentados por um período de tempo sustentado, aproveitando as redes de alerta e de orientação. Especificamente, o paciente deve permanecer atento e vigilante ao longo da tarefa (rede de alerta). Além disso, a rede de orientação e, mais especificamente, a rede de atenção dorsal, é envolvida para permitir atenção seletiva aos estímulos das tarefas. Como tal, o desempenho em todas essas condições deve envolver regiões frontoparietais (rede de alerta), incluindo as redes de orientação dorsal. Durante a condição Cor e Palavra, o paciente é obrigado a inibir persistentemente uma resposta natural ao longo da duração da condição (ou seja, diga a cor em que a palavra é impressa e ignore a própria palavra). Isso exigirá monitoramento sustentado das respostas ao longo do tempo, o que envolverá a rede executiva cíngulo-operatória. A rede executiva frontoparietal/CPFDL seria recrutada para fazer ajustes no tempo para produzir respostas corretas, em vez da resposta mais natural da leitura da palavra (MELROSE et al., 2017; SCARPINA e TAGIN, 2017).

Neste contexto, a ideia de que a atenção influencia nossa percepção do tempo é intuitiva e se reflete na cultura popular, por exemplo, "o tempo voa quando você está se divertindo" e ferramentas como o teste neuropsicológico de Stroop podem justamente avaliar essa relação da atenção com a temporização. Além disso, a performance em tarefas de percepção do tempo pode ser alterada por depender da atenção, demandas de memória e outros fatores ou estímulos externos visuais ou auditivos (TURGEON et al., 2016).

2.1.3 Mudanças na velocidade do estímulo visual e distorções do tempo

Bruno e Cicchini (2016) e Mayo e Sommer (2013), têm descrito sobre o modelo de percepção do tempo visual, esse modelo tenta explicar que a observação da duração percebida de um intervalo pode ser alterada por várias formas de adaptação, por propriedades do próprio estímulo incorporado e pela evolução recente do ambiente temporal. Tudo isso aponta para módulos temporais específicos dentro da modalidade visual. As distorções do tempo também vêm sendo relatadas para estímulos elevados de frequência temporal durante os movimentos oculares sacádicos (BINDA et al., 2009), após a adaptação ao contraste de luminância, após mudanças na velocidade do estímulo visual (KASHIWAKURA e MOTOYOSHI, 2017).

Estudos mostram que os estímulos que contêm mais mudanças são percebidos para durar mais do que estímulos contendo menos mudanças (BROWN, 1995; KANEKO e MURAKAMI, 2009). As mudanças de estímulo que podem induzir a dilatação do tempo incluem mudanças na velocidade, frequência temporal e distância aparente. As evidências de que mais mudanças levam à dilatação do tempo atualmente se refletem em pressupostos fundamentais subjacentes aos modelos de percepção do tempo. Por exemplo, o modelo clássico de "relógio interno" sugere que a duração percebida de um estímulo é o resultado do número acumulado de pulsos gerados por um marcapasso - ou seja, um estímulo submetido a mais mudanças acelera a taxa do marcapasso e, portanto, é percebido como durar mais tempo (KASHIWAKURA e MOTOYOSHI, 2017).

Bruno e Cicchini (2016), relatam que a dependência da duração percebida na velocidade dos estímulos visuais é tipicamente contabilizada em termos do número de eventos processados. A velocidade de movimento observada (por exemplo, a percepção visual de uma bola de rolamento) é um relevante fator situacional que influencia a produção de estimativas de tempo. Outras pesquisas já nos indicam que a produção de intervalos de tempo foi influenciada pela velocidade da reprodução de vídeo, de modo que a velocidade rápida resultou em subproduções de intervalos de tempo em comparação com a velocidade lenta, o que resultou em superproduções de tempo. Em suma, os presentes estudos sugerem que o tempo psicológico é influenciado pela velocidade de movimento observada durante a reprodução de vídeo (EAGLEMAN, 2014; GRIVEL et al., 2011).

Esta ideia de que a capacidade de perceber o tempo pode ser tendenciosa pela exposição anterior a um estímulo em movimento ou a um intervalo repetido, sugere que a percepção temporal está longe de ser monolítica e está em constante estado de calibração e ajuste fino (BRUNO e CICCHINI, 2016). Dentro dessa perspectiva do modelo de percepção de tempo visual e as mudanças que podem ocasionar distorção do tempo, a psicologia experimental está se esforçando para entender como codificar os intervalos temporais, enquanto que a fisiologia, a RMf (Ressonância Magnética Funcional) e o EEG desmascaram como as regiões neuronais e cerebrais estão subjacentes aos cálculos temporais (EAGLEMAN et al., 2005).

A utilização do EEG tem justamente permitido observar as oscilações da atividade cortical da percepção do tempo e identificar prováveis fatores associados à distorção do tempo, por intermédio da potência absoluta, potência relativa, coerência e assimetria nas bandas delta, teta, alfa, beta e gama (MATELL e MECK, 2004).

2.2 Eletroencefalografia

Eletroencefalografia (EEG) é uma técnica não-invasiva que reflete a atividade elétrica de populações de neurônios sincronizados, principalmente neurônios piramidais corticais. Mesmo na nova era da neuroimagem funcional, o EEG ainda representa uma ferramenta relevante para a pesquisa do cérebro, bem como para a neurologia e a psiquiatria, sendo que algumas doenças podem ser mais facilmente identificadas com um EEG do que com imagens funcionais, especialmente quando a doença se manifesta em uma forma de atividade cerebral elétrica alterada, como a epilepsia (LENZ et al., 2008; BASAR e GÜNTEKIN, 2008).

EEG resulta principalmente da soma de correntes pós-sinápticas de células piramidais nas camadas corticais supragranular e infragranular e depende também parcialmente da entrada talâmica na camada granular (camada IV) (VAN PUTTEN e HOFMEIJER, 2016). Nos seres humanos, é amplamente utilizado nos estudos fisiológicos e patológicos, e é em geral, subdividido nas faixas de frequências globais através da inspeção visual (BABILONI et al., 2007; JING et al., 2016).

As gravações eletroencefalográficas podem ser rotineiramente utilizadas para investigar a atividade cerebral em curso, analisando o poder espectral das oscilações

cerebrais (SARNTHEIN et al., 2006). Essas gravações são realizadas por meio de eletrodos fixados no couro cabeludo e posicionados segundo as orientações do Sistema Internacional 10/20, um sistema que apresenta diretrizes de colocação de eletrodos, onde a posição dos eletrodos colocados deve ser baseada em medidas específicas das estruturas do crânio. As medidas devem ser proporcionais ao tamanho e forma do crânio. As posições dos eletrodos são nomeadas em termos anatômicos para as áreas corticais registradas, com exceção dos eletrodos "C", que foram denominados centrais, uma vez que estavam localizados sobre o sulco central. Existe ainda um sistema de numeração para diferenciar as regiões homólogas esquerda e direita, números ímpares para o hemisfério esquerdo, Fp1, F3, F7, C3, T3, P3, T5 e O1. Números pares para o hemisfério direito, Fp2, F4, F8, C4, T4, P4, T6 e O2 e os eletrodos da linha média são denominados Fz, Cz e Pz (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 isolado acústica e eletricamente (ANGHINAH et al., 2006).

Os neurônios, de fato, se comunicam por meio de impulsos elétricos e geram um campo bio-eletromagnético que se propaga através dos tecidos do cérebro, do crânio e do couro cabeludo. Por meio dos eletrodos colocados no couro cabeludo sobre várias áreas do cérebro, podemos caracterizar ondas cerebrais bem conhecidas: delta (0,5-3,5 Hz), teta (3,5-7,5 Hz), alfa (7,5-12,5 Hz), beta (12,5-30 Hz) e gama (> 30 Hz) (MELTZER et al., 2017; INUSO et al., 2007). Cada banda de frequência pode originar-se em diferentes estruturas corticais e subcorticais, tais como a banda delta que se origina da rede cortical do tálamo, enquanto as oscilações de teta são mais proeminentes no sistema do hipocampo. O aumento ou redução da potência de determinadas bandas de frequências (em relação à atividade espontânea) podem ser induzidos por modificações na sincronia de populações neuronais básicas e são relacionadas a diferentes funções cerebrais (JING et al., 2016; INUSO, 2007).

A banda delta contém frequências abaixo de 4Hz e, normalmente, é observada nos estágios mais profundos do sono. Quando presente em indivíduos em vigília sempre indica anormalidade. A banda teta representa variações de frequência entre 4 e 8Hz, e é normalmente encontrado durante o sono. O ritmo teta pode ser encontrado normalmente na infância podendo ser utilizado como um elemento para estudar a maturação do sistema nervoso (JING et al., 2016). O ritmo alfa designa a presença de flutuações de frequência na faixa de 8 a 13Hz, é observado facilmente quando o indivíduo fecha os olhos, encontra-se relaxado e com relativa inatividade mental. No ritmo beta as frequências do EEG estão acima de 13Hz, e geralmente não excedem os 35Hz. A atividade beta é mais frequente nas regiões de maior suprimento sanguíneo e, portanto, está correlacionada com o nível de atividade cognitiva particularmente com a consciência. Mais recentemente, alguns autores têm sugerido que frequências entre 25 a 45Hz, que eles denominaram de ritmo gama, representaram correlatos elétricos da execução de atividades cognitivas (SILVA e FILHO, 2015).

A banda Alfa vem sendo correlacionada ainda 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). Já a banda Beta vem sendo mais relacionada com o planejamento e a execução do movimento (MACHADO et al., 2014). A banda Delta é relatada em estudos que avaliam os estágios do sono e processo de consolidação da memória declarativa hipocampo-dependente (BINDER et al., 2012). A banda Teta nos seres humanos está relacionada particularmente aos processos cognitivos de alto nível (CAVANAGH e FRANK, 2014). Já a banda Gama, está descrita em atividade representativa de estados cognitivos presentes em condições de planejamento de movimentos (SILVA e FILHO, 2015).

Para se realizar um bom mapeamento cerebral através do EEG, após a aquisição do registro é feita a análise quantitativa e topográfica tomando-se como base o traçado do EEG, no domínio do tempo e no domínio de frequência. A análise no domínio de frequência é representada pela descrição da distribuição de energia no sinal como função de frequência e análise do domínio do tempo, é representada pelo potencial cerebral relacionado ao evento (JING et al., 2016).

A análise de domínio de frequência é dividida em potência absoluta, potência relativa, coerência e assimetria das bandas de EEG, que refletem a prontidão de diferentes circuitos oscilantes. Esta análise prevê capacidade cognitiva e perceptiva

subsequente em um domínio específico de frequência. A potência absoluta é definida como a energia total em um eletrodo localizado em uma área cortical em uma frequência específica. A potência relativa representa a porcentagem de energia em qualquer banda comparada com a potência total no EEG. Coerência é uma medida de sincronização linear entre dois sinais registrados em diferentes localizações cerebrais. Pode ajudar a entender a conectividade funcional entre diferentes regiões do cérebro. Finalmente, a assimetria é definida como a diferença entre os eletrodos homólogos em relação ao poder absoluto do EEG, detecta o balanço de energia entre os dois hemisférios e as áreas corticais (CARVALHO et al., 2013; ANGHINAH et al., 1998).

Essas oscilações podem ser sub-categorizadas em diferentes bandas de frequência. Embora os limites exatos de cada banda de frequência geralmente variem em preparações experimentais, geralmente é acordado que diferentes bandas de oscilações desempenham papéis diferenciais no comportamento e na cognição, tais como o ritmo teta relacionado a importantes funções cognitivas (CHENG et al., 2008; SILVA e FILHO, 2015).

2.2.1 Banda teta

As atividades da banda teta tem tido um interesse particular na neurociência cognitiva, em humanos (4-8 Hz) refletem atividades mais discretas do que a teta observada em hipocampo de ratos (4-12 Hz). Em primatas, teta está amplamente distribuído por meio do cérebro e parece refletir as operações ativas do córtex, particularmente durante os processos cognitivos de alto nível, como a codificação e recuperação da memória, a retenção de memória de trabalho, a detecção de novidades e a necessidade de controle de cima para baixo, é comum observar aumentos de potência associados a níveis maiores de esforço mental ou desafio cognitivo (CAVANAGH e FRANK, 2014; MELTZER et al., 2007).

O ritmo de teta tem sido implicado em várias funções cerebrais, incluindo o processamento sensorial, a memória e o controle do movimento voluntário. Nas investigações humanas, a atividade teta foi registrada durante as condições de repouso e mostrou-se que aumentou drasticamente durante tarefas mentais como os paradigmas de memória na memória de trabalho. O aumento mais consistente da

atividade teta oscilatória foi encontrado nos eletrodos da linha média frontal e central (BASAR e GÜNTEKIN, 2008).

Estudos como de Dai et al, (2017) utilizando EEG revelaram o envolvimento das atividades da banda teta e alfa em memória de trabalho (MT), onde houve uma maior integração funcional na banda teta e menor segregação funcional na banda alfa na tarefa MT em comparação com a tarefa controle. A correlação positiva foi explicada pelo fato de que a oscilação de teta é responsável por coordenar e integrar diferentes processos cognitivos durante a execução de tarefas MT, o que leva à maior atividade de teta durante tarefas MT de alta demanda devido ao recrutamento ativo de recursos cognitivos.

Em adicional, um estudo tem demonstrado que a atividade neuronal no córtex pré-frontal ligada pelas oscilações teta no hipocampo podem auxiliar na manutenção temporária e a troca de informações entre as duas estruturas, servindo assim como forma de MT. Esses resultados sugerem que a coordenação dos ritmos teta podem fornecer um mecanismo geral que regule a atividade neural em várias áreas do cérebro. Essa coordenação permite que as áreas cerebrais participantes interajam temporariamente e troquem informações para que a rede possa alcançar demandas comportamentais, esse mecanismo neurofisiológico ocorre na temporização (CHENG et al., 2008).

2.3 Realidade Virtual

A Realidade Virtual (RV) é uma interface que ativa diversos canais sensoriais, em tempo real, com ambientes e/ou atividades simuladas por um computador, relacionando atividades correlatas a função motora, equilíbrio, marcha e coordenação (DOS SANTOS et al., 2016). Ambientes virtuais (AV) ou a RV têm um histórico de treinamento militar, simulações de entretenimento, treinamento cirúrgico, treinamento em conscientização espacial e recentemente como uma intervenção terapêutica para fobias e treinamento de habilidades motoras complexas, existindo vários sistemas vendidos comercialmente (MERIANS et al., 2006).

Os sistemas de realidade virtual são geralmente classificados pelas apresentações visuais que fornecem a um participante, pela presença ou ausência de

feedback somatossensorial e pela modalidade utilizada para coletar dados do participante. Estímulos visuais são agrupados pelo nível de imersão. As apresentações bidimensionais são consideradas não-imersivas. As apresentações tridimensionais que utilizam projeções estereoscópicas ou exibições com uma perspectiva visual fixa são consideradas semi-imersivas (ADAMOVICH et al., 2009).

A RV possui duas características principais: imersão e interação. Quanto à imersão pode ser classificada como imersiva e não-imersiva. A imersão é quando o usuário é transportado predominantemente para o domínio da aplicação, por meio de dispositivos multissensoriais, que capturam seus movimentos e comportamento e reagem a eles (por exemplo, por meio de capacete, e seus dispositivos), provocando uma sensação de presença dentro do mundo virtual como se fosse o mundo real. A RV não-imersiva é quando o usuário é transportado parcialmente ao mundo virtual, mas continua a sentir-se predominantemente no mundo real utilizando, por exemplo, monitor comum ou um console, mouse, joystick, teclado que permite a manipulação do ambiente virtual. Já a interação é a capacidade do indivíduo interagir com os objetos virtuais, através de dispositivos que provocam essa sensação (luvas e óculos digitais, dentre outras) (VIEIRA et al., 2014; ADAMOVICH et al., 2009).

Embora a realidade virtual imersiva apresente aplicações mais realistas e mais precisas, principalmente na indústria, a realidade virtual não imersiva é mais popular por ser mais barata e mais simples. Ambas estão em constante evolução, em função dos avanços na indústria de computação e no desenvolvimento de dispositivos especiais (NYMAN et al., 2017). Esses sistemas de realidade virtual utilizam de dispositivos que envolvem diversas tecnologias, são exemplos de dispositivos: computadores, rastreadores, capacetes, óculos estereoscópicos, luvas, dispositivos acústicos. Tanto os óculos estereoscópicos, quanto os capacetes, dão noção de profundidade, mas os capacetes permitem a imersão, enquanto os óculos não fazem isto por si só, dependendo do ambiente de visualização. Usando óculos em ambiente de monitor ou com tela de projeção, a visualização é não imersiva (TORI e KIRNER, 2006).

Dentre as aplicações da realidade virtual, destaca-se a área da neurociência e psiquiatria, utilizando modificação em tempo real de objetos no ambiente virtual de acordo com as interações dos pacientes. A abordagem neurológica baseada em RV pode ser capaz de refletir os sintomas reais dos pacientes na vida diária. Além disso, as informações desses dados poderiam ajudar a reduzir seus reais sintomas e manter

sua vida diária normal (KIM, 2016). O objetivo dessa técnica é recriar e maximizar a sensação de realidade para o usuário. Outrossim, permite a análise de aspectos motores e/ou cognitivos em doenças ou situações de agravo à saúde nas quais existe, por exemplo, o acometimento do sistema motor (VIEIRA et al., 2014).

2.3.1 A realidade virtual na avaliação neuropsicológica

A RV também vem ganhando destaque na avaliação neuropsicológica. A avaliação neuropsicológica baseada em computador é uma ferramenta clínica eficaz usada para avaliar a função cognitiva que complementa o diagnóstico clínico. A avaliação neuropsicológica baseada na realidade virtual oferece vantagens clínicas usando um ambiente imersivo e domínios de avaliação não tipicamente avaliados pela avaliação neuropsicológica tradicional (KIM, 2016). Este tipo de avaliação baseada na RV usando a tecnologia móvel Oculus Rift é acessível e capaz de testar o atleta na linha lateral, no vestiário, na clínica ou na sala de treinamento atlético, por exemplo. Em comparação com as baterias de testes neuropsicológicos tradicionais tomadas em um laboratório ou clínica de computador, a RV pode fornecer avaliação cognitiva funcional usando cenários da vida real ou ambientes virtuais (TEEL et al., 2016).

Os testes de RV podem fornecer um ambiente interativo com pistas de ação que são administradas independentemente do testador, logo os jogos baseados em RV foram propostos como uma alternativa aos tradicionais testes baseados em caneta e papel por vários motivos. Entre eles, sua alta usabilidade e sua percepção como elementos populares e de lazer, os tornam mecanismos potenciais de triagem para indivíduos em risco. Dentro da avaliação neuropsicológica apresenta dados da capacidade visuoespacial, memória episódica, memória prospectiva, memória de trabalho, atenção e funções executivas (VALLADARES-RODRÍGUEZ et al., 2016).

A tecnologia com RV permite aos pesquisadores projetar e, portanto, controlar rigorosamente os ambientes dinâmicos, realistas e imersivos, ao acompanhar de perto as respostas comportamentais e fisiológicas durante os testes. Os sujeitos são mantidos suficientemente estáticos durante a navegação RV para permitir experimentos eletrofisiológicos ou de imagem. Além disso, os ambientes RV podem ser criados, dimensionados e manipulados pelos pesquisadores de forma quase impossível em ambientes de teste do mundo real com restrições físicas, assim como

as experiências de RV são mais atraentes para os indivíduos, em comparação com a visualização passiva, pois requerem respostas comportamentais complexas e ecologicamente válidas para estimulação multissensorial (DOUCET et al., 2016).

CAPÍTULO III

3 PRODUÇÃO CIENTÍFICA

3.1 Artigo em Português

Mudanças na velocidade de reprodução do movimento aumentam a potência absoluta da banda teta e alteram o desempenho na tarefa de produção do tempo

Diandra Caroline Martins e Silva^{1,2*}, Gabriela Teles^{1,2}, João Marques¹, Anderson Escórcio¹, Ana Cláudia Freitas^{1,2}, Victor Marinho^{3,4}, Monara Nunes¹, Juliana Bittencourt Marques⁵, Maurício Cagy⁶, Silmar Teixeira³, Victor Hugo Bastos¹

Resumo

A percepção do tempo é uma função robusta e relativa para cada pessoa, **ela** envolve um processo fundamentalmente cognitivo e de integração sensorial. Entretanto, os aspectos neurobiológicos embutidos na percepção do tempo ainda não foram totalmente descritos. Novas abordagens com utilização de estímulos virtuais vêm sendo exploradas, para identificar traços comportamentais associados a interpretação dos intervalos de tempo. O objetivo do estudo foi investigar as modificações corticais e o desempenho do indivíduo induzido por mudanças na reprodução da velocidade de movimento de um estímulo virtual não-imersivo em 3D, em uma tarefa de produção do tempo. Trata-se de um estudo *crossover* com 21 participantes em três condições de velocidade: original, *slow* e *fast*. Os participantes passaram por análise eletroencefalográfica da potência absoluta da banda teta no córtex pré-frontal dorsolateral simultaneamente à execução da tarefa de produção do tempo. Também foi feita análise da atenção, com o teste de Stroop. Os sujeitos da condição *slow* apresentaram maior número de erros na tarefa de produção do tempo, após realidade virtual ($p < 0.005$), associado a isto o tempo de resposta no estágio III do Stroop foi maior após a tarefa de produção do tempo ($p < 0.005$). Na análise eletrofisiológica houve aumento da potência absoluta da banda teta no córtex pré-frontal dorsolateral direito em todas as janelas de tempo investigadas ($p < 0.005$). Desta forma, o estímulo virtual com mudanças na velocidade altera o desempenho na tarefa de produção do tempo, atuando em domínios cognitivos na faixa de segundos, especialmente no córtex pré-frontal dorsolateral direito.

