



ISPA
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
CIÊNCIAS PSICOLÓGICAS, SOCIAIS E DA VIDA



CATOLICA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
LISBOA · PORTO · VISEU

Orientação espacial: relação com a memória inferencial

Diogo João Alves Tomás

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de:
MESTRE EM NEUROCIÊNCIAS COGNITIVAS E COMPORTAMENTAIS

2019

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação de
Prof. Dra. Maria Vânia Nunes, apresentada no ISPA –
Instituto Universitário para obtenção de grau de
Mestre na especialidade de Neurociências Cognitivas
e Comportamentais



ISPA
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
CIÊNCIAS PSICOLÓGICAS, SOCIAIS E DA VIDA



CATOLICA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
LISBOA · PORTO · VISEU

Orientação espacial: relação com a memória inferencial

Elaborado por: Diogo João Alves Tomás, PT

Orientado por: Maria Vânia Nunes, MsC, PhD

(Dissertação redigida segundo o antigo acordo ortográfico)

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de:
MESTRE EM NEUROCIÊNCIAS COGNITIVAS E COMPORTAMENTAIS

2019

*Para o João Gil que me demonstrou
sem qualquer metodologia experimental
que nem tudo é mensurável.
E se fosse, não teria interesse...*

Agradecimentos

Gostaria de agradecer à Prof. Dra. Maria Vânia Nunes, que me orientou em todo este processo, mas sobretudo porque se tornou, ao longo deste mestrado, naquele exemplo que gostaríamos de seguir e que nos esforçamos para não desiludir.

Ao Dr. Pedro Alves, que me introduziu e conduziu no mundo na cognição espacial.

À Prof. Dra. Dasa Zeithamova que, sem me conhecer, do outro lado do atlântico se mostrou pronta a facilitar-me ferramentas de investigação em prol do conhecimento.

À Prof. Dra. Daisy Abreu, amiga de longa data, que me apaziguou em algumas inquietações estatísticas.

A todos os participantes deste estudo, pela paciência e disponibilidade que demonstraram nas exaustivas avaliações, sem qualquer contrapartida.

Não podia deixar de agradecer ao Prof. Dr. Medeiros da Silva que, de meu doente a meu amigo, foi a pessoa que mais me incentivou e aconselhou a investir nesta vertente académica da minha carreira.

À minha família e amigos que são o meu pilar para qualquer coisa que faça.

À minha mulher Raquel, que se sobrecarregou ao longo destes dois anos para me dar tempo a dedicar aos estudos.

Por fim, ao pequeno João Gil que nasceu a meio deste processo e me deu uma grande lição de gestão de tempo.

Resumo

Dois ramos da literatura científica têm prevalecido no que diz respeito às funções do hipocampo. Um deles foca-se no suporte que esta estrutura oferece à memória declarativa, enquanto outro enquadra o hipocampo como parte de um sistema dedicado à navegação espacial. Estas duas diferentes visões encontram alguma reconciliação na teoria relacional do hipocampo em que estes dois processos poderão não ser assim tão distintos, particularmente na hipotética semelhança existente entre o cálculo de uma rota no espaço baseada em associações entre memórias espaciais adquiridas durante a navegação e o estabelecimento de relações associativas entre memórias sem conteúdo espacial que servem de base ao raciocínio inferencial. Neste estudo considerámos estudar, a um nível comportamental, as relações que existem entre a performance de tarefas de memória inferencial e tarefas de orientação espacial em ambiente virtual. Foi constituída uma amostra de 31 indivíduos saudáveis, 16 do sexo masculino (51,6%), com uma média de idades de 30,55 anos ($\pm 3,65$), variando entre os 25 e os 38 anos. Foram encontradas associações positivas entre as performances das tarefas de memória inferencial e as de orientação espacial, particularmente com as tarefas de orientação aloccêntrica onde se manteve uma correlação moderada, mesmo quando retirada a influência estatística na variabilidade devida à memória não-inferencial. Os resultados observados vão de encontro ao argumentado pela teoria relacional do hipocampo no que respeita à semelhança funcional destas duas tarefas cognitivas. Contudo, a particular associação com a orientação aloccêntrica corrobora a ideia base da concorrente teoria do mapa cognitivo, defensora de que as representações espaciais aloccêntricas são da responsabilidade do mapeamento do espaço executado pelo hipocampo.

Palavras-chave: orientação espacial, navegação espacial, memória inferencial, inferências associativas, hipocampo, teoria relacional, teoria do mapa cognitivo.

Abstract

Two branches of the scientific literature have dominated the understanding of hippocampus functions. One focuses on the support which this structure offers to declarative memory, while the other sees the hippocampus as part of a system dedicated to spatial navigation. These two different visions can find some reconciliation in the hippocampus relational theory, in which these two processes appear to be less distinct, particularly in the hypothetical similarity between a route calculation based on associations between spatial memories acquired during navigation processes and the associative relationships between memories without spatial content which are at the base of the inferential reasoning. Here, we present a study, at a behavioral level, of the relationships between the performance of inferential memory tasks and spatial orientation tasks performed in a virtual environment. We used a sample of 31 healthy subjects, 16 males (51.6%), with an average age of 30,55 years ($\pm 3,65$), between 25 and 38 years old. Positive associations were found between the performances of the inferential memory tasks and the spatial orientation tasks, particularly with the allocentric orientation where a moderate correlation remained even after removal of the statistical influence in the variability explained by non-inferential memory performance. The results found support the relational theory of the hippocampus regarding the functional similarity of these two cognitive tasks. Surprisingly, the association with the allocentric orientation corroborates the basic idea of the competing theory of the cognitive map, which argues that the allocentric spatial representations are the responsibility of the spatial mapping performed by the hippocampus.

Keywords: spatial orientation, spatial navigation, inferential memory, associative inference, hippocampus, relational theory, cognitive map theory.

Índice

INTRODUÇÃO.....	1
SECÇÃO I – ENQUADRAMENTO TEÓRICO.....	3
ORIENTAÇÃO E NAVEGAÇÃO ESPACIAL	4
<i>Conceitos teóricos e experimentais da orientação e navegação espacial</i>	4
<i>Correlatos neurais e o papel do hipocampo</i>	10
<i>Realidade virtual na orientação e navegação espacial</i>	13
MEMÓRIA DECLARATIVA	16
<i>Conceitos teóricos e experimentais da memória</i>	16
<i>Papel do hipocampo na memória declarativa</i>	18
<i>Memória e raciocínio inferencial</i>	19
<i>Paradigmas de avaliação do raciocínio inferencial</i>	21
HIPOCAMPO: CONCILIAÇÃO ENTRE A MEMÓRIA E A NAVEGAÇÃO ESPACIAL	23
SECÇÃO II – METODOLOGIA	25
OBJECTIVOS.....	26
MÉTODOS	26
<i>Definição de hipóteses</i>	26
<i>Participantes</i>	27
<i>Materiais/Instrumentos</i>	28
<i>Procedimentos</i>	33
<i>Análise estatística</i>	33
SECÇÃO III – RESULTADOS.....	34
SECÇÃO IV – DISCUSSÃO	44
CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
ANEXOS	59
ANEXO 1 - <i>WAYFINDING QUESTIONNAIRE</i>	61

