

JOANA DANIELA DE JESUS CAIRES CARTAXO

**ESTUDO DA TAREFA DE NAVEGAÇÃO
ESPACIAL SOUNDSPACE VR COM RECURSO A
ELECTROENCEFALOGRAFIA**

Orientador: Prof. Doutor Jorge Oliveira

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Escola de Psicologia e Ciências da Vida

Lisboa

2022

JOANA DANIELA DE JESUS CAIRES CARTAXO

**ESTUDO DA TAREFA DE NAVEGAÇÃO
ESPACIAL SOUNDSPACE VR COM RECURSO A
ELECTROENCEFALOGRAFIA**

Dissertação defendida em provas públicas para obtenção do Grau de Mestre no Curso de Mestrado em Neuropsicologia Aplicada, conferido pela Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, no dia 25 de novembro de 2022, com o Despacho de Nomeação de Júri N°319/2022 de 24 de outubro de 2022, com a seguinte composição:

Presidente: Prof. Doutor Bruno Faustino

Arguente: Prof. Doutor José Teles

Orientador: Prof. Doutor Jorge Oliveira

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Escola de Psicologia e Ciências da Vida

Lisboa

2022

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Jorge Oliveira, por todos os ensinamentos, disponibilidade e apoio prestado não só no desenvolvimento desta dissertação, como ao longo dos 5 anos de curso.

Ao Fábio, monitores do hei-lab que colaboraram no estudo e a todos os participantes por toda a ajuda prestada durante a recolha de dados, tornando esta experiência viável.

Aos meus pais, por todo o carinho e apoio, sem eles não seria possível chegar até aqui.

Ao Pedro, por todo o amor, apoio, paciência e por nunca me deixar desistir.

À Steffany e Vanessa, amigas de uma vida, que sempre acreditaram em mim mesmo quando eu não acreditei.

Por último, mas não menos importante, às amigas de curso que contribuíram, apesar de todos os altos e baixos, para um percurso académico bonito.

Resumo

A navegação espacial é uma capacidade que permite a navegação até um determinado local, quer o ponto de destino seja conhecido ou desconhecido, tendo por base diferentes processos cognitivos. Esta função cognitiva baseia-se na informação sensorial, com predominância na visão. Consequentemente, indivíduos com cegueira congénita ou adquirida apresentam maiores dificuldades navegacionais quando comparados com indivíduos com acuidade visual. Destaca-se ainda que existe uma lacuna na literatura no que diz respeito à eletrofisiologia da navegação espacial considerando que os sistemas motores, proprioceptivos e vestibulares são frequentemente negligenciados apesar do seu contributo significativo para uma navegação eficiente. Assim sendo, os objetivos deste estudo são: estudar não só o ritmo cerebral associado à navegação espacial sob movimento físico, como também investigar as estratégias empregues durante a navegação com recurso a uma tarefa em Realidade Virtual baseada num sistema Soundspace.

Palavras-chave: Navegação Espacial, Realidade Virtual, Soundspace, EEG, visão

Abstract

Spatial navigation is a capability that allows navigation to a certain location, whether the destination point is known or unknown, based on different cognitive processes. This cognitive function is based on sensory information, with vision being the predominant sense. Consequently, people with congenital or acquired blindness experience a higher level of difficulty navigating when compared with people with visual acuity. It is also noteworthy that there is a gap in the literature regarding the electrophysiology of spatial navigation considering motor systems, proprioceptive and vestibular are frequently neglected despite their significant contribution to an efficient navigation. Therefore, the main goals of this study are studying brain dynamics associated with spatial navigation under physical movement and investigate the strategies employed during navigation using a Virtual Reality task based on a Soundspace System.

Keywords: Spatial Navigation, Virtual Reality, Soundspace, EEG, vision

Lista de Abreviaturas

EEG – Eletroencefalograma

ICA – Independent Component Analysis

MoCA – Montreal Cognitive Assessment

QuENA – Questionnaire on Everyday Navigational Ability

RV – Realidade Virtual

WQ – Wayfinding Questionnaire

EMW-R – Escala de Memória de Wechsler

Índice

INTRODUÇÃO	9
CAPÍTULO 1	11
1.1. Navegação Espacial.....	12
1.2. Neuroanatomia da Navegação Espacial	14
1.3. Eletrofisiologia adjacente à Navegação Espacial.....	15
1.4. Papel da Realidade Virtual para o estudo da Navegação Espacial	1716
CAPÍTULO 2	19
2. Metodologia	20
2.1. Participantes	20
2.2. Medidas	20
2.2.1. Montreal Cognitive Assessment (MoCA)	20
2.2.2. Escala de Memória de Wechsler (EMW-R).....	21
2.2.3. Questionnaire on Everyday Navigational Ability (QuENA).....	21
2.2.4. Wayfinding Questionnaire (WQ)	21
2.2.5. Questionário Sociodemográfico	22
2.2.6. Tarefa em RV de Soundspace	22
2.2.7. Grelha de Observação.....	23
2.2.8. EEG liveamp 32 canais.....	23
2.3. Procedimento.....	23
2.4. Processamento de dados.....	2524
2.5. Análise estatística.....	25
CAPÍTULO 3	26
3. Resultados	27
3.1. Análise descritiva às provas utilizadas.....	27
3.2. Análise de inferência sobre a performance nas tarefas de navegação espacial.....	27
3.3. Relações entre os testes neuropsicológicos e a performance nas tarefas de navegação espacial	28
3.4. Electroencefalografia durante as tarefas de navegação espacial	29
CAPÍTULO 4	30
4. Discussão	31

REFERÊNCIAS	33
APÊNDICES	40
ANEXOS	47

Introdução

Ao longo dos últimos anos a navegação espacial tem sido alvo de interesse por parte da comunidade científica com o intuito de compreender de que forma o indivíduo adquire conhecimento em relação ao meio que o rodeia e como se relaciona com o mesmo. Contudo, apesar disso, verifica-se uma lacuna na literatura no que concerne este ramo de conhecimento, nomeadamente em Portugal.

A navegação espacial consiste numa função cognitiva complexa que permite ao ser humano deslocar-se de um ponto A para um ponto B. Em simultâneo, o sujeito é capaz de reconhecer a sua localização atual, bem como ambientes familiares e não familiares (Commins et al., 2020). Esta habilidade implica um processo multifatorial na medida em que depende da interação de funções cognitivas distintas, entre as quais se inclui a utilização de pontos de referência no dia-a-dia, o reconhecimento do *layout* de um determinado ambiente, a compreensão de qual o percurso mais eficaz que conecta dois pontos e o estabelecimento de uma ligação entre diferentes caminhos (Boccia et al., 2016). Desta forma, é uma capacidade fundamental que permite ao ser humano seguir um estilo de vida independente, o que a torna essencial à vida quotidiana (Commins et al., 2020).

É importante salientar que a navegação espacial é em grande escala dependente de informação sensorial. Neste seguimento, a visão é considerada um dos sentidos mais significativos quando se navega num ambiente, sendo que a perda desta capacidade tem consequências drásticas durante a navegação (Massiceti et al., 2018). Assim sendo, indivíduos com cegueira congénita ou adquirida apresentam maiores dificuldades a navegar num ambiente quando comparados com indivíduos com acuidade visual, uma vez que a visão fornece dados essenciais relativos à localização, distâncias, movimento (Fortin et al., 2008) e obstáculos ou outro tipo de perigos presentes no percurso (Loomis et al., 1998).

Destaca-se ainda que padrões oscilatórios de atividade no eletroencefalograma (EEG) estão subjacentes a diversas funções cognitivas nomeadamente a navegação espacial (Plank et al., 2010). No entanto, a evidência científica dedicada ao papel do substrato neuronal na navegação espacial foca-se em estudos comportamentais em pacientes com lesões cerebrais e de neuroimagem funcional. Aponta-se ainda como limitação o facto de – na sua generalidade – os estudos relativos à eletrofisiologia da navegação espacial serem realizados em roedores. Não obstante, quando realizados em humanos, usualmente são realçados os aspetos cognitivos

ligados a esta capacidade, negligenciando os sistemas motores, sendo este um aspeto crucial para obter dados com maior fiabilidade (Langbehn et al., 2018).

Reconhecendo a pertinência acima descrita deste tema foram delineados dois objetivos gerais. O primeiro incide no estudo do ritmo cerebral associado à navegação espacial sob movimento físico. Por sua vez, serão analisados os mecanismos compensatórios ligados ao mesmo construto, através de tarefa em Realidade Virtual (RV) de soundspace – com ausência de estímulos visuais. Esta investigação está inserida num projeto mais abrangente cuja finalidade será comparar a navegação espacial entre sujeitos com visão intacta ou corrigida e sujeitos com cegueira congénita ou adquirida. Nesta fase de estudo serão apenas recolhidos dados relativamente à população normativa, i.e., sem cegueira.

O presente documento está organizado em quatro capítulos. O primeiro remete para uma revisão de literatura face ao tema, o segundo é referente à metodologia nomeadamente amostra, instrumentos e procedimentos empregues, o terceiro diz respeito aos resultados e por último é apresentada uma discussão dos resultados obtidos, bem como sugestões para estudos futuros.

Capítulo 1

1.1.Navegação Espacial

A navegação espacial pode ser definida como a capacidade de determinar um trajeto que nos possibilite deslocar de uma localização para outra (Commins et al., 2020), através de um processo complexo na medida em que depende de múltiplas funções cognitivas entre as quais se destacam a memória, atenção, tomada de decisão, percepção, entre outros (Koenig et al., 2011). Esta panóplia de capacidades, ao atuarem em conjunto, permitem ao ser humano processar diferentes parâmetros de informação (e.g., visual, vestibular, propriocetiva, somato-sensorial, auditiva) em simultâneo, o que por sua vez proporciona a implementação de diferentes tipos de estratégias de navegação, que são úteis para seguir o trajeto mais adequado de modo a chegar a um determinado destino (Ekstrom et al., 2014).

Contudo, é importante salientar que a informação visual se sobressai como a mais predominante. Assim sendo, a privação desta capacidade pode ter consequências drásticas na navegação espacial (Massiceti et al., 2018). Indivíduos com cegueira congénita ou adquirida apresentam desvantagens durante a navegação quando comparados com indivíduos com acuidade visual. Apesar de, através de treino e orientação, ser possível navegar eficazmente num determinado espaço sem pistas visuais, é necessário um maior planeamento e recorrer a mais recursos cognitivos, visto que este sistema sensorial fornece informações fundamentais sobre a localização, distâncias, movimento (Fortin et al., 2008), obstáculos e perigos presentes no ambiente (Loomis et al., 1998). Consequentemente, a população cega está mais sujeita a sofrer acidentes, lesões e quedas durante a navegação (Massiceti et al., 2018).

Neste sentido, esta função cognitiva é crucial na vida quotidiana uma vez que proporciona ao ser humano a capacidade de navegar em ambientes familiares (e.g., casa, local de trabalho) ou desconhecidos, localizar e interagir com objetos presentes no percurso e memorizar a sua posição (Colombo et al., 2017).

De acordo com Eichenbaum (2017), existem dois tipos de estratégias utilizadas durante a navegação espacial: navegação local e *wayfinding*. Designa-se por navegação local a procura de estratégias sem uma orientação específica para atingir um objetivo, ou seja, estratégias baseadas na locomoção e reconhecimento da meta em que pode ou não haver informação prévia sobre o ambiente. Por sua vez a locomoção, i.e., movimento do corpo coordenado com o meio envolvente, é um processo crucial durante a navegação espacial. Este processo permite ao navegador adquirir e processar informação do meio, o que o capacita a evitar obstáculos ou outro tipo de barreiras, atravessar entradas sem colidir nas laterais e direcionar o movimento de

acordo com pontos de referência presentes no percurso (Montello, 2009). É de frisar que a locomoção envolve uma série de sistemas sensoriais e motores fornecidos através de informação vestibular e propriocetiva (Montello, 2009). Contudo, é prevalente na evidência científica o foco na componente cognitiva adjacente à navegação espacial, desconsiderando os sistemas motores associados a esta função cognitiva, sendo esta uma das principais limitações apontadas a este ramo de conhecimento (Taube et al., 2013).

