

LUÍS MIGUEL DA COSTA FIALHO

**ESTUDO DA MEMÓRIA ESPACIAL COM A TAREFA
“SOUNDSPACE” EM REALIDADE VIRTUAL**

Orientador: Professor Doutor Jorge Oliveira

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Escola de Psicologia e Ciências da Vida

Lisboa

2020

LUÍS MIGUEL DA COSTA FIALHO

**ESTUDO DA MEMÓRIA ESPACIAL COM A TAREFA
“SOUNSPACE” EM REALIDADE VIRTUAL**

Dissertação defendida em provas públicas
para a obtenção do grau de meste em
Psicologia no curso de Neuropsicologia,
conferido pela Universidade Lusófona de
Humanidades e Tecnologias, com o
Despacho de Nomeação de Júri nº 123/2020,
do dia 6 de maio de 2020, com a seguinte
composição de júri:

**Presidente: Professor Doutor Pedro
Gamito**

Arguente: Professor Doutor Filipe Luz

**Orientador: Professor Doutor Jorge
Oliveira**

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Escola de Psicologia e Ciências da Vida

Lisboa

2020

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho àqueles que sempre visam a melhorarem enquanto indivíduos. Aos que ambicionam por mais e que fazem perguntas e procuram repostas. Aos que tentam ajudar o próximo, e procurar soluções para problemáticas.

AGRADECIMENTOS

A elaboração deste projeto foi uma viagem, viagem esta com alguns solavancos que sem ajuda não teria sido possível:

À Professora Doutora Beatriz Rosa, com a sua enorme paciência e palavras sábias que nos indicam na direção certa, serviram de motivação para continuar e terminar este projeto.

Ao Professor Doutor Jorge Oliveira, pela sua capacidade de “descomplicar” e guiar na direção certa, pelos seus conselhos e ajuda exata. Excelente orientador, indo para além do expectável, sem o qual não seria possível a conclusão desta Tese.

Ao Professor Doutor Paulo Lopes, pelo seu espírito ambicioso e positivo, dando sempre uma palavra encorajadora, servindo de motivação para irmos em frente.

Aos meus Pais, que me possibilitaram o meu percurso académico.

À minha namorada, pelo seu apoio durante o percurso.

Aos meus colegas, que através das suas próprias histórias me motivaram para continuar e mais importante, como o fazer.

Aos meus amigos, os quais sem o seu apoio e ajuda, este projeto não estaria acabado

RESUMO

A memória espacial é uma função cognitiva que utiliza informações sobre o ambiente tridimensional que suporta orientação espacial e navegação com base em mecanismos de memória de curto e longo prazo. Estudos anteriores mostram que com cegueira apresentam desempenho inferior em tarefas de navegação espacial com complexidades de memória, sugerindo que o processamento espacial é afetado pela falta de informações visuais. Portanto, foi desenvolvido e testado tarefas de realidade virtual que envolvam navegação espacial sem visão, usando pistas auditivas 3D em três níveis diferentes de dificuldade para entender a contribuição das informações auditivas para a navegação espacial. O desempenho da tarefa foi avaliado de acordo com medidas comportamentais relacionadas a colisões de obstáculos, número de etapas, avisos durante a tarefa e tempo de execução. Os resultados mostraram uma relação entre desempenho nos testes neuropsicológicos de memória e desempenho de tarefas, que fornecem evidências de validade convergente para esta tarefa. Por outro lado, um aumento na complexidade da tarefa afetou o desempenho ao longo do tempo de execução. Esses dados preliminares contribuem para a validação da tarefa de navegação espacial 3D usando o som a ser estudado em indivíduos cegos para permitir entender a representação da informação espacial em indivíduos cegos.

Palavras-chave: Realidade virtual; flexibilidade cognitiva; complementaridade; modelos relacionais.

ABSTRACT

Spatial memory is a cognitive function using information about the three-dimensional environment that supports spatial orientation and navigation based on short and long-term memory mechanisms. Previous studies show that blind individuals perform poorly on spatial navigation tasks with higher memory demands, suggesting that spatial processing is affected by lack of visual information. Therefore, we aimed at developing and testing a virtual reality tasks involving non-sighted spatial navigation by using 3D auditory cues in three different levels of difficulty to understand the contribution of auditory information for spatial navigation. Task performance was assessed according to behavioral measures related to obstacle collisions, number of steps, prompts during the task, and execution time. These variables were correlated with neuropsychological information from established instruments assessing global cognition and memory abilities. The results showed a relationship between performance in the neuropsychological tests of memory and task performance, which provide evidence of convergent validity for this task. On the other hand, an increase in task complexity affected performance through execution time. This preliminary data contributes to the validation of the 3D spatial navigation task using sound to be studied in blind individuals to allow understanding the representation of spatial information in blind individuals.

Keywords: Virtual reality; Spatial memory; spatial orientation; mental maps.

ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

VR- Realidade Virtual

PHC –Cortex parahipocampal

ÍNDICE

INTRODUÇÃO.....	9
PARTE I. REVISÃO DA LITERATURA.....	10
CAPÍTULO 1. FUNÇÕES COGNITIVAS.....	11
1.1. Funções cognitivas.....	12
1.1.1. Memória.....	12
1.1.2. Funções Executivas.....	12
CAPÍTULO 2. REALIDADE VIRTUAL.....	14
2.1. Realidade Virtual.....	14
2.1.1. O que é a memória espacial.....	15
2.1.2. Validade ecologica da realidade virtual.....	17
2.1.3. Formação de Mapas Cognitivos.....	18
2.1.4. Navegação.....	20
PARTE II. ESTUDO EMPÍRICO.....	23
CAPÍTULO 4. OBJETIVOS E HIPÓTESES.....	24
4.1. Objetivos da investigação.....	25
4.1.1. Objetivo geral.....	25
4.1.2. Objetivos específicos.....	25
CAPÍTULO 5. MÉTODO.....	26
5.1. Participantes.....	26
5.2. Critérios de exclusão e inclusão.....	26
5.3. Instrumentos.....	26
5.3.1) Montreal Cognitive Assessment	27
5.3.2. Escala de memória de Wechsler	27
5.3.3.Soundspace.....	28
5.3.4.Grelha de Observação.....	29
5.4. Procedimento.....	30
5.5. Análise Estatística.....	31
CAPÍTULO 6. RESULTADOS.....	32
6.1. Análise estatística – Objetivo 1.....	33

6.2. Análise estatística – Objetivo 2.....	33
CAPÍTULO 7. <i>DISCUSSÃO</i>.....	34
CAPÍTULO 8. <i>CONCLUSÃO</i>.....	36
REFERÊNCIAS.....	37
APÊNDICES.....	I
<i>Apêndice A</i>	<i>II</i>
<i>Apêndice B</i>	<i>VI</i>
ANEXOS.....	I

INTRODUÇÃO

Durante o dia a dia utilizamos caminhos memorizados para nos guiar durante o nosso percurso para qualquer atividade.

A literatura em Portugal sobre o tema da locomoção e memória espacial, ainda é algo por explorar. Deste modo decidimos estudar esta função e entender o papel da visão na formação da nossa memória espacial e em que medida é que a mesma é construída.

Utilizamos como base os estudos realizados aos taxistas de Londres, onde no estudo é testado a capacidade de locomoção na cidade em caminhos percorridos diariamente. Tal como um estudo realizado em Realidade Virtual com a criação de labirintos.

Literatura diz nos que indivíduos com cegueira tendem a ter mais dificuldades a relembrar informação abstrata devido à falta da componente da visão.

Deve-se ao facto dos indivíduos normativos utilizarem pontos de referência para formar as suas memórias espaciais e memorizar percursos, já os indivíduos com cegueira utilizam o seu próprio corpo para formar estas memórias.

Durante o capítulo 1 iremos explorar como se formam as memórias espaciais nos indivíduos normativos e com cegueira, tal como definir o que é a memória espacial.

No capítulo seguinte, abordaremos o desenho do estudo , em que medida é que iremos avaliar a performance dos indivíduos e estudar as suas diferenças.

Terminando com a discussão dos resultados obtidos.

É esperado que exista diferenças, mas que, se apresentem melhorias após aplicado os testes.

PARTE I. REVISÃO DA LITERATURA

CAPÍTULO 1. A MEMÓRIA

1.1. Funções cognitivas

1.1.1. Memória

1.1.2. Funções Executivas

1.1. Funções cognitivas

1.1.2. Memória

"Memória de curto prazo" refere-se à memória durante um curto intervalo de tempo, geralmente 30 anos ou menos. Outro termo para o mesmo conceito é "memória imediata". Esses dois termos foram distinguidos dos termos relacionados "memória de curto prazo" e "memória primária", cada um dos quais se refere a um sistema hipotético de memória temporária. No entanto, o termo 'memória de curto prazo' também foi usado por para se referir ao sistema de memória temporária. Portanto, aqui o termo "memória de curto prazo" é usado nos dois sentidos (Healy, 2001).

É importante distinguir 'memória de curto prazo' dos conceitos relacionados com 'memória de trabalho' e 'memória sensorial'. Alguns autores usaram os termos 'memória de curto prazo' e 'memória de trabalho' como sinónimos e, de fato, o termo 'memória de trabalho' vem a substituir gradualmente o termo 'memória de curto prazo' na literatura (e alguns autores agora referem a 'memória de trabalho de curto prazo'(Estes, 1999). No entanto, a 'memória de trabalho' foi originalmente adotada para transmitir a ideia de que o processamento ativo e o armazenamento passivo estão envolvidos na memória temporária. "Memória sensorial" refere-se à memória com duração ainda mais curta que a memória de curto prazo. Além disso, a memória sensorial reflete a sensação ou a percepção original de um estímulo e é específica da modalidade em que o estímulo foi apresentado, enquanto as informações na memória de curto prazo foram codificadas de modo que estejam em um formato diferente daquele originalmente percebido. (Healy, 2001).

1.1.2. Funções Executivas

As funções executivas incluem habilidades cognitivas de alta ordem, como memória de trabalho, controlo inibitório, flexibilidade cognitiva, planeamento, raciocínio e solução de problemas. As funções executivas permitem que os seres humanos alcancem objetivos, se adaptem às novas situações da vida quotidiana e gerem interações sociais. Tradicionalmente, as funções executivas têm sido associados ao funcionamento do lobo frontal.