Lista de Figuras

<i>Fig. 1 - Identificação de outliers na variável “prova de orientação egocêntrica”</i>	28
<i>Fig. 2 – Apresentação inicial de um dos pontos de interesse (ambiente virtual)</i>	29
<i>Fig. 3 – Exploração guiada pela cidade (ambiente virtual)</i>	30
<i>Fig. 4 – Tarefa egocêntrica do tipo orientation-dependent pointing</i>	30
<i>Fig. 5 – Tarefa alocêntrica do tipo judgments of relative direction</i>	31
<i>Fig. 6 – Tarefa de navegação espacial</i>	31
<i>Fig. 7 – Esquema explicativo do paradigma de inferências associativas</i>	33
<i>Fig. 8 – Erros médios observados na performance da prova de navegação espacial</i>	35
<i>Fig. 9 – Distribuição por sexos dos erros médios (em graus) nas provas de orientação</i>	36
<i>Fig. 10 – Associações entre a idade e as provas egocêntrica, alocêntrica e de inferências</i>	36
<i>Fig. 11 – Associação entre a variável inferências e a variável prova de orientação egocêntrica</i>	37
<i>Fig. 12 – Associação entre a variável inferências e a variável prova de orientação alocêntrica</i>	38
<i>Fig. 13 – Associação entre a variável associações directas e a variável prova egocêntrica</i>	39
<i>Fig. 14 – Associação entre a variável associações directas e a variável prova alocêntrica</i>	39
<i>Fig. 15 – Associação entre a variável associações directas e a variável inferências associativas</i>	40
<i>Fig. 16 – Distribuição por tipo de performer dos erros médios nas provas de orientação</i>	41
<i>Fig. 17 – Associação entre a variável Wayfinding e a variável prova de orientação egocêntrica</i>	42
<i>Fig. 18 – Associação entre a variável Wayfinding e a variável prova de orientação alocêntrica</i>	42
<i>Fig. 19 – Associação entre a variável Wayfinding sub-escala Navegação e Orientação e a variável prova de orientação egocêntrica</i>	43
<i>Fig. 20 – Associação entre a variável Wayfinding sub-escala Navegação e Orientação e a variável prova de orientação alocêntrica</i>	43

Lista de Abreviaturas

AVC – Accidente Vascular Cerebral

JRD – *Judgments of relative direction*

SOP – *Scene- and orientation-dependent pointing*

Introdução

A literatura científica, no que respeita às funções do hipocampo, tem-se dividido em dois grandes ramos, um deles mais dedicado ao papel desta estrutura na aquisição de novas memórias declarativas, enquanto o outro é mais dedicado à compreensão do seu papel no mapeamento espacial como suporte à navegação. Estes dois ramos de investigação têm evoluído, ganhando cada vez mais suporte científico, mas de uma forma separada. Nas últimas duas décadas tem havido um interesse crescente, por parte da comunidade científica, em conciliar estes aspectos do funcionamento do hipocampo.

Desde 1957, com a publicação por Scoville & Milner dos primeiros estudos do conhecido caso do paciente H.M., o hipocampo tem sido alvo da investigação neurocientífica no que se refere à capacidade de aquisição de novas memórias. Com a descoberta, quase acidental, por O'Keefe & Dostrovsky em 1971, das *place cells* localizadas no hipocampo de roedores, iniciou-se uma nova corrente de investigação que colocou esta estrutura num lugar de responsabilidade relativamente ao mapeamento do espaço envolvente durante um processo de navegação. Jonh O'Keefe, que em 2014 foi merecedor do prémio Nobel da medicina, deu início à então conhecida teoria do mapa cognitivo. Esta teoria vem posteriormente a ser discutida por Cohen & Eichenbaum (1993), originando a teoria relacional do hipocampo, onde se descentra esta estrutura de um funcionamento específico da navegação espacial *per se*. Nesta, o hipocampo entende-se com uma estrutura de aquisição e processamento relacional de memórias espaciais que servem de suporte à navegação espacial. No entanto, aqui, este processamento relacional da informação não seria exclusivo à informação espacial, mas aplicar-se-ia também a outras modalidades de informação. Nesta teoria relacional, o hipocampo seria uma estrutura com um papel importante no estabelecimento de relações entre informações adquiridas em vários momentos temporais, independentemente da sua modalidade. Da mesma forma que existe um processamento relacional entre duas informações espaciais (por exemplo duas rotas percorridas em momentos diferentes mas que se cruzam num mesmo ponto permitindo inferir atalhos entre elas e calcular novos trajectos), também as informações não espaciais como a inferência de relações sociais entre indivíduos com base em objectos comuns entre eles, sem que estes indivíduos tenham sido vistos juntos (como quando vestem um mesmo uniforme).

O objectivo desta dissertação foca-se em estudar de forma empírica a relação entre o desempenho de tarefas de memória inferencial sem circunstância temporal ou espacial e o desempenho de tarefas de orientação egocêntrica e aloocêntrica. Uma visão comportamental desta relação terá importância no que respeita ao conhecimento teórico do funcionamento do hipocampo e poderá servir para um repensar clínico sobre as estratégias utilizadas em reabilitação.

A presente dissertação inicia-se com um enquadramento teórico destes dois grandes ramos de investigação relacionada com o hipocampo. Uma primeira parte desta secção dedica-se a uma revisão de literatura no domínio da orientação e navegação espacial, fazendo uma alusão a alguns estudos clássicos, teorias de funcionamento, paradigmas de experimentais e tendências tecnológicas. Seguidamente são abordados temas relacionados com a aquisição e processamento de memórias declarativas, particularmente no seu suporte ao raciocínio inferencial com referência aos paradigmas de avaliação utilizados na literatura. Por fim, na terceira parte desta secção, que serve de base para o levantamento das hipóteses do estudo empírico aqui realizado, é apresentada uma possível conciliação destas duas áreas de conhecimento.

A segunda e terceira secção dizem respeito ao estudo empírico realizado que teve como objectivo principal a investigação da relação comportamental entre a memória inferencial e as capacidades de orientação egocêntrica e allocêntrica. Por último, a secção III e IV relaciona os resultados observados neste estudo com a literatura existente.

SECÇÃO I – Enquadramento Teórico

Orientação e Navegação espacial

Conceitos teóricos e experimentais da orientação e navegação espacial

Desde a segunda metade do século XX que a neuropsicologia e as neurociências se preocupam em perceber aspectos que se relacionam com o conhecimento que as pessoas adquirem sobre o espaço que as rodeia, para além da sua percepção imediata. Este campo de estudo tem posto em evidência a heterogeneidade comportamental que os humanos têm em relação ao ambiente que os rodeia, já que é comum haver variações entre indivíduos, por causas patológicas ou não, em relação às suas capacidades de reproduzir mapas, fazer estimativas de distâncias, relacionar pontos de referência, planejar rotas, entre outras.