Palavras-chave: Eletroencefalografia, Percepção do tempo, Realidade Virtual, Ritmo teta.

*Autor Correspondente: Diandra Caroline Martins e Silva diandra_martins@yahoo.com.br

¹ Laboratório de Mapeamento Cerebral e Funcionalidade, Universidade Federal do Piauí, Parnaíba, Brasil.

² Programa de Mestrado em Ciências Biomédicas, Universidade Federal do Piauí, Parnaíba, Brasil.

³ Laboratório de Neuro-Inovação Tecnológica e Mapeamento Cerebral, Universidade Federal do Piauí, Parnaíba, Brasil.

⁴ Programa de Pós-graduação em Biotecnologia – Renorbio, Universidade Federal do Piauí, Teresina, Brasil

⁵ Laboratório de neurofisiologia e neuropsicologia da atenção e Laboratório de mapeamento cerebral e integração sensoriomotora, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

⁶ Laboratório de Mapeamento Cerebral e Integração Motora Sensorial, Instituto de Psiquiatria da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.

Introdução

A percepção do tempo é uma função robusta e estável, que ocorre por meio de um conjunto de reações dinâmicas do Sistema Nervoso Central (SNC) a fim de processar e interpretar os eventos no ambiente [1]. Nesse contexto, codificar informações temporais envolve um processo fundamentalmente cognitivo e de integração sensorial [2], as quais necessitam de um complexo mecanismo de oscilações corticais durante o processamento das informações temporais, bem como ação adjuvante de osciladores externos (ex., receptores sensoriais) [3-5].

Embora não haja uma região específica para interpretar os intervalos de tempo durante tarefas de produção, há uma exigência de *inputs* e *outputs* oscilatórios em regiões corticais durante a temporização de escalas em nível de sub e supra segundos [6, 7]. Em especial, o córtex pré-frontal dorsolateral (CPFDL) que atua na interpretação dos intervalos de tempo na escala de segundos e supra segundos devido conexões neurais que influenciam aspectos neurobiológicos embutidos na percepção do tempo, como a integração sensório-motora, memória, atenção e tomada de decisão. O estudo de Coull, Cheng e Meck [8] evidenciou que as áreas corticais (núcleos da base, córtex pré-frontal dorsolateral e área motora suplementar) são fundamentais na interpretação de intervalos de tempo em tarefas com durações explícitas de estímulos visuais.

Estudos psicológicos e fisiológicos na área do intervalo de tempo vêm utilizando a avaliação eletrofisiológica com utilização da eletroencefalografia (EEG) com o objetivo de compreender melhor o processamento neural do tempo. No domínio da frequência, as oscilações teta vêm sendo mencionadas como ritmo oscilatório do EEG que reflete o processamento neural do tempo, uma vez que a banda teta está fortemente relacionada à atenção, percepção consciente e desempenho comportamental [9, 10]. Estas conceitualizações atuais ainda não são capazes de explicar certos fatos empíricos sobre a percepção do tempo, uma vez que, estamos sujeitos a ilusões de tempo. Dentre as distorções de tempo, as mais estudadas são provavelmente as devidas ao efeito da modalidade sensorial, principalmente as de estímulo visual, investigando as variações de velocidade do movimento [3].

Isso é suportado, principalmente, por estudos que vêm investigando os mecanismos que podem levar a esse tipo de distorção do tempo, por meio de estímulos visuais com mudanças de velocidade em realidade virtual imersiva e não-

imersiva [11-13]. A realidade virtual vem ganhando destaque dentro da investigação neuropsicológica, podendo fornecer uma representação e controle preciso dos estímulos perceptivos dinâmicos (i.e. visual, auditivo, olfativo), e assim representar um marcador das diferenças individuais e traços comportamentais associados a interpretação dos intervalos de tempo [14].

Diante do exposto, poucos estudos examinaram a relação entre o processo de temporização associado a realidade virtual não-imersiva por meio de um estímulo visual com mudança de velocidade do movimento. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi analisar as modificações corticais e o desempenho do indivíduo induzido por mudanças na reprodução da velocidade de movimento (original, *slow* e *fast*) de um estímulo virtual não-imersivo em 3D (tridimensional), em uma tarefa de produção do tempo. Admite-se que a capacidade de perceber o tempo seja alterada, e que a potência absoluta da banda teta apresente uma maior atividade cortical, após um estímulo visual com mudanças de velocidade.

Materiais e métodos

Caracterização da Pesquisa

Trata-se de um estudo *crossover* randomizado, que foi realizado na Universidade Federal do Piauí, Campus Ministro Reis Velloso, no Laboratório de Mapeamento Cerebral e Funcionalidade, Parnaíba – Piauí, Brasil, através da análise comportamental e eletrofisiológica em sujeitos saudáveis. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Piauí (nº 2.049.479).

Participantes

Foram selecionados 30 indivíduos destros, baseado nos estudos de Nyman et al. e Glicksohn et al. [11, 13], do sexo masculino, com idade entre 18 a 30 anos, com idade média \pm desvio-padrão = $20 \pm 2,0$ anos. O estudo incluiu amostra de indivíduos apenas do sexo masculino, com o objetivo de evitar diferenças em alguns parâmetros do EEG [15]. Foram excluídos indivíduos com baixa acuidade visual com valores $\leq 0,7$, avaliado pelo Teste de Acuidade Visual de Snellen [16], presença de déficit

cognitivo avaliado pelo Mini-Exame do Estado Mental (MEM), que excluiu os indivíduos com escore abaixo de 24, de acordo com o nível de escolaridade da amostra [17] e sujeitos sinistros, avaliado pelo Inventário de Lateralidade de Edimburgo [18], ambos aplicados no primeiro dia do experimento. Foi vetado o uso de cafeína e/ou qualquer estimulante do SNC 10 horas antes da coleta de dados [19]. Após a seleção, 24 sujeitos corresponderam aos critérios de elegibilidade do estudo e foram incluídos na amostra. As condições de Realidade virtual foram randomizadas, com os sujeitos cegos para ambas as condições. Dos 24 sujeitos, 3 abandonaram o estudo pelas seguintes razões: 1 não desempenhou toda a tarefa e 2 não tiveram mais disponibilidade para continuar no estudo. Por fim, 21 sujeitos completaram o estudo.

Procedimento Experimental

O experimento ocorreu em 4 dias consecutivos, com a administração de um intervalo de 24hrs entre cada dia, a fim de evitar fatores previamente descritos que possam influenciar na durabilidade do efeito da realidade virtual (por exemplo, tempo de exposição ao ambiente virtual e a intensidade da experiência) [20, 21].

No primeiro dia do experimento o tipo de velocidade da reprodução do estímulo virtual foi randomizado (*original*, *fast*, *slow*), e em seguida o sujeito foi familiarizado com a tarefa de produção do tempo. Após 24hrs, simultaneamente à captação do sinal do EEG, o sujeito realizou a tarefa de produção do tempo com 1 bloco de 10 trilhas, com intervalo de 3 minutos de repouso com captação de sinal eletroencefalográfico, antes e após a tarefa, baseado no estudo de Glicksohn et al. [22].

Em seguida cada participante recebeu um estímulo visual não-imersivo em 3D, um vídeo com velocidades de reprodução (*original*, *fast* ou *slow*) previamente sorteadas, com duração de 15min [23]. O vídeo foi reproduzido com os óculos estereoscópico de realidade virtual não-imersiva e sem a captação do sinal de EEG. Após o estímulo virtual, o participante passou por um intervalo de 3 minutos de repouso, seguido de mais um bloco de 10 trilhas da tarefa de produção do tempo, e do último repouso de 3 minutos, ambos com captação de sinal eletroencefalográfico. Além disso, o participante realizou um teste de atenção, (Teste de Stroop) através do *software* Testinpacs, na qual o participante realizava o teste logo após o primeiro

repouso, logo após o segundo repouso, e após o último repouso, com o objetivo de verificar se o nível de atenção do indivíduo era alterado pela tarefa de produção do tempo. O mesmo procedimento ocorreu nos próximos 2 dias, diferindo apenas o tipo de estímulo virtual que o sujeito foi submetido, uma vez que, todos os participantes foram expostos às três condições de realidade virtual (Figura 1).

O teste computadorizado palavra-cor de Stroop – TESTINPACS foi aplicado da seguinte maneira: Um monitor colorido de 17 polegadas foi posicionado ao nível dos olhos dos participantes, a uma distância aproximada de 80 cm. No Stroop 1, retângulos (2,0 cm x 2,5 cm) nas cores verde, azul, preto e vermelho foram apresentados, individualmente, no centro do monitor. Nos cantos inferiores do monitor, respostas em correspondência ou não à cor do retângulo foram exibidas até que o participante respondesse à tentativa pressionando as teclas (←) ou (→) de um teclado padrão. Na segunda etapa, Stroop 2, tanto os estímulos quanto as respostas foram exibidos na condição de palavras, sempre em cor branca. Computava-se como acerto a coincidência de estímulo e resposta. Por último, Stroop 3, o nome de uma das quatro cores era exibido em cor incompatível. Nessa etapa, o participante foi instruído a pressionar a tecla correspondente à cor das letras e a inibir a resposta para a identidade da palavra formada. Em todas as etapas, os estímulos foram apresentados de modo aleatório (12 tentativas/etapa) e o tempo registrado em milissegundos [24, 25].

Quanto a tarefa de produção do tempo, o *software* desenvolvido possui quatro fases. Na primeira, aparece no monitor a indicação do comando "enter" para iniciar a tarefa, em seguida, o programa apresenta a solicitação da produção dos tempos 1, 4, 7 ou 9s que aparecem aleatoriamente. Em seguida, o software apresenta no monitor uma bola amarela iniciando a produção do tempo. Posteriormente, os participantes produzem (pressionando enter no teclado) o tempo solicitado no monitor e finalizam a tarefa pressionando a tecla "enter" novamente (Figura 2).



Fig.1 Representação das etapas do desenho experimental. Fonte: Própria.

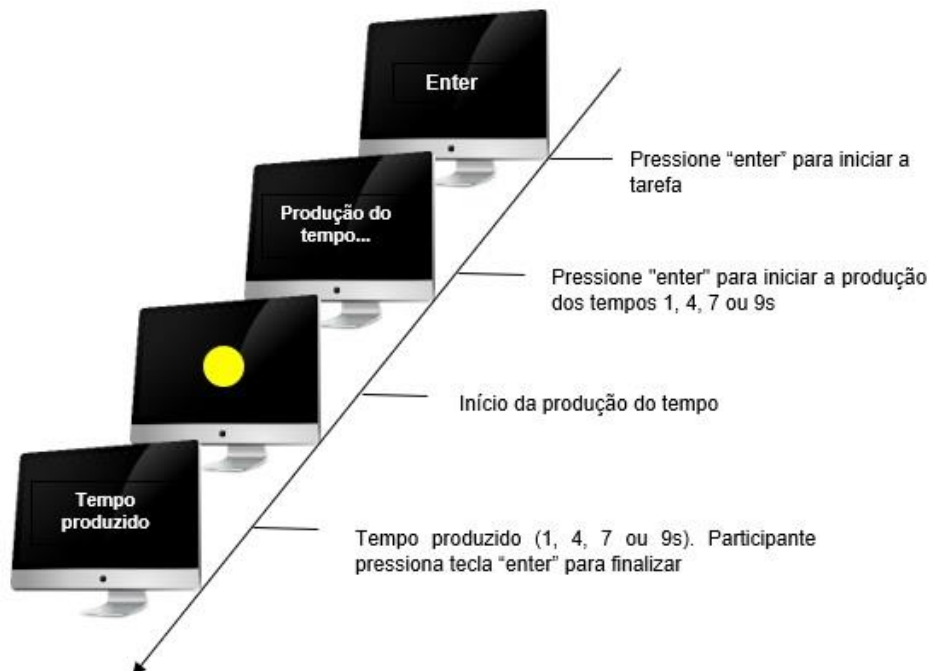


Fig.2 Tarefa de produção do tempo. Fonte: Própria.

Aquisição de dados

Para captação do sinal eletroencefalográfico o indivíduo se manteve em uma sala com isolamento acústico e elétrico, sentado confortavelmente em uma cadeira com suporte para os braços a fim de minimizar os artefatos musculares durante a captação do sinal de EEG. O instrumento de medida utilizado foi o aparelho BrainNet

BNT-EEG compatível com eletroencefalografia digital, Mapeamento Cerebral e Vídeo-EEG (EMSA–Instrumentos Médicos, Brasil - Registrado na ANVISA sob N° 10324590007), o qual apresenta uma placa conversora analógica/digital (A/D) de 20 canais para EEG com resolução de 16 bits, colocada em um slote PCI Express de um Core I7 (LGA 1366). Os eletrodos foram dispostos seguindo o sistema internacional 10-20, através de uma touca de nylon, incluindo-se também os de referência posicionados nos lóbulos das orelhas (bi-auricular). O tamanho da touca utilizada estava de acordo com o perímetro craniano de cada sujeito (toucas de tamanhos variados). Na frente dos sujeitos estava posicionada uma tela LCD de 45 centímetros de largura e 23 de altura para a execução da tarefa de produção do tempo. O *software* para aquisição da tarefa de percepção é denominado EEG - Captação (Emsa-DELPHI 5.0).

Processamento dos dados

Foram selecionados para análise as derivações dos elétrodos F3, F4, área que corresponde ao córtex frontal que tem sido amplamente relacionado à informação temporal e processamento na memória de curto e longo prazo. Especificamente, o CPFDL em termos de estimativa individual de um determinado período relaciona-se ao armazenamento e recuperação de memória [5, 26]. Além disso, têm um papel fundamental nos processos de estimativa de tempo, especialmente em a gama de segundos [27].

Os dados foram processados no programa Matlab e analisados usando a ferramenta EEGlab. Os sinais do EEGq (Eletroencefalografia quantitativa) foram processados e extraídos a variável eletrofisiológica potência absoluta distribuída na banda de frequência teta. Foi compreendido numa janela de 2s, - 2s a 0 que corresponde do preparo à execução da tarefa. Os dados contidos nas épocas foram filtrados em bandas de passagem (0,1 a 100 Hz) e, a seguir, foram inspecionados visualmente visando à detecção de artefatos.

Análise da percepção do tempo

Os parâmetros de desempenho para análise da percepção de tempo, foram fornecidos pelo software que está associado ao EEGq. Para todas as tarefas foram gerados automaticamente pelo programa o número de trilhas, de trechos por trilha, o tempo produzido e o objetivo que ele deveria alcançar (1, 4, 7 ou 9 segundos). Esses dados foram fornecidos para a tarefa de produção do tempo.

Aplicação da realidade virtual

Para aplicação da RV optou-se pela utilização da RV não-imersiva, que é um instrumento que vêm sendo amplamente utilizado em experimentos de Psicologia e Neurociência, que pode ser facilmente combinada com muitos instrumentos externos comumente usados para registrar as atividades fisiológicas e cerebrais. Muitos pesquisadores relacionaram a RV com, por exemplo, os registros autonômicos (Resposta Galvânica da Pele, Eletromiografia), EEG e plataforma de força [28]. Os instrumentos utilizados neste experimento foram o óculos estereoscópico do Modelo Shinecon 2.0, 3d 360 Graus e um smartphone modelo Iphone 6s para reprodução do vídeo, com taxa de brilho de 500 cd/m², quantidade de luz considerada ideal para evitar prováveis efeitos oculares que a utilização do óculos estereoscópico pode causar, pelo fato das imagens em telas serem colocadas próximas dos olhos e visualizadas através de lentes de alta potência [29].

Edição e reprodução do vídeo

O vídeo foi selecionado no site Youtube com formato de 720p e 30fps (Figura 3). De acordo com Tori et al. [30], o ambiente virtual deverá ser tal que consiga coordenar a visualização e os sinais de entrada e saída em tempo real com uma degradação aceitável (máximo de 100 ms de atraso e mínimo de 10fps).



Fig.3 Representação do estímulo virtual utilizado nos óculos estereoscópico. Fonte: *software atube catcher*.

O estímulo visual consistiu em um vídeo com ambiente virtual de tráfego em área urbana, que é uma atividade cotidiana que está diretamente relacionada ao desempenho e o comportamento do motorista, recrutando demandas de atenção, habilidades motoras, e capacidade de percepção visual, auditiva e temporal [12, 31].

Para alterar a velocidade de reprodução do vídeo optou-se pela utilização do *software* VLC Média Player, um reprodutor e transmissor multimídia de código aberto. O *software* foi utilizado em um smartphone modelo Iphone 6s. As velocidades de reprodução do vídeo foram padronizadas (0.0x = original, 0.25x = *slow*, e 1.9x = *fast*). Ambos os vídeos, independente da velocidade de reprodução tiveram duração de 15 minutos, baseado no estudo Kashiwakura e Motoyoshi [12].

Análise Estatística

Para analisar a potência absoluta no CPFDL, uma ANOVA *three-way* de medidas repetidas foi realizada para a banda teta em cada intervalo de tempo (1, 4, 7 e 9 segundos) com fator entre-sujeitos as "condições" (RV Original, RV *Slow* e RV *Fast*), fator intra-sujeitos as "áreas do córtex cerebral" (CPFDL E e CPFDL D) "momento" (antes e após a aplicação da RV) para cada intervalo de tempo.

A ANOVA *three-way* de medidas repetidas obedeceu aos critérios dos testes de *Mauchley's* para avaliar a hipótese de esfericidade e o procedimento de esfericidade assumida para corrigir os graus de liberdade. Valores extremos foram identificados no *boxplot*, e foram transformadas em uma distribuição normal, aplicando a transformação logarítmica. A normalidade e homocedasticidade dos dados foram previamente verificadas pelos testes de *Levene* e *Kolmogorov-Smirnov*. As interações foram investigadas com um teste *t independente*. Quando uma ANOVA *three-way* de medidas repetidas era analisada separadamente para os fatores área e momento, foi considerado a significância estatística com um nível alfa-Bonferroni ajustado em $p=0,025$.

Na investigação do erro absoluto e do erro relativo para os intervalos de tempo (1, 4, 7 e 9 segundos) foi realizada uma ANOVA *two-way* de medidas repetidas com fator entre-sujeitos as “condições” (RV original, RV *slow* e RV *fast*) e fator intra-sujeitos, os “momentos” (antes e após a aplicação da RV). Para análise do teste de stroop computadorizado – TESTINPACS também foi realizada uma ANOVA *two-way* de medidas repetidas, com fator entre-sujeitos as “condições” (RV original, RV *slow* e RV *fast*) e fator intra-sujeitos, os “momentos” (stroop 1, stroop 2 e stroop 3). Para analisar as diferenças entre os momentos do stroop foi realizado um teste *t* pareado.

Ademais, duas regressões múltiplas foram realizadas para investigar a associação entre o desempenho na tarefa de produção do tempo, através do erro absoluto e erro relativo (variável dependente) e a potência absoluta da banda teta nas áreas corticais e tempo de resposta do teste de Stroop (variáveis independentes) no momento após aplicação da realidade virtual.

Uma abordagem univariada com correção de Greenhouse-Geisser (ϵ) para corrigir os graus de liberdade da distribuição F e parcial ao quadrado (η^2p) foi utilizada como uma medida de força de associação para a análise de medidas repetidas e com d de Cohen para o teste *t* de Student. A potência estatística e o intervalo de confiança de 95% (IC 95%) foram calculados para as variáveis dependentes. O poder estatístico foi interpretado como: baixa potência de 0,1 a 0,3; alta potência de 0,8 a 0,9. A magnitude do efeito foi interpretada utilizando as recomendações sugeridas por Cohen (1988): insignificante < 0,19; pequeno de 0,20 a 0,49; médio de 0,50 a 0,79; grande de 0,80 a 1,29. A probabilidade de 5% para o erro do tipo I foi adotada em todas as análises ($p \leq 0,05$), com correção de alfa-Bonferroni para as análises da interação, ajustando o valor para $p \leq 0,025$. As análises foram conduzidas utilizando

o software SPSS (Statistical Product and Service Solutions) para Windows versão 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA).

Resultados

Análise comportamental

Na análise através do erro absoluto houve uma interação estatisticamente significativa entre condição e momento no intervalo de tempo 1s [$F(2, 300) = 5,899$; $p = 0,003$; $\eta^2p = 38\%$; poder = 88%]. Na análise da interação observou-se diferença entre as condições apenas para o momento depois [$F(2, 378) = 10,263$; $p = 0,001$; $\eta^2p = 52\%$; Poder = 98%]. O teste de *post hoc* revelou diferença estatisticamente significativa entre as condições RV original e RV *fast* ($p = 0,001$) e entre as condições RV *slow* e RV *fast* ($p = 0,001$), além disso demonstrou que os sujeitos da condição *fast* apresentam maior média de erro na tarefa de produção do tempo, em relação as condições *slow* e original.

No intervalo de tempo 4s houve efeito principal para condição [$F(2, 414) = 4,978$, $p < 0,05$; $\eta^2p = 23\%$; poder = 79%]. O teste de *post hoc* indicou diferença estatisticamente significativa entre as condições RV *fast* e RV *slow* ($p = 0,001$), além disso, indicou que os sujeitos da condição *slow* apresentaram uma maior média de erro na tarefa de produção do tempo, do que as demais condições. As análises para 9s não tiveram resultados estatisticamente significativos ($p > 0,05$).

No intervalo de tempo 9s, foi observado uma interação estatisticamente significativa entre condição e momento [$F(2, 438) = 5,946$; $p = 0,003$; $\eta^2p = 26\%$; poder = 88%]. A análise da interação demonstra que houve diferença estatisticamente significativa entre as condições apenas no momento depois realidade virtual [$F(2, 438) = 5,921$; $p = 0,003$; $\eta^2p = 26\%$; Poder = 88%]. A análise intra grupos por meio do teste de *post hoc* revelou diferença estatisticamente significativa entre as condições RV original e RV *slow* ($p = 0,015$) e entre as condições RV *fast* e RV *slow* ($p = 0,001$). Além disso, os sujeitos da condição *slow* apresentaram uma maior média de erro na tarefa de produção do tempo, em relação às demais condições (Figura 4).