Evidências mais recentes mostram que as regiões posterior e sub-cortical também desempenham um papel crucial no processamento, especialmente na integração de informações sensoriais e emoções. Em conjunto, as funções executivas são críticas para habilidades humanas únicas e análises mais cuidadosas de seus subcomponentes podem ajudar no desenvolvimento de intervenções translacionais direcionadas para melhorá-los (Cristofori, 2019).

Estas funções permitem aferir progresso, saúde, e qualidade de vida do indivíduo. Para além de feitos académicos, permitem nos guiar e termos sucesso na vida.

Sendo elas capacidades cognitivas, são potenciáveis (Diamond & Adele, 2015).

CAPÍTULO 2. Realidade Virtual

2.1. Memória espacial

2.1.1. O que é a memória espacial

2.1.2. Validade ecológica da Realidade Virtual

2.1.3. Formação de Mapas Cognitivos

2.1.4. Navegação

2.1. Memória espacial

2.1.1. O que é memória espacial

A memória espacial é uma das funções cognitivas mais importantes na vida diária. Esta função permite-nos distinguir estradas, lugares ou simplesmente reconhecer um objeto em um determinado ambiente. Nesse sentido, a região hipocampal e complexo sub-icular fazem parte de um sistema de anatomia relacionadas. Estas são estruturas no lobo temporal medial, que são importantes para a memória de mamíferos. Além disso, o hipocampo pode ser especialmente

importante para tarefas que dependem de relacionar ou combinar informações de várias fontes, como em certas tarefas de memória espacial (Viola, 2014).

A memória espacial é usada para retornar a locais recompensadores (casa, locais de caça etc.), e foi demonstrada em uma ampla diversidade de animais, desde os invertebrados até os humanos. Os tipos específicos de informação (pistas) usados também são variáveis, embora pontos de referência visuais, distâncias e direções frequentemente constituam a base para esse tipo de memória. Quase todos os testes de memória espacial foram realizados em laboratório, usando labirintos de diferentes tipos, confiando em comida ou escape como motivação para o desempenho. A principal região cerebral envolvida no processamento de informações espaciais (em vertebrados) é o hipocampo, que varia em tamanho em relação às demandas espaciais impostas aos animais (Healy, 2010).

Refere-se também, à capacidade do indivíduo em se movimentar no espaço, sendo uma capacidade fundamental para navegarmos no espaço. A maneira como conseguimos deslocar de A para B, depende da capacidade de formar, reter e utilizar a representação cognitiva do ambiente. Baseada em referências estáticas e de movimento próprio. Referências ambientais são baseadas em referências e limites que nos potenciam a posição relativa ao ambiente. Estas variam de aloclínicas a egoclínicas na sua génese. Sendo que aloclínico depende do navegador e egoclínico envolve representações baseadas no ponto de vista. (Montana, 2019).

Vários estudos avaliaram diferentes habilidades espaciais em pessoas invisuais, como a construção de representações espaciais ou imagens mentais. No entanto, é difícil transmitir uma conclusão geral sobre como as habilidades cognitivas espaciais dos invisuais em comparação com as pessoas normativas diferem.

Pesquisas anteriores mostrou-nos a variabilidade significativa de desempenho em função do grau de incapacidade visual e da habilidade específica investigada, como rotação mental, a construção de representações egoclínicas e aloclínicas de espaços de pequena ou grande escala, ou recalibração auditiva espacial (Leo, 2018).

A navegação espacial compreende um conjunto de habilidades complexas que envolvem funções cognitivas como memória, percepção visual e espacial e funções executivas (Koenig, Crucian, Dalrymple-Alford & Dünser, 2011). A navegação espacial de lugares conhecidos baseia-se em representações espaciais criadas a partir da memória espacial que são usadas para retornar a locais recompensadores (casa, áreas de caça etc.), sendo demonstrado em uma ampla

gama de animais, desde peixes dourados (Vargas & Lopez, 2005), roedores (Morris, Hagan & Rawlins, 1986), cães (Dumas, 1998) a humanos (Allen, 1999).

A memória espacial precisa ser atualizada constantemente, pois alguns recursos espaciais do ambiente mudam rapidamente, o que requer informações atualizadas sobre a localização dos objetos para orientar efetivamente a mobilidade (Haun et al., 2006).

A neuroanatomia funcional da memória espacial inclui várias estruturas no cérebro, nas quais as regiões hipocampal e parahipocampal assumem papéis críticos na codificação e recuperação de informações espaciais. Mais especificamente, verificou-se que as regiões parahipocampais, incluindo o córtex parahipocampal posterior e a região parietal retrosplenial, conhecida como área parahipocampal, eram ativadas quando os indivíduos viam cenas (Epstein & Kanwisher, 1998), comparadas a objetos e rostos (Hansson 2004). Alguns autores argumentam que o giro parahipocampal é responsável por codificar a estrutura espacial do ambiente, enquanto o córtex retrosplenial por colocar a cena na representação do ambiente. Além disso, evidências clínicas de pacientes com lesões cerebrais adquiridas no córtex temporal sugerem o envolvimento do giro parahipocampal na orientação topográfica enquanto o retrosplenial na navegação espacial (Hartley, Lever, Burgess & O'keefe, 2014).

O hipocampo está envolvido em tarefas que dependem de relacionar ou combinar informações de diferentes fontes para criar mapas cognitivos sobre o ambiente (Eichenbaum, 2017). A navegação espacial baseia-se em mapas cognitivos que permitem aos indivíduos planejar atalhos ou novas rotas para ambientes conhecidos, sendo associados à atividade do hipocampo em estudos de neuro-imagem (por exemplo, Hartley, Maguire, Spiers & Burgess, 2003).

As evidências para essa relação vêm de um estudo seminal sobre os motoristas de táxi de Londres, que mostrou um volume maior de hipocampus posteriores direitos que aumentou com a experiência de navegação, mas diminuiu o volume anterior do hipocampo (Maguire, Woollett & Spiers 2006).

2.1.2 Validade Ecológica da Realidade Virtual

Para podermos falar da memória espacial, é importante definir terminologia pertinente desta área recente. É recente, porém já tem vindo a ser estudada. Paul Milgram destaca-se entre os autores como figure proeminente e que construiu base para podermos compreender as especificidades da realidade virtual e da mais valia que esta nos dá.

Mais concretamente, características em que através delas poderemos verificar se realmente o que é criado em ambiente virtual traz uma experiência benéfica para o estudo.

No seu estudo, debruçou-se sobre um contínuo de mistura de realidades, tanto aumentada como virtual, perante um ambiente verdadeiro. Definiu três variáveis o qual medir a eficácia das realidades virtuais: Realidade, portanto ambientes que foram criados primeiramente artificialmente, enquanto outros reais; Imersão, ambientes virtuais e reais que conseguem ser demonstrados sem necessidade do observador estar completamente imersos; Diretividade, objetos reais vistos por meios sintéticos.

Milgram desenvolveu um modelo o qual avaliar a fidelidade de reprodução, ou seja, em que medida o ambiente criado melhor reproduz espaço real. Desta forma, quanto mais próximo do real for o espaço, mais o indivíduo sente-se presente.

Desta forma, devido aos avanços da tecnologia, cada vez mais espaços estão mais próximos da realidade, fazendo com que a condição de cada situação da vida quotidiana seja reproduzível e tenhamos resultados fidedignos (Milgram, P. 1995)

Sendo que a formação da memória espacial provém do hipocampo, até então o estudo centrou-se nos animais, pois não existia tecnologia que pudesse transladar os paradigmas de investigação para contexto humano. No entanto com a introdução da realidade virtual, estas portas foram abertas. Tendo grande validade ecológica, podemos criar e controlar variáveis que são necessárias para o estudo.

Principalmente para o estudo que temos agora interesse, é-nos possível replicar um espaço em 3D, em segurança e colocar os nossos participantes e analisar em tempo real. (Reggente, 2018)

Sempre foi algo debatido na Neuropsicologia, em que medida é que os testes aplicados tem validade ecológica. Ou seja, em que medida replicam condições reais que possamos testar e intervir. Deste modo, revela se um grande interesse no ambiente virtual. Até então apenas limitado pela tecnologia existente (Parsons, 2015).

Ambientes virtuais permitem um controlo dinâmico de estímulos perceptíveis, podendo controlar as variáveis em laboratório que reflitam condições reais (Parsons, 2015).

Um problema até então no que tocava em adicionar realidade virtual como instrumento de avaliação, era se realmente era uma avaliação válida de função executiva. Dois grandes pontos contribuíram para este obstáculo: Veracidade, em que a performance dos participantes numa medida deve se prever alguma componente do dia a dia do mesmo e verisimilitude, ou

seja os requisitos de uma medida neuropsicológica deve se ser semelhante ao necessário das atividades do dia a dia do participante (Parsons, 2015).

Algo que, hoje em dia já conseguimos colmatar devido ao avanço tecnológico. Portanto já não se trata de como, mas quando. Tendo as ferramentas necessárias para desenvolver em realidade virtual, as condições do dia a dia de cada indivíduo, tal como exemplificado por este mesmo estudo.

A Realidade Virtual é uma ferramenta poderosa que nos permite manipular e criar condições que mais se assemelham à realidade do indivíduo. Isto deve-se ao facto de ser possível apresentar ao indivíduo estímulos precisos, combinado com o rigor e controlo do laboratório.

A mais valia da realidade virtual é o melhor controlo do ambiente percetivo e de variáveis que possam corromper o estudo (Parsons, 2011).

A maioria das pesquisas sobre navegação espacial baseia-se em estudos de laboratório que podem não refletir as necessidades das situações da vida real. O advento da realidade virtual possibilita replicar cenas da vida quotidiana que podem permitir estudar a navegação e a memória espacial. Esses recursos estão relacionados à validade ecológica, que foi descrita como o grau em que o teste reflete um ambiente natural e contextualmente “real” (Bohil, Alicea & Biocca, 2011). Dois pontos principais contribuem para a validade ecológica: Verosimilhança, que descreve a semelhança entre a avaliação no teste e uma situação da vida real; e veridicalidade que descreve a precisão do que está sendo avaliado em comparação com a vida diária (Parsons, 2015). Além disso, a realidade virtual também permite manipular e controlar variáveis de navegação espacial com mais eficiência (Lages & Bowman, 2018).