Orientação e Navegação espacial são dois conceitos que na literatura comumente se encontram referidos como uma mesma coisa. Apesar de fazerem parte de um mesmo complexo da nossa cognição espacial, podem ser definidos diferentemente entre eles. A orientação espacial pode ser encarada como a capacidade de relacionarmos uma parte do corpo em relação às outras e o corpo em relação ao que nos rodeia (Able, 2000), assim como, relacionar uma localização com outras localizações (Burgess *et al*, 2004; Burgess, 2006; Montello, 2005), por exemplo, orientação espacial permite saber que estou virado para a entrada da sala onde me encontro, e que atrás de mim fica uma janela, a janela está orientada para o rio Tejo que fica na parte sul da cidade de Lisboa, cidade esta que fica mais a norte do que a cidade de Setúbal. Este tipo de processamento de informação, é uma das importantes habilidades espaciais utilizadas na navegação espacial. A navegação espacial entende-se como um processo mais amplo que nos permite deslocar de um local para outro (Able, 2000), ou seja, é a capacidade de seguir um conjunto de mudanças de direcções e tomadas de decisão que nos leva a um destino final. Por exemplo, se eu pretendo sair de casa para me deslocar ao supermercado mais próximo, isso implica que eu tenha de gerar um trajecto com determinadas viragens de direcção, normalmente associadas a pontos de referência. A orientação espacial acaba por ser como um processo auxiliar à navegação (Golledge & Stimson (1997) *in* Anacta *et al*, 2017). Uma boa capacidade de orientação permite que, facilmente, o indivíduo crie julgamentos espaciais quando o trajecto planeado é interrompido ou alterado (Montello & Sas (2006) *in* Anacta *et al*, 2017). Ou seja, durante um processo de navegação existe, à medida que nos movemos no espaço, uma actualização temporal da nossa orientação em relação aos objectos em redor. No exemplo do supermercado, mesmo tendo uma rota planeada, se eventualmente eu me deparar com uma rua cortada, a minha capacidade de relacionar a minha posição com o espaço envolvente e os vários objectos do espaço entre si, permite que, no momento, eu consiga gerar uma rota alternativa, ou pelo menos ter uma noção grosseira de para onde me devo direccionar para chegar ao local pretendido mesmo que tenha de adoptar uma atitude mais exploratória passando por ruas que ainda não conhecia.

Orientação espacial: egocêntrica e allocêntrica

Nos humanos, a capacidade cognitiva de orientação espacial é o que confere a possibilidade de criar uma representação do espaço, estando esta dependente de um conjunto de competências, onde se incluem a percepção e a memória dos vários aspectos do ambiente (Montello, 2005). Estas representações espaciais são construídas e estão na base de dois tipos de orientação espacial: orientação egocêntrica e orientação allocêntrica.

A orientação egocêntrica refere-se a um processo em que a representação do espaço se centra no próprio indivíduo (Burgess *et al*, 2004; Burgess, 2006; Montello, 2005). Este tipo de orientação permite ao indivíduo, por exemplo, saber que um objecto está em frente, ao lado ou atrás de si, e se está longe ou perto, dependendo do seu ponto de vista. Uma das principais áreas corticais que parece estar envolvida na formação deste tipo de representações egocêntricas é a área de *broadmann 7a* no córtex parietal posterior. A informação sensorial do ambiente parece ser processada em áreas corticais específicas para cada modalidade, e a área 7a e outras regiões do córtex parietal integram essa informação formando-se como que um mapa sensorio-motor (Byrne *et al*, 2007). Num estudo de Harvey *et al* (2012), utilizando ratos, recorreu-se um paradigma clássico, o labirinto em T, onde pistas visuais codificavam a localização de uma recompensa. Aqui, os autores encontraram sequências de disparos em circuitos neuronais do córtex parietal posterior onde se conseguia prever se os animais virariam à direita ou à esquerda na intersecção em T. Este achado teve enorme relevância, uma vez que sugere que alguns circuitos desta área cortical podem estar na base de um sistema de memória de trabalho espacial que é essencial para o planeamento do movimento durante a navegação.

A orientação allocêntrica refere-se à representação espacial de uns locais em relação a outros, independente da localização ou perspectiva do indivíduo. Neste referencial, o indivíduo posiciona as características e cenas em torno de uma representação fixa dentro da qual observa seu movimento de um ponto de vista externo (Burgess *et al*, 2004; Burgess, 2006; Montello, 2005). Este tipo de representação espacial do ambiente parece ser processado sobretudo ao nível dos lobos temporais mediais onde estão presentes neurónios-chave, como as *place cells*, as *head direction cells*, as *grid cells*, as *border cells* e as *view cells*. As *place cells* descobertas por O'Keefe & Dostrovsky (1971) são neurónios que apesar de fazerem parte de um sistema cortical não-sensorial, o seu padrão de disparo está relacionado com a entrada de informação sensorial. Nos ratos, onde foram primeiramente identificadas, estas células aumentam a sua frequência de disparo quando os animais se aproximam de certo local do ambiente, chamados campos locais. Então, é como se um neurónio representasse uma porção do ambiente, que em conjunto com o resto da população de *place cells*, formar-se-ia um mapa cognitivo, ou seja, uma representação interna desse ambiente (Smith & Mizumori, 2006). As *head direction cells* são neurónios que parecem representar a localização do indivíduo independentemente da orientação do seu corpo. Estes neurónios disparam quando ocorre uma rotação da cabeça a mais de 90°. O conjunto dos vários neurónios deste tipo conseguem cobrir todos os 360° de possíveis orientações. Estas células parecem relacionar-se com o sistema vestibular ao mostrarem ser sensíveis só à direcção

da cabeça independente de localização do indivíduo no espaço ou da presença de pontos de referência (Jacob *et al*, 2016). Estes neurónios, apesar de parecer fornecer uma contribuição mais egocêntrica do que aloccêntrica, relacionam-se num sentido de complementaridade com as *place cells* num sistema em que as *head direction cells* são sensíveis à orientação e não à localização e as *place cells* são sensíveis à localização e não à orientação (Golob & Taube, 1999). As *grid cells* descritas primeiramente por Fyhn *et al* (2004) localizam-se no córtex entorrinal e comunicam através de projecções para a parte dorsal do hipocampo ao encontro das *place cells*. Estas, representam todo o espaço explorado pelo indivíduo; no entanto, ao contrário das *place cells*, os seus campos de disparo formam nitidamente uma rede com um padrão hexagonal regular que permite fornecer informação acerca de distâncias e ângulos entre os vários campos de disparo (McNaughton *et al*, 2006; Fyhn *et al*, 2004; Fyhn *et al*, 2007; Solstad *et al*, 2008). Também localizadas no córtex entorrinal medial, misturadas com as *head direction cells* e as *grid cells*, estão as *border cells* que parecem disparar quando o indivíduo se aproxima dos limites do ambiente. Estes neurónios não só disparam quando os limites do espaço são barreiras físicas, como uma parede, mas também quando, em espaço aberto, os limites são determinados por um desnível dos planos horizontais, como uma ravina (Solstad *et al*, 2008). Por fim, as *view cells*, localizadas na região parahipocampal, são neurónios que disparam quando o indivíduo olha para determinado objecto localizado no ambiente, comunicando com o hipocampo. Levanta-se então a hipótese de que estes neurónios participem numa extração de informação para a construção de uma representação aloccêntrica baseada na visualização de pontos de referência (Ekstrom *et al*, 2003).