Por outro lado, o *wayfinding* consiste num método navegacional que envolve planeamento e um objetivo dirigido, através de um conjunto de elementos – visuais ou auditivos – que auxiliam o sujeito a navegar em um determinado local (Eichenbaum, 2017). Geralmente, este tipo de estratégia recorre a sistemas de suporte de orientação (e.g., mapas, sinalização, GPS) (Schwering et al., 2017). Este processo requer recuperação, codificação e processamento de informação espacial (Erkan, 2018), o que permite ao sujeito estar em constante atualização durante a navegação espacial, possibilitando ter a confirmação de que está a selecionar a rota mais adequada de modo a chegar ao destino pré-estabelecido (Farr et al., 2012). Neste sentido, considera-se o *wayfinding* uma estratégia fundamental para a criação de rotas adjacentes e/ou atalhos que possibilitam o ser humano a atingir o seu objetivo com maior eficiência (Erkan, 2018).

É frequente encontrar termos como orientação espacial e memória espacial definidos como sinónimos de navegação espacial. Apesar de este conjunto de conceitos estarem estritamente interligados, é importante distingui-los.

A orientação espacial assiste a navegação espacial dado que permite ao sujeito alcançar a meta pretendida, enquanto segue um determinado percurso, mesmo que a rota planeada sofra alterações. Desta forma, é necessário que o navegador planeie a rota pretendida, memorize o ambiente em que está envolvido e compreenda uma panóplia de estímulos sensoriais e propriocetivos. (Fernandez-Baizan et al., 2020). Salienta-se que esta habilidade se baseia em duas categorias: egocêntrica e allocêntrica.

A orientação egocêntrica coloca o indivíduo como o centro de referência face ao ambiente, ou seja, a representação do espaço é feita sob o ponto de vista do mesmo (Fernandez-Baizan et al., 2021). Por exemplo, o indivíduo percebe um determinado som como vindo da sua esquerda e por isso direciona-se à sua esquerda de modo a seguir o som (Wang et al., 2020). Este tipo de enquadramento está diretamente ligado ao *path integration* i.e., capacidade de rastrear os nossos movimentos, permitindo calcular a nossa velocidade, distâncias ou mudanças

de direção (Montello, 2009). Sob outro ângulo, a orientação aloccêntrica é independente da posição do sujeito. A representação do ambiente é feita através dos seus próprios elementos (Fernandez-Baizan et al., 2021). O processamento aloccêntrico remete para a identificação e reconhecimento de pontos de referência, o que permite criar mapas mentais e representar o ambiente envolvente (Montello, 2009). Desta forma, o sujeito pode encontrar o caminho mais curto ou utilizar desvios quando o caminho original estiver bloqueado mesmo que o ponto inicial e final estejam localizados longe um do outro (Moraresku & Vlcek, 2020). Ressalta-se que apesar de não se verificar como estritamente necessário, é sugerível, para uma navegação eficiente, utilizar estes dois tipos de orientação em paralelo e.g., a loja está à minha frente (orientação egocêntrica) e à esquerda do parque (orientação aloccêntrica) (Zheng et al., 2021).

Por último, entende-se por memória espacial a capacidade de aprender, armazenar e recuperar informações espaciais (Piber, 2021). Esta função cognitiva implica uma constante atualização, considerando que o ambiente pode mudar drasticamente num curto espaço de tempo (Haun et al., 2006). A formação deste tipo de memória é dependente da homeostase de diversos sistemas (e.g., sono, sistema imunitário e neurogénese) (Piber, 2021).

A hipótese do mapa cognitivo está intrinsecamente ligada à memória espacial. Esta teoria defende que o substrato neuronal constrói uma representação unificada do ambiente espacial, que aliada à memória orienta uma determinada ação (Epstein et al., 2017). Congruentemente, os mapas cognitivos permitem o planeamento de uma rota para um determinado local (o que envolve o cálculo da distância e a direção do destino) e apresentam um papel crucial na aptidão para desviar/contornar um possível obstáculo presente no percurso e identificar atalhos que poderão ser benéficos (Epstein et al., 2017).

1.2. Neuroanatomia da Navegação Espacial

Atendendo à complexidade da navegação espacial constata-se que esta capacidade envolve a codificação e processamento de informação realizada através de diversas áreas cerebrais.

O hipocampo, além do seu papel notório ligado à memória, desempenha um papel primordial no suporte à navegação espacial (Eichenbaum, 2017). Esta estrutura no lobo temporal engloba neurónios denominados de *place cells* i.e., células que disparam quando o sujeito se encontra em locais específicos do ambiente (Jarzebowski et al., 2022). Estes neurónios, ao atuarem em conjunto, permitem o desenvolvimento dos mapas cognitivos

descritos anteriormente, que são cruciais para uma navegação espacial eficiente (Jarzebowski et al., 2022).

Congruentemente, as *place cells* – considerando que o seu foco reside na localização do sujeito independentemente da sua orientação – estão interligadas com a orientação aloccêntrica. Por outro lado, no que concerne à orientação egocêntrica vale sublinhar que esta é processada pelo núcleo caudado (Moussavi et al., 2022) e pelo lobo parietal (Gehrke & Gramann, 2021). Coloca-se também em evidência que de acordo com o modelo BBB desenvolvido por Byrne e colegas (2007) a utilização destas duas estratégias de orientação em paralelo é realizada através do córtex retroespinal e do córtex do cíngulo posterior.

A par das *place cells*, as *grid cells* e *head-direction cells* são imprescindíveis para a navegação (Moser et al., 2015). As *grid cells* estão maioritariamente presentes no córtex entorrinal e detêm um papel chave para o funcionamento do *path integration* (Kunz et al., 2019) que, tal como mencionado, permite o rastreamento do movimento de modo a calcular velocidade, distâncias e mudanças de direção (Montello, 2009). Estas células – ao dispararem – desenvolvem um padrão hexagonal que possibilita compreender qual a distância e ângulo entre os vários campos de disparo. Neste sentido, as *grid cells* representam a totalidade da área explorada pelo sujeito (Kunz et al., 2019). As *head-direction cells* disparam quando há rotação da cabeça do sujeito colocando-a num ângulo específico face ao ambiente (Giocomo et al., 2014). Estas estão intrinsecamente ligadas ao sistema vestibular uma vez que são sensíveis à direção da cabeça do sujeito, independentemente da sua localização ou pontos de referência presentes no percurso (Shine et al., 2016).

Realça-se que diversos estudos de neuroimagem demonstraram que o córtex pré-frontal tem um impacto significativo na navegação espacial, tendo em conta que é responsável pelas funções cognitivas de ordem superior, nomeadamente as funções executivas (Hampstead et al., 2014). Desta forma, a capacidade de tomada de decisão, planeamento e *goal tracking* (e.g., como chegar a casa, encontrar o restaurante mais próximo num local pouco familiar) são consideradas substanciais para uma navegação eficiente (Patai & Spiers, 2021).

1.3. Eletrofisiologia adjacente à Navegação Espacial

No contexto da eletrofisiologia adjacente à navegação espacial acentua-se que o foco da literatura reside frequentemente em estudos em roedores. Apesar de se verificar uma breve introdução do tema em humanos, considera-se o mesmo ainda por explorar. Assim sendo, o

presente estudo irá contribuir para compreender a atividade cerebral associada a esta função cognitiva.

As ondas alpha (8-12Hz) e theta (4-7Hz) correspondem às oscilações mais estudadas no que diz respeito à navegação espacial (Plank et al., 2010). Destaca-se ainda que as ondas alpha estão envolvidas na conexão entre o pensamento e o subconsciente e são frequentemente observadas em momento de calma e sensação de relaxamento (Koudelková & Strmiska, 2018). As ondas theta estão ligadas ao sono ou sonhos e imaginação. Esta onda cerebral é frequentemente associada à intuição ou a tarefas automatizadas (Koudelková & Strmiska, 2018).

Estudos eletrofisiológicos têm colocado em evidência que parte da atividade alpha associada à navegação espacial é influenciada pelo movimento físico, considerando a componente multissensorial que caracteriza esta capacidade (e.g., sistema vestibular, proprioceptivo e motor) (Ehinger et al., 2014). Porém, as investigações relativas a este tema baseiam-se maioritariamente em experiências que exigem ao participante manter-se o mais imóvel possível atendendo à sensibilidade que o EEG apresenta face ao movimento nomeadamente a possibilidade de contaminação dos dados por artefactos, o que irá ter um impacto negativo nos resultados obtidos (Miyakoshi et al., 2021). Sob outra perspetiva a atividade alpha é também associada à tradução de um enquadramento aloentrico para um enquadramento egocêntrico (Do et al., 2021). É ainda importante referir que este tipo de atividade é mais pronunciado em percursos mais complexos quando comparado com percursos mais simples (Caplan et al., 2001).

Verifica-se que as ondas theta estão diretamente ligadas ao armazenamento e recuperação da informação espacial contribuindo significativamente na navegação espacial (Bischof & Boulanger, 2003). Adicionalmente, entende-se que este tipo de atividade também está associado à capacidade de cálculo de distâncias (Do et al., 2021). É importante realçar que de acordo com White e colegas (2012), a atividade theta está diretamente correlacionada com o desempenho durante a navegação espacial, i.e., o aumento da atividade theta implica uma maior eficiência na navegação.

Um estudo desenvolvido por Erkan, (2018) revelou que um aumento da atividade Beta durante a navegação espacial tem um impacto significativo na perceção do ambiente dificultando a capacidade do sujeito em encontrar a direção pretendida ou recordar objetos presentes no percurso.

1.4. Papel da Realidade Virtual para o estudo da Navegação Espacial

O estudo convencional da navegação espacial é feito através de testes de papel e lápis como por exemplo a aprendizagem de mapas, resolução de labirintos, jogo do tangram, desenvolvimento de rotas mentais, etc. Apesar das provas desta natureza fornecerem dados relevantes relativamente à cognição espacial, são considerados altamente enviesadores uma vez que não permitem avaliar diversas dimensões cruciais associadas ao construto em estudo, considerando que carecem de validade ecológica. Por outro lado, Ekstrom et al. (2018) demonstraram que investigar a navegação espacial em ambientes reais é igualmente uma opção pouco viável tendo em conta não só as questões logísticas, como também a impossibilidade de controlar diversos fatores essenciais, nomeadamente o grau de familiaridade do sujeito face ao ambiente.

Em alternativa, a RV veio colmatar esta lacuna uma vez que permite a criação de ambientes virtuais semelhantes aos ambientes físicos. Por outras palavras, a RV tornou-se o método mais apelativo para estudar a navegação espacial visto que esta tecnologia dá ao sujeito a sensação de estar fisicamente presente no mundo virtual (Botella et al., 2004), o que a torna uma ferramenta útil e precisa para avaliar esta função cognitiva eficazmente (Koenig et al., 2011). Adicionalmente, o investigador consegue rapidamente alterar o ambiente virtual (e.g., eliminar pontos de referência e/ou rotas) para avaliar a cognição espacial (Bohil et al., 2011). Ou seja, a RV possibilita compreender o funcionamento neuronal num ambiente controlado pelo experimentador, com características de comportamentos naturais (Minderer et al., 2016).

É importante referir que um dos fatores mais importantes quando se utiliza um sistema de RV diz respeito ao grau de imersão que o mesmo tem. De acordo com Witmer & Singer (1998), a imersão é caracterizada por um estado psicológico no qual o indivíduo ao interagir no ambiente virtual, experiêcia um fluxo contínuo de estímulos omnidirecionais sem influência do ambiente físico. De forma complementar, o utilizador é capaz de sincronizar os movimentos reais com os virtuais. Por outras palavras, o sujeito percebe a si mesmo como parte do ambiente virtual.