Em um estudo anterior de Massiceti e colegas (2018), os autores procuraram investigar a navegação espacial usando dois métodos diferentes de locomoção em um ambiente virtual em participantes com os olhos vendados. Os métodos usaram uma cena 3D para codificar cenas visuais usando áudio espacial por meio de eco-localização simulada e modulação do volume hum dependente da distância. Os participantes foram solicitados a navegar no ambiente para pontos finais aleatórios, usando cada um dos mapeamentos visuais para áudio desenvolvidos (condições de sonificação) ou usando informações visuais (condição de linha de base apenas visual). Dois tipos de ambientes de RV foram construídos: um labirinto e um corredor de obstáculos (Massiceti, et al, 2018). Os principais resultados foram baseados no tempo de conclusão da tarefa e no número de colisões. Os participantes foram mais lentos na tarefa de

áudio em comparação com a linha de base visual, mas uma melhoria de desempenho foi observada ao longo dos testes de aprendizagem. Além disso, a condição de modulação do volume do zumbido revelou tempos de navegação mais rápidos que a eco-localização nos dois cenários.

2.1.3. Formação de mapas cognitivos

A formação de memória espacial é confirmada por vários autores por se desenvolver no hipocampo, responsável pelos mapas cognitivos que levam a que um indivíduo invisual consiga criar esses mesmos mapas, são as áreas do parahipocampo e córtex retrosplenial (área 29 e 30 de Brodmann).

Ambas as áreas correspondem à codificação de áreas em vez de objetos ou caras. A área PHC é responsável pela codificação da estrutura espacial do ambiente. Já o córtex Retrosplenial é responsável por situar a cena dentro dum espectro do ambiente.

O que nos leva a crer que a área do córtex parietal direito inferior estaria ativo numa tarefa euclídea usando sinais auditivos, e o córtex parietal posterior durante a navegação. Isto verificado em indivíduos que sofreram dano nesta área, no gyrus parahipocampal, registou se desorientação topográfica, ao passo que dano na área retrosplenial/medial, registou se problemas de navegação (Hartley, 2014).

Isto vai de encontro às células que codificam área espacial e fazem os mapas mentais, as chamadas células de rede.

Fazem parte do grupo de células que criam a memória espacial, tal como as outras células de lugar encontradas no hipocampo, estas disparam e codificam em determinadas áreas específicas da cena em que o indivíduo se encontra. Este tipo de células caracteriza-se por escala, orientação e fase espacial.

Tornam-se assim particularmente importantes para integração de percursos, através do uso de sinais dados pela locomoção para estimar distâncias viajadas, que então contribui para a manutenção da localização corrente (Schinazi, 2016).

O grande intermediário de todas estas informações é o córtex retrosplenial, ligando ele o hipocampo ao neocórtex dorsal e circuito límbico. É tanto transmissor de informação para o circuito límbico como consolidador de memória espacial a longo prazo. Porém, os estudos realizados são por lesão, de modo que informação conclusiva neste córtex será ainda necessária. (Miller, 2014).

No entanto de notar que existe variação entre indivíduos que são cegos de nascença a cegos tardios. Isto é claro na formação de imagens mentais, pois sendo cegos de nascença, não

têm imagens de referência, no entanto são os que demonstram mais atividade no córtex visual. Talvez por não ter algo de referência, o cérebro tenta criar uma imagem virtual do objeto, o que requer mais ligações.

O revés também era verdade, como os cegos tardios ainda tiveram utilização do córtex visual, têm mais dificuldade na neuro plasticidade, o que leva a uma ineficácia nos novos métodos de locomoção.

Quem foi cego de nascença demonstra maior reorganização do que os tardios (Burton, 2003).

Estudos científicos sugerem que a memorização espacial funciona em armazenando informação em dois formatos: depreciativo e proposicional (Setti, 2018).

O primeiro formato refere-se à representações de objetos tendo em conta relações específicas entre partes de objetos e o segundo formato indica descrição verbal do objeto a ser memorizado. No caso da memorização de objetos não familiares, o nosso cérebro faz-se utilizar da codificação proposicional a ser memorizada (Setti, 2018).

Contrariamente, quando confrontado com objetos familiares, a nossa memorização é facilitada ao tirarmos vantagem de estratégias tanto proposicionais como depurativo. Por exemplo, quando imaginamos um objeto ou mesmo uma pessoa, a representação armazenada do objeto em si são ativadas em áreas corticais altas e projetadas para áreas perceptíveis visuais através de comunicações. Neste contexto, estratégias imaginativas para construir imagens mentais podem ser usadas, definidas como representações estáveis do objeto independentemente da sua complexidade na ausência de estímulos sensoriais concomitantes (Setti, 2018).

De modo a poder recuperar informação e gerar imagens da memória a longo prazo, o cérebro tem que recrutar a memória a curto prazo. O sistema de memória a curto prazo, permite simultaneamente o armazenamento e processamento.

De acordo com o modelo proposto por Baddeley e Hitch, Memória de Trabalho é dividida em 3 sub-sistemas: componente executivo central que permite acesso à informação retida na memória de trabalho; o loop fonológico, relacionado à memória de trabalho verbal; a memória de trabalho visuo-espacial, retém e processa informação visuo-espacial (Setti, 2018).

Portanto, a memória espacial está correlacionada com a memória de trabalho, que no caso dos indivíduos invisuais é utilizado para formular memórias dos percursos realizados tal e qual como indivíduos normativos.

2.1.4. Navegação

Locomoção e navegação podem ser vistas como o mesmo significado, porém navegação é uma capacidade por si só, com as suas próprias características e componentes.

É uma capacidade complexa de locomoção, de modo a podermos navegar no espaço, outras capacidades cognitivas são utilizadas, tais como memória e percepção visual e espacial e resolução de problemas. Deste modo, sendo capacidade cognitivas, podemos em teoria potenciar estas capacidades e reabilitar tal como qualquer outra capacidade cognitiva (Koenig, 2010).

Tal como demonstrado por Koenig no seu estudo, é possível criar ambientes 3D em realidade virtual, mesmo com a variação dos mesmos, é possível treinar os indivíduos neste aspeto da navegação de resolução de problemas, isto perante um obstáculo novo.

Indivíduos com cegueira, navegam de maneira diferente a quem possui visão devido a capacidade de reconstruir abstratamente com mais eficácia o espaço percorrido.

Será que diferenças de navegação entre indivíduos com cegueira e indivíduos normativos é simplesmente baseado na informação visual? Essa foi a pergunta feita por Chebat, 2015.

Neste estudo foi questionado e testado em que medida é que realmente a visão é importante na navegação e em que medida poderíamos potenciar esta capacidade de navegar em espaços (Chebat, 2015).

Neste caso foi utilizado um instrumento externo, no caso uma cana que enviaria informação diretamente recebida pelos Oculus Rift. Concluindo que com este instrumento, a performance foi quase igual aos indivíduos normativos, indicando que não é somente a visão importante na formação e execução da navegação no espaço, mas sim falta de informação em si. Pois neste estudo a cana providenciava toda a informação sobre o espaço. Não é uma questão de visão, mas sim de obtenção de informação. Ao termos visão, apenas obtemos esta informação espacial de maneira mais rápida.

A navegação do ponto A para B depende da capacidade de formar, armazenar e usar a representação cognitiva do ambiente (Allison, Fagan, Morris & Head, 2016). Duas formas diferentes de navegação espacial são definidas: 1) navegação local e 2) orientação, que diferem de acordo com a localização da meta de navegação, respetivamente, no ambiente percebido versus além do ambiente percebido. Essas formas de navegação espacial também diferem de acordo com as estratégias de navegação (Eichenbaum, 2017). A navegação local na sua forma mais básica baseia-se em estratégias de busca que envolvem locomoção e reconhecimento de

objetivos, que não requerem informações espaciais prévias sobre o meio ambiente (Eichenbaum, 2017). Por outro lado, a busca de objetivos além do ambiente local baseia-se no reconhecimento de pistas locais associadas a esse objetivo, mas também no reconhecimento de rotas definidas por diferentes pistas locais conhecidas como navegação topológica, enquanto a forma mais complexa depende da pesquisa que visa agregar todas as informações espaciais de lugares conhecidos dentro de uma referência comum que permite a capacidade de criar rotas e atalhos adicionais para atingir uma meta (Eichenbaum, 2017).

Outra distinção pode ser simplesmente entre locomoção e direção, abordando os aspectos de mobilidade no primeiro e orientação no segundo. Em qualquer uma das classificações, essas estratégias de navegação são baseadas em sugestões ambientais (Schinazi, Thrash & Chebat, 2016).

Essas dicas suportam quadros de referência aloccêntricos do ambiente como representações independentes do ponto de vista e quadros de referência egocêntricos como representações dependentes do ponto de vista (Montana, Tuena, Serino, Cipresso & Riva, 2019).

Portanto, a locomoção gera respostas imediatas a contingências ambientais, contando principalmente com referenciais egocêntricos, pois as informações espaciais adquiridas estão relacionadas ao corpo do observador. Por outro lado, o direcionamento envolve quadros de referência aloccêntricos e egocêntricos, envolvendo a tomada de decisões sobre ambientes locais ou remotos suportados em representações de memória espacial (Schinazi et al., 2016). Pensa-se que esse tipo de memória que suporta estratégias de busca de caminhos baseia-se principalmente em informações visuais em termos de pontos de referência visuais, distâncias e direções (Healy & Jozet-Alves, 2010).

PARTE II. ESTUDO EMPÍRICO

CAPÍTULO 4. OBJETIVOS E HIPÓTESES

4.1. Objetivos da investigação

4.1.1. Objetivo geral

4.1.2. Objetivos específicos

4.1. Objetivos da investigação

4.1.1. Objetivo geral

Estudar a capacidade de memória espacial em indivíduos normativos através de ambiente controlado em realidade virtual. Dividindo-se em duas partes: Estudo e Teste. Na fase estudo analisar a capacidade de navegação do indivíduo, na fase teste, analisar a memória espacial.