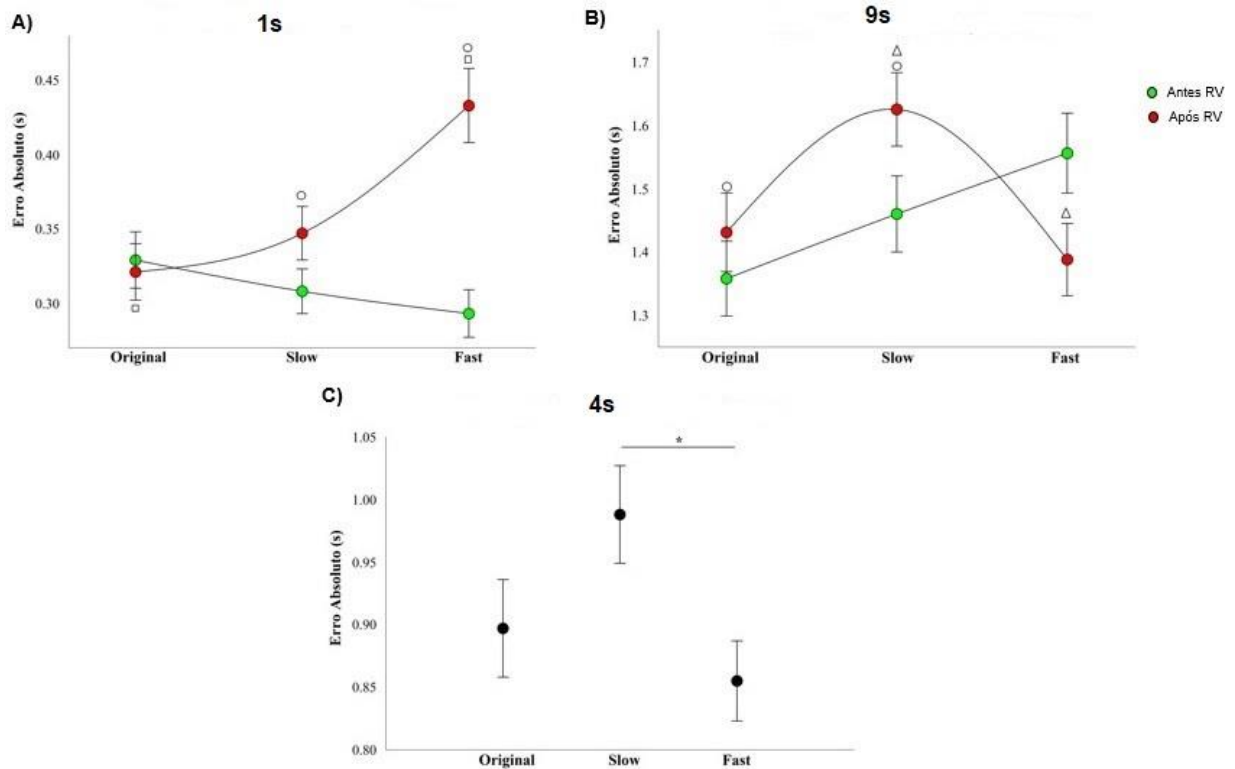


Fig.4 Desempenho dos participantes na tarefa de produção do tempo (A), interação entre condição e momento para 1s (B), interação entre condição e momento para 9s (C) e efeito principal para condição para o tempo 4s. As diferenças significativas entre as condições em cada momento são representadas pelos símbolos e as diferenças significativas entre as condições são representadas pelo asterisco (*).

Na análise comportamental por meio do erro relativo houve interação dupla estatisticamente significativa entre condição e momento no intervalo 1s [$F(2,432) = 3,735$, $p < 0,05$, $\eta^2 p = 17\%$; poder = 69%]. A análise da interação indicou que houve diferença estatisticamente significativa entre as condições somente no momento depois da realidade virtual [$F(2,432) = 7,732$, $p < 0,005$, $\eta^2 p = 35\%$; poder = 95%]. O teste de *post hoc* indicou diferença entre as condições RV original e RV *fast* ($p = 0,001$), e entre as condições RV *slow* e RV *fast* ($p = 0,001$). A análise intra grupos demonstra que a condição *fast* obteve uma maior média de erro na tarefa de produção do tempo, comparada as demais condições.

Além disso, houve efeito principal para condição no intervalo de tempo 4s [$F(2, 328) = 4,007$, $p < 0,05$; $\eta^2 p = 24\%$; poder = 72%]. O teste de *post hoc* indicou diferença estatisticamente significativa entre as condições RV original e RV *slow* ($p = 0,023$), e entre as condições RV *fast* e RV *slow* ($p = 0,011$). O teste de *post hoc*, indicou ainda que os sujeitos da condição *slow* apresentaram uma maior média de erro na tarefa de produção do tempo quando comparada as demais condições.

No intervalo de 7s também foi verificada uma interação dupla estatisticamente significativa entre condição e momento [$F(2,326) = 3,317, p < 0,05, \eta^2 p = 20\%$; poder = 63%]. Ao investigar a interação, obteve-se diferença entre as condições apenas no momento antes realidade virtual [$F(2,362) = 7,890, p < 0,005, \eta^2 p = 42\%$; poder = 95%]. O teste de *post hoc* demonstrou diferença estatisticamente significativa entre as condições RV original e RV *slow* ($p = 0,001$), além disso indicou que os sujeitos da condição *slow* apresentaram uma maior média de erro na tarefa de produção do tempo, em relação as demais condições (Figura 5). As análises para 9s não tiveram resultados estatisticamente significativos ($p > 0,05$).

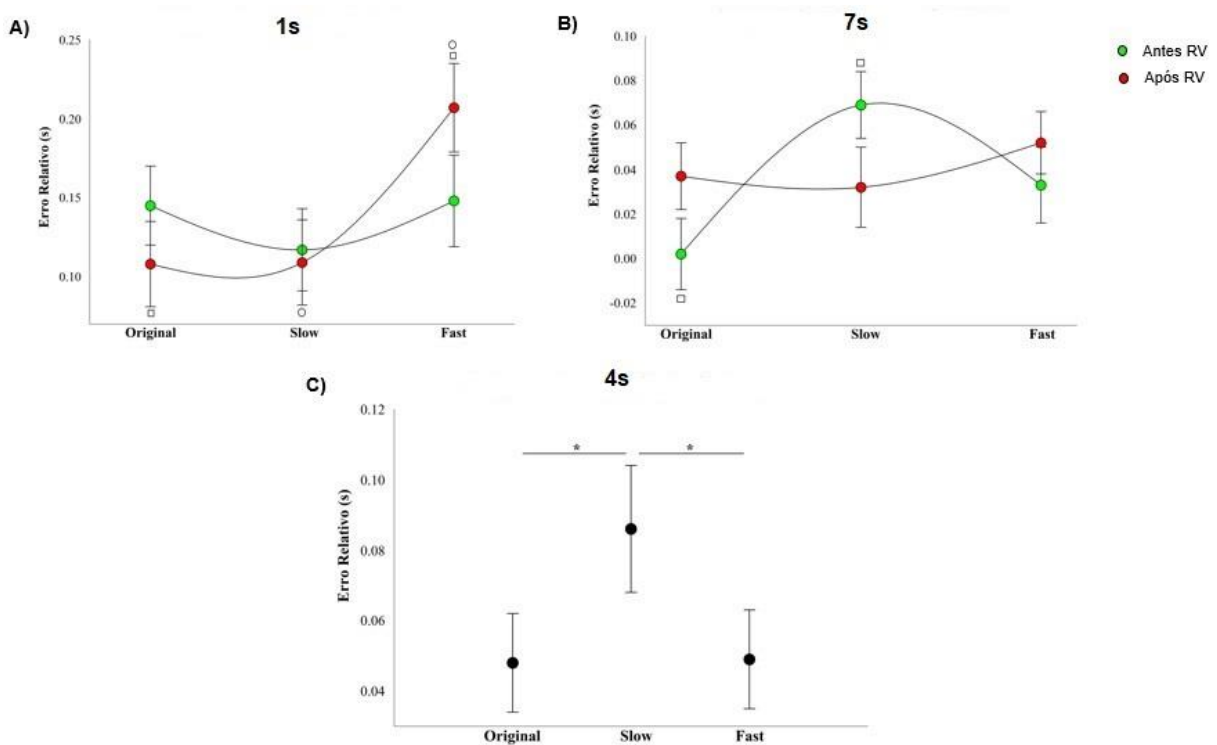


Fig.5 Julgamento dos participantes na tarefa de produção do tempo (A), interação entre condição e momento para 1s (B), interação entre condição e momento para 7s (C) e efeito principal para condição para o tempo 4s. As diferenças significativas entre as condições em cada momento são representadas pelos símbolos e as diferenças significativas entre as condições são representadas pelo asterisco (*).

Em relação à análise do teste de stroop, os resultados demonstraram que não houve diferença estatisticamente significativa na medida de desempenho da tarefa para erros e acertos em ambos os estágios do teste ($p > 0,05$). No entanto, a análise do tempo de resposta em milissegundos do teste de stroop apresentou efeito principal para momento no estágio II (palavra) [$F(2,478) = 6,339, p < 0,05, \eta^2 p = 26\%$; poder = 89%] e no estágio III (cor-palavra) [$F(2,502) = 82,02, p < 0,05, \eta^2 p = 24\%$; poder = 100%]. No estágio II o teste *t* pareado demonstrou diferença entre o stroop 1 (linha de

base) e stroop 2 [$t(234) = 3,054$, $p = 0,003$, $d = 0,29$], e entre o stroop 1 (linha base) e o stroop 3 [$t(239) = 4,023$, $p = 0,001$, $d = 0,97$] na condição *slow*, não houve diferença entre o stroop 2 e stroop3 ($p > 0,005$). No estágio III também houve diferença entre o stroop 1 (linha de base) e stroop 2 [$t(251) = 9,736$, $p = 0,001$, $d = 0,40$], e entre o stroop 1 (linha base) e o stroop 3 na condição original [$t(251) = 8,615$, $p = 0,001$, $d = 0,51$], *slow* [$t(251) = 7,247$, $p = 0,001$, $d = 0,54$] e *fast* [$t(251) = 7,185$, $p = 0,001$, $d = 0,54$] (Figura 6). Não houve diferença entre o stroop 2 e stroop 3 ($p > 0,005$).

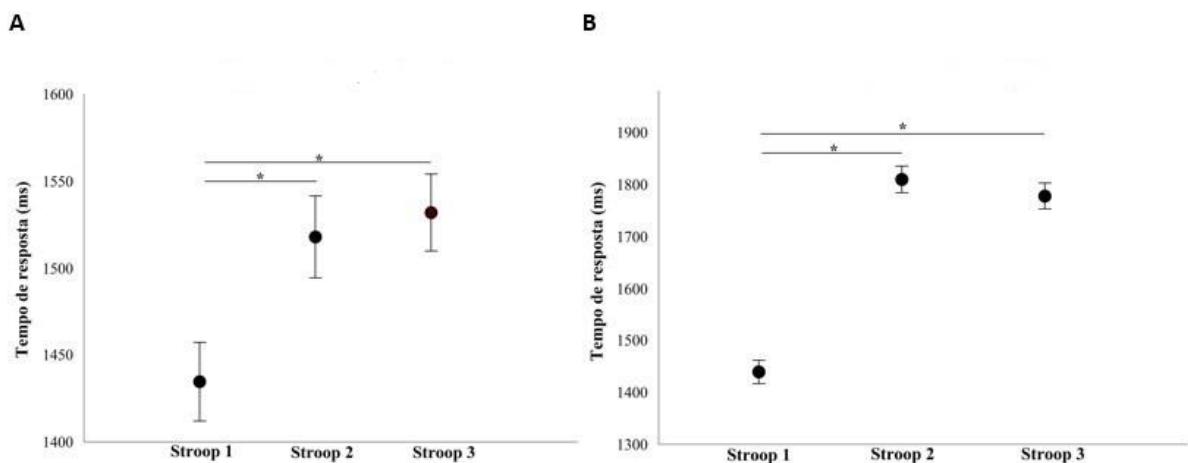


Fig.6 Desempenho dos participantes no tempo de resposta do Stroop (A), efeito principal para momento na etapa II (palavras) (B) e efeito principal para momento na etapa III (cor-palavra). As diferenças significativas entre os stroops são representadas pelo asterisco (*).

Análise eletrofisiológica

No intervalo de tempo 1s foi observado efeito principal para condição [$F(2,208) = 4,366$, $p < 0,05$, $\eta^2p = 40\%$; poder = 75%], momento [$F(1,104) = 6,345$, $p < 0,05$, $\eta^2p = 58\%$; poder = 71%] e área cortical [$F(1,104) = 47,659$, $p < 0,05$, $\eta^2p = 31\%$; poder = 100%]. O teste de *post hoc* indicou diferença estatisticamente significativa entre as condições RV original e RV *fast* ($p = 0,016$), e entre as condições RV *slow* e RV *fast* ($p = 0,016$). Além disso, o teste de *post hoc* revelou que os sujeitos da condição *fast* apresentam potência absoluta mais alta em relação as condições *slow* e original.

Na análise eletrofisiológica do intervalo de 4s foi observado efeito principal estatisticamente significativo para momento [$F(1,107) = 53,802$, $p = 0,005$; $\eta^2p = 34\%$; poder = 100%] e área cortical [$F(1,107) = 35,382$, $p = 0,005$; $\eta^2p = 25\%$; poder = 100%].

Além disso, os resultados indicaram que houve aumento da potência absoluta da banda teta no momento após realidade virtual nos quatro intervalos de tempo estudado, e em relação a área cortical houve um aumento mais proeminente da potência absoluta da banda teta no CPFDL direito nos quatro intervalos de tempo (Figura 7).

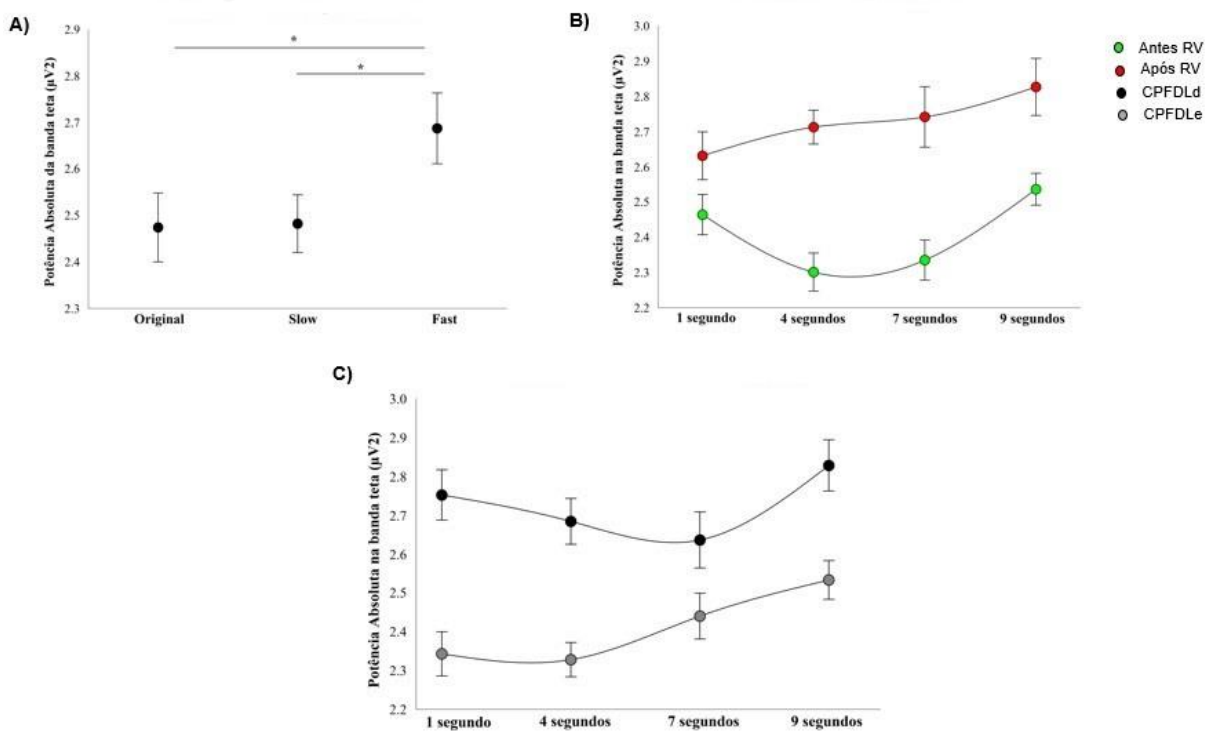


Fig.7 Comportamento da potência absoluta da banda teta no córtex pré-frontal dorsolateral (A), efeito principal para condição no intervalo 1s (B), efeito principal para momento nos quatros intervalos de tempo (C) e efeito principal para área cortical os quatros intervalos de tempo. As diferenças significativas entre as condições são representadas pelo asterisco (*).

Para o intervalo de tempo 7s foi observado uma interação tripla estatisticamente significativa entre condição, momento e área [$F(2,190) = 2,440$; $p = 0,028$; $\eta^2p = 37\%$; poder = 66%]. Na análise da interação entre condição, momento e área observou-se diferença entre as condições apenas para o momento depois no CPFDL esquerdo [$F(2,276) = 8,377$; $p = 0,001$; $\eta^2p = 57\%$; poder = 97%]. O teste de *post hoc* revelou que os sujeitos da condição *fast* apresentam potência absoluta mais alta em relação as condições *slow* e original. Já no CPFDL direito obteve-se diferença entre as condições no momento antes [$F(2,258) = 10,020$; $p = 0,001$; $\eta^2p = 72\%$; poder = 98%], na qual o teste de *post hoc* demonstrou que os sujeitos da condição *slow* apresentaram potência absoluta mais alta em relação a condição *fast* e original.

Na análise dentro do grupo por meio do Teste *t* independente, verificou-se diferença significativa apenas para as condições *slow* momento antes [$t(136) = 3,989$, $p = 0,001$, $d = 0,34$] e original momento depois realidade virtual [$t(139) = 4,392$, $p = 0,001$, $d = 0,37$].

No intervalo 9s houve também uma interação estatisticamente significativa entre condição e área [$F(2,224) = 3,641$; $p = 0,028$; $\eta^2p = 31\%$; poder = 67%]. A análise da interação revelou que na condição original houve diferença estatisticamente significativa entre o CPFDL direito e esquerdo, no momento antes [$F(1,135) = 16,371$; $p = 0,001$; $\eta^2p = 108\%$; poder = 98%] e depois [$F(1,150) = 11,371$; $p = 0,001$; $\eta^2p = 70\%$; poder = 92%]. Na condição *slow* houve diferença estatisticamente significativa apenas no momento antes [$F(1,144) = 5,646$; $p = 0,019$; $\eta^2p = 38\%$; poder = 66%], e já na condição *fast* houve diferença estatisticamente significativa no momento antes [$F(1,143) = 13,698$; $p = 0,001$; $\eta^2p = 87\%$; poder = 96%] e no momento depois [$F(1,146) = 4,130$; $p = 0,004$; $\eta^2p = 28\%$; poder = 53%] (Figura 8).

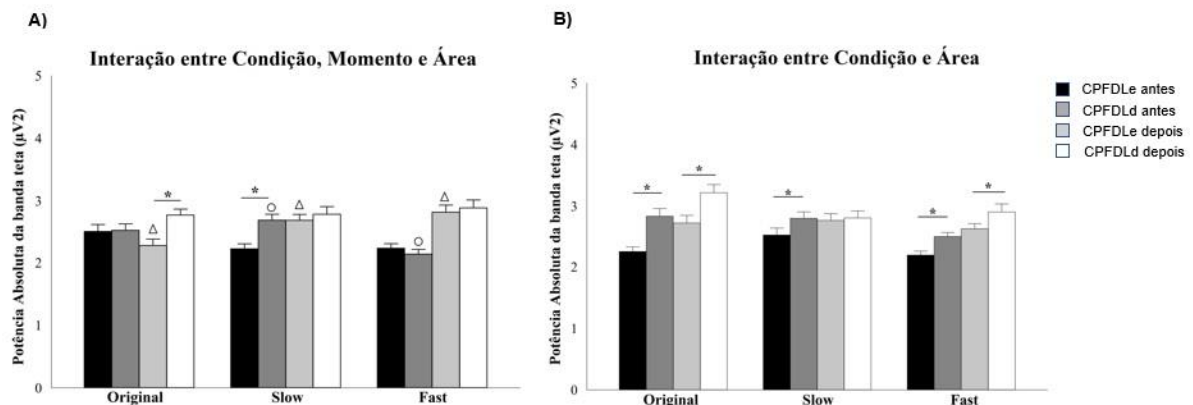


Fig.8 Comportamento da potência absoluta da banda teta no córtex pré-frontal dorsolateral (A), interação entre condição, momento e área para 7s (B) e interação entre condição e área para 9s. As diferenças significativas entre grupos são representadas pelos símbolos e as diferenças significativas dentre grupos são representadas pelo asterisco (*).

Associação do efeito da realidade virtual no desempenho da tarefa de produção e na atenção

A regressão múltipla demonstrou uma associação do erro absoluto com as mudanças na atividade cortical do córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo (Tabela 1). O modelo de regressão foi estatisticamente significativo, com $F(3,1671) = 200,940$;

$p=0,001$; adj. $R^2=0,51$, no qual demonstra um efeito de 51% sobre a predição de mudança das variáveis neurofisiológicas e nível de atenção em função do erro absoluto. No entanto, a regressão do desempenho no erro relativo não foi estatisticamente significativa $p>0,05$.