Todavia, tal como referido, o grau de imersão de um sistema de RV pode diferir. Por conseguinte, a RV pode ser classificada em duas categorias: RV imersiva e RV não imersiva. Entende-se por RV imersiva um sistema que envolve estimulação sensorial e envolvimento físico do participante. Por outro lado, a RV não imersiva remete exclusivamente para um envolvimento psicológico no ambiente virtual (Sherman & Craig, 2003). Consequentemente,

verifica-se uma correlação direta entre imersividade e estado de presença do participante, i.e., condição que permite ao utilizador responder a eventos no mundo virtual de forma semelhante ao mundo real (Ghani et al., 2020).

Em modo conclusivo, ressalta-se que apesar de se verificar uma predominância na utilização da RV para estudar a navegação espacial, a literatura baseia-se – na maioria dos casos – em sistemas não imersivos, o que implica a utilização de um teclado ou joystick. Ainda que este método seja eficaz na avaliação da componente cognitiva associada à navegação espacial, negligencia fortemente a informação propriocetiva e vestibular.

Sob outro prisma, um estudo realizado por Langbehn e colegas (2018), revelou que os participantes desempenharam uma performance superior em tarefas de locomoção que envolveram movimento físico em comparação com tarefas onde foi utilizado o joystick ou teletransporte, demonstrando não só a eficácia da RV imersiva, como também a importância do sistema propriocetivo e vestibular na navegação espacial.

No que diz respeito ao contexto clínico, este sistema apresenta eficácia significativa na medida em que contribui não só para avaliação cognitiva de perturbações associadas à navegação espacial, como também no desenvolvimento de novas intervenções, que promovam aos sujeitos com estas dificuldades um estilo de vida mais autónomo e independente (Cogné et al., 2017).

Neste ponto de vista, a RV imersiva declara-se como o mecanismo mais vantajoso para investigar o compósito espacial.

Capítulo 2

2. Metodologia

A presente investigação trata-se de um estudo experimental na qual a natureza dos dados é quantitativa. Relativamente ao alcance temporal consiste num estudo transversal, ou seja, os dados irão ser recolhidos em um único momento e é baseado num design experimental intra sujeitos, sendo que período de referência é prospetivo. Esta investigação faz parte de um projeto mais abrangente que visa comparar a navegação espacial entre sujeitos com cegueira congénita ou adquirida e sujeitos com acuidade visual. Esta fase foca-se em avaliar o construto em estudo na população normativa, contudo serão removidos do protocolo experimental todas as subescalas que apresentem estímulos visuais.

Salienta-se que foram definidos os seguintes critérios de inclusão: 1) idade igual ou superior a 18 anos; 2) sem défices motores diagnosticados; 3) acuidade visual intacta ou corrigida.

2.1.Participantes

Inicialmente a amostra era constituída por 14 participantes, contudo foram excluídos 3 participantes por questões técnicas associadas ao protocolo, o que se traduziu num total de 11 participantes entre os quais 4 (36%) são do sexo feminino e 7 (64%) do sexo masculino, com idades compreendidas entre os 20 e os 42 anos ($M=26$, $DP=6.33$). É importante sublinhar que 7 (64%) participantes relataram ter sido diagnosticados com défices visuais, contudo encontram-se corrigidos e não foram relatados problemas auditivos.

2.2.Medidas

A navegação espacial foi avaliada a partir de uma bateria neuropsicológica, EEG, tarefa em RV de *soundspace* e grelha de observação. A bateria neuropsicológica é composta pelas provas: Montreal Cognitive Assessment (MoCA), Escala de Memória de Wechsler (EMW), Questionnaire on Everyday Navigational Ability (QuENA), Wayfinding Questionnaire (WQ) e questionário sociodemográfico.

2.2.1.Montreal Cognitive Assessment (MoCA)

O MoCA permite a avaliação do funcionamento cognitivo global nomeadamente a memória a curto prazo, orientação visuoespacial, funções executivas, atenção e concentração, memória de trabalho e linguagem. A prova contém uma folha de protocolo e um manual com instruções da administração e cotação. Demora cerca de 10 a 15 minutos a ser administrada e tem uma pontuação máxima de 30 pontos, sendo que, pontuações mais altas significam um melhor funcionamento cognitivo (Anexo 1). No presente estudo não foram aplicadas as

subescalas visuoespacial/executiva e nomeação considerando que as mesmas apresentam estímulos visuais, tendo em consideração o projeto no qual este estudo está inserido mencionado anteriormente (versão original: Nasreddine et al., 2005; versão portuguesa: Freitas et al., 2011).

2.2.2. Escala de Memória de Wechsler (EMW-R)

A EMW possibilita avaliar a memória com precisão. Esta prova pode ser aplicada a partir dos 20 anos de forma individual e demora cerca de 30 minutos a ser administrada. Realça-se ainda que é composta por sete subescalas, especificamente: I – informação geral e pessoal, II – orientação imediata, III – memória mental, IV – memória lógica, V – memória de dígitos, VI – reprodução visual e VII – aprendizagem associativa (Anexo 2). A subescala de reprodução visual não foi aplicada no decorrer do protocolo considerando que, tal como o nome indica, contém estímulos visuais (versão original: Wechsler, 1987).

2.2.3. Questionnaire on Everyday Navigational Ability (QuENA)

O QuENA visa avaliar a desorientação topográfica. Esta prova de papel e lápis é composta por 11 itens, divididos em quatro dimensões: agnosia de pontos de referência, desorientação egocêntrica, desatenção e desorientação de encaminhamento. As primeiras dez questões são respondidas de acordo com uma escala tipo *likert* que varia de 0 a 3 pontos e a última questão é dicotómica (nunca aconteceu / já aconteceu). A pontuação varia de 0 a 30 pontos sendo que valores mais altos reportam uma sintomatologia severa (estudo original: Pai et al., 2012; versão portuguesa: Nascimento Alves, Martins, Albuquerque, 2018). Destaca-se que este questionário se encontra validado para a população portuguesa (Monteny, 2021) (Anexo 3).

2.2.4. Wayfinding Questionnaire (WQ)

O WQ consiste num questionário de autopreenchimento que permite avaliar queixas relacionadas com a navegação espacial. Esta prova engloba 22 itens que representam três dimensões nomeadamente navegação e orientação, estimativa de distância e ansiedade espacial. Os itens são preenchidos de acordo com uma escala tipo *likert* de 1 (não se aplica de todo a mim) a 7 (aplica-se completamente a mim). O score total é obtido através de somatório direto verificando-se que quanto maior for o score mais queixas durante a navegação são apresentadas pelo sujeito (Anexo 4). É importante realçar que até à data, o WQ não está validado para a população portuguesa desenvolvida no LEL da FMUL por Nascimento Alves, Martins, Albuquerque, (2018) (versão original: van der Ham et al., 2013).

2.2.5. Questionário Sociodemográfico

Foi desenvolvido um questionário sociodemográfico com o intuito de recolher dados relativamente à idade, sexo, nacionalidade, habilitações literárias, profissão, estado civil, experiência com computadores e videojogos dos participantes, problemas visuais ou auditivos, doenças psiquiátricas e doenças neurológicas. Desta forma, foi possível garantir que toda a amostra cumpre os critérios de inclusão e exclusão (idade igual ou superior a 18 anos, sem défices motores diagnosticados e acuidade visual intacta ou corrigida) assegurando a elegibilidade dos participantes (Anexo 15).

2.2.6. Tarefa em RV de Soundspace

De modo a avaliar a navegação espacial os participantes foram expostos a uma tarefa em RV de soundspace i.e., tarefa em RV imersiva que contém exclusivamente pistas sonoras (Apêndice 1). A experiência é realizada com recurso aos óculos Vive Pro Eye com o intuito de privar o participante de qualquer estímulo visual e compreender qual a posição do participante no percurso. A tarefa é composta por uma fase de treino e três tarefas distintas aplicadas em duas fases de estudo. A fase de treino tornou-se crucial uma vez que permite ao participante familiarizar-se não só com os sons presentes na tarefa (indicação do local pretendido, paredes e obstáculos presentes no percurso), como também a habituar-se a deslocar fisicamente no ambiente sem pistas visuais e três tarefas diferentes aplicadas em duas fases do estudo.

No primeiro nível (Figura 1) é pedido ao participante para atravessar uma estrada quando considerar seguro. Para isso deve atravessar após ouvir o som do carro e a ativação do som do semáforo. Quando chega ao ponto pretendido é pedido que volte para o ponto inicial da tarefa.

No segundo nível (Figura 2) o participante terá de se deslocar até um determinado ponto orientando-se a partir das pistas sonoras fornecidas e desviando-se de diversos obstáculos presentes no percurso, a tarefa termina quando o participante volta para o ponto inicial. Existem várias rotas possíveis.

No terceiro nível (Figura 3) o participante depara-se com um labirinto. À semelhança dos níveis anteriores, o participante terá de se deslocar até um determinado ponto orientando-se a partir de pistas sonoras e deverá evitar colisões com objetos e paredes. Ao chegar ao local pretendido deverão voltar ao ponto inicial.

Após a administração de uma tarefa distratora (subescala V – memória de dígitos da EMW-R) são aplicadas as mesmas condições de estudo apresentadas na primeira fase, contudo

os participantes não terão acesso ao som que indica o local ao qual se deve dirigir, devendo basear-se na primeira fase de estudo de modo a realizar o percurso corretamente.

A performance do participante será avaliada a partir de uma grelha de observação descrita na secção seguinte.

2.2.7. Grelha de Observação

De modo a avaliar a performance da tarefa foi aplicada uma grelha de observação desenvolvida por Fialho et al. (2021). Desta forma, foi possível recolher dados relativamente a erros de percurso, colisões com obstáculos e/ou paredes e o tempo despendido em cada tarefa o que por sua vez permite compreender com maior rigor a prestação dos participantes (Anexo 2 6). A performance foi avaliada posteriormente através de uma gravação autorizada pelo participante de modo a avaliar as medidas com maior rigor.

2.2.8. EEG liveamp 32 canais

O EEG permite o registo da atividade neuronal é feito à superfície do escalpe a partir de diversos eléktodos podendo considerar-se um método não invasivo (Seok et al., 2021).

O registo dos dados foi realizado através do software Brain Vision v.2.0 (Brain Products, GmbH) e o equipamento EEG Liveamp de 32 canais (Brain Products, GmbH) que tem a particularidade de ser um instrumento portátil. O LiveAmp 32 compreende 32 eléktodos tendo por base o sistema internacional 10–20. Neste estudo foram utilizados os eléktodos: C3/C4, FP1/FP2, Fz, F3/F4, F7/F8, FCz, FC1/FC2, FC5/FC6, FT9/FT10, T7/T8, CP1/CP2, CP5/CP6, TP9/TP10, Pz, P3/P4, P7/P8, Oz e O1/O2 (Anexo 37). O eléktrodo Fz foi colocado como referência e com o intuito de realizar uma análise com maior rigor os limites de impedância foram definidos para 10 kOhm.

Um dos principais desafios do presente estudo remete para a sensibilidade do EEG no que diz respeito ao movimento uma vez que o mesmo implica a produção de artefactos (Chen et al., 2019), i.e., sinais registados pelo EEG que não têm origem cerebral (Sazgar & Young, 2019), sendo que têm um impacto significativo na análise e interpretação dos dados (Tatum et al., 2011).

2.3.Procedimento

Inicialmente foi realizado um pedido de aprovação à Comissão de Ética da Escola de Psicologia e Ciências da Vida da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias. Após um parecer positivo foi realizado um teste em laboratório de modo a garantir a viabilidade da

tarefa experimental considerando que os dados do EEG iriam conter presença de artefactos por movimento.