Interacções entre orientação egocêntrica e aloccêntrica

Apesar do esforço para compreender estes dois tipos de orientação espacial e a procura pelos investigadores de tarefas onde exista um uso exclusivo de cada um deles, a literatura tem vindo a questionar a utilização em exclusividade num processo real de orientação. Parece que estas referências espaciais tendem a funcionar em paralelo, e as preferências/caraterísticas pessoais, com os requisitos da tarefa executada, definem qual delas assume a liderança (Burgess *et al*, 2004; Burgess, 2006). Os modelos anteriores de memória espacial focavam-se sobretudo numa representação espacial muito dependente da localização do indivíduo. Este modelo egocêntrico sugerido por Wang & Spelke (2002) tem sido suportado por estudos comportamentais que põem evidência este tipo de representação espacial. Segundo este modelo, as representações das localizações dos objectos são actualizadas mediante a mudança de posição da própria pessoa. Um paradigma muito utilizado que põe em evidência este aspecto baseia-se num aparato em que a vários objectos dispostos numa mesa circular são movidos sem que o experimentando assista (Simons & Wang, 1998; Wang & Simons, 1999). No entanto a mesa poderá sofrer uma rotação, ou não, pelo seu próprio eixo e o experimentando pode, ou não, ter uma visão da mesa da perspectiva do local onde observou inicialmente os objectos, ou de um outro local diferente. O que se verificava aqui é que tendencialmente existia uma melhor performance quando o

experimentando se movia e a mesa de mantinha na mesma posição comparado com o oposto. Isto sugere que a noção da posição dos objectos mantém-se mais estável quando mudamos a nossa posição do que quando a posição do meio roda. Isto verifica-se mesmo que a posição da mesa mude em simultâneo com a posição do experimentando oferecendo exactamente a mesma perspectiva da visão dos objectos em ambas as posições. O facto de a performance ser melhor quando o indivíduo muda de posição mesmo que a visão dos objectos se apresente como uma imagem diferente do que a que foi estudada inicialmente sugere que à medida que existe a deslocação do indivíduo no espaço existe uma actualização da representação espacial interna, centrada no próprio. Apesar deste aparato oferecer evidência que existe de facto uma representação egocêntrica, não significa que as representações allocêntricas não estejam presentes. Para pôr em evidência esta questão, um estudo de Burgess *et al* (2004) com bastante impacto pega nas mesmas bases deste paradigma, mas introduz uma pista externa que oferece um ponto de relação entre a posição dos objectos na mesa e o meio externo à mesa. A introdução desta pista externa mostrou que há uma melhor performance quando esta pista externa se mantinha coerente com a rotação da mesa do que quando não acompanhava a rotação da mesa. Esta pequena alteração ao paradigma mostra que existe também, em paralelo, uma representação allocêntrica da posição dos objectos da mesa em relação a outros objectos.

Apesar da evidência comportamental de um funcionamento em paralelo destes dois tipos de orientações espaciais, continua a ser do interesse das neurociências, a selecção de tarefas que ponham em evidência cada um dos dois, para que seja possível fazer uma ponte com os substratos neurais envolvidos. De facto, Ekstrom *et al* (2014) salienta na sua revisão de literatura que quase todas as tarefas utilizadas para os estudos de orientação espacial envolvem a combinação destes dois tipos de orientação, o que complica a obtenção de correlatos neurais e põe em questão os achados até agora descritos.

Os paradigmas mais utilizadas para avaliar a orientação egocêntrica utilizam tarefas do tipo de *scene- and orientation-dependent pointing (SOP)* como nos estudos de Wang & Spelke (2000), em que os participantes simplesmente tinham que apontar para objecto baseando-se na sua corrente localização, mesmo quando lhes é retirado a informação visual, seja quando são vendados ou quando os objectos são removidos do cenário. Pelo contrário, para avaliar a orientação allocêntrica são utilizadas tarefas do tipo *judgments of relative direction (JRD)* como nos estudos de Waller & Hodgson (2006) onde lhes é feita referência a pelo menos dois objectos/locais enquanto se pede para apontar para um terceiro, ou seja, é pedido ao indivíduo que se imagine em determinada posição virado numa específica direcção, com o objectivo de indicar uma outra localização (por exemplo: imagine que está em frente à livraria, virado para o restaurante. E agora aponte para a loja de fotografias). Neste tipo de tarefa é de facto exigido que os experimentandos pensem nas relações espaciais entre objectos/locais, o que em teoria requererá que utilizem estratégias de orientação allocêntrica.

Apesar de existirem estas tarefas dedicadas mais à evocação de representações egocêntricas ou allocêntricas, de facto é difícil prever uma situação que se use uma forma pura de cada um dos tipos de

representação, especialmente no caso das representações aloclétricas. Apesar de as tarefas de *JRD* serem utilizadas para avaliar o conhecimento aloclétrico e de se considerar haver um domínio deste tipo de representação, existe uma consideração do espaço com referência à posição do indivíduo. De um ponto de vista teórico pode prever-se a existência de uma forma pura de representação aloclétrica, mas experimentalmente é difícil de a isolar (Ekstrom *et al*, 2014).

Na verdade, a possibilidade de isolamento dos dois tipos de representações vem a ser posta em causa por um modelo proposto por Patrick Byrne, Suzanna Becker e Neil Burgess (2007), conhecido como o modelo BBB. Este, vem defender que quase todas as situações necessitam de uma transferência de informação entre os dois tipos de representações. Ou seja, o modelo afirma que na maioria das situações, não estará a ser utilizado nem uma representação puramente egocêntrica nem puramente aloclétrica, porque algum grau de conversão entre as duas formas de representação ocorrerá durante o processo de orientação. No estudo que deu forma a este modelo, os autores sugerem que as representações espaciais egocêntricas estão localizadas primariamente no córtex parietal, processando a informação do ponto de vista do indivíduo baseado na sua corrente posição (Byrne *et al*, 2007). Então, segundo BBB, a comunicação desta área de processamento de informação mais egocêntrica dar-se-á através de projecções do córtex retrosplenial de e para o lobo temporal medial (Byrne *et al*, 2007), onde se acredita ser o local das áreas de processamento espacial do tipo mais aloclétrico (Ludvig *et al.*, 2004).

Navegação espacial

O conceito cognitivo de navegação espacial pode ser encarado como uma forma de processamento dos diferentes tipos de informação que chega ao indivíduo durante a sua deslocação no espaço. Estas, predominantemente visuais, mas também vestibulares, proprioceptivas, somato-sensoriais e auditivas remetem-nos para a existência de diferentes tipos de estratégias cognitivas para conseguir com sucesso chegar a um ponto pretendido (Ekstrom *et al*, 2014). A capacidade de navegação espacial de um indivíduo está dependente do conhecimento do ambiente físico que o rodeia, que desta forma o permitirá definir rotas para determinado objectivo. Este conhecimento espacial consiste em informações sobre o reconhecimento de características e locais, padrões arquitectónicos de lugares, assim como, distâncias, direcções e áreas de superfície entre locais (Ishikawa & Montello, 2006).

Segundo Siegel & White (1975), e ainda amplamente aceite, a navegação espacial parece requerer três diferentes tipos de conhecimento espacial: conhecimento de pontos de referência; conhecimento de rota; e o conhecimento de configuração.