4.1.2. Objetivos específicos

1. Estudar a eficácia dos participantes na navegação do labirinto

2. Estudar se ao voltar a efetuar os mesmos labirintos após os testes, se o tempo necessário diminuiu tal como os erros

CAPÍTULO 5. MÉTODO

5.1. Participantes

5.2. Critérios de Inclusão

5.3. Instrumentos

5.3.1. Mini-Mental State Examination

5.3.2. Escala Verbal de Weschler

5.3.3. Tarefa Soundspace

5.3.4. Grelha de Observação

5.4. Procedimento

5.5. Análise Estatística

5.1. Participantes

A amostra deste estudo foi composta por 20 participantes adultos, recrutados na comunidade em geral de acordo com um método de amostragem de bola de neve. A amostra total foi composta por 14 participantes do sexo masculino e 6 do sexo feminino, com idades entre 20 e 33 anos, com idade média de 26 anos ($DP = 4$ anos). A maioria dos participantes possuía nível de ensino médio. Em relação à experiência de realidade virtual, a maioria dos participantes ($n = 12$) relatou nível intermediário de experiência / conhecimento. Estes participantes eram da região urbana de Lisboa, em Portugal, de nacionalidade portuguesa. Os critérios de inclusão para participar deste estudo foram ser adulto com idade até 65 anos, sem histórico de doença neurológica ou psiquiátrica.

5.2. Critérios de exclusão e inclusão

Os critérios de inclusão neste foram: 1) cegueira congénita ou adquirida há mais de 5 anos; 2) adultos com idades até 65 anos; 3) nacionalidade portuguesa; 4)

Sem outros défices motores ou sensoriais diagnosticados; 5) sem doença neurológica ou psiquiátrica previamente diagnosticada.

5.3. Instrumentos

A avaliação do progresso neste estudo foi dividida entre dois momentos, separados pela aplicação de provas neuropsicológicas:

Na primeira sessão:

1. Grelha de Observação- Utilizada para avaliar performance de cada indivíduo durante o percurso.

2. Tarefa Soundspace- Espaço criado em Unity para o fim deste projeto

3. Na segundo momento foram utilizadas as seguintes provas:

1. *Montreal Cognitive Assessment (MoCA)*- Escala de rastreio cognitivo constituída por 21 itens de escolha múltipla, que permite avaliar a severidade de sintomas depressivos.

2. *Escala de Memória de Wechsler (EMW)* – Permite avaliar de forma precisa vários âmbitos da memória dos sujeitos, tais como, a informação pessoal e geral, orientação, controlo mental, algarismos em ordem direta e inversa, reprodução visual e a aprendizagem associativa.

De seguida serão abordadas de forma mais específica os instrumentos de avaliação que foram utilizados para a análise dos resultados:

5.3.1. Montreal Cognitive Assessment (MoCA; Ziad Nasreddine, 1996, aferição portuguesa de Paulo Ricardo Alves Ferreira, 2013).

A Avaliação Cognitiva de Montreal (MoCA; Nasreddine et al., 2005) demora aproximadamente 10 minutos para administrar. Tem trinta itens que avaliam múltiplos domínios cognitivos estão contidos no MoCA: memória de curto prazo (5 pontos); habilidades visuoespaciais via desenho do relógio (3 pontos) e uma tarefa de cópia de cubo (1 ponto); funcionamento executivo através de uma adaptação do Trail Making Test Part B (1 ponto), fluência fonética (1 ponto) e abstração verbal (2 pontos); atenção, concentração e memória de trabalho via deteção de alvo (1 ponto), subtração serial (3 pontos), dígitos para frente (1 ponto) e dígitos para trás (1 ponto); linguagem via confronto com animais de baixa familiaridade (3 pontos) e repetição de sentenças complexas (2 pontos); e orientação para tempo e local (6 pontos) (Nasreddine et al., 2005). O MoCA é pontuado pela obtenção de um item total e os autores recomendam um ponto de corte clínico de 26 (Benjamin, 2010).

5.3.2. Escala de memória de Wechsler (EMW; Wechsler, 1987, 1997, 2008).

A EMW (ver anexo 4) permite avaliar com precisão a memória dos sujeitos, através de sete sub-testes. O teste I avalia a informação geral e pessoal, o II a orientação imediata, o III avalia o controlo mental, o IV a memória lógica, o V avalia a memória de dígitos, o VI avalia a reprodução visual e o teste VII avalia a aprendizagem associativa. A EMW, aplicada de forma individual, demora sensivelmente 30 minutos a ser aplicada e é destinada a adultos a partir de 20 anos de idade.

O teste I avalia a informação pessoal e geral e compreende seis questões. A pontuação máxima desta sub-escala são 6 pontos.

O teste II permite avaliar a orientação imediata e consiste em cinco questões simples tais como o ano, mês, dia, local onde se encontra e um ponto de referência de onde fica esse local.

No teste III alínea 1 (contar de 20 para 1) avalia-se o controlo mental e o tempo limite de cada resposta é de 30 segundos. Sendo avaliado a capacidade de somar o mais rapidamente

possível de três em três até 45; ditar o alfabeto o mais rápido possível; e subtrair a partir do número 20. A pontuação máxima desta sub-prova da Wechsler é de três pontos.

A nota máxima do teste III, incluindo as três alíneas, é de nove pontos.

O teste IV permite avaliar a memória lógica e é constituído por dois textos, (história A e história B) que o examinado deverá ouvir e memorizar. O teste V denomina-se de ‘Memória de Dígitos’ e é constituído por duas provas separadas: ‘Algarismos em Ordem Direta’ e ‘Algarismos em Ordem Inversa’, Onde é pedido aos participantes, consoante nível de dificuldade, que Digam por ordem direta ou inversa. A pontuação total desta sub-prova é de 9 pontos. E para a Ordem Inversa é de 8 pontos.

5.3.3 Tarefa Soundspace

A tarefa Soundspace descreve uma tarefa de realidade virtual usando som 3D para navegação espacial. Esta tarefa foi desenvolvida usando o Unity 3D (Unity Technologies®), um mecanismo de jogo que permite criar mundos virtuais em 3D. Esta tarefa foi desenvolvida para ser implementada em realidade virtual através do Oculus Rift S. As pistas auditivas foram desenvolvidas e calibradas no ambiente virtual usando o software de som FMOD® para criar um ambiente de som 3D realista. Após o desenvolvimento da base para esta tarefa, diferentes níveis foram criados em um quadrado comum com 4x4 m de área. O ambiente VR foi calibrado com um ambiente real e a navegação foi realizada caminhando no ambiente real em resposta ao feedback auditivo da tarefa Soundspace.

Essa tarefa envolveu três níveis diferentes que diferem no comprimento da rota para alcançar o local de destino. Os objetos no ambiente e as paredes dos cenários emitiram sons diferentes (descrevem cada som em termos de propriedades sonoras).

O primeiro nível consiste em um cenário que descreve uma faixa de pedestres, na qual o indivíduo é solicitado a passar somente quando começa a ouvir o som acústico do sinal de trânsito. Além disso, as instruções indicam que eles também precisam atravessar quando é seguro, porque há um carro virtual passando pela estrada a cada 30 segundos; somente então eles podem seguir em frente e atravessar. Depois de chegar ao local do som, o indivíduo é solicitado a retornar ao local inicial.

O segundo nível consistia em uma pista de obstáculos, na qual os participantes eram solicitados a ir para a fonte sonora cruzando os obstáculos durante essa rota, após o que foram instruídos a retornar ao ponto de partida. Havia seis rotas diferentes que poderiam ser escolhidas

pelos participantes. Os obstáculos produziram um som agudo para informar o indivíduo a se desviar e continuar no caminho para o alvo sonoro que consistia em um som de ping.

O terceiro nível consistia em um labirinto em forma de S, onde os participantes eram solicitados a mudar para a fonte sonora (som de ping), evitando colisões com objetos e paredes do labirinto. Depois de atingir a meta, os participantes tiveram que retornar ao ponto de partida. A Figura 1 mostra cada um desses níveis da tarefa de navegação espacial.

5.3.4 Grelha de Observação

Foi criada uma grelha de observação com fim a monitorizar o percurso dos participantes durante a tarefa. Esta grelha teve como base grelha tipo de comportamento, porém adaptamos à necessidade de monitorizar performance do indivíduo. Sendo que para tal criamos as variáveis: Eficácia no percurso; Participação; Tempo necessário demorado por percurso antes dos testes neuropsicológicos; Número de erros por percurso, Número de quase erros por percurso, Número de quase erros por percurso; Ajudas necessárias por percurso; e, novamente as mesmas porém para após os testes neuropsicológicos

Deste modo é-nos possível monitorizar o comportamento do indivíduo na execução da tarefa

5.4. Procedimento

Este projeto foi aprovado comissão de ética no intuito de estudo exploratório sobre a temática da memória espacial.

Antes da componente experimental do estudo, desenvolveu-se a tarefa experimental, que foi baseada em realidade virtual – ou seja, a tarefa foi realizada pelos participantes num espaço real (no MovLab) do curso de videojogos, com auxílio de um dispositivo de realidade virtual (HMD e headphones) que permitirão apresentar um som quando o indivíduo se aproxima de objetos no ambiente. Este estudo é um estudo experimental e exploratório.

Foi utilizado o programa de estatística da IBM, SPSS Statistics, versão 20, e foram efetuadas as seguintes análises estatísticas: Descritivas e Correlacionais

Os participantes foram avaliados com os sub-testes verbais de diferentes provas neuropsicológicas para permitirem a comparação entre os resultados e que foram aplicadas seguindo a mesma metodologia. Os testes neuropsicológicos a utilizar consistem em provas de rastreio cognitivo (Montreal Cognitive Assessment - MoCA), uma bateria para avaliação da

memória (Bateria de Memória de Wechsler-Revista WMS-R). No MoCA não foi aplicado o sub-teste visuo-espacial e de nomeação (secção 1 e 2 do teste, respetivamente) que requerem a capacidade de visão. A prova de memória deste teste será também realizada de forma verbal. Na WMS-R não será aplicado o sub-teste VI de reprodução visual. Será utilizado também um breve questionário de dados sócio-demográficos. O formulário do consentimento informado, bem como os protocolos de avaliação utilizados neste estudo encontram-se em anexo.