Posteriormente deu-se início à recolha de dados, realizada presencialmente em laboratório (MovLab). Numa fase inicial procedeu-se à entrega e explicação do consentimento informado (ver apêndice 2) e a administração da bateria neuropsicológica. De seguida foi realizada a colocação dos eléktrodos tendo em conta o sistema internacional 10/20 e por fim a realização da tarefa em RV, sendo que, a ordem dos níveis foi apresentada aleatoriamente. Com o intuito de realizar uma análise de dados mais rigorosa propôs-se a possibilidade de gravar o ecrã com a performance dos participantes – não contém dados que permitam a identificação do participante – no decorrer da tarefa experimental. Foi atribuído um código de modo a associar a performance do participante aos resultados da bateria neuropsicológica e dados sócio demográficos garantindo desta forma o anonimato e confidencialidade.

Sublinha-se que o plano de contingência COVID-19 foi seguido. Todos os equipamentos utilizados ou superfícies frequentemente tocadas (e.g. maçanetas, mesas, entre outros) foram devidamente desinfetadas antes e após cada utilização, foi mantida a distância de segurança de no mínimo 2 m sempre que possível, o número de pessoas dentro do laboratório foi limitado a um participante e um a dois investigadores de modo a reduzir o risco de contágio, foi garantido um período de tempo adicional no que concerne ao agendamento entre participantes de modo a ser possível proceder à desinfeção do material e espaço, os participantes para além da máscara cirúrgica ou social utilizadas no contexto da pandemia serão equipados com uma máscara na zona dos *oculus* de RV.

Considerando que investigações que envolvem o EEG geralmente requerem um contacto próximo entre o investigador e participante foi adicionalmente tido em conta um protocolo desenvolvido por Simmons & Luck, (2020) com o intuito de reduzir significativamente o risco de contágio à COVID-19 durante a experiência. Desta forma houve um aumento dos limites de impedância e foram utilizadas luvas descartáveis durante a colocação dos eléktrodos. Uma vez que o período de colocação dos eléktrodos é o que envolve um maior contacto entre o investigador e participante, foi pedido ao participante que coloque o queixo na mesa de preparação e sempre que possível o investigador encontrou-se atrás do participante de modo a minimizar o contacto face a face.

2.4.Processamento de dados

Para o processamento de dados do EEG foi utilizado o software EEGLab (versão 2021.1). Numa primeira fase – após a importação dos dados para o software – efetuou-se o Downsample de 500Hz para 250Hz e à aplicação de Filtros Low (1) high (70) pass filters com o intuito de reduzir os artefactos produzidos.

Constata-se que durante o registo foram delineados sete tipos de eventos distintos nomeadamente a baseline i.e., -10s antes de cada tarefa, tarefa 1, 2 e 3 correspondentes à primeira fase de estudo e repetição da tarefa 1, 2 e 3 correspondentes à segunda fase de estudo.

Com a finalidade de identificar componentes associados à atividade cardíaca, musculares e movimento e ruído elétrico foi realizada a Independent Component Analysis (ICA). Adicionalmente foram identificados os componentes Flag and Label i.e., componentes com 90% de probabilidade de serem artefactos produzidos por movimentos musculares ou oculares. De seguida procedeu-se ao desenvolvimento das épocas sendo que foi criada uma época para cada um dos sete eventos referidos anteriormente. Por último, foram removidas as épocas com amplitudes de corrente superiores a 100 microVolts.

2.5.Análise estatística

Com o intuito de analisar os dados recolhidos foi utilizado o software SPSS 20. Realça-se que tendo em consideração a dimensão da amostra, optou-se por realizar a análise com recurso a testes não paramétricos.

Neste sentido, as duas fases de estudo foram comparadas a partir do teste Wilcoxon. Numa primeira perspetiva procedeu-se à comparação de resultados de cada tarefa em específico nos dois momentos de estudo. Posteriormente, a performance dos participantes foi avaliada tendo por base a comparação do compósito de tarefas em simultâneo nas duas fases de estudo, i.e., tarefa de navegação com sons vs. sem som, no que diz respeito às dimensões erros de percurso e tempo de execução da tarefa.

Adicionalmente, de modo a compreender o grau de associação entre as escalas MoCA, EMW, WQ e QuENA e a tarefa experimental, recorreu-se a correlações de Pearson.

Capítulo 3

3. Resultados

3.1. Análise descritiva às provas utilizadas

De maneira a compreender a percepção do sujeito face à sua capacidade de navegação espacial no dia-a-dia foram aplicadas as escalas WQ e QuENA. Foi realizada uma estatística descritiva no que diz respeito a estes instrumentos de modo a compreender as médias de resposta dadas em cada dimensão. No que diz respeito ao WQ a subescala navegação e orientação apresenta uma média superior ($M=56,72$; $DP=12,63$) quando comparado com a ansiedade espacial ($M=38,90$; $DP = 9,37$) e estimativa de distância ($M=11,63$; $DP=4,38$). Em relação ao QuENA, tal como expectável não foram apresentados resultados com um score elevado considerando que a amostra é normativa (Pai et al., 2012). A subescala desatenção revela uma média superior em função das restantes subescalas ($M=2,27$; $DP=1,90$), nomeadamente desorientação de encaminhamento ($M=2,18$; $DP= 1,60$), agnosia de pontos de referência ($M=2,18$; $DP=1,53$) e desorientação egocêntrica ($M=1,90$; $DP= 1,44$). Contudo, esta análise foi apenas descritiva não se realizando inferência devido à inexistência de valores normativos para estas escalas.

3.2. Análise de inferência sobre a performance nas tarefas de navegação espacial

Com o propósito de comparar a performance dos participantes nas duas fases de estudo foi efetuado o teste não paramétrico Wilcoxon. Verifica-se que na primeira tarefa não existem diferenças significativas entre os dois momentos de estudo independentemente dos parâmetros observados nos seguintes parâmetros: colisões com o carro ($Z=-1,26$; $p=0.20$), erros de percurso ($Z=-0.40$; $p=0.68$) e tempo despendido na realização da tarefa ($Z=0.53$; $p=0.59$). Relativamente à segunda tarefa observa-se que do primeiro momento para o segundo houve uma diminuição no número de colisões com obstáculos ($Z=-1,13$; $p=0.25$) e colisões com paredes ($Z=-1,82$; $p=0.06$), porém apenas se verificam diferenças não significativas no que diz respeito ao número de colisões com paredes. Por outro lado, há um aumento no tempo para a realização da tarefa do primeiro para o segundo momento, apesar de não ser significativo ($Z=1,58$; $p=0.11$). Relativamente à terceira tarefa uma qnãõ há diferenças no que concerne ao número de colisões com paredes entre as duas fases de estudo ($Z=1.63$; $p=0.10$). O mesmo verifica-se ao comparar os erros de percurso ($Z=-0.35$; $p=0.71$). No que diz respeito ao tempo de execução da tarefa há uma diminuição significativa do primeiro para o segundo momento ($Z=-1.88$; $p=0.05$).

Sob outra perspetiva, foi demonstrado que na primeira fase de estudo não houve diferenças significativas ao nível dos erros de percurso ao comparar a primeira tarefa com a

segunda ($Z=-1.71$; $p=0.86$), e a primeira tarefa com a terceira ($Z=-1.40$; $p=0.15$). Por outro lado, verificou-se um aumento significativo no que diz respeito aos erros de percurso da segunda tarefa para a terceira ($Z=-1.89$; $p=0.05$). Vale sublinhar que no parâmetro tempo de execução em cada tarefa, verifica-se uma diminuição significativa da primeira tarefa para a terceira tarefa ($Z=-2.39$; $p=0.01$). Ao comparar a primeira tarefa e a segunda ($Z=-1.37$; $p=0.16$) e a segunda tarefa com a terceira ($Z=-1.68$; $p=0.09$), não foi possível observar diferenças significativas face ao tempo de execução.

Durante a segunda fase de estudo observou-se um aumento significativo de erros de percurso entre a primeira tarefa e a segunda tarefa ($Z=2.21$; $p=0.02$) e a segunda tarefa e a terceira tarefa ($Z=-2.06$; $p=0.02$). Ao avaliar a mesma dimensão entre a primeira tarefa e a terceira tarefa, não foram observadas diferenças significativas ($Z=-0.63$; $p=0.52$). No que diz respeito ao tempo de execução da tarefa não foram reveladas diferenças significativas entre a primeira tarefa e a segunda ($Z=-0.96$; $p=0.33$), a primeira tarefa e a terceira ($Z=-1.58$; $p=0.11$) e a segunda tarefa e a terceira ($Z=-0.45$; $p=0.64$).

3.3. Relações entre os testes neuropsicológicos e a performance nas tarefas de navegação espacial

Adicionalmente, foram efetuadas correlações de Pearson com o fim de estudar o grau de associação entre o desempenho no decorrer da tarefa experimental, o funcionamento cognitivo global do sujeito e a perceção do sujeito no que diz respeito à sua capacidade de navegação espacial no dia-a-dia. Para este efeito, procedeu-se ao cálculo da média das dimensões em estudo erros de percurso e tempo de execução em cada fase de estudo.

Neste sentido, no que concerne a primeira fase de estudo, verifica-se que entre o funcionamento cognitivo global do e a dimensão erros de percurso ($r=0.18$; $p=0.60$) e tempo despendido para realizar a tarefa ($r=0.03$; $p=0.91$) não existe um grau de associação significativo. Não foi possível observar um efeito significativo no grau de associação entre a EMW e erros de percurso ($r=0.21$; $p=0.54$) ou tempo de execução da tarefa ($r=0.09$; $p=0.90$). A WQ também não revelou diferenças significativas nas duas dimensões: erros de percurso ($r=-0.51$; $p=0.12$) e tempo de execução da tarefa ($r=-0.39$; $p=0.25$). À semelhança da escala anterior, a prova QuENA também não apresentou um grau de associação significativo: erros de percurso ($r=0.38$; $p=0.27$) e tempo total na realização da tarefa ($r=0.42$; $p=0.21$).

Na segunda fase de estudo, a correlação entre o funcionamento cognitivo global e a variável erros de percurso ($r=-0.02$; $p=0.94$) e variável tempo ($r=-0.16$; $p=0.65$) não demonstrou

diferenças significativas. Similarmente, a EMW não demonstrou um grau de associação significativo em ambas as dimensões: erros de percurso ($r=0.04$; $p=0.90$) e tempo de execução da tarefa ($r=-0.08$; $p=0.81$). Não foram observadas diferenças significativas que diz respeito à percepção do sujeito na sua capacidade de navegação espacial e o seu desempenho no decorrer da tarefa experimental: WQ e erros de percurso ($r=0.33$; $p=0.34$) e tempo de execução da tarefa ($r=-0.42$; $p=0.22$) e correlação entre QuENA e erros de percurso ($r=0.20$; $p=0.57$) e tempo de execução da tarefa ($r=0.44$; $p=0.20$).

3.4. Electroencefalografia durante as tarefas de navegação espacial

No que tange os resultados referentes ao EEG salienta-se que foram realizados dois tipos de análise (apêndice 3). Por um lado, efetuou-se uma análise topográfica da potencial espectral associada à atividade Theta (3-7Hz) e Alpha (8-12Hz), por outro foi realizada uma análise espectral com o intuito de compreender a ativação média associada a cada banda de atividade de EEG. Ressalta-se que esta análise foi realizada no software EEGLAB e os resultados apresentados têm por base uma análise estatística paramétrica com correção de Bonferroni para um plano fatorial 3 X 2 (3 níveis da condição tarefa: T1, T2, T3; 2 níveis da condição ensaio1 e ensaio2) com um nível de significância de 0,05.

A análise topográfica à banda inferior Theta (3-4Hz) revela que existe uma diferença entre as tarefas 1,2,3 sobretudo na região central Cz, com a potencia desta banda a aumentar da tarefa 1 para a tarefa 3. No que concerne o ensaio 1 e o ensaio 2 não se registam diferenças significativas (Figura 4). Verifica-se que o grau de complexidade das tarefas potencia uma predominância da atividade theta (banda baixa e alta) contudo não é significativa. Estes valores são apresentados na Figura 5.