O reconhecimento de pontos de referência parece basear-se na identificação de características proeminentes do ambiente em que a sua localização poderá estar associada a uma indicação que serve como um marcador para uma acção (por exemplo ao chegar aos semáforos virar à esquerda, sendo os “semáforos” o ponto de referência e a indicação associada o “virar à esquerda”). Os pontos de referência permitem o reconhecimento de locais e têm sido identificados como o primeiro tipo de conhecimento espacial adquirido durante o neurodesenvolvimento (Piaget (1960) *in* Aguirre and D’Esposito 1999) e

são definidos por Siegel & White (1975) como “*configurações únicas de eventos perceptuais*”. A interpretação de um objecto como um ponto de referência ainda é motivo de debate na comunidade científica, onde parece haver uma subjectividade mediada pelo indivíduo, contudo, numa perspectiva geral a saliência perceptiva em relação ao meio envolvente parece ser uma condição quase transversal (Winter *et al*, 2005). Em termos neurais, os estudos de Janzen & Turennout (2004) perceberam que, durante uma tarefa num labirinto, existia uma activação maior da circunvolução parahipocampal quando os indivíduos estavam na presença de objectos que se localizavam num ponto de tomada de decisão, isto é, quando estavam numa situação em que tinham que decidir uma mudança de direcção, do que quando se encontravam na presença de objectos mas num local em que não obrigaria a uma tomada de decisão. Isto vem sugerir que a aquisição de conhecimento de características perceptuais do ambiente e a sua integração como um ponto de referência acontecem particularmente em localizações onde existe uma tomada de decisão. Outros estudos como os de Wegman & Janzen (2011), reconheceram os córtices parahipocampal, entorrinal e perirrinal, como substratos neurais importantes na codificação de informação dos pontos de referência relevantes em relação aos irrelevantes durante a navegação.

O conhecimento de rota parece ser um conceito um pouco mais claro porque durante a aprendizagem de um percurso, entende-se haver a formação de um conjunto de associações entre lugares e acções que permitem ao indivíduo seguir um caminho conhecido de um ponto para outro. Durante este percurso poderão estar associados vários pontos de referência (Burgess, 2006; Siegel & White, 1975).

Por fim, o conhecimento de configuração baseia-se na existência de um escalonamento topográfico do conhecimento de rota oferecendo uma visão geral de como os trajectos se relacionam, incluindo o conhecimento das distâncias entre vários pontos e posição relativa de uns com os outros. Este conhecimento de configuração integra uma relação métrica e angular entre locais e é o que permite formulação de atalhos entre locais (Burgess, 2006; Siegel & White, 1975).

Fazendo uma ponte com os processos cognitivos de orientação, o conhecimento de rota estará mais associado às capacidades de orientação egocêntrica pois é onde há a integração de uma sequência de mudanças de direcção, observada ou imaginada, da perspectiva do próprio indivíduo. Nesta, impõe-se que a pessoa consiga integrar uma sucessão de imagens como uma contínua referência à sua localização no espaço. Por outro lado, o conhecimento de configuração está mais associado a processos de orientação allocêntrica, já que neste se incorpora a informação acerca da distância e ângulos entre diferentes locais como se se estivesse a construir mentalmente um mapa (Burgess, 2006; Siegel & White, 1975).

Para além dos três tipos de conhecimento considerados no modelo de Siegel & White (1975), um quarto tipo de conhecimento espacial tem vindo a ser considerado, o conhecimento gráfico. Este, situa-se de uma forma quase hierárquica, entre o conhecimento de rota e o conhecimento de configuração. Nesta sugestão, o conhecimento de configuração inclui o conhecimento gráfico, e o gráfico inclui o conhecimento de rota (Chrastil, 2013). Este tipo de conhecimento gráfico é sugestionado em estudos como os de Rosenbaum *et al* (2004), em tarefas onde é pedido aos participantes de se

recordarem de áreas que já tenham muito bem memorizadas e depois indiquem uma rota entre dois locais propostos. Neste tipo de tarefa existe, de facto, um planeamento que necessariamente assenta no conhecimento de rota, com uma descrição de uma sequência de mudanças de direcção, no entanto, não tão específico ao ponto de conter necessariamente informação métrica da distância ou dos ângulos de mudança de direcção, como é sugerido haver no conhecimento de configuração. Contudo, este conhecimento gráfico não sendo métrico, permite na mesma forma inferir informação relativa a distâncias, isto é, julgamentos de do tipo de um percurso ser maior ou menor do que outro (Chrastil, 2013).

Correlatos neurais e o papel do hipocampo

Não obstante de a classificação segundo o modelo de Siegel & White (1975) acima referido, continuar a ter particular importância para perceber as funções cognitivas que suportam a navegação espacial. E apesar de os estudos de imagem sugerirem, pelo menos parcialmente, algum mapeamento cerebral para os vários tipos de conhecimento espacial, não se consegue definir substratos neurais que separadamente representem os diferentes tipos de conhecimento espacial. Então, apesar de esta separação em tipos de conhecimento ser importante para desenvolver tarefas de avaliação dos vários processos que envolvem a navegação espacial, os estudos sobre os correlatos neurais da navegação espacial devem ter em consideração as exigências dos paradigmas experimentais e evitar a agregação de tarefas pouco diferenciadas em categorias que são amplas, minimizando a probabilidade de obter resultados inconsistentes (Chrastil, 2013).

Quando se estuda navegação espacial, deve-se ter em consideração um dos processos que é comum a todos os tipos de conhecimento espacial. Este processo diz respeito ao reconhecimento de um local, pois sem este tipo de competência, não é possível iniciar uma acção de navegação apropriada. Neste tipo de processo de reconhecimento de um local ainda há que distinguir dois diferentes tipos: o reconhecimento do local por identificação de um ponto de referência (por exemplo: estou ao pé dos correios) ou a identificação de um local de uma perspectiva a larga escala, por exemplo, como o local em que nos encontramos em relação à orientação de uma cidade (por exemplo: estou ao pé dos correios da zona oeste da cidade). Estando o segundo tipo de reconhecimento dependente do primeiro, e fazendo um paralelismo com o modelo de Siegel & White (1975) este primeiro estará mais presente nos processos cognitivos de identificação de pontos de referência e de aprendizagem de uma rota, enquanto o reconhecimento de um local a larga escala mais relacionado com o conhecimento espacial de configuração. Na generalidade, os estudos de neuroimagem, põem em evidência o hipocampo e o córtex parahipocampal como estruturas fundamentais para processos de associação de um local ao seu contexto espacial envolvente, contudo, a natureza exacta entre essas associações contextuais ainda são pouco claras. Uma proposta do papel destes dois substratos, tendo em conta a literatura existente, é que o

hipocampo liga um ponto de referência a uma cena e às características geométricas enquanto o córtex parahipocampal está mais relacionado com o reconhecimento geral dessa cena (Chrastil, 2013).