Após a avaliação, os participantes serão expostos à tarefa experimental. Os grupos em estudo foram aleatoriamente distribuídos por duas condições que representam dois níveis diferentes de dificuldade na prova do labirinto. Ambas as versões do labirinto serão cumpridas apenas com um trajeto possível - o mais fácil com 3X3m e o mais difícil com 4X4m. Os obstáculos no labirinto serão os limites do mesmo constituídos pelas paredes físicas do labirinto, semelhante ao procedimento seguido por Massiceti et al. (2017), embora este último recorrendo à técnica de realidade virtual.

A fase de estudo consistirá na primeira exposição à tarefa em que o objetivo será navegar pelo labirinto com a ajuda das pistas auditivas projetadas pelos objetos (através da técnica de realidade virtual) e encontrar o fim do labirinto que será sinalizado por um som a indicar a chegada. Após a realização de uma tarefa distratora que consistia na realização das provas das histórias da WMS-R (5 minutos), os participantes serão novamente expostos à condição experimental, neste caso a tarefa correspondente ao nível de dificuldade desempenhado no início, embora com as pistas sonoras a assumirem menos relevância, pela diminuição do volume das pistas de modo a que permitam sinalizar o objeto apenas

Na sua proximidade (i.e. <30cm do objeto) para evitar o contacto e para que a memória de espaço seja preponderante nesta fase de teste. A tarefa termina com a chegada ao final do labirinto e sinalização pelo som da chegada.

É de salientar que um experimentador estará a acompanhar os indivíduos durante toda a execução da prova e que os objetos físicos presentes no labirinto serão feitos por material de espuma para evitar qualquer tipo de lesão decorrente do contacto com os limites do labirinto. A avaliação e aplicação da tarefa experimental irão implementadas no MovLab da ULHT.

5.5. Análise Estatística

Para este estudo foi utilizado o software de análise estatística IBM SPSS 21. De modo a verificar quais variáveis se demonstravam mais homogêneas, foi realizado o teste Kolmogorov-Smirnov utilizando os modelos: Uniforme, Normal, Poisson e Exponencial.

Foi testado todas as variáveis em que mediam, porém só tinham duas opções, dentro destas, as mais robustas foram as seguintes: Tempo necessário para ida percurso 1 após testes; tempo necessário para ida percurso 2; tempo necessário para ida percurso 1: E seguintes capacidades no MOCA: Evocação, Abstração, Fluência, Visuo-espacial, atenção, Subtrair números.

Foram realizadas com medidas repetidas ANOVA para cada variável dependente. E exploramos as interações utilizando método de correlação Bonferroni. Foi realizado também uma descrição da amostra

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

Os dados foram analisados no Statistical Package for the Social Sciences (v.25). Este estudo foi baseado em um projeto dentro dos sujeitos, com um experimento com dois blocos diferentes, um para a exposição inicial à tarefa de navegação espacial (fase de estudo) e outro para a segunda exposição sem pistas auditivas (fase de teste). Em cada fase, o sujeito teve que encontrar o som alvo e retornar ao ponto inicial (ou seja, tentativa), no primeiro bloco usando a fonte sonora como ponto de referência e no segundo bloco sem a referência sonora, de acordo com três níveis de dificuldade (ou seja, dificuldade).

O segundo bloco era muito parecido, mas sem as pistas auditivas, onde os participantes foram solicitados a passar para o alvo sonoro e depois retornar ao ponto de partida apenas com o feedback sonoro das paredes do labirinto. O desempenho nesta tarefa foi avaliado pelas variáveis dependentes, a saber: 1) tempo de execução, 2) número de colisões e 3) número de prompts. As estatísticas descritivas para as variáveis dependentes de acordo com cada condição são apresentadas na Tabela 1 e na Tabela 2, respetivamente, para o tempo de execução e o

número de colisões. O prompt não foi analisado porque o número limitado de avisos fornecidos aos participantes revelou um efeito mínimo.

Estatísticas de inferência foram realizadas com medidas repetidas ANOVA para cada variável dependente. Duas ANOVA de medidas repetidas foram realizadas de acordo com um planeamento fatorial 2X2X3: bloqueio (estudo vs. teste) por dificuldade (nível 1 vs. nível 2 vs. nível 3) por tentativa (localização do alvo vs. retorno ao ponto de partida). Os principais efeitos estatísticos e de interação foram explorados ainda mais usando análise de efeitos simples para comparações bivariadas com o método de correção de Bonferroni. Os efeitos em cada comparação foram relatados como efeitos de Eta ao quadrado parciais. O nível alfa considerado para comparações estatisticamente significantes foi 0,05, correspondendo a um nível de confiança de 95%.

A análise do tempo de execução através desta ANOVA revelou efeitos principais significativos para o bloco ($F(2, 19) = 8,410$; $\eta^2_p = 0,307$; $p < 0,01$) e dificuldade ($F(1, 19) = 10,683$; $\eta^2_p = 0,360$; $p < 0,01$), sugerindo tempos de execução mais altos para o bloco de estudo (primeiro bloco). As comparações pareadas corrigidas por Bonferroni foram realizadas para dificuldade, o que revelou que os aumentos nos tempos de execução eram significativos apenas quando se comparava o nível mais fácil com o mais difícil ($p < 0,05$). Além disso, também foi observado um efeito de interação significativo entre esses fatores ($F(2, 38) = 4,074$; $\eta^2_p = 0,177$; $p < 0,05$). As análises de efeito simples corrigidas por Bonferroni revelaram que o tempo de execução era maior no bloco de estudo para cada nível de dificuldade (todos os $p < 0,05$), como mostra a Figura 2.

A mesma análise foi realizada para o número de colisões na tarefa de navegação espacial, que revelou apenas um efeito principal do teste ($F(2, 38) = 4,687$; $\eta^2_p = 0,204$; $p < 0,05$), sugerindo um número médio maior de erros na primeira tentativa, quando os participantes passaram para o alvo sonoro em comparação com o retorno ao ponto inicial ($M = 0,375$; $SE = 0,107$ vs. $M = 0,100$; $SE = 0,056$).

Finalmente, as correlações de Pearson no momento do produto foram conduzidas para entender se o desempenho na tarefa Soundspace estava correlacionado com o funcionamento neuropsicológico. Focamos apenas no tempo de execução, pois esse indicador pode ser melhor para distinguir o desempenho no Soundspace. Os resultados indicaram que o sub-teste visuo-espacial do MoCA correlacionou-se com o tempo de execução no bloco de estudo para o Nível 1 ($r = -.561$; $p < 0,05$), enquanto o sub-teste Abstração correlacionou-se com o tempo de

execução para o Nível 2 ($r = -.652$; $p < 0,01$) e para o nível 3 ($r = -.635$; $p < 0,01$), cada uma dessas tarefas no teste correspondente ao retorno ao ponto de partida.

6.1. Objetivo específico 1

De acordo com os resultados, a capacidade cognitiva que mais afeta o desempenho dos indivíduos na tarefa é a capacidade de abstração, onde é revelado que quanto mais abstração o indivíduo tiver, menos tempo demora nos percursos, em especial no percurso para a volta 2, no terceiro, necessita de menos ajudas e tem mais atenção.

Demonstrando correlação forte negativamente com erros no percurso 2 na ida redução no tempo necessário na volta no percurso 2 e a correlação positiva moderada com atenção. Verificando-se grande eficácia dos participantes.

6.2. Objetivo específico 2

De acordo com os resultados, verifica-se uma redução no tempo em geral como apresentado na tabela entre a ida e volta após os testes. Demonstrando uma memorização espacial. De notar a correlação positiva entre o tempo necessário para a volta no segundo percurso com o tempo necessário para volta após os testes tanto no percurso dois como no terceiro, respetivamente. Havendo uma preparação mental dos indivíduos para os vindouros

CAPÍTULO 7. DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo desenvolver e avaliar uma tarefa de realidade virtual com pistas auditivas para navegação espacial. Criamos uma tarefa de navegação espacial manipulando estratégias de navegação em dois blocos diferentes. As estratégias de navegação no primeiro bloco (estudo) consistiram em navegação local que exigia que os pacientes passassem para o alvo auditivo com o auxílio de pistas auditivas, onde a navegação no ambiente envolvia principalmente estratégias de busca e locomoção, conforme definido em Eichenbaum (2017). O segundo bloco (teste) consistiu em estratégias de busca de rotas, pois o desempenho nesse bloco exigia aprendizado espacial, usando a representação espacial do ambiente para navegar na ausência do alvo auditivo. Aqui, o desempenho não se baseava apenas nas estratégias de busca e locomoção; em vez disso, ele pode ter exigido orientação baseada na representação espacial do ambiente conhecido para atingir o destino-alvo (Schinazi et al., 2016) Nossa intenção com este design era criar um cenário virtual com diferentes demandas de

navegação para estudar se o desempenho é diferente de acordo com a estratégia de navegação e a dificuldade que foi manipulada em três níveis diferentes para cada bloco. Os resultados revelaram uma melhoria no desempenho da tarefa, do estudo para os blocos de teste. O desempenho melhorou quando as estratégias de busca e locomoção foram substituídas pela representação espacial do ambiente, apoiando estratégias de busca de caminhos. Mesmo na ausência do objetivo auditivo, o uso de pistas alocêntricas e egocêntricas, que permitem usar informações do ambiente e do observador em relação ao ambiente, revelou uma diminuição no tempo de execução da tarefa. Como esperado, os tempos de execução aumentaram com dificuldade crescente nesses blocos (Dolins, 2016). Não foram observadas diferenças para a locomoção no primeiro bloco com o alvo auditivo ou sem o alvo auditivo (isto é, retornando ao ponto de partida). Além disso, em relação à relação entre desempenho na tarefa Soundspace e funcionamento neuropsicológico, os dados sugeriram que o desempenho na tarefa de navegação local está associado à capacidade visuo-espacial, enquanto o desempenho no wayfinding está associado à capacidade de abstração. Tanto a visuo-espacial quanto a abstração são componentes do funcionamento executivo. Aqui, a capacidade visuo-espacial foi avaliada com uma versão resumida do Trail Making Test e um teste de cópia em cubo, que envolve habilidades de troca de conjuntos para alternar entre informações de número e letra na TMT e na percepção visuo-espacial, enquanto a abstração foi avaliada com semelhanças de palavras. Podemos especular abstração, pois uma função de ordem superior pode desempenhar um papel importante para explicar os processos de tomada de decisão, em vez de mudar de cenário e a percepção visuo-espacial pode ser uma habilidade importante para apoiar estratégias de navegação da locomoção, o que sugere maior importância das habilidades visuo-espaciais para a navegação local do que para o direcionamento. De fato, estudos anteriores descobriram que, além do hipocampo e da região para-hipocampal (Eichenbaum, 2017), o córtex pré-frontal também está envolvido na navegação espacial, sendo responsável pelas funções executivas (McCabe, Roediger, McDaniel, Balota & Hambrick, 2011). e tomada de decisão espacial (Schinazi et al., 2016). O estudo seminal de Passingham e colegas (1985) com primatas usando labirintos com comida como motivação para o desempenho em uma tarefa de alternância atrasada mostrou que os danos ao córtex pré-frontal podem prejudicar as habilidades de navegação espacial. O processamento e a integração de informações sensoriais multimodais dependem das funções executivas do córtex pré-frontal, sendo responsáveis pelo comportamento direcionado a objetivos, pela regulação do comportamento e pela adaptação a novas situações da vida quotidiana, enquanto governam as interações sociais (McCabe et al.,