Na banda superior Theta e inferior Alpha (7-8Hz) pode-se constatar que estas diferenças são mais abrangentes (Figura 6), mas não há interação quando comparado com a banda inferior Theta (Figura 7). Na banda superior Alpha (10-12Hz) verifica-se o mesmo padrão (Figura 8), mas não sendo significativo nesta análise (Figura 9).

Capítulo 4

4. Discussão

A presente dissertação teve como objetivos estudar as estratégias empregues durante a navegação e analisar a atividade cerebral associada a esta função cognitiva. Para este efeito, foi pedido aos participantes para experienciarem um conjunto de tarefas em RV soundspace, ou seja, sem estímulos visuais, monitorizando-os através do EEG e uma grelha de observação descrita anteriormente.

Em primeiro lugar, salienta-se que ao contrário do que seria esperado, não se verificou significância entre a percepção do sujeito face à sua capacidade de navegação espacial avaliada pelas escalas WQ e QuENA e a performance da tarefa experimental. Este resultado pode ser explicado atendendo à dimensão da amostra e de não ser expectável que os participantes obtenham scores elevados nas subsescalas relacionadas com a navegação espacial. Por outro lado, não é expectável que a percepção que o sujeito possui face à sua capacidade de navegação espacial esteja diretamente correlacionada com a performance considerando que a tarefa não apresenta estímulos visuais. Estes dados poderão ser indicadores da capacidade de discriminação das escalas WQ e QuENA face aquilo a que se propõem medir. Contudo, é necessário realizar estudos futuros com uma amostra representativa para obter conclusões mais fiáveis.

Realça-se ainda que a experiência está dividida em duas fases, a primeira associada a estratégias por navegação local e a segunda baseada em estratégias por wayfinding (Fialho et al., 2021). Contrariamente aos resultados observados por Fialho et al., (2021), não houve uma melhoria na performance dos participantes do primeiro momento do estudo para o segundo, uma vez que se verificou um aumento nos erros de percurso e colisão com obstáculos ou paredes na generalidade dos casos. Em congruência com Fialho et al., (2021) foi verificado um aumento no tempo de execução entre cada tarefa, tal como esperado atendendo ao aumento da dificuldade das mesmas. Contudo, sugere-se avaliar novamente a performance com uma amostra representativa de modo a obter dados com maior fiabilidade. Adicionalmente, propõe-se a atualização da tarefa experimental. Atendendo ao feedback recebido por parte dos participantes, verificou-se que o som emitido correspondente à aproximação de um obstáculo ou parede é semelhante ao momento de colisão, o que pode explicar o número elevado de colisões mesmo em percursos mais simples.

Uma das principais limitações apresentadas na literatura no que diz respeito à navegação espacial com recurso ao EEG diz respeito ao carácter não imersivo da generalidade

das investigações face a este tema. Os sistemas motor, propriocetivo e vestibular são frequentemente negligenciados (Langbehn et al., 2018). Por este motivo, considera-se como um dos pontos fortes desta investigação o estudo da eletrofisiologia associada à navegação espacial sob movimento físico, tornando o desempenho dos participantes mais realista. Neste sentido, uma das principais preocupações no desenvolvimento do protocolo experimental residiu na sensibilidade que o EEG apresenta face ao movimento e ruído eletrónico. Deste modo, foi realizado um teste em laboratório com o intuito de comprovar a viabilidade da experiência. A análise topográfica à banda inferior Theta (3-4Hz) revelou diferenças significativas entre as tarefas. Este resultado vai de acordo com a literatura e pode ser explicado pelo aumento do grau de complexidade de tarefa para tarefa tendo em conta que este tipo de atividade se relaciona com o armazenamento e recuperação da informação espacial contribuindo para uma navegação espacial eficaz (Bischof & Boulanger, 2003).

Em modo conclusivo, propõe-se para estudos futuros a replicação do presente protocolo com uma amostra mais representativa sendo esta a principal limitação da presente investigação. É de igual forma relevante aprimorar o protocolo de investigação de modo a recolher dados mais concisos relativamente às estratégias empregues pelos participantes. Sugere-se ainda comparar a performance da tarefa experimental entre sujeitos com acuidade visual e sujeitos com cegueira congénita ou adquirida. Comparar estas duas populações permite ainda compreender as diferenças na aprendizagem e apreensão de informação espacial e implementação de estratégias navegacionais.

Referências

- Alberto Antunes de Sousa Monteny, A. (2021). *Questionnaire on Everyday Navigational Ability (QuENA): Estudo de validação das propriedades psicométricas para a população portuguesa*. Universidade de Lisboa.
- Bischof, W. F., & Boulanger, P. (2003). Spatial Navigation in Virtual Reality Environments: An EEG Analysis. *Cyberpsychology and Behavior*, 6(5), 487–495.
<https://doi.org/10.1089/109493103769710514>
- Boccia, M., Guariglia, C., Sabatini, U., & Nemmi, F. (2016). Navigating toward a novel environment from a route or survey perspective: neural correlates and context-dependent connectivity. *Brain Structure and Function*, 221(4), 2005–2021.
<https://doi.org/10.1007/s00429-015-1021-z>
- Bohil, C. J., Alicea, B., & Biocca, F. A. (2011). Virtual reality in neuroscience research and therapy. *Nature Reviews Neuroscience* 2011 12:12, 12(12), 752–762.
<https://doi.org/10.1038/nrn3122>
- Botella, C., Quero, S., Baños, R. M., Perpiña, C., García Palacios, A., & Riva, G. (2004). Virtual reality and psychotherapy. *Studies in Health Technology and Informatics*, 99, 37–54. <https://doi.org/10.3233/978-1-60750-943-1-37>
- Byrne, P., Becker, S., & Burgess, N. (2007). Remembering the past and imagining the future: a neural model of spatial memory and imagery. *Psychological Review*, 114(2), 340.
<https://doi.org/10.1037/0033-295X.114.2.340>
- Caplan, J. B., Madsen, J. R., Raghavachari, S., & Kahana, M. J. (2001). Distinct patterns of brain oscillations underlie two basic parameters of human maze learning. *Journal of Neurophysiology*, 86(1), 368–380. <https://doi.org/10.1152/JN.2001.86.1.368>
- Chen, X., Xu, X., Liu, A., Lee, S., Chen, X., Zhang, X., McKeown, M. J., & Wang, Z. J. (2019). Removal of Muscle Artifacts from the EEG: A Review and Recommendations. *IEEE Sensors Journal*, 19(14), 5353–5368. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2019.2906572>
- Cogné, M., Taillade, M., N’Kaoua, B., Tarruella, A., Klinger, E., Larrue, F., Sauzéon, H., Joseph, P. A., & Sorita, E. (2017). The contribution of virtual reality to the diagnosis of spatial navigation disorders and to the study of the role of navigational aids: A systematic literature review. In *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* (Vol. 60,

- Issue 3, pp. 164–176). Elsevier Masson SAS.
<https://doi.org/10.1016/j.rehab.2015.12.004>
- Colombo, D., Serino, S., Tuena, C., Pedrolì, E., Dakanalis, A., Cipresso, P., & Riva, G. (2017). Egocentric and allocentric spatial reference frames in aging: A systematic review. In *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* (Vol. 80, pp. 605–621). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.07.012>
- Commins, S., Duffin, J., Chaves, K., Leahy, D., Corcoran, K., Caffrey, M., Keenan, L., Finan, D., & Thornberry, C. (2020). NavWell: A simplified virtual-reality platform for spatial navigation and memory experiments. *Behavior Research Methods*, 52(3), 1189–1207. <https://doi.org/10.3758/s13428-019-01310-5>
- Do, T. T. N., Lin, C. T., & Gramann, K. (2021). Human brain dynamics in active spatial navigation. *Scientific Reports* 2021 11:1, 11(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92246-4>
- Ehinger, B. v., Fischer, P., Gert, A. L., Kaufhold, L., Weber, F., Pipa, G., & König, P. (2014). Kinesthetic and vestibular information modulate alpha activity during spatial navigation: A mobile EEG study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(1 FEB), 71. <https://doi.org/10.3389/FNHUM.2014.00071/ABSTRACT>
- Eichenbaum, H., & Eichenbaum, H. (2017). The role of the hippocampus in navigation is memory. *The Neurobiology of Navigation J Neurophysiol*, 117, 1785–1796. <https://doi.org/10.1152/jn.00005.2017.-There>
- Ekstrom, A. D., Arnold, A. E. G. F., & Iaria, G. (2014). A critical review of the allocentric spatial representation and its neural underpinnings: Toward a network-based perspective. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(OCT). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00803>
- Ekstrom, A., Spiers, H., Bohbot, V., & Rosenbaum, S. (2018). *Human Spatial Navigation*.
- Epstein, R. A., Patai, E. Z., Julian, J. B., & Spiers, H. J. (2017). The cognitive map in humans: spatial navigation and beyond. *Nature Neuroscience*, 20(11), 1504–1513. <https://doi.org/10.1038/NN.4656>
- Erkan, İ. (2018). Examining wayfinding behaviours in architectural spaces using brain imaging with electroencephalography (EEG). *Architectural Science Review*, 61(6), 410–428. <https://doi.org/10.1080/00038628.2018.1523129>

- Farr, A. C., Kleinschmidt, T., Yarlagadda, P., & Mengersen, K. (2012). *Transport Reviews A Transnational Transdisciplinary Journal* Wayfinding: A simple concept, a complex process. *Wayfinding: A simple concept, a complex process*.
<https://doi.org/10.1080/01441647.2012.712555>
- Fernandez-Baizan, C., Alcántara-Canabal, L., Solis, G., & Mendez, M. (2020). Development of egocentric and allocentric spatial orientation abilities in children born preterm with very low birth weight. *Early Human Development*, 141, 104947.
<https://doi.org/10.1016/J.EARLHUMDEV.2019.104947>
- Fernandez-Baizan, C., Arias, J. L., & Mendez, M. (2021). Spatial orientation assessment in preschool children: Egocentric and allocentric frameworks. *Applied Neuropsychology: Child*, 10(2), 171–193. <https://doi.org/10.1080/21622965.2019.1630278>
- Fialho, L., Oliveira, J., Filipe, A., & Luz, F. (2021). Soundspace VR: spatial navigation using sound in virtual reality. *Virtual Reality*. <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00597-0>
- Fortin, M., Voss, P., Lord, C., Lassonde, M., Pruessner, J., Saint-Amour, D., Rainville, C., & Lepore, F. (2008). Wayfinding in the blind: Larger hippocampal volume and supranormal spatial navigation. *Brain*, 131(11), 2995–3005.
<https://doi.org/10.1093/brain/awn250>
- Freitas, S., Simões, M. R., Alves, L., & Santana, I. (2011). Montreal Cognitive Assessment (MoCA): normative study for the Portuguese population. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 33(9), 989–996.
<https://doi.org/10.1080/13803395.2011.589374>
- Gehrke, L., & Gramann, K. (2021). Single-trial regression of spatial exploration behavior indicates posterior EEG alpha modulation to reflect egocentric coding. *European Journal of Neuroscience*, 54(12), 8318–8335. <https://doi.org/10.1111/EJN.15152>
- Ghani, I., Rafi, A., & Woods, P. (2020). *The effect of immersion towards place presence in virtual heritage environments*. <https://doi.org/10.1007/s00779-019-01352-8/Published>
- Giocomo, L. M., Stensola, T., Bonnevie, T., van Cauter, T., Moser, M. B., & Moser, E. I. (2014). Topography of Head Direction Cells in Medial Entorhinal Cortex. *Current Biology*, 24(3), 252–262. <https://doi.org/10.1016/J.CUB.2013.12.002>