Uma estratégia fundamental na navegação é a formação de associações entre ações e pontos de referência. É comum quando explicamos um percurso fazermos descrições como: “virar à esquerda após os correios, depois continuar em frente até aos semáforos”. Neste tipo de associações mais uma vez, o hipocampo e o córtex parahipocampal parecem estar envolvidos, principalmente quando existe uma aprendizagem de partes de rotas que se sobrepõem parcialmente. Brown *et al* (2010) quando submeteram indivíduos à aprendizagem de rotas em ambiente virtual em que algumas destas se poderiam sobrepor parcialmente, verificaram que havia de facto uma maior activação destas zonas quando os indivíduos tomavam decisões em pontos localizados em partes da rota que estavam sobrepostas quando comparado com partes da rota que não estavam sobrepostas. Parece então que estas estruturas participam de alguma forma na formação de relações entre o conhecimento das várias rotas transpondo-o para um conhecimento espacial mais do tipo gráfico. Ou seja, em vez de haver uma aprendizagem de uma simples sequência de associações entre acções e pontos de referência, parece em paralelo, haver uma compreensão de como as rotas se intersectam e as várias possíveis acções associadas ao mesmo ponto de referência. Este e outros estudos têm vindo a demonstrar que as experiências perceptuais a que estamos expostos durante a navegação, não só servem para adquirir conhecimento de rota mas também para a adquirir conhecimento do tipo gráfico e de configuração. Contudo, os mecanismos desta integração de informação ainda não estão completamente esclarecidos. Uma referência importante sobre a aquisição de conhecimento espacial é explorado em Wolbers & Büchel (2005) que, com recurso a ressonância magnética funcional, pediram a um grupo de indivíduos para explorar um ambiente virtual do ponto de vista da própria pessoa, como se se estivesse a caminhar, e posteriormente indicassem uma localização de determinado ponto de referência em relação à actual localização do próprio. Esta tarefa necessitaria que se se estivesse a adquirir conhecimento da localização do ponto de referência que tinha sido solicitado, assim como conhecimento do mesmo em relação à localização do indivíduo (ponto de vista egocêntrico). Neste estudo verificou-se que uma activação dos córtices retrospleniais estava correlacionada positivamente com o grau de performance demonstrado na tarefa. Por outro lado, a activação hipocampal não estava correlacionada com a performance, mas sim com a quantidade de informação do ambiente adquirida durante a rota. Ou seja, a activação do hipocampo era mais proeminente durante a fase inicial de aprendizagem e decaía após a performance se ter aproximado de um teto. Os autores concluíram que durante a aprendizagem espacial promovida pela navegação, as áreas retrospleniais servem principalmente para integrar informações espaciais egocêntricas com pistas sobre a deslocação do próprio indivíduo, enquanto que o hipocampo é necessário para incorporar novas informações em uma memória espacial que serve para a construção de conhecimento do tipo gráfico e de configuração.

Uma das populações que se tornou um clássico no estudo da navegação espacial são os taxistas londrinos pela exigência do treino de orientação que têm para o seu licenciamento. De facto, para obter

esta licença, os indivíduos necessitam de 2 a 3 anos de treino para passarem nos exames. Uma das exigências é que consigam descrever mentalmente a rota mais directa entre dois pontos da cidade (Maguire *et al*, 1997), o que exige um enorme conhecimento do tipo gráfico e que faz desta população um interessantíssimo objecto de estudo na navegação espacial.

Nos estudos de Spiers & Maguire (2006), utilizando ressonância magnética funcional, observou-se um aumento de actividade dos hipocampus, córtex parahipocampal, córtex pré-frontal e córtex retrosplenial durante as tarefas em que os taxistas licenciados tinham que planear uma rota para determinada local. Estas regiões foram então sugeridas como importantes áreas para identificar a localização do destino em relação ao local onde se encontravam, assim como no planeamento da sequência geral da rota.

Os taxistas londrinos parecem apresentar áreas hipocampais posteriores maiores que a generalidade da população e que se correlacionam positivamente com o número de anos de serviço (Maguire *et al*, 2000), logo aqui, este volume de massa cinzenta foi associado às capacidades excepcionais de navegação. No entanto, levantava-se a questão se outros factores como o stress ou a própria experiência de condução não seriam os causadores desta plasticidade cerebral. Maguire *et al* (2006) compararam esta população com os condutores de autocarros em Londres que estariam expostos aos mesmo tipos de factores mas diferiam no sentido em que estes apenas seguiam um conjunto restrito de rotas. De facto, diferenças foram encontradas e os condutores de autocarro não tinham as mesmas adaptações plásticas ao nível do hipocampo posterior que os condutores de táxi, pondo-se de parte a tese de que fossem estes, os factores causadores do aumento da substância cinzenta.

Para estudar os substratos neurais inerentes à memória espacial nos taxistas londrinos, Maguire *et al* (1997) em uma das tarefas pediram a descrição de pontos de referência famosos, localizados fora de Londres e que os taxistas nunca teriam tido contacto, como a estátua da liberdade, por exemplo. Aqui, comparando com a actividade de controlo, identificaram uma activação ao nível da circunvolução parahipocampal à excepção do hipocampo direito. Já durante outras tarefas, que exigiam descrição de uma rota, as áreas activadas eram semelhantes, mas desta vez incluía o hipocampo. Estes resultados foram suficientes para sugerir que existe um sistema de memória topográfica que está preparado para responder a qualquer estimulação topográfica relevante, contudo, o hipocampo direito só é recrutado especificamente numa situação de navegação espacial a larga escala (mesmo que imaginada).

De facto, o hipocampo tem sido o centro da atenção dos estudos de navegação. Doeller *et al* (2008) fizeram um interessante estudo com recurso a um ambiente virtual encorajando um grupo de indivíduos a navegar numa arena onde estavam presentes determinados objectos. Depois, enquanto as localizações dos objectos se mantinham em relação aos limites da arena, a localização dos indivíduos mudava, sendo um dos objectivos a recordação por parte destes, da localização dos objectos quando estes não se encontravam visíveis. Esta tarefa, quase como uma adaptação do *Morris Watermaze* utilizado com ratos, que é um paradigma clássico utilizado no estudo da memória espacial, foi útil para verificar a existência uma activação global do hipocampo durante esta aprendizagem espacial.

Apesar de ser inegável que o hipocampo tem um papel de destaque na criação de mapas cognitivos, o seu papel neste processo ainda gera alguma controvérsia na comunidade científica, uma vez que o hipocampo não é somente importante na formação de um mapa espacial, mas também é essencial na aquisição e formação de quaisquer novas memórias declarativas. Um exemplo desta problemática é apresentada no estudo de caso em Teng & Squire (1999) em que o indivíduo com lesão ao nível dos lobos temporais mediais, onde se inclui o hipocampo, tinha capacidade de se recordar das rotas directas e alternativas na sua cidade de origem, mas não tinha qualquer memória autobiográfica nem se conseguia recordar da sua localização na cidade que vivia após a lesão. Este acontecimento mostrou que o indivíduo não conseguia adquirir novos conhecimentos, espaciais e não espaciais, enquanto que a memória a longo prazo adquirida anteriormente à lesão não tinha sofrido alterações, levando a acreditar que não se poderia encarar o hipocampo apenas como um repositório de um mapa espacial.

Realidade virtual na orientação e navegação espacial

Tradicionalmente, a avaliação da capacidade de um indivíduo se orientar no espaço e a tentativa da sua objectivação é feita com recurso a testes psicométricos. Estes testes contemplam, entre outras tarefas, a resolução de labirintos, rotação mental de formas ou a procura de figuras e/ou símbolos rodeados de distractores. Apesar da sua relevância cognitiva para as funções de orientação e navegação espacial, todos eles são actividades que se resumem a provas de papel e lápis realizadas a uma escala figurativa. No entanto, a capacidade de navegarmos no ambiente que nos rodeia, seja num ambiente conhecido ou num novo espaço, requer competências cognitivas que não são aferíveis na sua totalidade por este tipo de instrumentos. Ou seja, apesar de apresentarem pontos positivos como o seu carácter ecológico ou o fornecimento de informação importante nos processos de orientação e navegação, não permitem aferir estas competências a larga escala, sendo a sua correlação com os testes de orientação e navegação em ambiente real apenas parcial (Hegarty *et al*, 2006).