Tabela 1. Associação entre o desempenho no erro absoluto, as variáveis eletrofisiológicas e a atenção no momento após realidade virtual

Variáveis	B	SE	df	p	IC 95%	
					Mínimo	Máximo
CPFDL D	-0,31	0,01	4	0,15	-0,39	0,06
CPFDL E	0,06	0,01	4	0,01*	0,11	0,64
Stroop	-0,00	0,06	4	0,73	-0,06	0,00

Abreviações: B = coeficiente de regressão; SE = erro padrão; df = grau de liberdade; p = valor de p; IC = intervalo de confiança. CPFDL D = córtex pré-frontal dorsolateral direito; CPFDL E = córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo. As diferenças significativas são representadas pelo asterisco (*).

Discussão

O estudo investigou as modificações corticais na banda teta demonstrada pela potência absoluta ocasionadas por mudanças na reprodução da velocidade de movimento utilizando realidade virtual não-imersiva, além de alterações no desempenho da tarefa de produção do tempo e na atenção, com a hipótese de que mudanças na reprodução da velocidade de movimento aumenta a potência absoluta da banda teta, causa alterações no desempenho da tarefa de produção do tempo, ou seja, levando ao maior número de erros na execução da tarefa, e além disso, modifica as demandas de atenção do indivíduo.

Os resultados demonstraram que o desempenho na tarefa de produção do tempo foi pior nos participantes na condição *fast* para o intervalo de tempo 1s, no momento após aplicação do estímulo visual com mudança da velocidade de movimento. De fato, já é bem conhecido que a percepção de duração dos estímulos em movimento rápido é distorcida e provoca uma dilatação subjetiva do tempo, uma vez que, os sinais de estimulação sensorial dependem de processos de diferentes

velocidades e diferentes áreas corticais, proporcionando medições e disparos neurais heterogêneos durante o processo de temporização [32]. Em complemento ao exposto, o estudo de Kaneko e Murakami [33], por meio de dois experimentos de duração e reprodução do tempo, com frequência temporal, espacial e a velocidade do estímulo ajustadas, evidenciaram que a velocidade do estímulo, mais do que a frequência temporal ou a frequência espacial, descreve de maneira mais precisa a duração percebida de um estímulo em movimento, com a duração aparente aumentando proporcionalmente com a velocidade.

Grivel et al. [34] analisaram as modulações na produção de duração por intermédio de filmes alterados por velocidade: controle (100%), acelerado (150%) e desacelerado (50%). Os resultados normalizados indicaram que, em comparação com a condição controle (100%), a exposição a filmes acelerados e desacelerados encurtou $4,9 \pm 1,6\%$ e diminuiu $6,5 \pm 3,1\%$, respectivamente, durações produzidas, onde os efeitos eram de maior magnitude nos filmes acelerados, quando comparado com os lentos. Em geral, as velocidades mais rápidas aumentam o tempo percebido em maior grau do que as velocidades mais lentas [35], o que foi identificado neste estudo, porém apenas para o intervalo de tempo 1s.

Por outro lado, os achados no presente estudo demonstraram que a condição *slow* promove mais erros na interpretação dos intervalos de tempo de 4s, 7s e 9s, no momento após aplicação do estímulo virtual com mudanças de velocidade do movimento. Isso é sustentado pelo estudo de Kashiwakura e Motoyoshi [12], no qual utilizaram um vídeo natural com várias velocidades (0.0x estático, 0.25x *slow*, ou 1.9x *fast*, em relação a velocidade original) como estímulo. Logo, os resultados indicaram que os filmes lentos eram percebidos como mais curtos (ou seja, com o tempo compactado) em comparação com as imagens estáticas, o que sugere um ajuste de *feedbacks* e *loops* neurais (ou seja, estriato-tálamo-cortical e fronto-estriatal) com osciladores externos no processo de percepção e processamento das informações temporais.

Em contrapartida, os intervalos mais curtos tendem a ser superestimados e intervalos mais longos subestimados (lei de Vierordt), um efeito aplicado a estímulos estacionários e em movimento, caracterizando um modelo de mudança do tempo percebido, que mantém que os intervalos associados a mais mudanças são percebidos como mais longos do que os intervalos com menos alterações [35], corroborando com nossos achados, onde o maior número de erros na tarefa de

produção do tempo foi associado à mudanças na velocidade de reprodução do movimento, alterando o tempo percebido.

Semelhante a tarefa de investigação desenvolvida em nosso estudo, Nyman et al. [11], investigaram o principal efeito da velocidade de movimento observada durante a reprodução de vídeo na produção de tempo, utilizando como estímulo uma sequência de vídeo que retratou as pessoas andando de um lado para o outro através de um mercado interno em um espaço circunscrito, a velocidade de movimento nas três condições foram, lenta (80%), normal (100%) e rápida (120%) com uma duração fixa de 12 minutos. Ao contrário dos resultados apresentados em nossa pesquisa, a análise de dados não revelou efeito principal significativo da condição na produção de tempo em qualquer um dos três experimentos, nem houve um efeito principal de fps ou um efeito interativo entre condição, talvez pelo fato do estudo ter empregado uma manipulação mais sutil da velocidade de reprodução em comparação com estudo de Grivel et al. [34], por exemplo.

Além disso, está cada vez mais claro que os resultados dos experimentos de temporização frequentemente dependem do método usado para medir a percepção. Mesmo quando as propriedades não temporais e os requisitos da tarefa são mantidos constantes, a percepção do tempo é sensível ao conjunto de durações usadas no estudo - o contexto "global". Somado a isto, os pesquisadores são confrontados com a plasticidade do observador. Os pesquisadores fazem observações repetidas para reduzir o ruído em seus dados, mas no caso da percepção humana, isso simplesmente cria um alvo em movimento, porque a plasticidade neural e a aprendizagem podem produzir mudanças drásticas no desempenho em períodos relativamente curtos de tempo [36], o que também pode ser observado nos resultados aqui apresentados, devido mudanças no desempenho em diferentes janelas temporais e em diferentes condições de estímulos com mudanças de velocidade.

Em se tratando dos resultados das medidas comportamentais da atenção através do teste de Stroop computadorizado – TESTINPACS, os resultados demonstraram que houve diferença apenas sobre o tempo de resposta. Como esperado os resultados sobre o tempo de resposta revelaram diferenças significativas nas etapas II (palavra) e III (cor-palavra). O mesmo não foi encontrado na etapa I (cor), provavelmente pela facilidade de respostas na ausência dos efeitos de interferência palavra-cor [25]. Estes achados foram consistentes com o experimento de Córdova et al. [24], mostrando que quando os participantes sofrem os efeitos da interferência

palavra-cor (situação de conflito) em relação à etapa de identificação da cor do retângulo, as medidas sobre o tempo de resposta e erros cometidos elevam substancialmente. Entretanto os resultados aqui apresentados não são conclusivos em relação a tarefa que influenciou o desempenho no teste de stroop, uma vez que na etapa II houve maior tempo de resposta no stroop 3, realizado no final do experimento, enquanto que na etapa III, o maior tempo de resposta foi no stroop 2, aplicado logo após a tarefa de produção do tempo.

De particular interesse também foram os resultados da análise eletrofisiológica por meio do EEG, que relevou um aumento da potência absoluta na banda teta no CPFDL direito. Estudos de neuroimagem demonstram que o córtex pré-frontal dorsolateral direito está intimamente relacionado à recuperação da memória e desempenho, além disso a área pré-frontal lateral direita está relacionada à capacidade de filtrar informações irrelevantes (ou seja, âncoras) e a capacidade de orientar, sustentar e manipular informações relevantes e úteis na memória de trabalho [37-39]. Polti et al. [40] sugerem que os intervalos de tempo podem ser mantidos em memória de trabalho como qualquer outro conteúdo informativo em partes, e o efeito de memória de trabalho estaria relacionado à precisão com a qual qualquer informação é mantida no sistema. Além disso, CPFDL direito reflete a interferência com processos de memória, o que implica que intervalos mais longos são mais vulneráveis do que intervalos curtos para os processos de memória, assim como a atividade CPFDL direito é muito mais comum em tarefas controladas cognitivamente do que em aquelas classificadas como automáticas [6, 27], confirmando nossos achados em uma tarefa cognitiva na faixa de segundos, intervalo mais longo.

Os achados no presente estudo evidenciam aumento da potência absoluta da banda teta no momento após aplicação do estímulo virtual com mudanças de velocidade, em ambas as janelas de tempo, isso indica que a realidade virtual não-imersiva pode influenciar o sistema de inibição-excitação cortical nas funções temporais. Medidas de desempenho (por exemplo, respostas corretas e tempo de conclusão) derivadas de tarefas usando realidade virtual mostram sensibilidade moderada na detecção de prejuízos cognitivos em populações clínicas, especialmente na avaliação de habilidades visuoespaciais e de memória, uma vez que são tarefas virtuais que simularam locais familiares para humano [41]. A realidade virtual possui com isso, sensibilidade para investigar a capacidade visuoespacial, memória

episódica, memória prospectiva, memória de trabalho, atenção e funções executivas [14].

Os resultados neste contexto, indicam que a realidade virtual atua em domínios mais cognitivos da percepção do tempo, visto que o estímulo visual não-imersivo aumentou a potência absoluta da banda teta no CPFDL direito em intervalos de tempo mais longos, na faixa de segundos.

No entanto, o estudo apresenta algumas limitações, tais como, a não utilização de uma amostra com sexo feminino devido à diferenciação dos parâmetros do EEG de acordo com o sexo, além disso, outro aspecto a ser ponderado refere-se a não utilização do teste de stroop antes e logo após o estímulo virtual, o que poderia indicar se o estímulo virtual alterou ou não a atenção do indivíduo, podendo desta forma melhor sustentar nossos resultados quanto ao comportamento do nível de atenção.

Conclusão

Estímulos visuais com mudanças na velocidade do movimento pioram o desempenho na tarefa de produção do tempo principalmente em velocidade lenta, enquanto que aumentam a atividade da potência absoluta da banda teta no córtex pré-frontal dorsolateral direito na velocidade acelerada, em diferentes intervalos de tempo, indicando uma dilatação subjetiva do tempo. Desta forma, a realidade virtual não-imersiva com mudanças de velocidade diminui o desempenho na tarefa de produção do tempo e atua em domínios cognitivos na faixa de segundos. No entanto, não foi possível afirmar se a atenção foi modificada pelo estímulo visual ou pela tarefa de produção do tempo.

O estudo fornece novas informações de suporte para a investigação da percepção do tempo, em estímulos com mudanças de velocidade do movimento, relacionando com análise eletrofisiológicas e demandas de atenção em tarefas cognitivas. No entanto, novas investigações com utilização de estímulos visuais com mudanças de velocidade associando com tarefa de produção do tempo em janelas de tempo menores que atuam em domínios mais automáticos, também devem ser exploradas. Além disso, a avaliação do nível de atenção do indivíduo antes e logo após estímulos visuais com mudanças de velocidades poderão fornecer novas informações dos efeitos da realidade virtual sob a atenção.

Aprovação ética e consentimento para participação

Todos os procedimentos experimentais foram aprovados de acordo com os protocolos e os regulamentos éticos estabelecidos pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Piauí (nº 1.610.197) e estão de acordo com os padrões éticos estabelecidos na Declaração de Helsinque de 1964.

Conflito de interesses

Os autores declaram não ter conflitos de interesse.

Referências

1. Marinho V, Oliveira T, Rocha K et al (2018) The dopaminergic system dynamic in the time perception: a review of evidence. *Int J Neurosci* 128(3):262-282.
2. Gupta DS (2014) Processing of sub- and supra-second intervals in the primate brain results from the calibration of neuronal oscillators via sensory, motor, and feedback processes. *Front Psychol* 816 (5): 1-16.
3. Ghaderi AH, Moradkhani S, Haghigatfard A et al (2018) Time estimation and beta segregation: An EEG study and graph theoretical approach. *PLoS ONE* 13(4): 1-16.
4. Meck WH (2005) Neuropsychology of timing and time perception. *Brain Cogn*.58(1):1-8.
5. Fontes R, Ribeiro J, S. Gupta D, Machado D et al (2016) Time perception mechanisms at central nervous system. *Neurol Int* 8(1):5939.
6. Ballotta D, Lui F, Porro CA, Nichelli PF, Benuzzi F (2018) Modulation of neural circuits underlying temporal production by facial expressions of pain. *PLoS ONE* 13(2):e0193100.
7. Mioni G, Stablum F, McClintock MS, Grondin S (2014) Different methods for reproducing time, different results. *Atten Percept Psychophys* 76(3): 675–681.
8. Coull JT, Cheng RK, Meck WH (2011) Neuroanatomical and neurochemical substrates of timing. *Neuropsychopharmacology* 36:3-25.
9. Nakayama R, Motoyoshi I, Sato T (2018) Discretized Theta-Rhythm Perception Revealed by Moving Stimuli. *Scientific Reports*. 8:5682.

10. Meltzer JA, Negishi M, Mayes LC, Constable RT (2007) Individual differences in EEG theta and alpha dynamics during working memory correlate with fMRI responses across subjects. *Clin Neurophysiol* 118(11):2419-2436.
11. Nyman TJ, Karlsson EPA, Antfolk J (2017) As time passes by: Observed motion-speed and psychological time during video playback. *PLoS ONE* 12(6): e0177855.
12. Kashiwakura S, Motoyoshi I (2017) Relative Time Compression for Slow-Motion Stimuli through Rapid Recalibration. *Front. Psychol* 8:1195.
13. Glicksohn J, Berkovich-ohana A, Mauro F, Ben-soussan TD (2017) Time Perception and the Experience of Time When Immersed in an Altered Sensory Environment. *Front. Hum. Neurosci* 11: 487.
14. Valladares-rodríguez S, Pérez-rodríguez R, Anido-rifón L, Fernández-iglesias M (2016) Trends on the Application of Serious Games to Neuropsychological Evaluation: A Scoping Review. *J Biomed Inform* 64:296-319.
15. Corsi-cabrera M, Ramos J, A. Guevara M, Arce C, Gutierrez S (1993) Gender differences in the eeg during cognitive activity. *Intern. J. Neuroscience* 72: 257-264.
16. Oliveira RS, Parizotto AV, Caleffi MF, Beal C, Yeh W, Vicensi MC (2013) Avaliação da acuidade visual em escolares no município de Herval d'Oeste, Santa Catarina, Brasil. *Rev Bras Med Fam Comunidade* 8(28):180-6.
17. Lourenço RA, Veras RP (2006) Mini-Exame do Estado Mental: características psicométricas em idosos ambulatoriais. *Rev Saúde Pública* 40(4):712-9.
18. Oldfield RC (1971) The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia* 9(1):97-113.
19. Ribeiro JA, Marinho FVC, Rocha K et al (2018) Low-frequency rTMS in the superior parietal cortex affects the working memory in horizontal axis during the spatial task performance. *Neurol Sci.* 39(3):527-532.
20. Kennedy RS, Lanham DS, M. Drexler J, J. Massey C (1997) A Comparison of Cybersickness Incidences, Symptom Profiles, Measurement Techniques, and Suggestions for Further Research. *Presence* 6:6.
21. Carvalho MR, Costa RT, Nardi AE (2011) Simulator Sickness Questionnaire: tradução e adaptação transcultural. *J Bras Psiquiatr.* 60(4):247-52.
22. Glicksohn J, Berkovich-ohana A, Dotan TB, Goldstein A, Donchin O (2009) Time Production and EEG Alpha Revisited. *NeuroQuantology* 1: 138-151.
23. Santos JC, Barros FL, Junior PVO et al (2016). Realidade virtual e facilitação neuromuscular proprioceptiva como abordagem para funcionalização do tempo de reação visual, equilíbrio dinâmico e força muscular. *Rev Pesquisa em Fisioterapia* 6(3):223-235.

24. Córdova C, Karnikowski MGO, Pandossio JE, Nóbrega OT (2008) Caracterização de respostas comportamentais para o teste de Stroop computadorizado - TESTINPACS. *Revista de Neurociências* 4:75-79.
25. Barbosa, Daniel Fernandes, Prada, Francisco José A., Glanner, Maria Fátima, Nóbrega, Otávio de Toledo, Córdova, Cláudio (2010) Resposta cardiovascular ao Stroop: comparação entre teste computadorizado e verbal. *Arq. Bras. Cardiol*, 94(4), 507-511.
26. Lucas M, Chaves F, Teixeira S et al (2013). Time perception impairs sensory-motor integration in Parkinson's disease. *International Archives of Medicine* 6:39.
27. Koch G, Oliveri M, Caltagirone C (2009) Neural networks engaged in milliseconds and seconds time processing: evidence from transcranial magnetic stimulation and patients with cortical or subcortical dysfunction. *Phil. Trans. R. Soc. B* 364: 1907–1918.
28. Tieri G, Morone G, Paolucci S, Iosa M (2018) Virtual reality in cognitive and motor rehabilitation: facts, fiction and fallacies. *Expert Rev Med Devices* 15(2):107-117.
29. Turnbull PRK, Phillips JR (2017) Ocular effects of virtual reality headset wear in young adults. *SCieNTifiC REPOrts*, 7: 16172.
30. Tori R, Kirner C, Siscoutto R (2006) Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. Pré-Simpósio VIII Symposium on Virtual Reality. Belém – PA.
31. Domenichini L, Branzi V, Meocci M (2018) Virtual testing of speed reduction schemes on urban collector roads. *Accident Analysis and Prevention* 110: 38–51.
32. Gavazzi G, Bisio A, Pozzo T (2013) Time perception of visual motion is tuned by the motor representation of human actions. *SCieNTifiC REPOrts* 3:1168.
33. Kaneko S, Murakami I (2009) Perceived duration of visual motion increases with speed. *J. Vis.* 9:14.
34. Grivel J, Bernasconi F, Manuel AL, Murray MM, Spierer L (2011) Dynamic calibration of our sense of time. *Neuropsychologia* 49: 147±50.
35. Brown SW (1995) Time, change, and motion: the effects of stimulus movement on temporal perception. *Percept. Psychophys* 57: 105–116.
36. Matthews WL, Meck WH (2014) Time perception: the bad news and the good. *WIREs Cogn Sci* 5:429–446.
37. Li J, Yin X, Li D, Liu X, Wang G, Qu L (2017) Controlling the Anchoring Effect through Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) to the Right Dorsolateral Prefrontal Cortex. *Front. Psychol* 8:1079.
38. Mackey WE, Devinsky O, Doyle WK, Meager MR, Curtis CE (2016) Human Dorsolateral Prefrontal Cortex Is Not Necessary for Spatial Working Memory. *The Journal of Neuroscience* 6(10):2847–2856.

39. Binkofski F, Block RA (1996) Accelerated time experience after left frontal cortex lesion. *Neurocase* 2: 485- 493.
40. Polti I, Martin B, van Wassenhove V (2018) The effect of attention and working memory on the estimation of elapsed time. *Scientific REPOrts* 8:6690.
41. Rodriguez-andres D, Mendez-lopez M, Juan MC, Perez-hernandez E (2018) A Virtual Object-Location Task for Children: Gender and Videogame Experience Influence Navigation; Age Impacts Memory and Completion Time. *Front. Psychol.* 9:451.

3.2 Artigo em inglês

Jun, 28, 2018

Editorial Office – Neuropsychologia

Dear Editor-in-Chief,

I am enclosing herewith the manuscript entitled Changes in the movement reproduction speed increase the theta band absolute power and alter the time production task performance on account of the journal's high scientific quality standards. This manuscript has not been published or accept for publication elsewhere and is not currently under consideration at any other journal.

For the Editors, I would like to disclose the following information about the study: The current study has a goal to investigate cortical modifications and individual performance induced by changes in motion speed (original, slow and fast) of a non-immersive 3D virtual stimulus in a time production task.

Authorship statement: All persons who participated in this manuscript have contributed significantly to the scientific development of the paper. All the authors have a substantial contribution. Moreover, all the authors participated in the paper-making process and approved the final version, wich is being submitted. All persons acknowledge that they have participated in the work to take responsibility for its content. Each participant agrees that this material has not been and will not be submitted to publish before its appearance in the Neuropsychologia.

Sincerely,

Diandra Martins

**Changes in the movement reproduction speed increase the theta band
absolute power and alter the time production task performance**

Diandra Caroline Martins e Silva^{a,b*}, Silmar Teixeira^{c,d}, Gabriela Teles^{a,b}, Victor Marinho^{c,d}, João Marques^a, Anderson Escórcio^a, Ana Cláudia Freitas^{a,b}, Monara Nunes^a, Carla Ayres^c, Juliana Bittencourt Marques^e, Maurício Cagy^f, Victor Hugo Bastos^{a,b}

a Brain Mapping and Functionality Laboratory, Federal University of Piauí, Parnaíba, 64202-020, Brazil.

b Masters Programs in Biomedical Science, Federal University of Piauí, Parnaíba, 64202-020, Brazil.

c Neuro-innovation Technology & Brain Mapping Laboratory, Federal University of Piauí, Parnaíba, 64202-020, Brazil.

d The Northeast Biotechnology Network, Federal University of Piauí, Teresina, 64.049-550, Brazil.

e Laboratory of neurophysiology and neuropsychology of attention, Veiga de Almeida University, Cabo Frio, 28909-000, Brazil

f Masters and PhD Program in Biomedical Engineering - COPPE, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 21941-450, Brazil.

*Corresponding author at: Federal University of Piauí, Brazil. Brain Mapping and Functionality Laboratory - Av. São Sebastião nº2819 – Nossa Sra. de Fátima – Parnaíba, PI, CEP: 64202-020, Brazil.