- Hampstead, B. M., Brown, G. S., & Hartley, J. F. (2014). Transcranial Direct Current Stimulation Modulates Activation and Effective Connectivity During Spatial Navigation. *Brain Stimulation*, 7(2), 314–324. <https://doi.org/10.1016/J.BRS.2013.12.006>
- Haun, D. B. M., Call, J., Janzen, G., & Levinson, S. C. (2006). Evolutionary Psychology of Spatial Representations in the Hominidae. *Current Biology*, 16(17), 1736–1740. <https://doi.org/10.1016/J.CUB.2006.07.049>
- Jarzebowski, P., Hay, Y. A., Grewe, B. F., & Paulsen, O. (2022). Different encoding of reward location in dorsal and intermediate hippocampus. *Current Biology*, 32(4), 834–841.e5. <https://doi.org/10.1016/J.CUB.2021.12.024>
- Koenig, S. T., Crucian, G. P., Dünser, A., Bartneck, C., & Dalrymple-Alford, J. C. (2011). Validity evaluation of a spatial memory task in virtual environments. In *International Journal of Design and Innovation Research* (Vol. 1, Issue 1).
- Koudelková, Z., & Strmiska, M. (2018). Introduction to the identification of brain waves based on their frequency. *MATEC Web of Conferences*, 210. <https://doi.org/10.1051/MATECCONF/201821005012>
- Kunz, L., Maidenbaum, S., Chen, D., Wang, L., Jacobs, J., & Axmacher, N. (2019). Mesoscopic Neural Representations in Spatial Navigation. *Trends in Cognitive Sciences*, 23(7), 615–630. <https://doi.org/10.1016/J.TICS.2019.04.011>
- Langbehn, E., Lubos, P., & Steinicke, F. (2018). Evaluation of locomotion techniques for room-scale VR: Joystick, teleportation, and redirected walking. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3234253.3234291>
- Loomis, J. M., Golledge, R. G., & Klatzky, R. L. (1998). *Navigation System for the Blind: Auditory Display Modes and Guidance*.
- Massiceti, D., Hicks, S. L., & van Rheede, J. J. (2018). Stereosonic vision: Exploring visual-to-auditory sensory substitution mappings in an immersive virtual reality navigation paradigm. *PLoS ONE*, 13(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199389>
- Minderer, M., Harvey, C. D., Donato, F., & Moser, E. I. (2016). Neuroscience: Virtual reality explored. *Nature*, 533(7603), 324–325. <https://doi.org/10.1038/NATURE17899>

- Miyakoshi, M., Gehrke, L., Gramann, K., Makeig, S., & Iversen, J. (2021). The AudioMaze: An EEG and motion capture study of human spatial navigation in sparse augmented reality. *European Journal of Neuroscience*, 54(12), 8283–8307.
<https://doi.org/10.1111/EJN.15131>
- Montello, D. R. (2009). Navigation. In *The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking* (pp. 257–294). Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/cbo9780511610448.008>
- MORARESKU, S., & VLCEK, K. (2020). The Use of Egocentric and Allocentric Reference Frames in Static and Dynamic Conditions in Humans. *Physiological Research*, 69(5), 787. <https://doi.org/10.33549/PHYSIOLRES.934528>
- Moser, M. B., Rowland, D. C., & Moser, E. I. (2015). Place cells, grid cells, and memory. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 7(2).
<https://doi.org/10.1101/CSHPERSPECT.A021808>
- Moussavi, Z., Kimura, K., & Lithgow, B. (2022). Egocentric spatial orientation differences between Alzheimer’s disease at early stages and mild cognitive impairment: a diagnostic aid. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 60(2), 501–509.
<https://doi.org/10.1007/S11517-021-02478-9/TABLES/3>
- Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., Cummings, J. L., & Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A Brief Screening Tool For Mild Cognitive Impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(4), 695–699. <https://doi.org/10.1111/J.1532-5415.2005.53221.X>
- Pai, M. C., Lee, C. C., Yang, Y. C., Lee, Y. T., Chen, K. C., Lin, S. H., Jheng, S. S., Sun, P. W., & Cheng, P. J. (2012). Development of a questionnaire on everyday navigational ability to assess topographical disorientation in Alzheimer’s disease. *American Journal of Alzheimer’s Disease and Other Dementias*, 27(1), 65–72.
https://doi.org/10.1177/1533317512436805/ASSET/IMAGES/LARGE/10.1177_1533317512436805-FIG2.JPEG
- Patai, E. Z., & Spiers, H. J. (2021). The Versatile Wayfinder: Prefrontal Contributions to Spatial Navigation. *Trends in Cognitive Sciences*, 25(6), 520–533.
<https://doi.org/10.1016/J.TICS.2021.02.010>

- Piber, D. (2021). The role of sleep disturbance and inflammation for spatial memory. *Brain, Behavior, and Immunity - Health*, 17. <https://doi.org/10.1016/J.BBIH.2021.100333>
- Plank, M., Müller, H. J., Onton, J., Makeig, S., & Gramann, K. (2010). Human EEG Correlates of Spatial Navigation within Egocentric and Allocentric Reference Frames. In *LNAI* (Vol. 6222).
- Sazgar, M., & Young, M. G. (2019). EEG Artifacts. *Absolute Epilepsy and EEG Rotation Review*, 149–162. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03511-2_8
- Schwering, A., Krukar, J., Li, R., Anacta, V. J., & Fuest, S. (2017). Wayfinding Through Orientation. [Http://Dx.Doi.Org/10.1080/13875868.2017.1322597](http://Dx.Doi.Org/10.1080/13875868.2017.1322597), 17(4), 273–303. <https://doi.org/10.1080/13875868.2017.1322597>
- Seok, D., Lee, S., Kim, M., Cho, J., & Kim, C. (2021). Motion Artifact Removal Techniques for Wearable EEG and PPG Sensor Systems. *Frontiers in Electronics*, 0, 4. <https://doi.org/10.3389/FELEC.2021.685513>
- Sherman, W. R., & Craig, A. B. (2003). *Understanding virtual reality : interface, application, and design*.
- Shine, J. P., Valdés-Herrera, J. P., Hegarty, M., & Wolbers, T. (2016). The Human Retrosplenial Cortex and Thalamus Code Head Direction in a Global Reference Frame. *Journal of Neuroscience*, 36(24), 6371–6381. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1268-15.2016>
- Simmons, A. M., & Luck, S. J. (2020). *Protocol for Reducing COVID-19 Transmission Risk in EEG Research*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.pex-974/v1>
- Tatum, W. O., Dworetzky, B. A., & Schomer, D. L. (2011). Artifact and recording concepts in EEG. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 28(3), 252–263. <https://doi.org/10.1097/WNP.0B013E31821C3C93>
- Taube, J. S., Valerio, S., & Yoder, R. M. (2013). Is navigation in virtual reality with fMRI really navigation? *Journal of Cognitive Neuroscience*, 25(7), 1008–1019. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00386
- van der Ham, I. J. M., Kant, N., Postma, A., & Visser-Meily, J. M. A. (2013). Is navigation ability a problem in mild stroke patients? Insights from self-reported navigation

measures. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 45(5), 429–433.

<https://doi.org/10.2340/16501977-1139>

Wang, C., Chen, X., & Knierim, J. J. (2020). Egocentric and allocentric representations of space in the rodent brain. *Current Opinion in Neurobiology*, 60, 12–20.

<https://doi.org/10.1016/J.CONB.2019.11.005>

Wechsler, D. (1987). WMS-R: Wechsler Memory Scale-Revised: *San Antonio, TX: The Psychological Corporation*.

White, D. J., Congedo, M., Ciorciari, J., & Silberstein, R. B. (2012). Brain Oscillatory Activity during Spatial Navigation: Theta and Gamma Activity Link Medial Temporal and Parietal Regions. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(3), 686–697.

https://doi.org/10.1162/JOCN_A_00098

Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225–240. <https://doi.org/10.1162/105474698565686>

Zheng, L., Dobroschke, J. G., & Pollmann, S. (2021). Egocentric and Allocentric Reference Frames Can Flexibly Support Contextual Cueing. *Frontiers in Psychology*, 12, 3220.

<https://doi.org/10.3389/FPSYG.2021.711890/BIBTEX>

Apêndices

Apêndice 1 - Tarefa RV de Navegação Espacial Soundspace

Figura 1 - Primeira tarefa

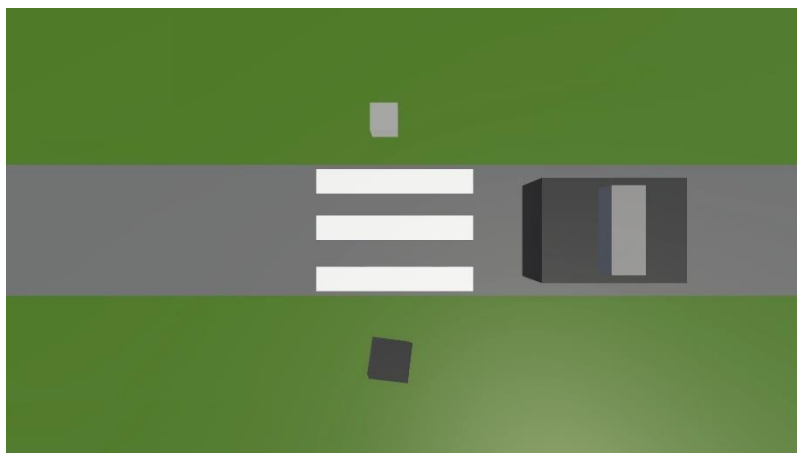


Figura 2 - Segunda tarefa

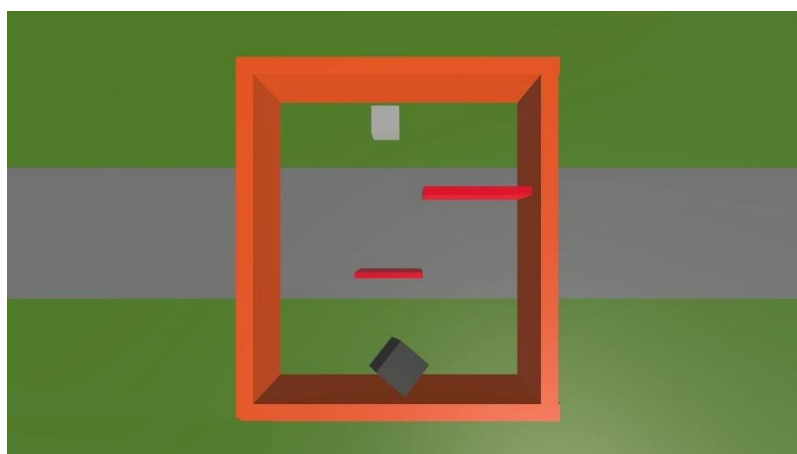
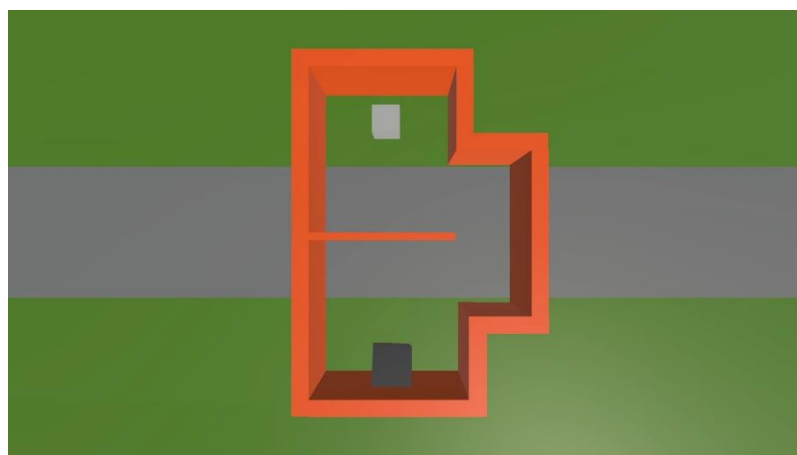


Figura 3 - Terceira tarefa



Apêndice 2 – Consentimento Informado

CONSENTIMENTO INFORMADO, LIVRE E ESCLARECIDO PARA PARTICIPAÇÃO EM INVESTIGAÇÃO

Por favor, leia com atenção a seguinte informação. Se achar que algo está incorreto ou que não está claro, não hesite em solicitar mais informações.