Quer com objectivo clínico ou de investigação, a avaliação da navegação espacial requer métodos em que seja monitorizada a capacidade de orientação a larga escala. Esta deverá incluir testes que permitam aferir, entre outras, as competências que os indivíduos têm em conseguir encontrar determinado local ou objecto no espaço, aprender a identificar pontos de referência, ou integrar indicações verbais, escritas ou simbólicas de orientação existentes no ambiente. Todas estas competências, no funcionamento humano normal, ocorrem a larga escala e envolvem a integração de uma sequência de imagens que acompanham o movimento do corpo no ambiente (Hegarty *et al*, 2006). Nesta perspectiva, avaliar a capacidade de navegação espacial em ambiente real parece o ideal. Contudo, existem limitações, por vezes simplesmente logísticas, como ter um espaço preparado para este tipo de avaliação ou ainda as limitações impostas pelas habilidades motoras dos indivíduos. Nesta última, a condição motora do indivíduo poderá prejudicar a sua performance de uma forma global e não objectivar

realmente as capacidades cognitivas que estão subjacentes às suas funções de orientação e navegação no espaço (Rizzo et al, 2004). Este, entre outros, é um motivo que incentiva ao desenvolvimento de ambientes virtuais que simulem em segurança a navegação num espaço real.

A avaliação da navegação espacial em ambiente virtual, apesar de não apresentar, ainda, uma *gold-standart* traz algumas vantagens em relação à realização das provas em ambiente real. Para além de se ultrapassar algumas limitações motoras e de locomoção dos participantes, em termos logísticos encontra-se simplificada, o que permite uma melhor monitorização e recolha de dados (Rizzo et al, 2004). Outra vantagem que esta ferramenta de investigação da cognição espacial assenta no facto deste ambiente poder ser manipulado pelo examinador de uma forma que não seria possível em ambientes reais, e em simultâneo, previne também que os testados recorram a pistas existentes no ambiente real que não podem ser controladas (e.g. ler indicações escritas ou seguir o som de alguma coisa). Ainda tem como vantagem, caso o objectivo seja avaliar sinais fisiológicos, o facto de se poder adaptar a alguns instrumentos (e.g. Ressonância magnética funcional) e desta forma ser possível dissociar a influência do comportamento motor e visual durante a tarefa (Rizzo et al, 2004; Tcheang et al., 2011; Chen et al., 2013).

Um ponto a ter em consideração quando se utiliza ambientes virtuais assenta no facto de haver diferenças entre as pistas sensório-motoras presentes nos ambientes reais em relação aos virtuais. Assim como, o controlo motor envolvido nas funções de navegação usando um teclado ou um *joystick* não é o mesmo do que quando estamos de facto a caminhar, sendo a informação proprioceptiva e vestibular envolvida nestes dois tipos de navegação amplamente diferente. Ao se utilizar este tipo de ambientes virtuais, levanta-se a questão de estes testes serem efectivamente uma medida de fiabilidade para a avaliação da capacidade de orientação em ambiente real. Estudos têm demonstrado que os indivíduos tendem a encontrar lugares mais facilmente quando aprendem rotas guiadas caminhando no local real do que quando a exploração é feita em ambiente virtual (Grant & Magee, 1998). Contudo, outras investigações como as de Rose et al (2002), mostram que estas diferenças não foram encontradas e que parece haver uma transferência das aprendizagens feitas em ambiente virtual para a performance em ambiente real. Esta diversidade de resultados só demonstra a necessidade de uma maior exploração científica deste assunto. Porém, o estudo do comportamento humano na orientação e navegação espacial com recurso a testes em ambiente virtual tem vindo a ganhar terreno ao longo dos anos, acumulando-se cada vez mais estudos baseados nestas metodologias tecnológicas. Apesar das diferenças inerentes ao formato de cada teste, existe uma forte sugestão que os humanos criam mapas cognitivos utilizando estes testes da mesma forma do que quando exploram ambientes reais (Gillner & Mallot, 1998). Paralelamente, em estudos como os de Cushman et al (2008), foi demonstrado que estes métodos são sensíveis à detecção do declínio das capacidades de navegação em populações com defeito cognitivo, como na doença de Alzheimer ou mesmo no envelhecimento normal e os resultados destes testes são semelhantes aos realizados em ambientes reais. Esta forte correlação entre as performances de navegação em ambientes reais e ambientes virtuais é um dos mais fortes factores de fiabilidade que

sustenta a utilização desta modalidade de realidade virtual como uma forma alternativa aos testes em ambientes reais.

Memória declarativa

Conceitos teóricos e experimentais da memória

Quando se aborda qualquer temática relacionada com o estudo da memória torna-se difícil não citar Herman Ebbinghaus. Apesar da curiosidade acerca destas temáticas precedê-lo ao tempo da Grécia antiga, este autor tornou-se como um pai do estudo experimental da memória. Na sua obra *Memory: A contribution to Experimental Psychology* de 1885, que só foi publicada em 1913, formulou coeficientes sobre a aquisição de memória. Fez com que indivíduos estudassem conjuntos de letras ordenadas de forma não-lógica para avaliar as suas capacidades e tempos de armazenamento, assim como a facilidade de recuperação desse material armazenado. Com este tipo de abordagens conseguiu construir curvas de posição serial, coeficientes de esquecimento e de certa forma começar a desvendar alguns padrões sobre o funcionamento da memória (in Baddeley *et al*, 2009; in Neath & Surprenant, 2003).

Pode dizer-se que Ebbinghaus serviu como um impulsionador para muitos outros investigadores experimentais da memória que se seguiram. Entre eles, é impossível não fazer uma especial referência a Frederic Bartlett que na sua obra *Remembering: a study in experimental and social psychology* (1932) inicia uma abordagem um tanto diferente da de Ebbinghaus. Opondo-se ao uso de material sem significado linguístico para estudar a memória, este autor defendia que as lembranças teriam sempre elementos emocionais associados, sendo que o processo de recordação teria, frequentemente, como objectivo reviver um determinado sentimento. Enfatizava assim o valor afetivo e emocional, que as percepções e imagens produziam nos indivíduos, dando uma importância de primeira ordem aos efeitos que possuiriam nas recordações e também nos significados atribuídos às suas representações, fossem estas narrações verbais ou possuíssem uma natureza mais visual, fossem frutos da percepção atual ou do resultado da lembrança. Para os seus estudos utilizava histórias (e.g. *War of the Ghosts*), estando interessado em saber como é que os sujeitos se recordariam de uma história cujo conteúdo tivesse pouco a ver com o seu esquema cultural. Avaliava o contexto cultural dos sujeitos e a relação deste contexto com a forma como eram omitidos os detalhes que não se enquadravam no conhecimento prévio e os dados que eram introduzidos e que os sujeitos acreditavam existir. Defendia que as memórias não eram fixas e utilizava o conceito de esquema como uma representação interna que organizava a informação com determinado significado (in Baddeley *et al*, 2009; Bartlett, 1995; Brewer, 2000a; in Neath & Surprenant, 2003).