E-mail address: diandra_martins@yahoo.com.br

ABSTRACT

Time perception is a relative function for each person that involves a cognitive process and sensory integration. However, it is necessary to describe the neurobiological aspects of the time perception through new approaches using virtual stimuli to identify behavioral traits associated with the time intervals interpretation. This study aimed to investigate cortical modifications and individual performance induced by changes in motion speed of a non-immersive 3D virtual stimulus in a time production task. It is a crossover study with 21 subjects in three-speed conditions: original, slow and fast. It was realized the electroencephalographic analysis of the theta band absolute power in the dorsolateral prefrontal cortex simultaneously with time production task execution, and attention analysis with the Stroop test. The slow condition subjects presented a greater number of errors in time production task after virtual reality ($p \leq 0.005$) and the response time in stage III of the Stroop was higher after time production task ($p \leq 0.005$). In the electrophysiological analysis, there was an increase in theta band absolute power in the right dorsolateral prefrontal cortex in all time windows investigated ($p \leq 0.005$). In this way, the virtual stimulus with velocity changes alters the performance of time production task, acting in cognitive domains within seconds, especially in the right dorsolateral prefrontal cortex.

Keywords: electroencephalography; time perception; virtual reality; theta rhythm.

1. Introduction

Time perception is a stable function that occurs through dynamic reactions of the Central Nervous System (CNS) to process and interpret the environment events [1]. In this context, encoding temporal information involves a cognitive and sensory integration process [2] which requires a complex mechanism of cortical oscillations during the temporal information processing as well as the adjuvant action of external oscillators (e.g., sensory receptors) [3-5].

Although no specific region to interpret time intervals during production tasks, there is a requirement of oscillatory inputs and outputs in cortical regions during the timing of scales at the sub and supra-second levels [6, 7]. In particular, the dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC), acts on the time intervals interpretation in the sub and supra-second scales, due to neural connections that influence neurobiological aspects in the time perception, such as sensorimotor integration, memory, attention and, decision-making. The study by Coull, Cheng, and Meck [8] showed that the cortical areas (basal ganglia, DLPFC, and supplementary motor area) are essential in the time intervals task interpretation.

Psychological and physiological studies are using electroencephalography (EEG) to better understanding the time neural processing. In the frequency domain, theta oscillations is an EEG rhythm which reflects the neural time processing, since the theta band is strongly relating to attention, conscious perception, and behavioral performance [9, 10]. These current conceptualizations are not capable of explaining some empirical facts about the time perception yet. Among the time distortions, the most studied are probably those due to sensory modality effect, mainly those from visual stimulus which investigating the movement speed variations [3]. It is supported by studies of the mechanisms that may lead to time distortion through visual stimuli using velocities in immersive and non-immersive virtual reality [11-13]. Virtual reality (VR) has gained prominence within neuropsychological research and may provide a precise representation and control of dynamic perceptual stimuli (i.e., visual, auditory, olfactory), and to represent a marker of individual differences and behavioral traits associated with time intervals interpretation [14].

Few studies examined the relationship between the timing processes associated with non-immersive virtual reality through visual stimulus with a change of movement speed. Therefore, this study aimed to analyze the cortical modifications and

the subject performance induced by changes in the movement speed reproduction (original, slow and fast) of a 3D non-immersive virtual stimulus, in a time production task.

2. Materials and methods

2.1. Research Characterization

It is a randomized crossover study, through the behavioral and electrophysiological analysis in healthy subjects, carried out at the Federal University of Piauí, in the Brain Mapping and Functionality Laboratory, Parnaíba - Piauí, Brazil. The Research Ethics Committee of the Federal University of Piauí (n   2,049,479) approved the study.

2.2. Subjects

Thirty right-handed subjects were selected, based on the studies of Nyman et al. and Glicksohn et al. [11,13], male, aged between 18 and 30 years, with mean age \pm standard deviation = 20 ± 2.0 years. The study included a sample of only male individuals, with the aim of avoiding differences in some EEG parameters [15]. Low visual acuity subjects with values ≤ 0.7 were excluded as assessed by the Snellen Visual Acuity Test [16]. The cognitive deficit assessed by the Mini-Mental State Examination (MMSE), which excluded subjects with a score below 24, according to the schooling level of the sample [17] and, left-handed subjects, evaluated by the Edinburgh Handedness Inventory [18], both applied on the first day of the experiment. The use of caffeine or other CNS stimulant were banned 10 hours before to data collection [19]. After selection, 24 subjects met the eligibility criteria. Virtual Reality conditions were randomized with blinded subjects to both conditions. Of the 24 subjects, three dropped out for the following reasons: one did not complete the task and, two were no longer available to continue the study. Finally, 21 subjects completed the study.

2.3. Experimental Procedure

The experiment occurred on four consecutive days, with a 24-hour wash-out, to avoid previously described factors that may influence the durability of the virtual reality effect (for instance, exposure time to the virtual environment and intensity of experience) [20, 21].

On the first day, the virtual stimulus reproduction speed was randomized (original, fast, slow), and the subjects were familiarized with the time production task. Based on the study by Glicksohn et al. [22], the subject performed the time production task with 1 block of 10 trials, and, 3-minute EEG resting interval, before and after the task.

The subject received a non-immersive 3D visual stimulus, a video with playback speeds (original, fast or slow) previously drawn, and lasting 15 minutes [23]. The video was reproduced with non-immersive stereoscopic virtual reality glasses and without EEG signal capture. After the virtual stimulus, the subjects underwent 3 minutes EEG resting interval, followed by another block of 10 trials of the time production task and, then, the last 3 minutes EEG resting (both with the electroencephalographic signal capture). In addition, after the first, second and last EEG resting, the subjects performed an attention test (Stroop Test) through the Testinpacs software, so we could see if the time production task altered the subjects' attention level. The same procedure occurred in the next 2 days, differing only in the type of virtual stimulus, since all participants were exposed to the three conditions of virtual reality (Fig.1).

The Stroop word-color test TESTINPAC was applied as follows: A 17-inch color monitor positioned at eye level of subjects at approximately 80 cm. In Stroop 1, rectangles (2.0 cm x 2.5 cm) in green, blue, black and red were individually displayed in the center of the monitor. In the monitor lower corners, displayed responses corresponding to or not to the rectangle color until the subject responded by pressing the (←) or (→) keys on a standard keyboard. In Stroop 2, both the stimuli and the displayed responses were in the condition of words, always in white color. The coincidence of stimulus and response were calculated as a match. Finally, Stroop 3, one name of the four displayed colors was in incompatible color. At this stage, the subject was instructed to press the key corresponding to the color of the letters and to inhibit the response of the formed word. At all stages, the presented stimuli were randomly (12 trials/step) and the time recorded in milliseconds [24, 25].

As with the time production task, the software has four phases. In the first one, the "enter" command appears in the monitor to start the task. After, the program

displays on the monitor for the subject to indicate the time interval among the random intervals displayed of 1, 4, 7 or 9 seconds. Next, the software displays a yellow ball on the monitor, initiating the time production. Subsequently, the subjects produce (pressing enter key) the time requested on the monitor and end the task by pressing the "enter" key again (Fig. 2).

The electroencephalographic signal was recorded with the subjects in a room with acoustic and electrical insulation, and they were sitting comfortably in a chair with arms support to minimize the muscular artifacts during EEG signal record. The measuring instrument used was the BrainNet BNT-EEG device compatible with digital electroencephalography, Brain Mapping and Video-EEG (EMSA-Medical Instruments, Brazil - Registered in ANVISA under no. 10324590007), which features an analogue/digital converter board (A/D) of 20 channels for EEG with 16-bit resolution, placed on a PCI Express slot of a Core i7 (LGA 1366). The electrodes followed the international 10-20 system through a nylon cap, also including reference ones placed on the earlobes (bi-auricular). The size of the cap used was according to the cranial perimeter of each subject (caps of varied sizes). The study used an LCD screen 45 centimeters wide and 23 centimeters high for the time production task's performance and EEG - Capture (Emsa-DELPHI 5.0), a software for acquisition of the perception task.

2.4. Data processing

We selected F3 and F4 electrodes for analysis which correspond to the frontal cortex related to temporal information and short and long-term memory processing. Specifically, the DLPFC relates to memory storage and retrieval [5, 26]. In addition, these electrodes play a key role in time estimation processes, especially in the range of seconds [27].

The study used the Matlab program to process data and the EEGLab tool to analyze the EEG signals which were processed to extract the absolute power electrophysiological variable distributed in the theta band frequency. It was understood in a window of - 2s to 0 which corresponds to the task execution preparation. The data contained in the epochs were filtered through passbands (0.1 to 100 Hz) and then visually inspected for artifact detection.

2.5. Time perception analysis

The time production software associated with EEGq provided the performance parameters for time perception. The program generated automatically for each task, the number of trials and trials per trials, the time produced.

2.6. Virtual reality application

For the VR application, we use non-immersive VR, which is a tool widely used in experiments and may be easily combined with external instruments to record the physiological and brain activities. Many researchers are linking VR with, for instance, autonomic registers (Galvanic Skin Response, Electromyography), EEG and force platform [28]. The instruments used in this experiment were the stereoscopic glasses of the Model Shinecon 2.0, 3d 360 degrees and an iPhone 6s smartphone for video reproduction. With brightness rate of 500 cd/m², amount of light considered ideal to avoid probable ocular effects caused by stereoscopic glasses [29].

2.7. Editing and playing video

The video was selected on the YouTube site in the form of 720p and 30fps (Fig. 3). According to Tori et al. [30], the virtual environment should coordinate the visualization and the input and output signals in real time with an acceptable degradation (maximum of 100 ms of delay and minimum of 10fps). The visual stimulus consisted of a video with the virtual environment of traffic in an urban area, which is an everyday activity directly related to the performance and the driver behavior, recruiting demands of attention, motor skills, and capacity of visual, auditory and temporal perception [12, 31].

To change the video playback speed, we use on an iPhone 6s smartphone, a VLC Media Player software, an open source multimedia player, and transmitter. Video playback speeds were standardized (0.0x = original, 0.25x = slow, and 1.9x = fast). Both videos, regardless of playback speed, lasted 15 minutes, based on the study by Kashiwakura and Motoyoshi [12].

2.8. Statistical analysis

To analyze the absolute power in the DLPFC, we performed a three-way ANOVA of repeated measurements for the theta band at each time interval (1, 4, 7 and 9 seconds). With factor between-subject conditions (Original VR, Slow VR, and Fast VR). Factor intra-subjects "the brain cortex areas" (left DLPFC and right DLPFC) and "moment" (before and after VR application) for each time interval (1, 4, 7 and 9 seconds).

The three-way ANOVA of repeated measures obeyed the Mauchly's test criteria for assessing the sphericity hypothesis and the assumed sphericity procedure to correct degrees of freedom. We identified extreme values in the boxplot and transformed into a normal distribution, applying the logarithmic transformation. We previously verified the data normality and homoscedasticity by the Levene and Kolmogorov-Smirnov tests. We also investigated the interactions with an independent t-test. When a three-way ANOVA of repeated measurements was analyzed separately for area and time factors, statistical significance was considered with an alpha-Bonferroni level adjusted at $p = 0.025$.

In the investigation of the absolute error and relative error for the time intervals (1, 4, 7 and 9 seconds), we used a two-way ANOVA of repeated measures with factor between-subject conditions (original VR, slow VR and fast VR) and intra-subject factor, "moments" (before and after the VR application). For the Stroop test - TESTINPACS analysis, a two-way ANOVA of repeated measures was also performed, with the factor between the "conditions" (original VR, slow VR, and fast VR) and intra-subject factor, the "moments" (Stroop 1, Stroop 2 and, Stroop 3). To analyze the differences between Stroop moments we performed a paired t-test.

In addition, we performed two multiple regressions to investigate the prediction of the time production task performance, through absolute error and relative error (dependent variable), the theta band absolute power, and response time of the Stroop test (independent variables) at the moment after VR application. We used a univariate approach with Greenhouse-Geisser correction (ϵ) to correct the degrees of freedom of the F-distribution and partial-squared (η^2p) as a measure of the strength of association for the repeated measurements analysis and with Cohen's d for the Student's t-test. We calculated the statistical power and the 95% confidence interval (95% CI) for the dependent variables. Statistical power interpretation was: the low power from 0.1 to

0.3; high power from 0.8 to 0.9. The magnitude of the effect was interpreted using the recommendations suggested by Cohen (1988): insignificant <0.19 ; small ratio from 0.20 to 0.49; mean from 0.50 to 0.79; large from 0.80 to 1.29. The probability of 5% for type I error was adopted in all analyzes ($p \leq 0.05$), with alpha-Bonferroni correction for the analysis of the interaction, adjusting the value for $p \leq 0.025$. The analyses were conducted using SPSS (Statistical Product and Service Solutions) software for Windows version 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

3. Results

3.1. Behavioral analysis

In the absolute error analysis there was a statistically significant interaction between condition and moment in the time interval 1s [$F(2,300) = 5.899$; $p = 0.003$; $\eta^2p = 38\%$; power = 88%]. In the interaction analysis, we observed a difference between the conditions only for the moment after [$F(2,378) = 10.263$; $p = 0.001$; $\eta^2p = 52\%$; power = 98%]. The post hoc test revealed a statistically significant difference between the VR original and VR fast conditions ($p < 0.001$) and between VR slow and VR fast conditions ($p < 0.001$). In addition, it showed that the fast condition subjects presented a higher mean of error in the time production task in relation to the slow and original conditions.

In the 4s time interval there was main effect for condition [$F(2,414) = 4,978$, $p < 0.05$; $\eta^2p = 23\%$; power = 79%]. The post hoc test indicated a statistically significant difference between the VR fast and VR slow conditions ($p < 0.001$), indicating that the slow condition subjects had a higher average error in the time production task than the other conditions. Analyzes for 9s did not have statistically significant results ($p > 0.05$).

In the 9s time interval, a statistically significant interaction between condition and moment was observed [$F(2,438) = 5.946$; $p = 0.003$; $\eta^2p = 26\%$; power = 88%]. The interaction analysis shows a statistically significant difference between the conditions only at the moment VR after [$F(2,438) = 5.921$; $p = 0.003$; $\eta^2p = 26\%$; power = 88%]. Within group analyzes using the post hoc test revealed a statistically significant difference between the VR original and VR slow conditions ($p = 0.015$) and between VR fast and VR slow conditions ($p < 0.001$). In addition, the slow condition subjects

presented a higher mean of error in the time production task in relation to the other conditions (Fig. 4).

In the behavioral analysis through the relative error there was a statistically significant double interaction between condition and moment in the interval of 1s [$F(2,432) = 3,735$, $p < 0.05$, $\eta^2p = 17\%$; power = 69%]. The analysis of the interaction indicated a statistically significant difference between the conditions at the moment VR after [$F(2,432) = 7,732$, $p < 0.005$, $\eta^2p = 35\%$; power = 95%]. The post hoc test indicated a difference between the VR original and VR fast conditions ($p < 0.001$), and between VR slow and VR fast conditions ($p < 0.001$). The within group analysis shows that the fast condition obtained a higher average error in the time production task compared to the other conditions.

In addition, there was major effect for condition in the time interval of 4s [$F(2,328) = 4.007$, $p < 0.05$; $\eta^2p = 24\%$; power = 72%]. The post hoc test indicated a statistically significant difference between the VR original and VR slow conditions ($p = 0.023$), and between VR fast and VR slow conditions ($p = 0.011$). The post hoc test indicated the slow condition subjects had a higher average error in the time production task when compared to the other conditions.

In the interval of 7s a statistically significant double interaction between condition and moment was also observed [$F(2,326) = 3,317$, $p < 0,05$, $\eta^2p = 20\%$; power = 63%]. When investigating the interaction, we obtained a difference between the conditions only at the time VR before [$F(2,362) = 7.890$, $p < 0.005$, $\eta^2p = 42\%$; power = 95%]. The post hoc test showed a statistically significant difference between the VR original and VR slow conditions ($p < 0.001$), and the slow condition subjects had a higher average error in the time production task, in relation to the other conditions (Fig. 5). Analyzes for 9s did not present statistically significant results ($p > 0.05$).

Regarding the Stroop test analysis, the results presented no statistically significant difference in the task performance measure for errors and correctness in both stages of the test ($p > 0.05$). However, the response time analysis in milliseconds of the Stroop test presented main effect for moment at stage II (word) [$F(2,478) = 6.339$, $p < 0.05$, $\eta^2p = 26\%$; power = 89%] and stage III (word-color) [$F(2,502) = 82.02$, $p < 0.05$, $\eta^2p = 24\%$; power = 100%]. In stage II, the t -test showed a difference between Stroop 1 (baseline) and Stroop 2 [$t(234) = 3.054$, $p = 0.003$, $d = 0.29$], and between Stroop 1 and stroop 3 [$t(239) = 4.023$, $p = 0.001$, $d = 0.97$] in the slow condition, no difference between Stroop 2 and Stroop 3 ($p > 0.005$). In stage III, there was also a

difference between Stroop 1 (baseline) and Stroop 2 [$t(251) = 9.736$, $p = 0.001$, $d = 0.40$], and between Stroop 1 and Stroop 3 in the original condition [$t(251) = 8.615$, $p = 0.001$, $d = 0.51$], slow [$t(251) = 7.247$, $p = 0.001$, $d = 0.54$] and fast [$t(251) = 7.185$, $p = 0.001$, $d = 0.54$] (Fig. 6). There was no difference between Stroop 2 and Stroop 3 ($p > 0.005$).

3.2. Electrophysiological analysis

In the time interval of 1s the main effect was observed for condition [$F(2.208) = 4.366$, $p < 0.05$, $\eta^2p = 40\%$; power = 75%], moment [$F(1.104) = 6.345$, $p < 0.05$, $\eta^2p = 58\%$; power = 71%] and cortical area [$F(1.104) = 47.659$, $p < 0.05$, $\eta^2p = 31\%$; power = 100%]. The post hoc test indicated a statistically significant difference between the original VR and fast VR conditions ($p = 0.016$) and between slow VR and fast VR conditions ($p = 0.016$) revealing that subjects of fast condition presented higher absolute power relative to slow and original conditions.

In the electrophysiological analysis of the 4s interval, statistically significant main effect was observed at moment [$F(1.107) = 53.802$, $p = 0.005$; $\eta^2p = 34\%$; power = 100%] and cortical area [$F(1.107) = 35.382$, $p = 0.005$; $\eta^2p = 25\%$; power = 100%]. The results indicated an increase in the theta band absolute power after VR in the four-time intervals, and regarding the cortical area, there was a prominent increase in the theta band absolute power in the right DLPFC in the four-time intervals (Fig. 7).

For the time interval of 7s a statistically significant triple interaction between condition, moment and area was observed [$F(2.190) = 2.440$; $p = 0.028$; $\eta^2p = 37\%$; power = 66%]. In the interaction analysis we observed a difference between the conditions after moment in the left DLPFC [$F(2.276) = 8.377$; $p = 0.001$; $\eta^2p = 57\%$; power = 97%]. The post hoc test revealed that fast condition subjects presented higher absolute power regarding the slow and original conditions. In the right DLPFC, the difference between the conditions at the before time [$F(2.258) = 10.020$; $p = 0.001$; $\eta^2p = 72\%$; power = 98%], in which the post hoc test showed the slow condition subjects presented higher absolute power regarding the fast and original condition.

In the independent t test analysis within the group, a significant difference was verified for the slow condition before moment [$t(136) = 3.989$, $p = 0.001$, $d = 0.34$] and original moment after VR [$t(139) = 4.392$, $p = 0.001$, $d = 0.37$]. In the 9s interval there was also a statistically significant interaction between condition and area [$F(2.224) =$

3.641; $p = 0.028$; $\eta^2p = 31\%$; power = 67%]. The interaction analysis revealed in the original condition, a statistically significant difference between the right and left DLPFC at the time before [$F(1.135) = 16.371$; $p = 0.001$; $\eta^2p = 108\%$; power = 98%] and after [$F(1.150) = 11.371$; $p = 0.001$; $\eta^2p = 70\%$; power = 92%]. In the slow condition, a statistically significant difference was observed at the moment before [$F(1.144) = 5.646$; $p = 0.019$; $\eta^2p = 38\%$; power = 66%], and in fast condition, at the time before [$F(1.143) = 13.698$; $p = 0.001$; $\eta^2p = 87\%$; power = 96%] and at the moment after [$F(1.146) = 4.130$; $p = 0.004$; $\eta^2p = 28\%$; power = 53%] (Fig. 8).

3.3. The association of virtual reality effect on the production and attention task performance.

Multiple regression demonstrated an association of absolute error with changes in cortical activity of the left DLPFC (Table 1). The regression model was statistically significant, with $F(3.1671) = 200.940$; $p = 0.001$; adj. $R^2 = 0.51$, which shows a 51% effect on the prediction of neurophysiological variables change and attention level as a function of absolute error. However, the regression of performance on the relative error was not statistically significant $p > 0.05$.

4. Discussion

The study investigated cortical changes in the theta band absolute power caused by alterations in motion velocity reproduction using non-immersive virtual reality, as well as modifications in the time production task's performance. This study hypothesized that the movement speed reproduction increases the theta band absolute power, and causes changes in the time production task's performance, leading to the greatest number of errors in the task execution, and modifying the attention demands of the individual.

The results showed a worse time production task's performance in the fast condition subjects for the 1s time interval after applying the visual stimulus with the movement speed change. In fact, the duration perception of the fast-moving stimuli is distorted and causes a subjective dilation of time, since the signals of sensorial stimulation depend on processes of different velocities and different cortical areas, providing measurements and heterogeneous neural shots during the timing process

[32]. In addition, the study by Kaneko and Murakami [33], through the two-time duration and time reproduction experiments with adjusted temporal and spatial frequencies, and stimulus velocity, showed that stimulus velocity, more than temporal frequency or spatial frequency, they are more accurately describes the perceived duration of a moving stimulus, with the apparent duration increasing proportionately with velocity.