Título do estudo: Ritmo cerebral associado à Navegação Espacial medido através do EEG durante uma tarefa Soundspace com realidade virtual

Enquadramento: No âmbito do Mestrado em Neuropsicologia Aplicada (2.º Ciclo) da Escola de Psicologia e Ciências da Vida da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias sob a orientação do Prof. Doutor Jorge Oliveira, pretende-se estudar o ritmo cerebral medido através do EEG durante uma tarefa de navegação e memória espacial através uma experiência com realidade virtual com utilização de som num labirinto (Soundspace) na população normativa.

Explicação do estudo: O estudo consiste na realização de três tarefas sequencialmente, que consistem em navegar num ambiente real com utilização de óculos de realidade virtual. Os participantes deverão preencher o protocolo de avaliação que será administrado por um examinador. Este protocolo é constituído por um conjunto de questões sobre dados sociodemográficos e as provas verbais de dois testes neuropsicológicos, com uma duração de aplicação de cerca de 30 minutos.

Condições e financiamento: Trata-se de um estudo para obtenção do grau de Mestre logo sem contrapartidas financeiras ou outras. A participação nesta investigação é assim voluntária e se o participante decidir não participar ou quiser desistir em qualquer momento, tem absoluta liberdade de fazê-lo. Será assegurado o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo, antes, durante e depois da participação.

Confidencialidade e anonimato: É solicitado a gravação da performance durante a tarefa, contudo assegura-se que serão mantidos o anonimato e a confidencialidade dos dados pessoais, bem como o uso exclusivo dos dados recolhidos para o presente estudo. Serão omitidas todas as informações que permitam uma identificação pessoal. O seu nome não será utilizado e todos os dados recolhidos serão transformados em número para não permitir a identificação dos participantes no estudo. Estes dados serão guardados numa base de dados que estará acessível apenas aos investigadores envolvidos neste estudo.

Benefícios da participação: Este estudo tem um objetivo inicial de investigação, pretendendo contribuir para clarificar quanto aos mecanismos cognitivos compensatórios que são utilizados na navegação espacial durante uma tarefa soundspace. Esta investigação tem um carácter nacional.

Agradecemos a sua colaboração.

Jorge Oliveira (jorge.oliveira@ulusofona.pt)

Declaro ter lido e compreendido este documento, bem como as informações verbais que me foram fornecidas. Foi-me garantida a possibilidade de, em qualquer altura, recusar participar neste estudo sem qualquer tipo de consequências. Desta forma, aceito participar neste estudo e permito a utilização dos dados que de forma voluntária forneço, confiando em que apenas serão utilizados para esta investigação e nas garantias de confidencialidade e anonimato que me são dadas pelos investigadores.

Nome:
.....

Assinatura:
.....

Data: / /

Apêndice 3 – Resultados EEG

Figura 4 – Análise topográfica à banda inferior Theta (3-4Hz)

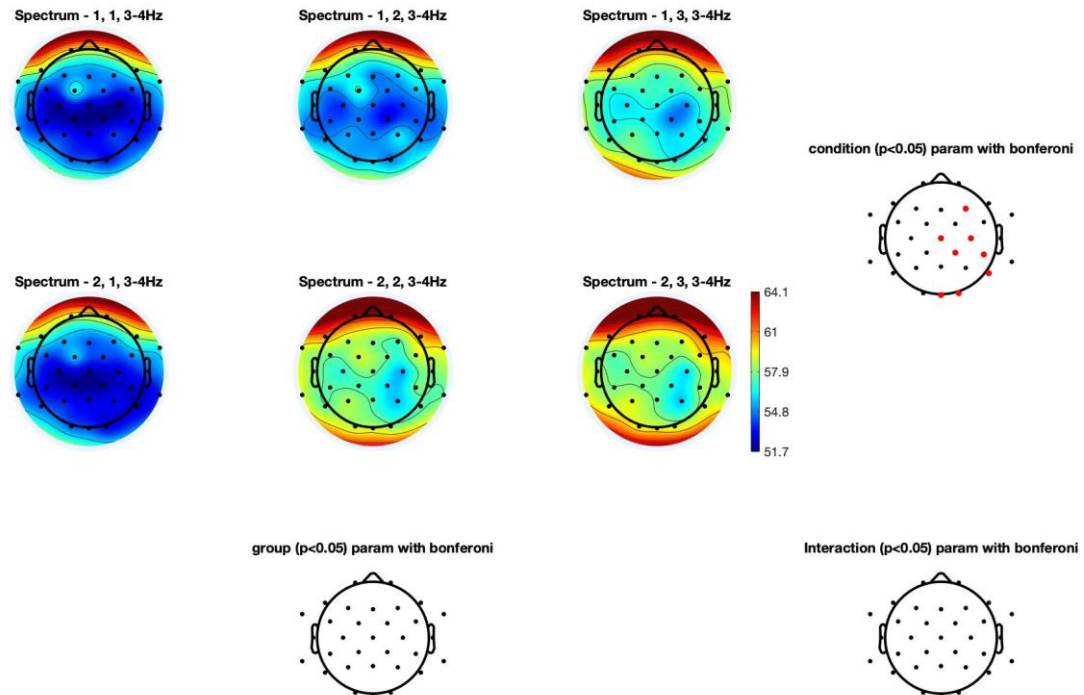


Figura 5 – Valores médios da análise topográfica à banda inferior Theta (3-4Hz)

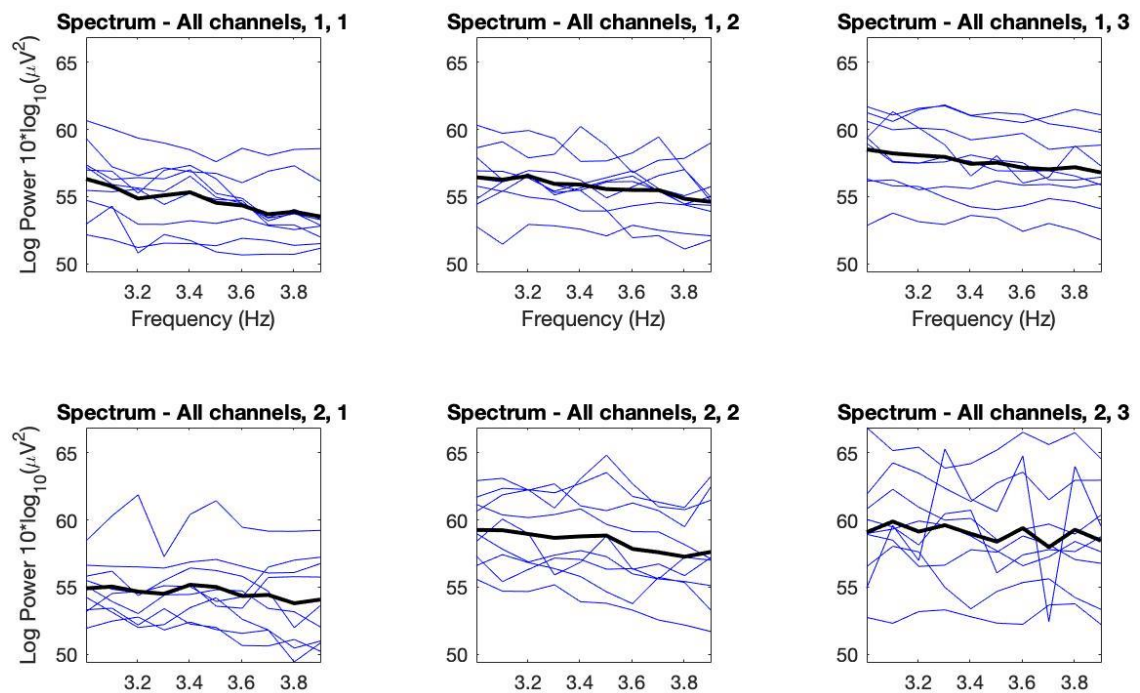


Figura 6 – Análise topográfica à banda superior Theta e inferior Alpha (7-8Hz)

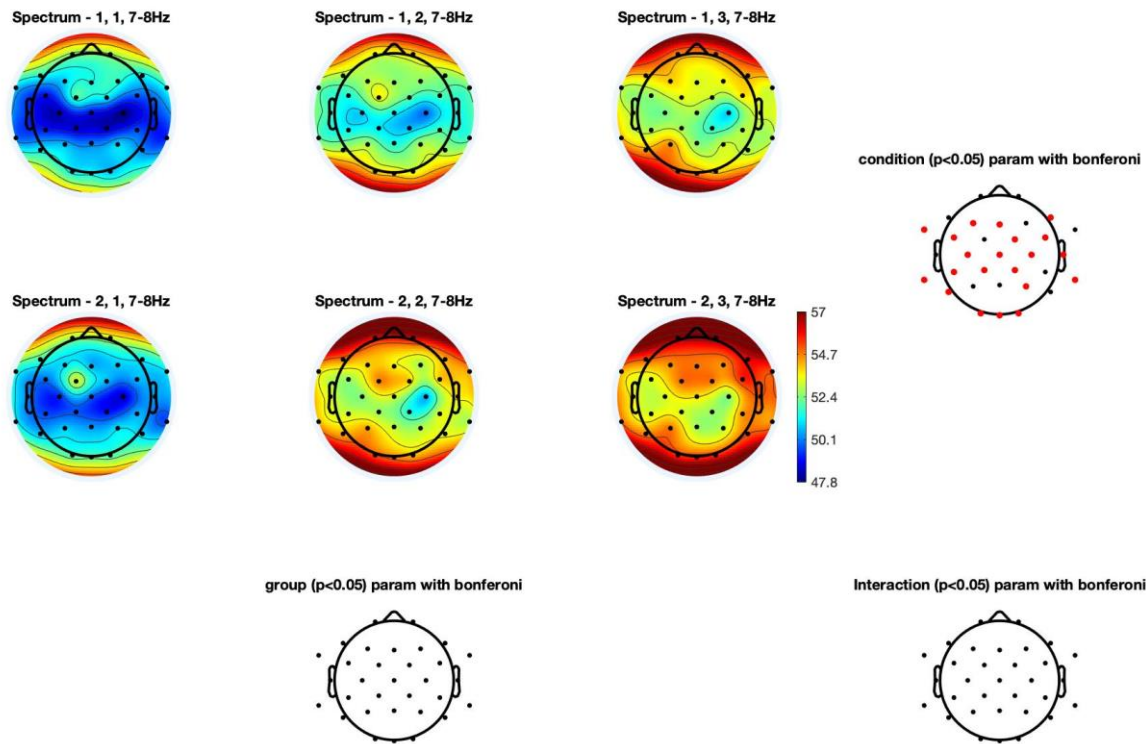


Figura 7 – Valores médios da análise topográfica à banda superior Theta e inferior Alpha (7-8Hz)