2011). O envolvimento do córtex pré-frontal também foi encontrado na integração de trajetos, um mecanismo essencial para a navegação espacial para o desenvolvimento de mapas cognitivos que requer informações sensoriais básicas, mas também processamento espacial de ordem superior e memória de trabalho espacial baseada no pré-medial. córtex frontal (Wolbers, Wiener, Mallot e Buchel, 2007).

No geral, estas descobertas dão suporte ao uso da tarefa Soundspace para avaliar a navegação espacial, indicando que essa tarefa pode ser viável para avaliar a navegação espacial e a aprendizagem espacial do ambiente.

A associação entre o desempenho da tarefa e as funções executivas da capacidade e abstração visuo-espacial deve ser mais explorada em pessoas cegas para entender melhor a tomada de decisões espaciais nessas pessoas.

CAPÍTULO 8. CONCLUSÃO

Concluindo, conseguimos responder aos nossos objetivos, ainda que com uma amostra limitada, foi possível concluir que de facto existe outra área cognitiva responsável pela memória espacial ou que pelo menos a afeta diretamente.

Com a diminuição dos tempos de percurso e redução dos tempos de resposta, foi possível ver em tempo real esta capacidade a tomar forma.

Seria de todo interessante analisar outras variáveis apresentadas como homogéneas e com correlações fortes, possivelmente com uma amostra maior e indivíduos cegos de nascença.

Como demonstrado na literatura, cegos de nascença utilizam outros meios porém através da elasticidade, os meios sensoriais apenas são divergidos e os caminhos são na mesma utilizados.

Limitações e sugestões

No entanto, os resultados de nosso estudo devem ser interpretados com cautela, pois várias limitações foram identificadas. Primeiramente, a associação entre o desempenho na

tarefa Soundspace e os dados neuropsicológicos é limitada, porque o MoCA é um teste de triagem cognitiva, que pode não ter sensibilidade na avaliação de tais funções cognitivas. Em segundo lugar, essa análise foi realizada apenas com correlações bivariadas com o tempo de execução, o que distinguiu o desempenho na tarefa Soundspace, porque o tamanho dessa amostra não permitiu realizar outros procedimentos estatísticos ou explorar ainda mais essas correlações com o risco de aumentar o erro.

Pode ser interessante que estudos futuros com a tarefa Soundspace comparem o desempenho entre participantes cegos e com visão para entender se o aumento na dificuldade da tarefa afeta indivíduos cegos e com visão diferente. De acordo com o Modelo Cumulativo (ver Schinazi et al., 2016), um aumento na dificuldade da tarefa pode ter um impacto maior em pessoas cegas em comparação com pessoas com visão. Vale a pena estudar também se o padrão de desempenho é semelhante entre indivíduos cegos e cegos para a aprendizagem espacial do ambiente em busca de caminhos, quando o desempenho não se baseia apenas na mobilidade, exigindo orientação e tomada de decisões espaciais no uso das dicas ambientais para atingir o objetivo destino.

Verificar se realizando o teste de uma forma mais analógica, sem VR, se teríamos os mesmos resultados. Querendo avaliar em que medida é que realmente a VR é pertinente no estudo da memória espacial.

REFERÊNCIAS

- Allen, G.L. (1999). Children's control of reference systems in spatial tasks: Foundations of spatial cognitive skill? *Spat. Cogn. Comput.* 1, 413–429.
- Allison, S.L.; Fagan, A.M.; Morris, J.C.; Head, D. (2016). Spatial Navigation in Preclinical Alzheimer's Disease. *J. Alzheimers Dis.* , 52, 77–90.
- Burton, H. (2003). Visual Cortex Activity in Early and Late Blind People. *Journal of Neuroscience*.
- Burton., H., Snyder, A., Z., Raichle, M., E. 2004. Default brain functionality in blind people. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. doi:10.1073/pnas.0406676101
- Berlucchi, G. Neuropsychology: Theoretical Basis. *Encyclopedia of Neuroscience*. pp 1001-1006. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-008045046-9.00996-7>

- Bowler, R., M., Lezak, M., D. Chapter 3 - Neuropsychologic evaluation and exposure to neurotoxicants. *Handbook of Clinical Neurology*. Elsevier. vol 131, pp. 23-45
- Cristofori, I., Cohen-Zimmerman, S., Grafman, J. 2019. Chapter 11 - Executive Functions. *Handbook of Clinical Neurology*. Vol. 163. pp. 197-219. Elsevier.
- Chebat, D., R., Maidenbaum, S., Levy-Tzedek, S., Amedi, A. 2015. Increasing Accessibility to the Blind of Virtual Environments, Using a Virtual Mobility Aid Based On the "EyeCane": Feasibility Study. *Department of Medical Neurobiology*.
- Diamond, A., Ling, D., S. 2015. Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not, *Developmental Cognitive Neuroscience* 18. pp 34-48
- Dolins, F., L., Klimowicz, C., Kelley, J., Menzel, C., R. 2016. Using Virtual Reality to Investigate Comparative Spatial Cognitive Abilities in Chimpanzees and Humans. *Am J Primatol*. Doi: 10.1002/ajp.22252
- Dumas, C. (1998). Figurative and spatial information and search behavior in dogs (*Canis familiaris*). *Behav. Processes* 42, 101–106.
- Eichenbaum, H. (2017). The Role of the Hippocampus in Navigation Is Memory. *Review J Neurophysiol*. 117(4):1785-1796. doi: 10.1152/jn.00005.2017
- Epstein R, Kanwisher N. A cortical representation of the local visual environment. *Nature*. 392:598–601. 1998; [PubMed: 9560155]
- Freitas S, Simões MR, Alves L, Santana I. Montreal Cognitive Assessment (MoCA): Normative Study for the Portuguese population. *J Clin Exp Neuropsychol* 2011; 33:989-96.
- Haun, D. B. M., Call, J., Janzen, G., & Levinson, S. C. (2006). Evolutionary Psychology of Spatial Representations in the Hominidae. *Current Biology*, 16(17): 1736-40. doi: 10.1016/j.cub.2006.07.049.
- Hartley T, Maguire EA, Spiers HJ, Burgess N. The well-worn route and the path less traveled: distinct neural bases of route following and wayfinding in humans. *Neuron*. 37:877–888. 2003
- Hartley, T., Lever, C., Burgess, N., O'keefe J. 2014. Space in the brain: how the hippocampal formation supports spatial cognition. *Philosophical transactions of the royal society B*. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2012.0510>

- Healy, A., F. 2001. Short-term Memory, Cognitive Psychology. International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences. pp. 14046-14049
- Healy, S.D., Jozet-Alves, C. (2010). Spatial Memory. Encyclopedia of Animal Behavior, 304-307. doi: 10.1016/B978-0-08-045337-8.00145-5
- Leo, F., Tinto, C., Chiesa, S., Cavaglià, R., Schmidt, S., Cocchi, E., Brayda, L. 2018. Improving spatial working memory in blind and sighted youngsters using programmable tactile displays. SAGE Open Med. doi: 10.1177/2050312118820028
- Koenig, S., T., Crucian, G., P., Dalrymple-Alford, J., C., Dünser, A. 2010. Assessing navigation in real and virtual environments: a validation study. Proc. 8th Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Associated Technologies.
- Maguire, EA, Woollett, K, Spiers, HJ (2006). London Taxi Drivers and Bus Drivers: A Structural MRI and Neuropsychological Analysis. Hippocampus. 16(12):1091-101. doi: 10.1002/hipo.20233
- Massiceti, D., Hicks, S., L., Rheede, J., J. 2018. Stereosonic vision: Exploring visual-to-auditory sensory substitution mappings in an immersive virtual reality navigation paradigm. PLoS One. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199389>
- McCabe, D., P., Roediger, H., L., McDaniel, M., A., Balota, D., A., Hambrick, D., Z. 2011. The Relationship Between Working Memory Capacity and Executive Functioning: Evidence for a Common Executive Attention Construct. Neuropsychology. pp. 222-243. doi:10.1037/a0017619
- Miller A., M., P., Vedder., L., C., Law, ., M. & Smith, D., M. 2014. Cues, context, and long-term memory: the role of the retrosplenial cortex in spatial cognition. Frontiers in Human Neuroscience. doi: 10.3389/fnhum.2014.00586
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., Kishino, F. 1995. Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. The International Society for Optical Engineering. DOI: 10.1117/12.197321
- Montana, J., I., Tuena, C., Serino, S., Cipresso, P., Riva, G. 2019. Neurorehabilitation of Spatial Memory Using Virtual Environments: A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*.
- Montana, J., I., Tuena, C., Serino, S., Cipresso, P., Riva, G. (2019). Neurorehabilitation of Spatial Memory Using Virtual Environments: A Systematic Review. *J. Clin. Med.* 2019, 8, 1516; doi:10.3390/jcm8101516