Grivel et al. [34] analyzed the modulations in the production of duration through films altered by speed: control (100%), accelerated (150%) and decelerated (50%). The normalized results indicated that, compared to the control condition (100%), the exposure to accelerated and decelerated films shortened by $4.9 \pm 1.6\%$ and decreased by $6.5 \pm 3.1\%$, respectively, produced durations, where the effects were of greater magnitude in the accelerated films when compared with the slow ones. In general, faster speeds increase perceived time to a greater degree than slower speeds [35], also identified in this study, but only for the time interval 1s. Due to an asymmetry of the discrimination function to occur in comparisons paired time intervals, that is, intervals between single events can vary continuously [36].

On the other hand, this study demonstrated the slow condition promotes errors in the time intervals interpretation of 4s, 7s, and 9s after the virtual stimulus application with movement speed changes. According with the Kashiwakura and Motoyoshi study [12], in which they used a multi-speed natural video (0.0x static, 0.25x slow or 1.9x fast, relative to the original speed) as a stimulus. Therefore, the results indicated slow films were perceived as shorter compared to static images, suggesting an adjustment of feedbacks and neural loops (i.e., striatal-thalamic-cortical and frontal-striatal) with external oscillators in the processing of perception and temporal information.

In contrast, both shorter and longer intervals tend to be overestimated and underestimated, respectively (Vierordt's law), an effect applied to stationary and moving stimuli, characterizing a perceived time shift model, which maintains the intervals associated with more changes are perceived as longer than intervals with fewer changes [35]. We also observed that the error numbers in time production task is regarding the changes in movement reproduction speed, altering the perceived time.

Nyman et al. [11] investigated the main effect of the motion velocity observed during video reproduction in time production. Using as a stimulus a video sequence that portrayed people walking from side to side through an internal market in a circumscribed space, the movement speed in the three conditions were slow (80%), normal (100%) and fast (120%) with a fixed duration of 12 minutes. Opposite to our

results, data analysis did not reveal a significant difference of the condition on time production in any of the three experiments. This fact may be occurred due to the study has employed a subtle manipulation of the speed reproduction compared to study by Grivel et al. [34].

Furthermore, it is increasingly clear that the results of timing experiments often depend on the method used to measure perception. Even when nontemporal properties and task requirements are constant, the time perception is sensitive to the set of durations used in the study - the global context. Moreover, the observer plasticity confronted researchers. To reduce noise in data, researchers make repeated observations, but in the human perception, it creates a moving target, because neural plasticity and learning can produce drastic performance changes in relatively short periods of time [37]. We also observed it in our results, due to modifications in performance in different time windows and stimulus conditions with changes of speed.

According to the results of the behavioral measures of attention through the Stroop test - TESTINPACS, there was a difference in the time response. As expected, the results revealed significant differences in stages II (word) and III (word-color), differently in step I (color), probably due to the ease of responses in the absence of word-color interference effects [25]. These findings were consistent with the experiment by Córdova et al. [24], showing when subjects suffer the effects of word-color interference (conflict situation) regarding the rectangle color identification step, measures on response time and errors made substantially increase. However, our results did not conclude regarding the task that influenced the Stroop test performance, since, in stage II, there was response time in Stroop 3, performed at the end of the experiment. Whereas in stage III, the response time was in Stroop 2, applied shortly after the time production task.

The electrophysiological analysis results using the EEG presented an increase in theta band absolute power in the right DLPFC. Neuroimaging studies demonstrate that the right DLPFC is regarding memory recovery and performance. In addition, the right lateral prefrontal area is related to the ability to filter irrelevant information (i.e., anchors), and to orient, sustain and manipulate relevant and useful information in working memory [38-40]. Polti et al. [41] suggest that time intervals can be in working memory as any other informative content in parts, and its effect would regarding the precision to keep any information in the system. In addition, the right DLPFC reflects interference with memory processes, which longer intervals are more vulnerable than

short ones, as the right DLPFC activity is more common in cognitively controlled tasks than in those classified as automatic [6, 27], confirming our findings in a cognitive task in the range of seconds, longer interval.

The findings in the present study show an increase in the theta band absolute power after applying the virtual stimulus with velocity changes in both time windows, indicating that non-immersive VR can influence the cortical inhibition-excitation system in purely temporal functions. Performance measures (e.g. correct responses and completion time) derived from tasks using VR show moderate sensitivity in detecting cognitive impairment in clinical populations, especially in the assessment of visuospatial skills and memory, since they are virtual tasks that simulate familiar sites to human [42]. Therefore, VR has a sensitivity to investigate visuospatial capacity, episodic memory, prospective memory, work memory, attention and executive functions [14]. In this context, the results indicate that VR acts in more cognitive domains of time perception since the non-immersive visual stimulus increased the theta band absolute power in the right DLPFC in longer time intervals in the second range.

The study has some limitations, such as the non-use of a female sample due to the differentiation of the EEG parameters according to gender. In addition, another aspect to be weighed refers to not using the Stroop test before and soon after the virtual stimulus, which could indicate if the virtual stimulus changes the attention of the individual or not, being able to better sustain our results regarding the behavior of the attention level.

5. Conclusions

Visual stimuli with changes in the movement speed worsen time production task's performance mainly at slow speed while increasing the theta band absolute power activity in the right DLPFC at the accelerated speed, at different time intervals, indicating a subjective dilation of time. In this way, non-immersive VR with speed changes resulted in a decrease in time production task's performance, acting in cognitive domains within seconds. However, it was not possible to state whether the modified attention was due to the visual stimulus or the time production task.

The study provides new supporting information for the time perception investigation of stimuli with changes in movement speed, relating to electrophysiological analysis and attention demands on cognitive tasks. However, new

investigations using visual stimuli with speed changes associated with the time production task in smaller time windows that operate in domains that are more automatic should also explore. In addition, assessing the individual's attention level before and after visual stimuli with changes in velocities may provide new insights into the virtual reality effects in attention.

Compliance with ethical standards

All experimental procedures were approved according to the protocols and ethical regulations established by the Research Ethics Committee of the Federal University of Piauí (No. 1.610.197) and in accordance with the ethical standards established in the Declaration of Helsinki of 1964.

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

Acknowledgements

We are grateful to Dr. Abrahão Fontes Baptista, Federal University of ABC, São Paulo, Brazil, for his advice on elaboration of our research project.

Abbreviations

CNS: Central Nervous System; DLPFC: Dorsolateral Prefrontal Cortex; EEG: Electroencephalography; VR: virtual reality; 3D: three-dimensional; MEM: Mental State Mini-Exam; SPSS: Statistical Product and Service Solutions.

Figure's caption

Figure 1: The experimental design stages representation. Source: Own elaboration.

Figure 2: Time production task. Source: Own elaboration.

Figure 3: The virtual stimulus representation used in stereoscopic glasses. Source: software atube catcher.

Figure 4: Subjects performance in the time production task (A), the interaction between condition and moment for 1s (B), the interaction between condition and moment for 9s (C) and the main effect for the condition for 4s. The significant differences between the conditions at each time point are represented by the symbols and the significant differences between the conditions are represented by the asterisk (*).

Figure5: Subjects judgment in the time production task (A), the interaction between condition and moment for 1s (B), the interaction between condition and moment for 7s (C) and the main effect for the condition for 4s. The significant differences between the conditions at each time point are represented by the symbols and the significant differences between the conditions are represented by the asterisk (*).

Figure 6: Subjects performance in the response time of Stroop (A), the main effect for moment in stage II (words) (B) and the main effect for moment in stage III (word-color). Significant differences between Stroops are represented by the asterisk (*).

Figure 7: The theta band absolute power behavior in the dorsolateral prefrontal cortex (A), the main effect for the condition in the interval of 1s (B), the main effect for the moment in the four-time intervals (C) and main effect for cortical area four time intervals. Significant differences between conditions are represented by the asterisk (*).

Figure 8: The theta band absolute power behavior in the dorsolateral prefrontal cortex (A), the interaction between condition, moment and area for 7s (B) and interaction between condition and area for 9s. Significant differences between groups are represented by symbols and significant differences among groups are represented by the asterisk (*).

Table caption

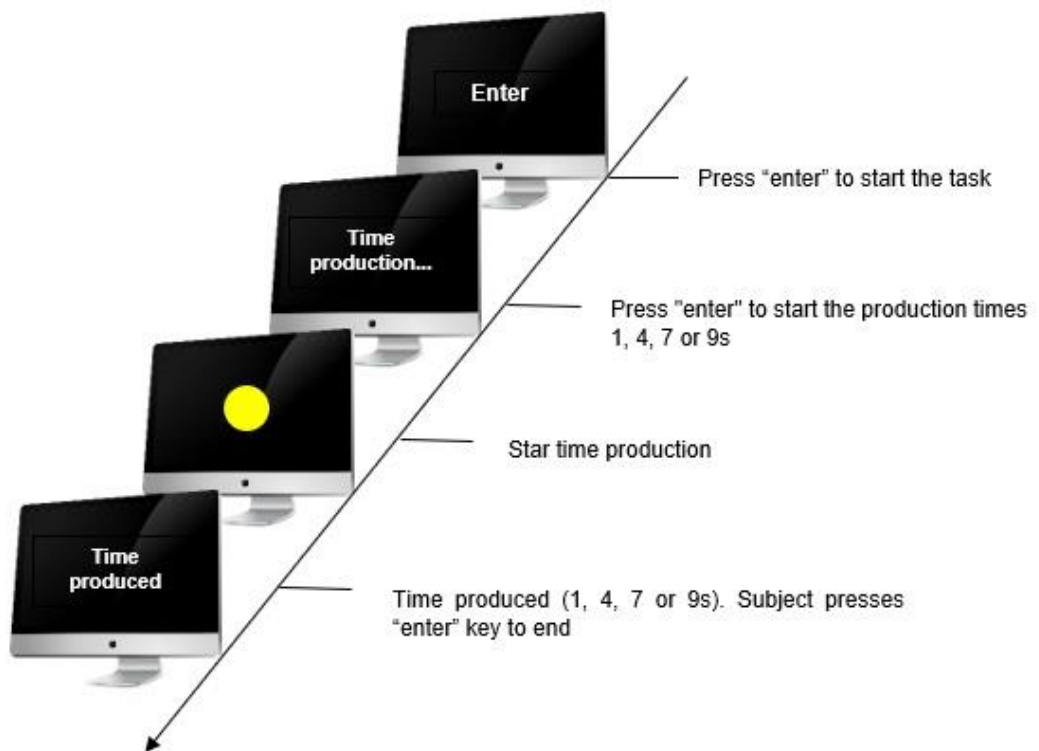
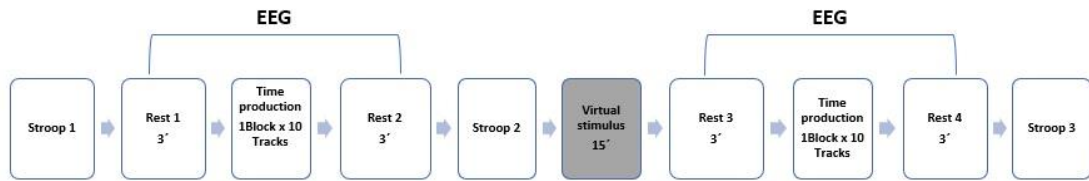
Table 1: Association between performance in absolute error, electrophysiological variables and attention at the moment after virtual reality.

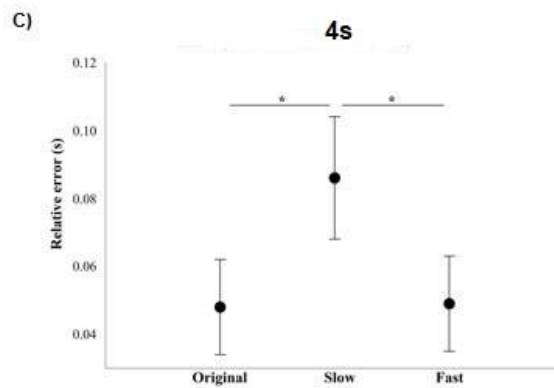
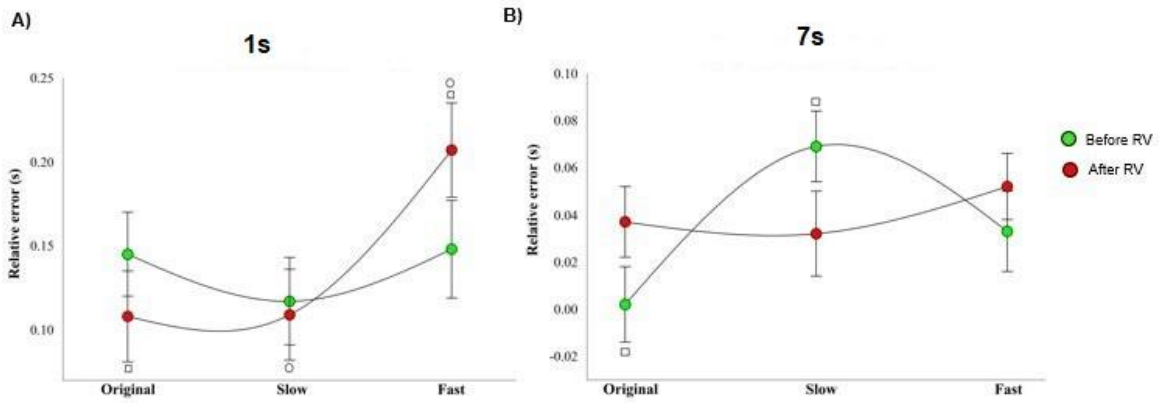
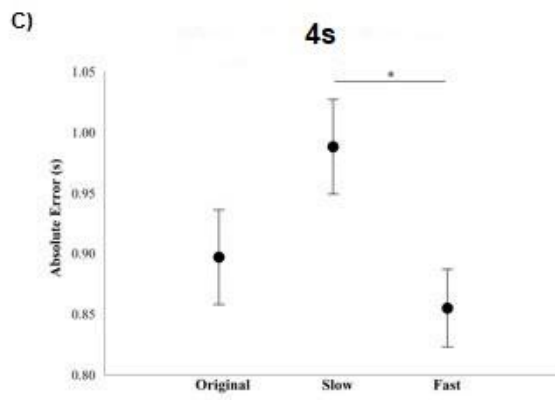
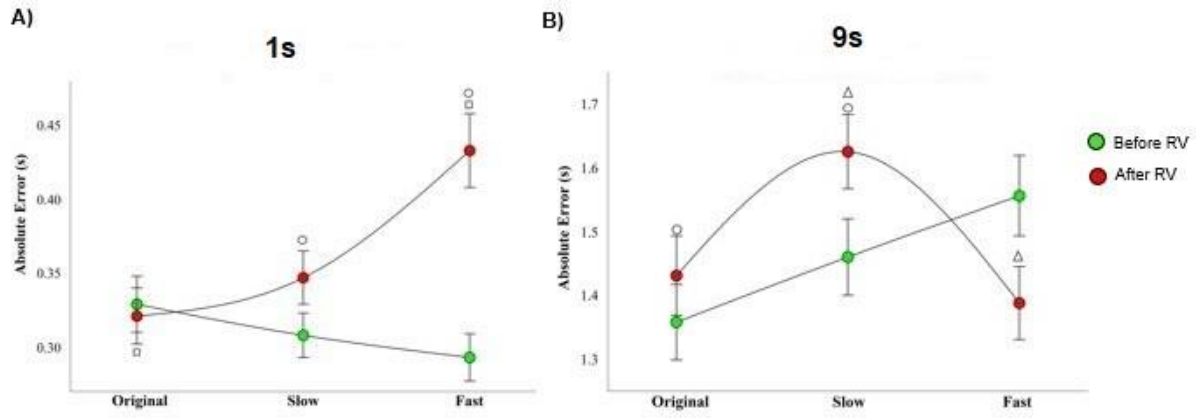
References

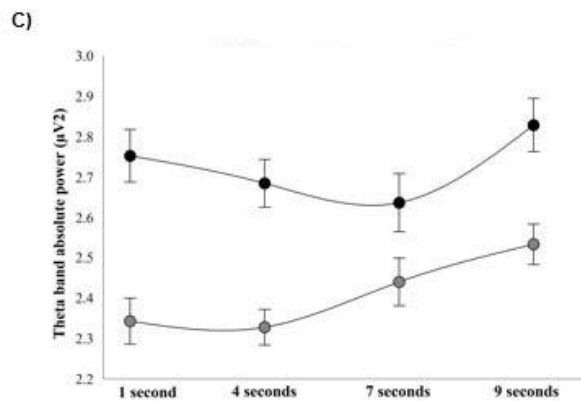
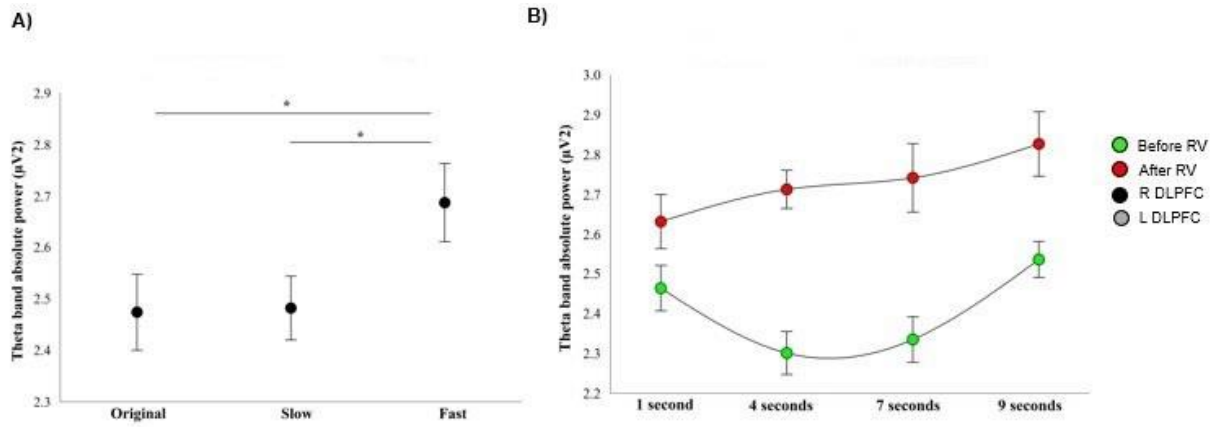
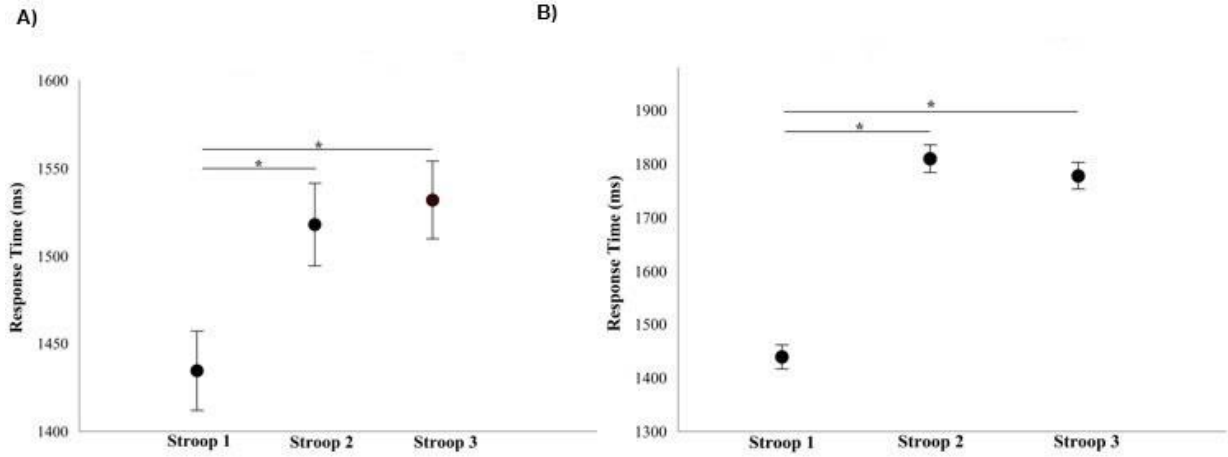
1. Marinho V, Oliveira T, Rocha K et al (2018) The dopaminergic system dynamic in the time perception: a review of evidence. *Int J Neurosci* 128(3):262-282.
2. Gupta DS (2014) Processing of sub- and supra-second intervals in the primate brain results from the calibration of neuronal oscillators via sensory, motor, and feedback processes. *Front Psychol* 816 (5): 1-16.
3. Ghaderi AH, Moradkhani S, Haghghatfard A et al (2018) Time estimation and beta segregation: An EEG study and graph theoretical approach. *PLoS ONE* 13(4): 1-16.
4. Meck WH (2005) Neuropsychology of timing and time perception. *Brain Cogn*.58(1):1-8.
5. Fontes R, Ribeiro J, S. Gupta D, Machado D et al (2016) Time perception mechanisms at central nervous system. *Neurol Int* 8(1):5939.
6. Ballotta D, Lui F, Porro CA, Nichelli PF, Benuzzi F (2018) Modulation of neural circuits underlying temporal production by facial expressions of pain. *PLoS ONE* 13(2):e0193100.
7. Mioni G, Stablum F, McClintock MS, Grondin S (2014) Different methods for reproducing time, different results. *Atten Percept Psychophys* 76(3): 675–681.
8. Coull JT, Cheng RK, Meck WH (2011) Neuroanatomical and neurochemical substrates of timing. *Neuropsychopharmacology* 36:3-25.
9. Nakayama R, Motoyoshi I, Sato T (2018) Discretized Theta-Rhythm Perception Revealed by Moving Stimuli. *Scientific Reports*. 8:5682.
10. Meltzer JA, Negishi M, Mayes LC, Constable RT (2007) Individual differences in EEG theta and alpha dynamics during working memory correlate with fMRI responses across subjects. *Clin Neurophysiol* 118(11):2419-2436.
11. Nyman TJ, Karlsson EPA, Antfolk J (2017) As time passes by: Observed motion-speed and psychological time during video playback. *PLoS ONE* 12(6): e0177855.
12. Kashiwakura S, Motoyoshi I (2017) Relative Time Compression for Slow-Motion Stimuli through Rapid Recalibration. *Front. Psychol* 8:1195.
13. Glicksohn J, Berkovich-ohana A, Mauro F, Ben-soussan TD (2017) Time Perception and the Experience of Time When Immersed in an Altered Sensory Environment. *Front. Hum. Neurosci* 11: 487.
14. Valladares-rod ríguez S, Pérez-rod ríguez R, Anido-rif n L, Fernández-iglesias M (2016) Trends on the Application of Serious Games to Neuropsychological Evaluation: A Scoping Review. *J Biomed Inform* 64:296-319.