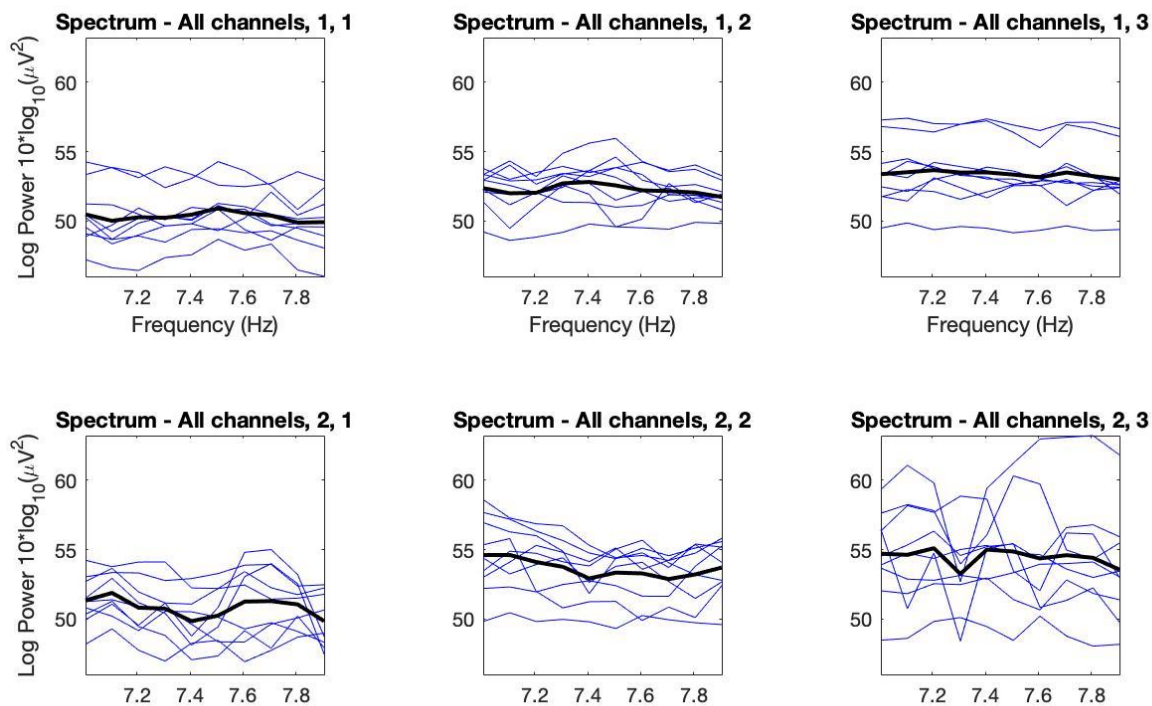


Figura 8 – Análise topográfica à banda superior Alpha (10-12Hz)

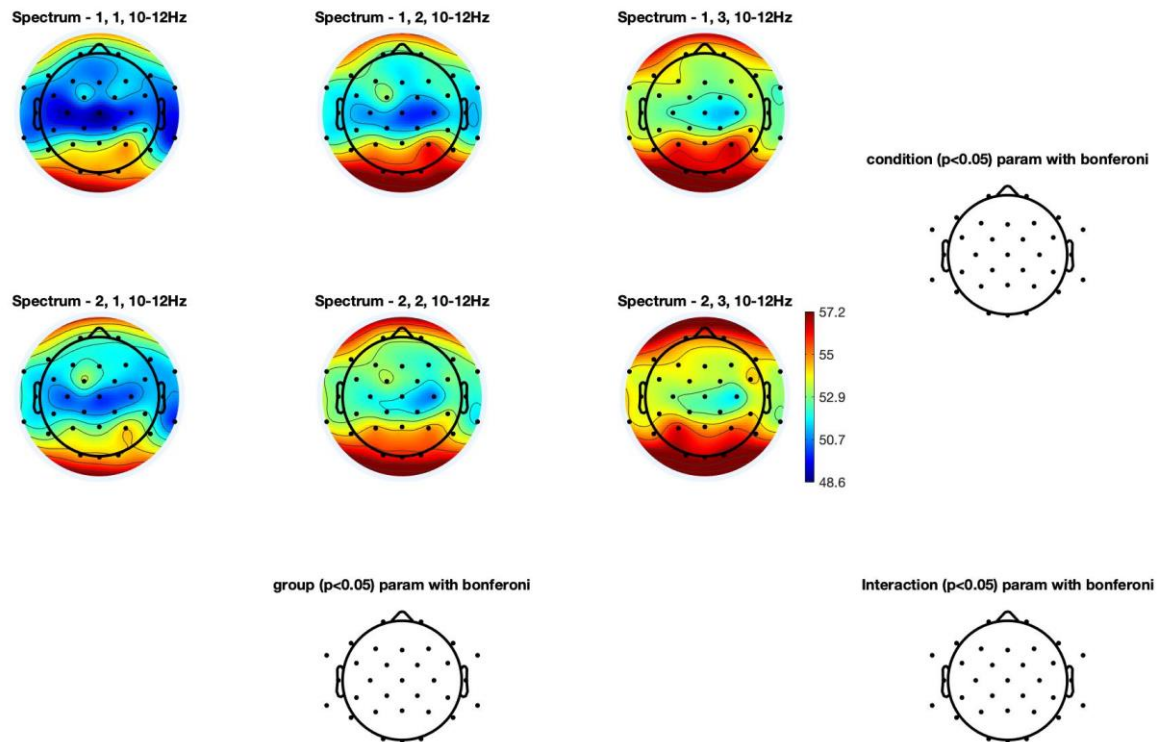
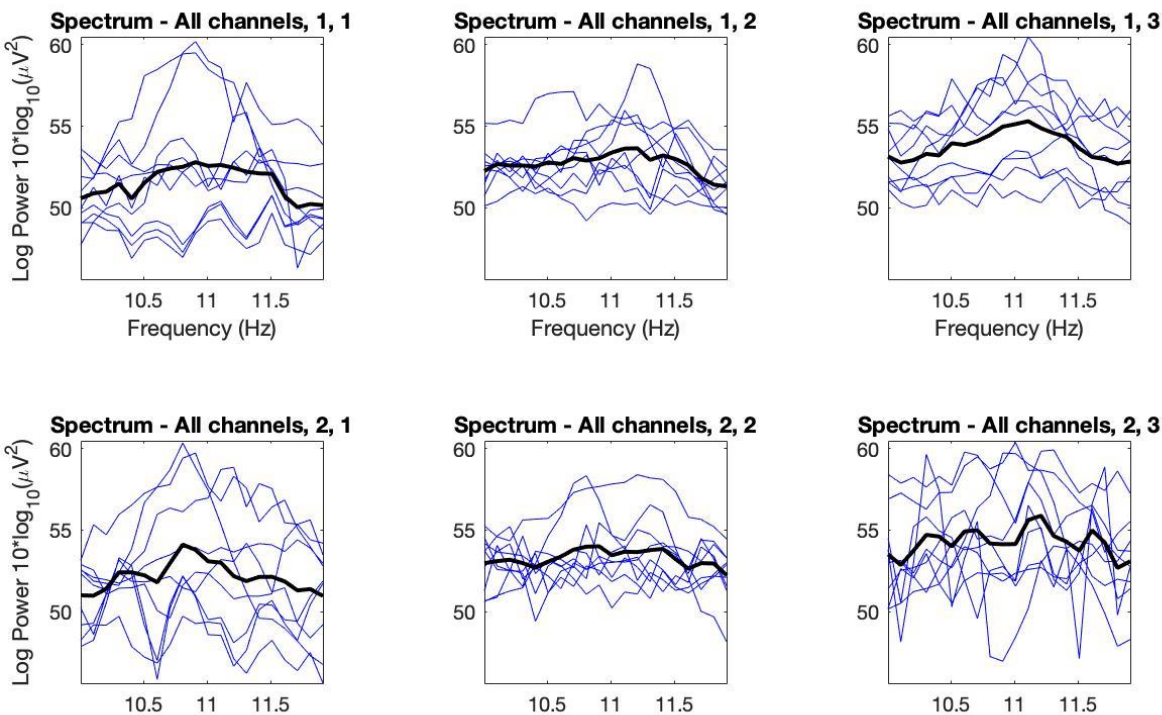


Figura 9 – Valores médios da análise topográfica à banda superior Alpha (10-12Hz)



Anexos

Anexo 15 – Questionário Sociodemográfico

História Clínica

Sexo: _____ Idade: _____ Data de nascimento: ____ / ____ / ____

Estado civil: _____ Habilitações literárias: _____

Anos de escolaridade: _____ Profissão: _____

Nacionalidade: _____ Cidade de residência: _____

Língua de origem: _____ Outras línguas: _____

Problemas visuais: _____ Se sim, especificar: _____

Problemas auditivos: _____ Se sim, especificar: _____

História Psiquiátrica/Psicológica e Neurológica

Doenças psiquiátricas

Doenças neurológicas (meningites ou outras infecções cerebrais, crises epiléticas, cefaleias, visão turva, perturbações do sono, etc.)

Experiência com computadores

Como classifica o seu nível de experiência com utilização de computadores?

Básica _____ Intermédia _____ Experiente _____

Como classifica a frequência com que joga videojogos?

Nunca jogou ____ Ocasionalmente ____ Frequentemente ____ Todos os dias ____

Anexo 26 – Grelha de Observação

Instruções de preenchimento

- Todos os itens escritos em *itálico* e assinalados com (*) são preenchidos de acordo com a seguinte escala de Likert
- 1-Muito baixa (ex: *Necessitou de ajuda na realização*)
- 2-Baixa (ex: *Foi necessário alguma ajuda*)
- 3-Moderada (ex: *Apenas algumas indicações*)
- 4-Elevada (ex: *Apenas uma ou duas indicações*)
- 5-Muito Elevada(ex: *Não necessitou de ajuda*)

GRELHA DE OBSERVAÇÃO		
Participação na Tarefa	Adesão	
	Atenção	
	Impulsividade	
	Persistência	

Performance	<i>Necessitou de ajuda para completar a tarefa</i>	
Execução da Tarefa	Efetuoou o Percurso ida sem desvios	
	Efetuoou o percurso ida com alguns desvios	
	Ignorou o percurso ida por completo	
	Efetuoou o regresso sem desvios	

Percurso ida e volta	Efetudou o regresso com alguns desvios	
	Efetudou o regresso com dificuldades	
	Efetudou ida e volta na perfeição P.1	
	Efetudou ida e volta com alguns desvios P1	
	Efetudou ida e volta na perfeição P.2	
	Efetudou ida e volta com alguns desvios P.2	
	Efetudou ida e volta na perfeição P.3	
	Efetudou ida e volta com alguns desvios P.3	
Eficácia - Resolução	Tempo Necessário para Percurso 1 - Ida	
	Tempo Necessário para Percurso 1 - Volta	
	Tempo Necessário para Percurso 2 - Ida	
	Tempo Necessário para Percurso 2 - Volta	
	Tempo Necessário para Percurso 3 - Ida	
	Tempo Necessário para Percurso 3- volta	
	Número de Erros para Percurso 1 - Ida	
	Número de Erros para Percurso 1 - Volta	
	Número de Erros para Percurso 2 - Ida	
	Número de Erros para Percurso 2 - Volta	
	Número de Erros para Percurso 3 - Ida	
	Número de Erros para Percurso 3 - Volta	
Eficácia-Percepção de erros	Número de Quase erros Percurso 1 - Ida	
	Número de Quase erros Percurso 1 - Volta	
	Número de Quase erros Percurso 2 - Ida	
	Número de Quase erros Percurso 2 - Volta	
	Número de Quase erros Percurso 3 - Ida	
	Número de Quase erros Percurso 3 - Volta	
Eficácia-Autonomia de Tarefa.	Número de Ajudas durante a execução da Tarefa Percurso 1-Ida	
	Número de Ajudas durante a execução da Tarefa Percurso 1-Volta	
	Número de Ajudas durante a execução da Tarefa Percurso 2-Ida	
	Número de Ajudas durante a execução da Tarefa Percurso 2-Volta	
	Número de Ajudas durante a execução da Tarefa Percurso 3-Ida	
	Número de Ajudas durante a execução da Tarefa Percurso 3-Volta	
	Número de Ajudas durante a execução da Tarefa Percurso 3-Volta	

Anexo 37 – Coordenadas dos canais utilizados no EEG