- Morris, R., Hagan, J., and Rawlins, J. (1986). Allocentric spatial learning by hippocampectomised rats: A further test of the “spatial mapping” and “working memory” theories of hippocampal function. *Q. J. Exp. Psychol. B* 38, 365–395.
- Nasreddine Z, Phillips NA, Bédirian V, Charbonneau S, Whitehead V, Collin I, ... Chertkow H. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A brief screening tool for Mild Cognitive Impairment. *American Geriatrics Society* 2005; 53(4):695-99.
- O’Keefe J, Dostrovsky J. 1971 The hippocampus as a spatial map. Preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat. *Brain Res.* 34, 171– 175. (doi:10.1016/0006-8993(71)90358-1)
- Parsons, T., D. Neuropsychological Assessment Using Virtual Environments: Enhanced Assessment Technology for Improved Ecological Validity. *Advance Computational. Intellectual Paradigms in Healthcare* 6. pp. 271-289
- Parsons,T., D., Carlew,A., R., Magtoto, J., & Kiefer Stonecipher (2015): The potential of function-led virtual environments for ecologically valid measures of executive function in experimental and clinical neuropsychology, *Neuropsychological Rehabilitation*, DOI: 10.1080/09602011.2015.1109524
- Passingham, R. E. (1985). Memory of monkeys (*Macaca mulatta*) with lesions in prefrontal cortex. *Behavioral Neuroscience*, 99(1), 3–21. <https://doi.org/10.1037/0735-7044.99.1.3>
- Reggente, N., Essoe, J., K., Y., Aghajan, Z., M., Tavakoli, A., V., McGuire, J., F., Suthana, N., A., & Rissman, J. 2018. Enhancing the ecological validity of fMRI Memory Research Using Virtual Reality. Department of Psychology, University of California. doi: 10.3389/fnins.2018.00408
- Schinazi, V., R., Thrash, T., Chebat, D., R.2016. Spatial navigation by congenitally blind individuals. *WIREs Cognitive Science*, 7:37-58. doi: 10.1002/wcs.1375
- Setti, W., Cuturi, L., F., Cocchi, E., Gori, M. 2018. A novel paradigm to study spatial memory skills in blind individuals through the auditory modality. *Scientific Reports*
- Vargas, J.P., and Lopez, J.C. (2005). Different ways of encoding geometric information by goldfish (*Carassius auratus*). *J. Comp. Psychol.* 119, 458–460.
- Wechsler D. (1987). WMS-R: Wechsler Memory Scale-Revised. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.

Wolbers T, Wiener JM, Mallot HA, Buchel C. Differential recruitment of the hippocampus, medial pre- frontal cortex, and the human motion complex during path integration in humans. *J Neurosci* 2007, 27:9408–9416.

Yang C, Wu S, Lu W, Bai Y, Gao H. Anatomic differences in early blindness: a deformation-based morphometry MRI study. *J Neuroimaging* 2014, 24:68–73.

APÊNDICES

Apêndice A

Tabela 1. Caracterização das Variáveis..... **III**

Tabela 2. Caracterização da Amostra..... **IV**

Tabela 3. Experiência com Computadores..... **IV**

Tabela 1. Caracterização das Variáveis

Idade	Frequência	Percentagem	Percentagem válida	Percentagem acumulativa
20	1	5,0	5,0	5,0
21	3	15,0	15,0	20,0
22	3	15,0	15,0	35,0
25	1	5,0	5,0	40,0
26	1	5,0	5,0	45,0
27	2	10,0	10,0	55,0
28	2	10,0	10,0	65,0
29	3	15,0	15,0	80,0
30	1	5,0	5,0	85,0
31	2	10,0	10,0	95,0
33	1	5,0	5,0	100,0
Total	20	100,0	100,0	

Tabela 2. Caracterização da Amostra

Gênero	Frequência	Percentagem	Percentagem válida	Percentagem acumulativa
Masculino	14	70,0	70,0	70,0
Feminino	6	30,0	30,0	100,0
Total	20	100,0	100,0	

Tabela 3. Experiência com Computadores

Experiência com computadores	Frequência	Percentagem	Percentagem válida	Percentagem acumulativa
Intermédia	3	15,0	15,0	15,0
Experiente	13	65,0	65,0	80,0
3	2	10,0	10,0	90,0
99	2	10,0	10,0	100,0
Total	20	100,0	100,0	

Apêndice B

Gráfico1. Caracterização da Amostra.....	VII
Gráfico 2. Médias Estimadas.....	VII

Gráfico 1. Caracterização da Amostra

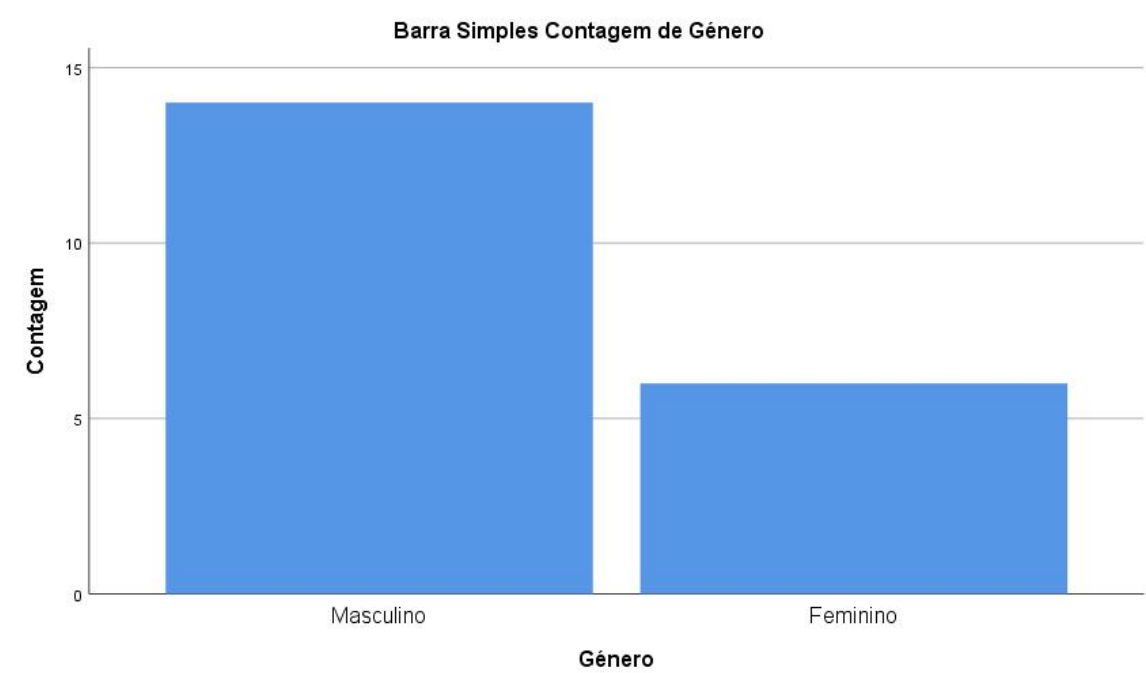
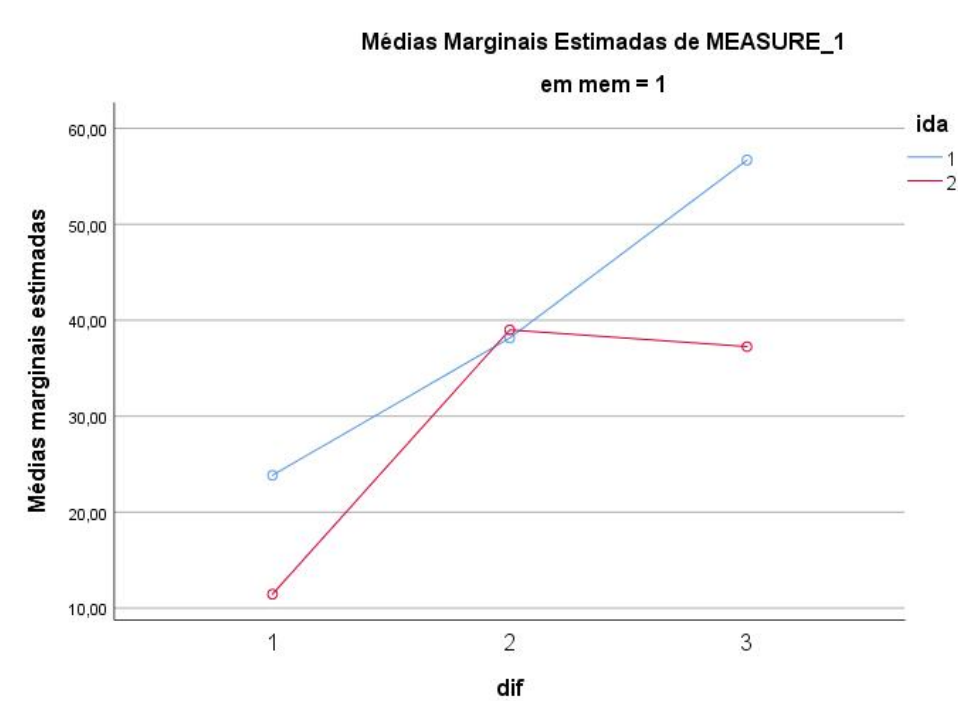


Gráfico 2.Médias Marginais Estimadas



Anexo 1 – Consentimento Informado	III
Anexo 2 – Mapas Tarefa Soundspace.....	IV
Anexo 3 – Grelha de observação.....	V

Anexo 1 – Consentimento Informado

CONSENTIMENTO INFORMADO, LIVRE E ESCLARECIDO PARA PARTICIPAÇÃO EM INVESTIGAÇÃO de acordo com a Declaração de Helsinquia

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: Memória espacial em indivíduos cegos através da tarefa Soundspace com realidade virtual.

Enquadramento: No âmbito do Mestrado em Neuropsicologia Aplicada (2º Ciclo) da Escola de Psicologia e Ciências da Vida da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias sob a orientação do Prof. Dr. Jorge Oliveira e do Prof. Dr. Filipe Luz, pretende-se estudar as capacidades de navegação memória espacial através de uma tarefa em realidade virtual com utilização de som num labirinto (Soundspace) em indivíduos com cegueira e sem cegueira.