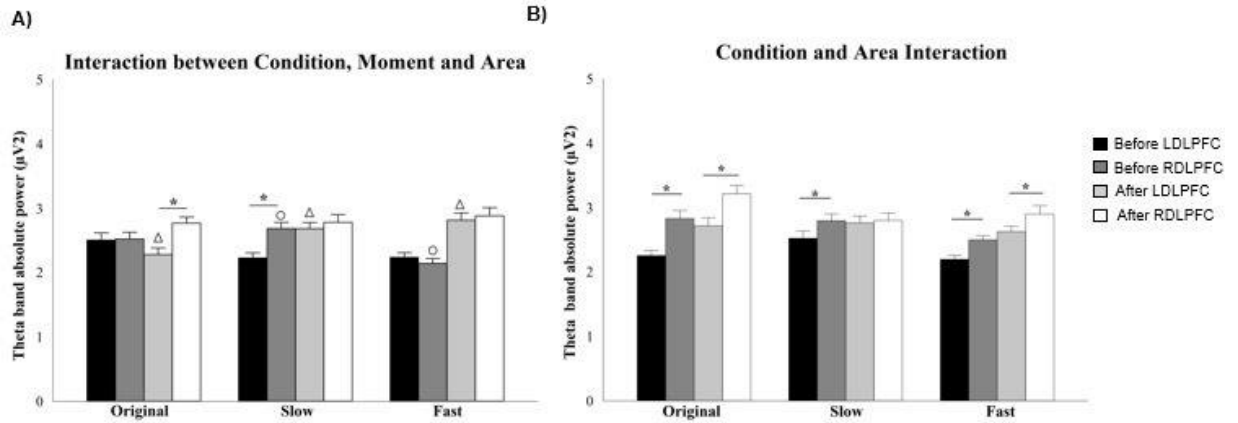
15. Corsi-cabrera M, Ramos J, A. Guevara M, Arce C, Gutierrez S (1993) Gender differences in the eeg during cognitive activity. *Intern. J. Neuroscience* 72: 257-264.
16. Oliveira RS, Parizotto AV, Caleffi MF, Beal C, Yeh W, Vicensi MC (2013) Avaliação da acuidade visual em escolares no município de Herval d'Oeste, Santa Catarina, Brasil. *Rev Bras Med Fam Comunidade* 8(28):180-6.
17. Lourenço RA, Veras RP (2006) Mini-Exame do Estado Mental: características psicométricas em idosos ambulatoriais. *Rev Saúde Pública* 40(4):712-9.
18. Oldfield RC (1971) The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia* 9(1):97-113.
19. Ribeiro JA, Marinho FVC, Rocha K et al (2018) Low-frequency rTMS in the superior parietal cortex affects the working memory in horizontal axis during the spatial task performance. *Neurol Sci.* 39(3):527-532.
20. Kennedy RS, Lanham DS, M. Drexler J, J. Massey C (1997) A Comparison of Cybersickness Incidences, Symptom Profiles, Measurement Techniques, and Suggestions for Further Research. *Presence* 6:6.
21. Carvalho MR, Costa RT, Nardi AE (2011) Simulator Sickness Questionnaire: tradução e adaptação transcultural. *J Bras Psiquiatr.* 60(4):247-52.
22. Glicksohn J, Berkovich-ohana A, Dotan TB, Goldstein A, Donchin O (2009) Time Production and EEG Alpha Revisited. *NeuroQuantology* 1: 138-151.
23. Santos JC, Barros FL, Junior PVO et al (2016). Realidade virtual e facilitação neuromuscular proprioceptiva como abordagem para funcionalização do tempo de reação visual, equilíbrio dinâmico e força muscular. *Rev Pesquisa em Fisioterapia* 6(3):223-235.
24. Córdova C, Karnikowski MGO, Pandossio JE, Nóbrega OT (2008) Caracterização de respostas comportamentais para o teste de Stroop computadorizado - TESTINPACS. *Revista de Neurociências* 4:75-79.
25. Barbosa, Daniel Fernandes, Prada, Francisco José A., Glanner, Maria Fátima, Nóbrega, Otávio de Toledo, Córdova, Cláudio (2010) Resposta cardiovascular ao Stroop: comparação entre teste computadorizado e verbal. *Arq. Bras. Cardiol*, 94(4), 507-511.
26. Lucas M, Chaves F, Teixeira S et al (2013). Time perception impairs sensory-motor integration in Parkinson's disease. *International Archives of Medicine* 6:39.
27. Koch G, Oliveri M, Caltagirone C (2009) Neural networks engaged in milliseconds and seconds time processing: evidence from transcranial magnetic stimulation and patients with cortical or subcortical dysfunction. *Phil. Trans. R. Soc. B* 364: 1907–1918.
28. Tieri G, Morone G, Paolucci S, Iosa M (2018) Virtual reality in cognitive and motor rehabilitation: facts, fiction and fallacies. *Expert Rev Med Devices* 15(2):107-117.

29. Turnbull PRK, Phillips JR (2017) Ocular effects of virtual reality headset wear in young adults. *SCieNTific REPOrts*, 7: 16172.
30. Tori R, Kirner C, Siscoutto R (2006) Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. Pré-Simpósio VIII Symposium on Virtual Reality. Belém – PA.
31. Domenichini L, Branzi V, Meocci M (2018) Virtual testing of speed reduction schemes on urban collector roads. *Accident Analysis and Prevention* 110: 38–51.
32. Gavazzi G, Bisio A, Pozzo T (2013) Time perception of visual motion is tuned by the motor representation of human actions. *SCieNTific REPOrts* 3:1168.
33. Kaneko S, Murakami I (2009) Perceived duration of visual motion increases with speed. *J. Vis.* 9:14.
34. Grivel J, Bernasconi F, Manuel AL, Murray MM, Spierer L (2011) Dynamic calibration of our sense of time. *Neuropsychologia* 49: 147±50.
35. Brown SW (1995) Time, change, and motion: the effects of stimulus movement on temporal perception. *Percept. Psychophys* 57: 105–116.
36. Matthews WL, Meck WH (2014) Time perception: the bad news and the good. *WIREs Cogn Sci* 5:429–446.
37. Li J, Yin X, Li D, Liu X, Wang G, Qu L (2017) Controlling the Anchoring Effect through Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) to the Right Dorsolateral Prefrontal Cortex. *Front. Psychol* 8:1079.
38. Mackey WE, Devinsky O, Doyle WK, Meager MR, Curtis CE (2016) Human Dorsolateral Prefrontal Cortex Is Not Necessary for Spatial Working Memory. *The Journal of Neuroscience* 6(10):2847–2856.
39. Binkofski F, Block RA (1996) Accelerated time experience after left frontal cortex lesion. *Neurocase* 2: 485- 493.
40. Polti I, Martin B, van Wassenhove V (2018) The effect of attention and working memory on the estimation of elapsed time. *Scientific REPOrts* 8:6690.
41. Rodriguez-andres D, Mendez-lopez M, Juan MC, Perez-hernandez E (2018) A Virtual Object-Location Task for Children: Gender and Videogame Experience Influence Navigation; Age Impacts Memory and Completion Time. *Front. Psychol.* 9:451.









Variables	B	SE	df	P	CI 95%	
					Min	Max
R DLPFC	-0,31	0,01	4	0,15	-0,39	0,06
L DLPFC	0,06	0,01	4	0,01*	0,11	0,64
Stroop	-0,00	0,06	4	0,73	-0,06	0,00

Abbreviations: B = regression coefficient; SE = standard error; df = degree of freedom; p = value of p; CI = confidence interval. R DLPFC = right dorsolateral prefrontal cortex; L DLPFC = left dorsolateral prefrontal cortex. Significant differences are represented by the asterisk (*).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMOVICH, Sergei; FLUET Gerard; TUNIK, Eugene; MERIANS, Alma. Sensorimotor Training in Virtual Reality: A Review. **Neuro Rehabilitation**, v. 25, n.1, p. 1-21, fev, 2009.

ANGHINAH, RENATO; KANDA, Paulo Afonso de Medeiros; JORGE, Mário Silva; MELO, Antonio Carlos de Paiva. Eletrencefalograma quantitativo e topográfico (mapeamento cerebral): estudo do padrão normal para uma população adulta. **Arq. Neuro-Psiquiatr.**, v. 56, n. 1, p. 59-63, mar, 1998.

APAYDIN, Nihal; ÜSTÜN, Sertaç; KALE, Emre, et al. Neural Mechanisms Underlying Time Perception and Reward Anticipation. **Frontiers in Human Neuroscience**. v.12, n.115, p. 1-10, mar, 2018.

BABILONI, Claudio; SQUITTI, Rosanna; DELPERCIO, Claudio et al. Free copper and resting temporal EEG rhythms correlate across Healthy, mild cognitive impairment, and Alzheimer's disease subjects. **Clin. Neurophysiol.** v.118, n.6, p.1244–1260, jun, 2007.

BALLOTTA, Daniela; LUI, Fausta; PORRO, Carlo Adolfo; NICHELLI, Paolo Frigio; BENUZZI, Francesca. Modulation of neural circuits underlying temporal production by facial expressions of pain. Urgesi C, ed. **PLoS ONE**. v.13, n.2, p. 1-19, fev, 2018.

BARBOSA, Daniel Fernandes et al. Resposta cardiovascular ao Stroop: comparação entre teste computadorizado e verbal. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v.94, n.4, p. 507-511, Abr. 2010.

BASAR, Erol; GÜNTEKIN, Bahar. A review of brain oscillations in cognitive disorders and the role of neurotransmitters. **Brain Research**, v.1235, n.15, p. 172–193, out, 2008.

BASTOS, Victor Hugo; CUNHA, Marlo; VEIGA, Heloisa et al. Análise da distribuição de potência cortical em função do aprendizado de datilografia. **Rev Bras Med Esporte**, Niterói, v.10, n.6, p. 494-499, Dez. 2004.

BINDA, Paola; CICCHINI, Guido Marco; BURR, David C; MORRONE, M. Concetta. Spatiotemporal distortions of visual perception at the time of saccades. **J Neurosci**, v. 29, n. 42, p.13147-13157, out, 2009.

BINKOFSKI, Ferdinand; BLOCK, Richard. Accelerated time experience after left frontal cortex lesion. **Neurocase**, v.2, n.6, p.485-493, set, 1996.

BINDER, Sonja; BAIER, Paul Christian; MÖLLE, Matthias et al. Sleep enhances memory consolidation in the hippocampus-dependent object-place recognition task in rats. **Neurobiology of Learning and Memory**, v.97, n.2, p.213–219, fev, 2012.

BINKOFSKI, Ferdinand; BLOCK, Richard A. Accelerated time experience after left frontal cortex lesion. **Neurocase**, v.2, n.6, p.485-493, set, 1996.

BROWN, Scott W. Time perception and attention: The effects of prospective versus retrospective paradigms and task demands on perceived duration. **Perception e Psychophysics**, v.38, n.2, p.115-124, mar, 1985.

BROWN, Scott W. Time, change, and motion: the effects of stimulus movement on temporal perception. **Percept. Psychophys.** v.57, n.1, p.105–116, jul, 1995.

BUETI, Domenica; WALSH, Vincent; FRITH, Christopher D.; REES, Geraint. Different Brain Circuits Underlie Motor and Perceptual Representations of Temporal Intervals. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v.20, n.2, p.204-14, fev, 2008.

BUHUSI, Catalin V; MECK, Warren. What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. **Nature Rev Neurosci.** v.6, n.10, p.755- 765, set, 2005.

CARVALHO, Marcele Regine de; COSTA, Rafael Thomaz da; NARDI, Antonio Egidio. Simulator Sickness Questionnaire: tradução e adaptação transcultural. **J. bras. psiquiatr.**, v.60, n.4, p. 247-252, abr, 2011.

CARVALHO, Marcele regine de; VELASQUES, Bruna Brandão; CAGY, Maurício et al. Electroencephalographic findings in panic disorder. **Trends Psychiatry Psychother.**, v. 35, n. 4, p. 238-251, dez, 2013.

CAVANAGH, James F.; FRANK, Michael J. Frontal theta as a mechanism for cognitive control. **Trends Cogn Sci.**, v.18, n.8, p, 414–421, ago, 2014.

CHENG, Ruey-Kuang; WILLIAMS, Christina L; MECK, Warren H. Oscillatory bands, neuronal synchrony and hippocampal function: implications of the effects of prenatal choline supplementation for sleep-dependent memory consolidation. **Brain Res.** v. 1237, n.27, p.176-94, out, 2008.

CÓRDOVA, Cláudio; KARNIKOWSKI, Margô Gomes de Oliveira; PANDOSSIO, José Eduardo; NÓBREGA, Otávio Toledo. Caracterização de respostas comportamentais para o teste de Stroop computadorizado – Testinpacs. **Neurociências**, v4, n.2, 2008.

CORSI-CABRERA, María; RAMOS, Julieta; GUEVARA, Miguel; ARCE, Consuelo. Gender differences in the eeg during cognitive activity. **Intern. J. Neuroscience**, v. 72, n.3, p. 257-264, out, 1993.

COULL, Jennifer T.; CHENG, Ruey-Kuang; MECK, Warren H. Neuroanatomical and neurochemical substrates of timing. **Neuropsychopharmacology**, v. 36, n.1, p. 3-25, jan, 2011.

COULL, Jennifer T; VIDAL, Franck; NAZARIAN, Bruno; MACAR, Françoise. Functional Anatomy of the Attentional Modulation of Time Estimation. **Science**, v. 303, n.5663, p. 1506-8, mar, 2004.

DAI, Zhongxiang; DE SOUZA, Joshua; LIM, Julian. EEG Cortical Connectivity Analysis of Working Memory Reveals Topological Reorganization in Theta and Alpha Bands. **Front. Hum. Neurosci.** v.11, n.237, maio, 2017.

DOMENICHINI, Lorenzo; BRANZI, Valentina; MEOCCI, Monica. Virtual testing of speed reduction schemes on urban collector roads. **Accident Analysis and Prevention**, v.110, p. 38–51, jan, 2018.

DOS SANTOS, Jayne Carvalho; BARROS, Francisco Lopes; OLIVEIRA JUNIOR, Paulo Vinicius et al. Realidade virtual e facilitação neuromuscular proprioceptiva como abordagem para funcionalização do tempo de reação visual, equilíbrio dinâmico e força muscular. **Revista Pesquisa em Fisioterapia**, v.6, n.3, p. 223-235, 2016.

DOUCET, Guillaume; GULLI, Roberto A; MARTINEZ-TRUJILLO, Julio. Cross-species 3D virtual reality toolbox for visual and cognitive experiments. **Journal of Neuroscience Methods**, v. 266, n.15, p. 84-93, jun, 2016.

DROIT-VOLET, Sylvie; BRUNOT, Sophie; NIEDENTHAL, Paula M. Perception of the duration of emotional events. **Cognition e Emotion**, v.18, n.6, p. 849- 858, 2004.

EAGLEMAN, David M. Time perception is distorted during slow motion sequences in movies. **Journal of Vision**, v.4, n.8, p.491, 2004.

EAGLEMAN, David M; TSE, Peter U; BUONOMANO, Dean. Time and the Brain: How Subjective Time Relates to Neural Time. **The Journal of Neuroscience**, v.25, n.45, p. 10369 –10371, nov, 2005.

EL HAJ, Mohamad; KAPOGIANNIS, Dimitrios. Time distortions in Alzheimer’s disease: a systematic review and theoretical integration. **Aging and Mechanisms of Disease**, v.2, n. 16016, set, 2016.

FONTES, Rhailana; RIBEIRO, Jéssica; GUPTA, Daya S et al. Time perception mechanisms at central nervous system. **Neurology International**, v. 8, n.1, p.59-39, abr, 2016.

FORTIN, C; ROUSSEAU, R; BOURQUE, P; KIROUAC, E. Time estimation and concurrent nontemporal processing: Specific interference from short-term-memory demands. **Perception e Psychophysics**. v.53, n.5, p. 536 - 548, set, 1993.

GAVAZZI, Gioele; BISIO, Ambra; POZZO, Thierry. Time perception of visual motion is tuned by the motor representation of human actions. **SCIENTIFIC REPORTS**, v.3, n.1168, jan, 2013.

GHADERI, Amir Hossein; MORADKHANI, Shadi; HAGHIGHATFARD, Arvin. Time estimation and beta segregation: An EEG study and graph theoretical approach. **PLoS ONE** v. 13, n.4, abr, 2018.

GIL, Sandrine; NIEDENTHAL, Paula M; DROIT-VOLET, Sylvie. Anger and time perception in children. **Emotion**, v.7, n.1, p. 219-225, 2007.

MIONI, Giovanna; GRONDIN, Simon; MELIGRANA, Lucia et al. Effects of happy and sad facial expressions on the perception of time in Parkinson’s disease patients with mild cognitive impairment. **Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology**, v.40, n.2, abr, 2017.

GLICKSOHN, Joseph; BERKOVICH-OHANA, Aviva; DOTAN, Tal Balaban et al. Time Production and EEG Alpha Revisited. **NeuroQuantology** v.7, n.1, p. 138-151, 2009.

GLICKSOHN, Joseph; BERKOVICH-OHANA, Aviva; MAURO, Federica; BENSOUSSAN, Tal D. Time Perception and the Experience of Time When Immersed in an Altered Sensory Environment. **Front. Hum. Neurosci.** v.11, n.487, out, 2017.

GLICKSOHN, Joseph; HADAD, Yamit. Sex Differences in Time Production Revisited. **Journal of Individual Differences**, v.33, n.1, p. 35–42, 2012.

GOREA, Andrei; KIM, Jihyun. Time dilates more with apparent than with physical speed. **Journal of Vision**, v.15, n.1, p. 7,1–11, 2015.

GRIVEL, Jeremy; BERNASCONI, Fosco; MANUEL, Aurelie L et al. Dynamic calibration of our sense of time. **Neuropsychologia**, v. 49, n,1, p. 147- 50, 2011.

GROMMET, Erich K; DROIT-VOLET, Sylvie; GIL, Sandrine et al. Time estimation of fear cues in human observers. **Behav Processes**, v. 86, n.1, p. 88-93, jan, 2011.

GRONDIN, Simon. Methods for studying psychological time. In: Grondin, S., editor. **Psychology of time**. Bingley, UK: Emerald; 2008. p. 51-74.

GRONDIN, Simon . Timing and time perception: A review of recent behavioral and neuroscience findings and theoretical directions. **Attention, Perception, e Psychophysics**, v.72, n.3, p.561-582, 2010.

GUPTA, Daya S. Processing of sub- and supra-second intervals in the primate brain results from the calibration of neuronal oscillators via sensory, motor, and feedback processes. **Front Psychol**, v.5, n.816, ago, 2014.

HSU, Sy; FANG, TY; YEH, SC. Three-dimensional, virtual reality vestibular rehabilitation for chronic imbalance problem caused by Ménière's disease: a pilot study. **Disabil Rehabil**, v.39, n. 16, p. 1601-1606, 2016.

INUSO, Giuseppina; FORESTA, Fabio Ia; MAMMONE, Nadia; MORABITO, Francesco Carlo. Brain Activity Investigation by EEG Processing: Wavelet Analysis, Kurtosis and Renyi's Entropy for Artifact Detection. **IEEE Xplore** p.195-200, ago, 2007.

J. ALLMAN, Melissa; MECK, Warren H. Pathophysiological distortions in time perception and timed performance. **Brain**, v.135, n.3, p. 656–677, 2012.

J. MELROSE, Rebecca; STEPHANIE, Young; GALI, Weissberger et al. Cerebral metabolic correlates of attention networks in Alzheimer's Disease: a study of the Stroop. **Neuropsychologia**, v. 106, p.383- 389, nov, 2017.

JING W, WANG Y, FANG G, CHEN M, XUE M, GUO D, YAO D AND XIA Y. EEG Bands of Wakeful Rest, Slow-Wave and Rapid-Eye-Movement Sleep at Different Brain Areas in Rats. **Front. Comput. Neurosci**,10:79, 2016.

KANEKO, Sae; MURAKAMI, Ikuya. Perceived duration of visual motion increases with speed. **J. Vis.** V.9, n.14, jul, 2009.

KASHIWAKURA, Saya; MOTOYOSHI, Isamu. Relative Time Compression for Slow-Motion Stimuli through Rapid Recalibration. **Front. Psychol.** v.8, n.1195, jul, 2017.

KENNEDY, Robert S; LANHAM, D. Susan; DREXLER, Julie M; MASSEY, Catherine. A Comparison of Cybersickness Incidences, Symptom Profiles, Measurement Techniques, and Suggestions for Further Research. **Presence**, v.6, n.6, p. 638-644, dez, 1997.

KLEM, George H; LUÈDERS, Hans Otto; JASPER, H H; ELGER, C. The ten-twenty electrode system of the International Federation. The International Federation of Clinical Neurophysiology: **Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl**, v.52, p. 3-6, 1999.

KIM, Khae Hawn. The Potential Application of Virtual, Augmented, and Mixed Reality in Neurourology. **International Neurourology Journal**, v.20, n.3, p.169-170, set, 2016.