Explicação do estudo: O estudo consiste na realização de duas tarefas sequencialmente, que consistem em navegar num ambiente real com utilização de óculos de realidade virtual. Para este estudo serão necessários dois grupos de participantes, um grupo de participantes com cegueira e outro sem cegueira. 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 de continuar 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: 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 por indivíduos com deficiência visual na navegação espacial. Esta investigação tem um caráter nacional.

Agradecemos a sua colaboração.

Jorge Oliveira (jorge.oliveira@ulusofona.pt)

Filipe Luz (filipe.luz@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.

Anexo 2 - Mapas Soundspace

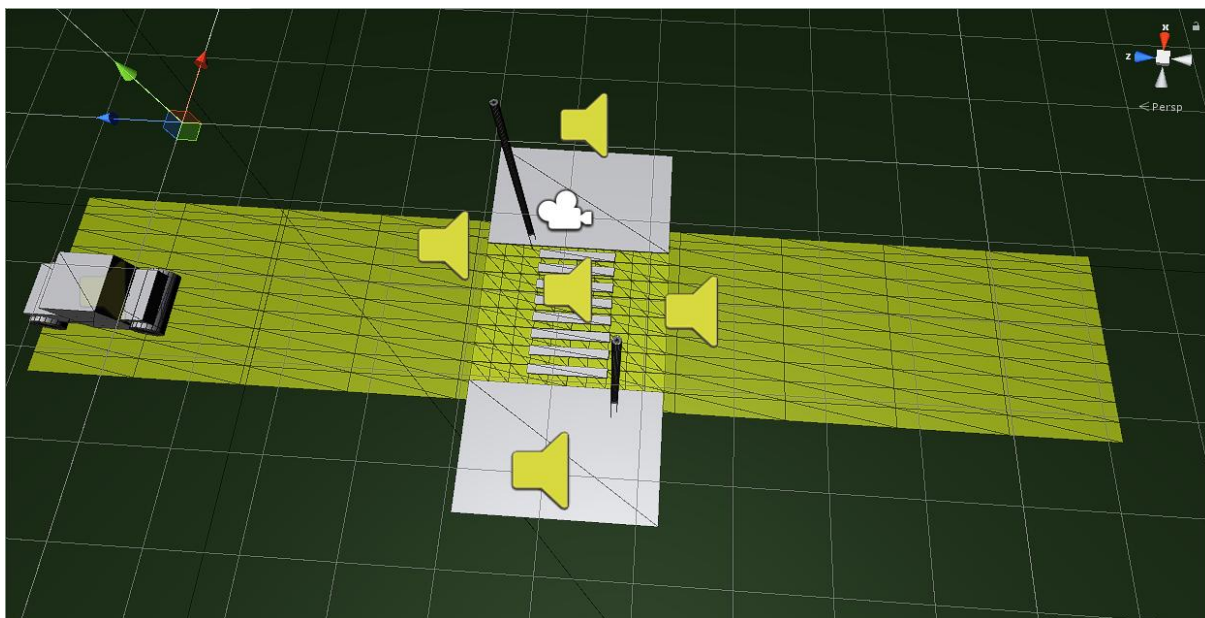


Fig. 1 - Primeiro labirinto - Soundspace

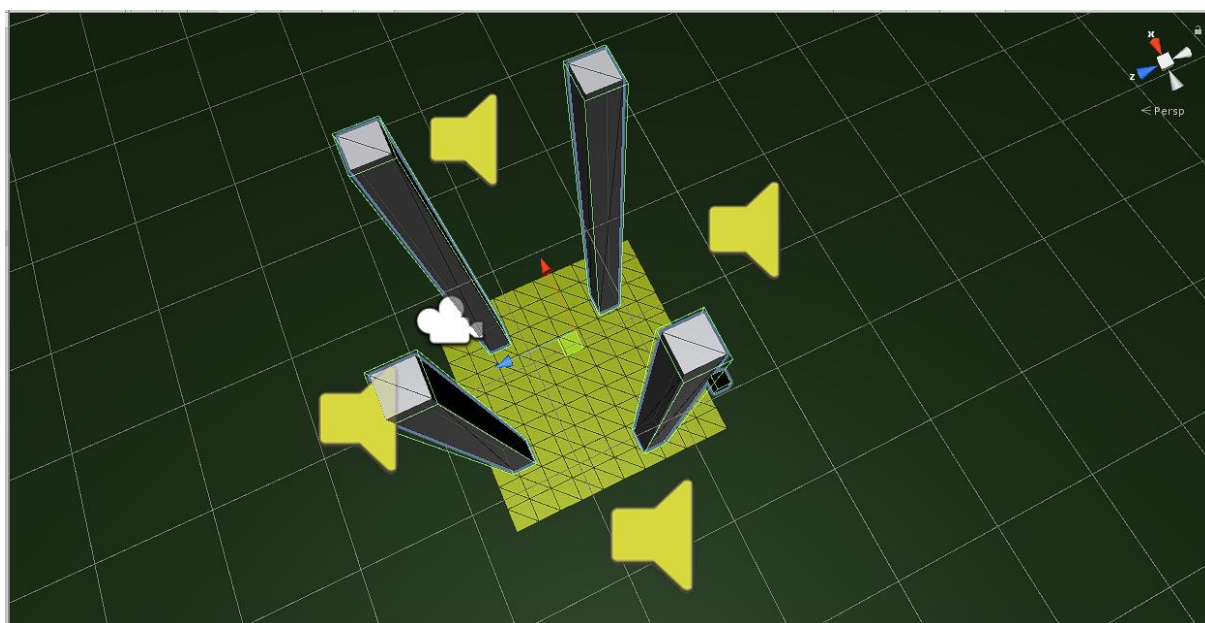


Fig.2 - Segundo Labirinto - Soundspace

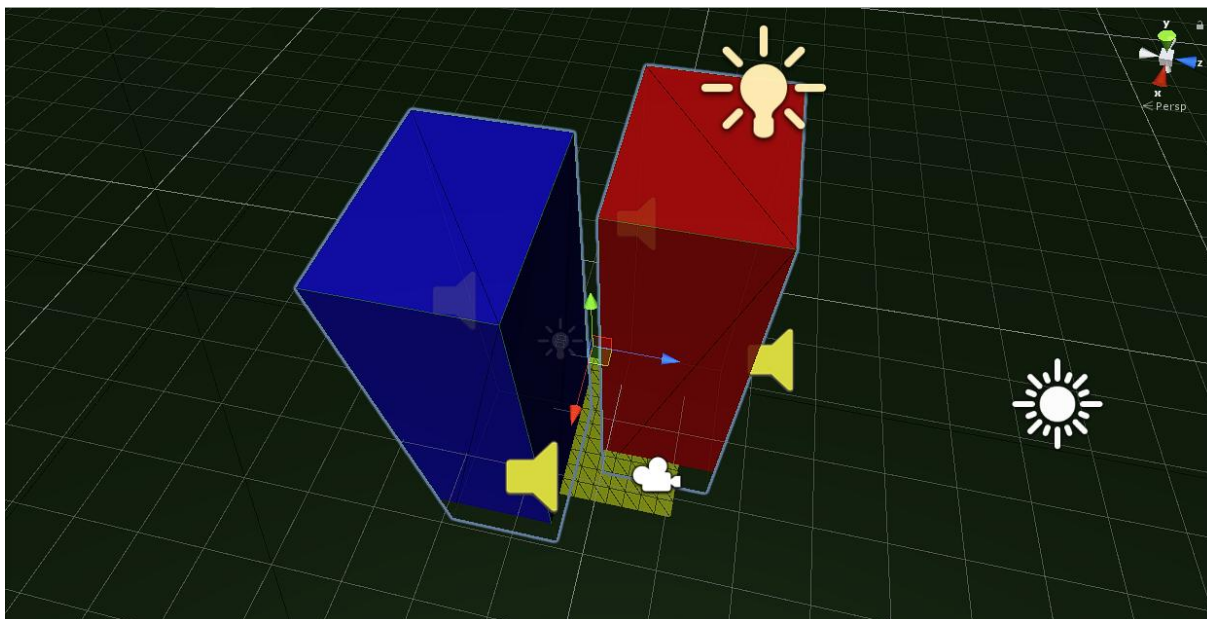


Fig. 3 - Terceiro Labirinto - Soundspace

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*)

GOC

Grelha de Observação Comportamento

Identificação do Indivíduo

Nome:

Idade:

Escolaridade:

Observador:

Local de Aplicação:

Data de Observação:

Condições de aplicação:

Comportamento e Desempenho na Realização de Tarefas			Observações
Apresentação/Postura Perante a Tarefa		Ansioso	
		Cooperante	
		Distraído	
		Motivado	
		Ativo	
		Passivo	
		Criativo	
Participação na Tarefa	A d e s s ã o		
	A t e n ç ã o		
	I m p u l s i v i d a d e		

		P e r s i s tê n c i a		
Tempo de Participação na Tarefa	Participa mais que 75% do tempo			
	Participa 50-75% do tempo			
	Participa 25-50% do tempo			
	Participa 0-25% do tempo			
Memória	Reten ção (mem ória a médi o prazo)			
	Evoc ação (me móri a a longo prazo)			
Performance	Necessitou de ajuda para completar a tarefa			
Execução da Tarefa	Efetuou o Percurso ida sem desvios			
	Efetuou o percurso ida com alguns devios			
	Ignorou o percurso ida por completo			
	Efetou o regresso sem desvios			
	Efetuou o regresso com alguns desvios			

	Efetuoou oo regresso com dificuldades		
Percurso ida e volta	Efetuoou ida e volta na perfeição P.1		
	Efetuoou ida e volta com alguns desvios P1		
	Efetuoou ida e volta na perfeição P.2		
	Efetuoou ida e volta com alguns desvios P.2		
	Efetuoou ida e volta na perfeição P.3		
	Efetuoou 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-		

	Número de Ajudas durante a execução da Tarefa Percurso 1-		
	Número de Ajudas durante a execução da Tarefa Percurso 2-		
	Número de Ajudas durante a execução da Tarefa Percurso 2-		
	Número de Ajudas durante a execução da Tarefa Percurso 3-		
	Número de Ajudas durante a execução da Tarefa Percurso 3-		