KOCH, Giacomo; OLIVERI, Massimiliano; CALTAGIRONE, Carlo. Neural networks engaged in milliseconds and seconds time processing: evidence from transcranial magnetic stimulation and patients with cortical or subcortical dysfunction. **Phil. Trans. R. Soc. B**, v.364, n.1525, p.1907–1918, jul, 2009.

LENZ, Daniel; KRAUEL, Kerstin; SCHADOW, Jeanette et al. Enhanced gamma-band activity in ADHD children lacks correlation with memory performance. **Brain Res**, v.1235, p. 117-132, out, 2008.

LI, Jianbiao; YIN, Xile; LI, Dahui et al. Controlling the Anchoring Effect through Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) to the Right Dorsolateral Prefrontal Cortex. **Front. Psychol.** v. 8, n.1079, jun, 2017.

LOSITSKY, Olga; CHEN, Janice; TOKER, Daniel et al. Neural pattern change during encoding of a narrative predicts retrospective duration estimates. **Eichenbaum H, ed. eLife**, v. 5, mai, 2016.

LOURENCO, Roberto A; VERAS, Renato P. Mini-Exame do Estado Mental: características psicométricas em idosos ambulatoriais. **Rev. Saúde Pública**, v.40, n.4, p. 712-719, ago. 2006

LUCAS, Marina; CHAVES, Fernanda; TEIXEIRA, Silmar et al. Time perception impairs sensory-motor integration in Parkinson's disease. **International Archives of Medicine**, v.6, n.39, out, 2013.

MACHADO, Dionis de Castro Dutra; LIMA, Glenda Crispim; SANTOS, Rodrigo Souza et al. Comparative analysis eletroencephalographic of alpha, beta and gamma bands of a healthy individual and one with hemiparesis. **J Phys Ther Sci**, v.26, n.6, p. 801-4, jun, 2014.

MACKEY, Wayne E; DEVINSKY, Orrin; DOYLE, Werner K; MEAGER, Michael R; CURTIS, Clayton E. Human Dorsolateral Prefrontal Cortex Is Not Necessary for Spatial Working Memory. **The Journal of Neuroscience**, v.6, n.10, p, 2847–2856, mar, 2016.

MAES, Pieter-Jan; LEMAN, Marc; PALMER, Caroline; WANDERLEY, Marcelo M. Action-based effects on music perception. **Front Psychol**; v.3, n. 4, out, 2014.

MAGALHÃES, Francisco; RIBEIRO, Jéssica Alves; ROCHA, Kaline et al. Modelos de percepção do tempo: um novo paradigma para o fisioterapeuta. **Fisioterapia Brasil**, v.17, n.2, mai, 2016.

MATELL, M.S; MECK, Warren. Neuropsychological mechanisms of interval timing behavior. **Bioessays**, v. 22, n.1, p. 94-103, jan, 2002.

MATTHEWS, William J; MECK, Warren H. Time perception: the bad news and the good. **WIREs Cogn Sci**, v.5, n.4, p.429–446, jul, 2014.

MAYO, J. Patrick; SOMMER, Marc A. Neuronal correlates of visual time perception at brief timescales. **Proc Natl Acad Sci**, v.110, n.4, p. 1506-1511, jan, 2013.

MECK, Warren H. Neuropsychology of timing and time perception. **Brain and Cognition**, v.58, n.1, p. 1-8, jun, 2005.

MELTZER, Jed A; NEGISHI, Michiro; MAYES, Linda C; CONSTABLE, R. Todd. Individual differences in EEG theta and alpha dynamics during working memory correlate with fMRI responses across subjects. **Clinical neurophysiology**, v.118, n.11, p. 2419-2436, nov, 2007.

MIONI, Giovanna; MATTALIA, G; STABLUM, Franca. Time perception in severe traumatic brain injury patients: A study comparing different methodologies. **Brain and Cognition**, v 81, n.3, p. 305–312, fev, 2013.

MIONI, Giovanna, STABLUM, Franca; MCCLINTOCK, Shawn M; GRONDIN, Simon. Different methods for reproducing time, different results. **Atten Percept Psychophys**. v.76, n.3, p. 675–681, jul, 2014.

MIONI, Giovanna; STABLUM, Franca; PRUNETTI, Elena; GRONDIN, Simon. Time perception in anxious and depressed patients: A comparison between time reproduction and time production tasks. **Journal of Affective Disorders**, v. 196, p. 154–163, mai, 2016.

MOSKOWITZ, Gordon B; OLCAYSOY, Okten Irmak; GOOCH, Cynthia M. Distortion in time perception as a result of concern about appearing biased. **PLoS ONE** v.12, n.8: e0182241, ago, 2017.

NAKAYAMA, Ryohei; MOTOYOSHI, Isamu; SATO, Takao. Discretized Theta-Rhythm Perception Revealed by Moving Stimuli. **Scientific Reports**. v.8, n.1, abr, 2018.

NG, Kwun Kei; PENNEY, Trevor B. Probing interval timing with scalp-recorded electroencephalography (EEG). **Neurobiology of Interval Timing** v. 829, p. 187–207, out, 2014.

NYMAN, Thomas Jonathan; KARLSSON, Eric Per Anders; ANTFOLK, Jan. As time passes by: Observed motion-speed and psychological time during video playback. **PLoS ONE** v.12, n.6, jun, 2017.

OLDFIELD, RC. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. **Neuropsychologia**. v.9, n.1, p. 97-113, 1971.

OLIVEIRA, Rafaela Santini; PARIZOTTO, Alisson Vinicius; CALEFFI, Mariane Fahrerr et al. Avaliação da acuidade visual em escolares no município de Herval d'Oeste, Santa Catarina, Brasil. **Rev Bras Med Fam Comunidade**, v. 8, n.28, p.180-6, 2013.

OKAJIMA, Miku; FUTAMURA, Akinori; HONMA, Motoyasu et al. Interhemispheric cortical connections and time perception: A case study with agenesis of the corpus callosum. **Brain Cogn**, v.117, p.12-16, out, 2017.

PAVAO, Silvia Leticia et al. O ambiente virtual como interface na reabilitação pós-AVE: relato de caso. **Fisioter. mov.**, v. 26, n. 2, p. 455-462, jun, 2013.

PETERSEN, Steven E; POSNER, Michael I. The attention system of the human brain: 20 years after. **Annual Review of Neuroscience**, v.35, p.73-89, jul, 2012.

POLTI, Ignacio; MARTIN, Benoîte; van WASSENHOVE, Virginie. The effect of attention and working memory on the estimation of elapsed time. **Scientific REPOrts**, v.8, n.6690, abr, 2018.

R.G. Catherine; J.L. MALONE, Tim; DIRNBERGER, Georg et al. Basal ganglia, dopamine and temporal processing: Performance on three timing tasks on and off medication in Parkinson's disease. **Brain and Cognition**, v.68, n.1, p. 30-41, out, 2008.

RIBEIRO, Jéssica Alves; MARINHO, Francisco Victor Costa; ROCHA, Kaline et al. Low-frequency rTMS in the superior parietal cortex affects the working memory in horizontal axis during the spatial task performance. **Neurol Sci**. v.39, n.3, p. 527-532, mar, 2018.

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

ROHLFS, Izabel Cristina Provenza de Miranda et al. A Escala de Humor de Brunel (Brums): instrumento para detecção precoce da síndrome do excesso de treinamento. **Rev Bras Med Esporte**, v. 14, n. 3, p. 176-181, 2008.

RODRIGUEZ-ANDRES, David; MENDEZ-LOPEZ, Magdalena; JUAN, M.-Carmen; PEREZ-HERNANDEZ, Elena. A Virtual Object-Location Task for Children: Gender and Videogame Experience Influence Navigation; Age Impacts Memory and Completion Time. **Front. Psychol**. v.9, n. 451, abr, 2018.

SANTANA, Charleny Mary Ferreira de et al. Efeitos do tratamento com realidade virtual não imersiva na qualidade de vida de indivíduos com Parkinson. **Rev. bras. geriatr. gerontol**, v. 18, n. 1, p. 49-58, Mar. 2015

SANTOS, Jayne Carvalho; BARROS, Francisco Lopes; JUNIOR, Paulo Vinicius de Oliveira et al. Realidade virtual e facilitação neuromuscular proprioceptiva como abordagem para funcionalização do tempo de reação visual, equilíbrio dinâmico e força muscular. **Revista Pesquisa em Fisioterapia**; v.6, n.3, p. 223-235, 2016.

SARNTHEIN, Johannes; STERN, Jair; AUFENBERG, Christoph. Increased EEG power and slowed dominant frequency in patients with neurogenic pain. **Brain** v.129, p. 55–64, 2006.

SCARPINA, Federica; TAGINI, Sofia. The Stroop Color and Word Test. **Front. Psychol.** v.8, n.557, abr, 2017.

SCHIRMER, Annett; MECK, Warren H; PENNEY, Trevor B. The Socio-Temporal Brain: Connecting People in Time. **Trends Cogn Sci.** v.20, n.10, p. 760-72, out, 2016.

SHICHEL, Ido; TZELGOV, Joseph. Modulation of conflicts in the Stroop effect. **Acta Psychol (Amst)**, v. 17, out, 2017.

SILVA, Ana Amancio Santos; FILHO, Euclides Maurício Trindade. Diferenças no processamento cerebral, através do ritmo gama, durante o pensamento divergente. **Rev. Neurocienc.** v.23, n.4, p. 589-594, 2015.

SILVA, Rafaela Ribeiro da; IWABE-MARCHESE, Cristina. Uso da realidade virtual na reabilitação motora de uma criança com Paralisia Cerebral Atáxica: estudo de caso. **Fisioter. Pesqui**, v. 22, n. 1, p. 97-102, mar. 2015.

S. MERIANS, Alma; POIZNER, Howard; BOIAN Rares et al. Sensorimotor Training in a Virtual Reality Environment: Does It Improve Functional Recovery Post stroke?. **Neurorehabilitation and Neural Repair**, v.20, n.2, p. 252-67, 2006.

TEEL, Elizabeth F; GAY, Michael; JOHNSON, Brian; SLOBOUNOV, Semyon . Determining Sensitivity/Specificity of Virtual Reality-Based Neuropsychological Tool for Detecting Residual Abnormalities Following Sport-Related Concussion. **Neuropsychology**, v. 30, n. 4, p. 474–483, jan, 2016.

TIERI, Gaetano; MORONE, Giovanni; PAOLUCCI, Stefano; IOSA, Marco. Virtual reality in cognitive and motor rehabilitation: facts, fiction and fallacies, **Expert Review of Medical Devices**, v.15, n.2, jan, 2018.

TORI R, KIRNER C, SISCOOTTO R. Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. **Pré-Simpósio VIII Symposium on Virtual Reality**. Belém – PA, 02 de Maio de 2006.

TSE, Pu; RIVEST, J; INTRILIGATOR, J; CAVANAGH, P. Attention and the subjective expansion of time. **Percept Psychophys**, v.66, p.1171–1189, 2004.

TURGEON, Martine; LUSTIG, Cindy; MECK, Warren H. Cognitive Aging and Time Perception: Roles of Bayesian Optimization and Degeneracy. **Front. Aging Neurosci.** v. 8, n.102, mai, 2016.

TURNBULL, Philip RK; PHILLIPS, John. Ocular effects of virtual reality headset wear in young adults. **SCieNTific REPOrts**, v.7, n.1, p. 16172, 2017.

VALLADARES-RODRÍGUEZ, Sonia; PÉREZ-RODRÍGUEZ, Roberto; ANIDO-RIFÓN, Luis E; FERNÁNDEZ-IGLESIAS, Manuel José Fernández. Trends on the Application of Serious Games to Neuropsychological Evaluation: A Scoping Review. **Journal of Biomedical Informatics**, v.64, p. 296-319, 2016.

VAN PUTTEN, Michel J.A.M; HOFMEIJER, Jeannette. EEG Monitoring in Cerebral Ischemia: Basic Concepts and Clinical Applications. **J Clin Neurophysiol**, v.33, p. 203–210, 2016.

VAN WASSENHOVE, Virginie; LECOUTRE, Lucille. Duration estimation entails predicting when. **NeuroImage**. V.106, n.1, fev, 2014.

VIEIRA, Gisele De Paula; DE ARAUJO, Daniela Freitas Guerra Henriques; LEITE, Marco Antonio Araujo et al. Realidade virtual na reabilitação física de pacientes com Doença de Parkinson. **Journal of Human Growth and Development**, v.24, n.1, p. 31-41, 2014.

WALSH, Vincent. A theory of magnitude: common cortical metrics of time, space and quantity. **Trends Cogn Sci.**, v.7, n.11, p. 483-8, dez, 2015.

WANG, Regina W. Y; CHANG, Yu-ching; CHUANG, Shang-wen. EEG Spectral Dynamics of Video Commercials: Impact of the Narrative on the Branding Product Preference. **Sci. Rep.** v.6, n.36487, nov, 2016.

APÊNDICE

APÊNDICE I

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convido você a participar voluntariamente de nossa pesquisa, respondendo a escala de humor, teste stroop, o inventário de lateralidade, fazendo atividade de avaliação da percepção temporal associada ao mapeamento cerebral por eletroencefalografia e assistindo vídeo de realidade virtual para a “Repercussões corticais e o desempenho do indivíduo submetido a realidade virtual, antes e após realização de tarefas de percepção temporal e memória de trabalho”, realizada no laboratório de Mapeamento e Plasticidade Cerebral da Universidade Federal do Piauí (UFPI), campus Ministro Reis Veloso. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final este documento. Em caso de recusa, você não será penalizado(a) de forma alguma. Leia atentamente sobre as considerações do trabalho e assine no final, caso seja sua vontade em participar da pesquisa:

Declaração de Idade: Eu declaro que tenho mais que 18 anos e que participarei por livre vontade do projeto de pesquisa intitulado “Repercussões corticais e o desempenho do indivíduo submetido a realidade virtual, antes e após realização de tarefas de percepção temporal e memória de trabalho”.

Objetivo: Eu entendo que o objetivo deste projeto é investigar os circuitos cerebrais envolvidos na tarefa de visualizar um objeto em uma tela de computador e em seguida apertar a tecla enter do computador afim de, verificar minha percepção do tempo. Além disso, tenho conhecimento que será realizado a reprodução de vídeos com óculos de realidade virtual. Além disso, será realizado a eletroencefalografia em todos os dias de coletas de dados, ou seja, três dias em uma semana. Em complemento responderei a um questionário de humor e atenção.

Participação no estudo: Para participar deste estudo afirmo que tenho idade entre 18 e 30 anos, não fiz uso de produtos com cafeína há mais de 02 horas e não estou utilizando medicamentos controlados.

Detalhamento da técnica: A eletroencefalografia é um exame seguro, indolor e não invasivo, onde eletrodos são devidamente colocados sobre a superfície da cabeça com o intuito de registrar a atividade elétrica cerebral. A tarefa é um método seguro e não invasivo onde irei apertar um teclado do computador após aparecer um estímulo

visual na tela. Além disso, as atividades da escala de avaliação não promovem nenhum tipo de esforço físico ou mental.

Procedimentos: Os procedimentos são realizados com a utilização da eletroencefalografia em repouso (sem fazer a tarefa) de 3 minutos e logo após, realizarei as tarefas (olhar o estímulo visual e apertar a tecla enter). Após realizarei mais três minutos de repouso, posteriormente assistirei vídeo de 10 minutos em realidade virtual sem utilização da eletroencefalografia. Após novamente terá eletroencefalografia em repouso de 3 minutos e logo após, realizarei as tarefas, finalizando com mais 3 minutos de repouso.

Confidencialidade: Eu entendo que todas as informações coletadas no estudo são confidenciais e que meu nome não será divulgado em momento algum. Entendo ainda que toda e qualquer informação será utilizada somente para fins acadêmicos. Os resultados do estudo serão publicados em revistas científicas e meu nome em nenhum momento será citado.

Riscos e benefícios: Os riscos e benefícios referentes ao estudo estão de acordo com o item V da resolução 466/12. Neste contexto, o risco referente à captação do sinal da eletroencefalografia relaciona-se com o aumento da ansiedade devido ao mapeamento cerebral possibilitar observar de alguma disfunção neurológica. Porém, isto será minimizado devido experiência do pesquisador em lidar com os sujeitos em pesquisa. Em especial, a atenção e explicação detalhada das etapas da pesquisa tendem a diminuir a ansiedade. Além disso, será realizada aferição da pressão arterial e frequência cardíaca que comumente modificam em realização de exames. Em complemento, o período de coleta dos dados é estimado em 60 minutos onde você estará confortavelmente sentado em uma cadeira com apoio dos braços. Porém, este período pode levar a dores musculares e/ou articulares. Para evitar esses efeitos você poderá interromper a coleta de dados em qualquer momento que apresente dor devido à postura continuada. No término do experimento, o pesquisador realizará a aferição da pressão arterial e frequência cardíaca com o objetivo de liberar você com as mesmas condições que iniciou o experimento. Caso ocorra qualquer alteração, você será encaminhado pelo pesquisador para acompanhamento médico. Além disso, o pesquisado responsável ao perceber qualquer risco ou dano significativo do participante comunicará imediatamente ao Sistema CEP/CONEP. Os benefícios ao participante do estudo será direta ou indireta dependente do resultado das análises. Porém, em todo momento serão consideradas suas dimensões física, psíquica, moral,

intelectual, social, cultural ou espiritual. Em complemento, 01:00 hora, receberei o treinamento após o período de coleta de dados a fim de receber os benefícios do tratamento.

Liberdade para interromper a participação: Este termo de Consentimento Livre e Esclarecido é feito em duas vias, sendo uma para o participante e a outra para o pesquisador. Além disso, como participante do estudo, posso desistir da pesquisa em qualquer tempo e qualquer dúvida ética poderá ser resolvida no Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal do Piauí (CEP-UFPI) pelo telefone (86) 3237-2332.

Identificação dos responsáveis pelo estudo: Nome: Victor Hugo do Vale Bastos
Telefone: (86) 99489-8852 E-mail: victorhugobastos@ufpi.edu.br.

Assinatura do pesquisador responsável

Assinatura do participante

Parnaíba - PI _____ / _____ / _____

ANEXO

ANEXO I

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)		

ANEXO II

MINI-EXAME DO ESTADO MENTAL

ORIENTAÇÃO NO TEMPO (1 ponto por cada resposta correta)

Em que ano nós estamos?
 Em que estação do ano nós estamos?
 Em que mês nós estamos?
 Em que dia da semana nós estamos?
 Em que dia do mês nós estamos?

Nota: _____

ORIENTAÇÃO NO ESPAÇO

Em que Estado nós estamos?
 Em que cidade nós estamos?
 Em que bairro nós estamos?
 O que é este prédio em que estamos?
 Em que andar nós estamos?

Nota: _____

REGISTRO (contar 1 ponto para cada palavra corretamente repetida)

Agora, preste atenção. Eu vou dizer três palavras e o(a) Sr(a) vai repeti-las quando eu terminar. Certo? As palavras são: CARRO [pausa], VASO [pausa], BOLA [pausa]. Agora, repita as palavras para mim. [Permita cinco tentativas, mas pontue apenas a primeira]

Nota: _____

ATENÇÃO E CÁLCULO [Série de 7] (1 ponto para cada resposta correta. Se der alguma errada mas depois continuar a subtrair bem, considera-se as seguintes como corretas. Para ao fim de cinco respostas)

Agora eu gostaria que o(a) Sr(a) subtraísse 7 de 100 e do resultado subtraísse 7. Então, continue subtraindo 7 de cada resposta até eu mandar parar. Entendeu? [pausa] Vamos começar: quanto é 100 menos 7? [Dê um ponto para cada acerto] Se não atingir o escore máximo, peça: Soletre a palavra MUNDO. Corrija os erros de soletração e então peça: Agora, soletre a palavra MUNDO de trás para frente. [Dê um ponto para cada letra na posição correta. Considere o maior resultado]

Nota: _____

MEMÓRIA DE EVOCAÇÃO (1 ponto para cada resposta)

Peça: Quais são as três palavras que eu pedi que o Sr(a) memorizasse? [Não forneça pistas]

Nota: _____

LINGUAGEM (1 ponto por cada resposta)

a) [Aponte o lápis e o relógio e pergunte]: O que é isto? (lápis) O que é isto? (relógio)

Nota: _____

b) Agora eu vou pedir para o Sr(a) repetir o que eu vou dizer. Certo? Então repita: “NEM AQUI, NEM ALI, NEM LÁ”.

Nota: _____

c) Agora ouça com atenção porque eu vou pedir para o Sr(a) fazer uma tarefa: [pausa] Pegue este papel com a mão direita [pausa], com as duas mãos dobre-o ao meio uma vez [pausa] e em seguida jogue-o no chão.

Nota: _____

d) Por favor, leia isto e faça o que está escrito no papel. Mostre ao examinado a folha com o comando: FECHE OS OLHOS

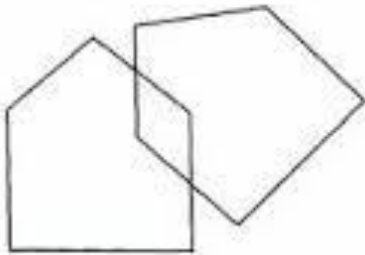
Nota: _____

e) Peça: Por favor, escreva uma sentença. Se o paciente não responder, peça: Escreva sobre o tempo. [Coloque na frente do paciente um pedaço de papel em branco e lápis ou caneta]

Nota: _____

Habilidade Construtiva (1 ponto pela cópia correta)

Peça: Por favor, copie este desenho. [Apresente a folha com os pentágonos que se interseccionam]



Cópia:

Nota: _____

TOTAL:(Máximo de 30 pontos): _____

*Considera-se com defeito cognitivo: - analfabetos \leq 15 pontos

- 1 a 11 anos de escolaridade \leq 22

- com escolaridade superior a 11 anos \leq 27