Apesar de toda a contribuição empírica destes investigadores, os estudos da memória nunca exploraram até aqui a sua arquitetura enquanto uma estrutura da mente. Nessa altura, a memória era entendida como um aglomerado de associações onde se produzia a aquisição, a retenção e a transferência de tais associações entre unidades elementares de natureza verbal (Kipps & Hodges, 2005). Só a partir dos anos 60 é que começaram a surgir alguns modelos teóricos como Modelo de Armazéns Sensoriais de Sperling (1960), o Modelo Dual de Waugh e Norman (1965), ou Modelo Modal de Atkinson e

Shiffrin (1968) que se preocupam em dar uma concepção mais “estrutural” à memória. Este último acabou por ser o modelo mais bem-sucedido e influente. Neste a memória é dividida em três níveis de armazenamento: sensorial, curto prazo e longo prazo (Baddeley et al, 2009; Neath & Surprenant, 2003).

A memória sensorial abrange a retenção inicial e momentânea da informação, muitas vezes sobre a forma de estímulos sensoriais. Esta subjuga-se a vários tipos de memórias sensoriais, cada uma delas relacionada com uma fonte diferente de informação. Assim, existe a memória icónica que reflete a informação proveniente da nossa visão e a memória ecoica que armazena informação proveniente dos ouvidos. Esta informação deverá posteriormente passar para a memória de curto prazo sob o risco de se perder permanentemente (in Baddeley et al, 2009; in Neath & Surprenant, 2003).

A memória de curto prazo constitui um armazém da memória no qual a informação tem pela primeira vez um significado, no entanto, a sua duração de retenção é curta. A forma como estas memórias sensoriais são transformadas em memórias de curto prazo não está totalmente esclarecida. Existe a hipótese que a informação seja traduzida em representações gráficas como palavras, no entanto, existe alguma noção da quantidade de informação que pode ser retida: cerca de 7 itens variando um pouco entre sujeitos, em que cada item pode representar um grupo de informação – *chunks* (como communmente se armazena um número de telefone 91-88-76-414) (in Baddeley *et al*, 2009; in Neath & Surprenant, 2003).

A transferência da informação da memória de curto prazo para a memória de longo prazo efectua-se pela recapitulação da informação que entrou na memória de curto prazo. Esta, mantém ativa a informação na memória de curto prazo para poder ser transferida. Quando esta recapitulação é elaborada, como acontece quando se forma uma mnemónica, a informação é organizada de forma mais eficaz o que permite que seja transferida para a memória de longo prazo, e desta forma não se perder (in Baddeley *et al*, 2009; in Neath & Surprenant, 2003).

Para alguns investigadores, esta memória de curto prazo deveria ser considerada como Memória de Trabalho. Este conceito foi também foco de interesse por Baddeley e Hitch levando à construção, em 1974, de um modelo de funcionamento deste tipo de memória. Esta, tripartida, em que um dos componentes consiste numa central executiva que coordena o material a considerar durante o processo de formação do raciocínio e da tomada de decisão, e outros dois subcomponentes escravos: o visuo-espacial que mantém a informação visuo-espacial e o fonológico que mantém a informação baseada no discurso (in Baddeley *et al*, 2009; in Neath & Surprenant, 2003).

Por último, a memória a longo prazo constitui um armazém final de capacidade quase ilimitada. A organização desta memória pode ser distinguida entre a memória declarativa que representa a informação factual e memória não declarativa ou procedimental que enquadra a informação de experiências como funcionamento motor (e.g. saber como abrir uma caixa ou andar de bicicleta). Ou seja, pode entender-se que a informação sobre as coisas é armazenada na memória declarativa e a informação sobre como fazer as coisas é armazenada na memória não-declarativa. A memória declarativa pode ainda ser dividida em memória semântica que é a que armazena informação sobre o

conhecimento geral e dos factos do mundo; e em memória episódica que pelo contrário, diz respeito aos detalhes biográficos da nossa vida em particular (in Baddeley *et al*, 2009; in Neath & Surprenant, 2003).

Em relação à memória semântica, alguns autores argumentam que esta consiste em associações entre representações mentais de vários fragmentos de informação. Quando pensamos sobre um conceito em particular, a nossa memória semântica cativa a recordação de conceitos relacionados, trazendo-os de imediato à mente. Assim, nestas situações a informação relacionada prepara-nos para recordarmos informação que de outra forma não poderíamos recordar. A apresentação prévia de determinada informação facilita posteriormente a recordação de itens relacionados com essa informação, mesmo que não tenhamos memória consciente da informação original (e.g. se nos fornecerem informação de qualquer ordem que nos remeta para “praia”, é provável recordarmo-nos subseqüentemente de “toalha”, “protetor solar”, “sol” etc...) (in Baddeley *et al*, 2009; in Neath & Surprenant, 2003).

Papel do hipocampo na memória declarativa

Debruçando-nos sobre a aquisição de memórias declarativas, o hipocampo é a estrutura cerebral, quase consensualmente aceite, como sendo responsável por este processo de génese destas representações. Após este processo, com o tempo, tendem a ser consolidadas no neocórtex e tornam-se assim mais independentes das estruturas hipocampais (McClelland *et al*, 1995; Squire & Alvarez, 1995). Este foco no hipocampo não significa que outras regiões corticais estejam implicadas neste processo de armazenamento. Estas incluem os córtices temporais laterais, o polo temporal, a junção occipito-temporo-parietal, o córtex orbitofrontal, os córtices pré-frontais ventromedial e dorsomedial, a circunvolução frontal inferior, e a circunvolução cingular anterior e posterior (Damásio *et al*, 2004; Binder *et al*, 2009).

A investigação dos lobos temporais como estruturas essenciais na aquisição de novas memórias declarativas começou com o clássico estudo de caso da neuropsicologia, o paciente H.M. (Scoville & Milner, 1957). Este paciente, para o alívio de sintomas de epilepsia, sujeitou-se a uma cirurgia experimental onde lhe foi retirado bilateralmente partes do lobo temporal médio. A grande consequência cognitiva encontrada após a cirurgia foi a grande incapacidade para criar novas memórias declarativas. Qualquer que fosse a tentativa de ensinar uma simples nova palavra a este indivíduo, ele não se lembraria no dia seguinte, fosse da palavra ou mesmo da pessoa que lhe tinha tentado o ensino. No entanto, as memórias declarativas aprendidas anteriormente à cirurgia pareciam estar preservadas e eram usadas com sucesso.

A utilização do paciente H.M. ou de outros pacientes amnésicos para o estudo da memória declarativa tornou-se cada vez mais uma rotina na investigação das neurociências cognitivas numa tentativa de perceber a aparente existência de uma dicotomia entre processos de aprendizagem dependentes do hipocampo e processos de aprendizagem independentes do hipocampo (O’Kane, *et al* 2004, Duff, *et al*, 2006 ou Warren & Duff, 2014).

Uma das visões alternativas à essencialidade do hipocampo na formação de novas memórias declarativas abordada por Sharon *et al* (2011), estudam os chamados fenómenos de *fast mapping* que consistem em mecanismos neurocognitivos que permitem a aquisição de novas associações independentes do hipocampo. Para estudar estes fenómenos utilizaram pacientes amnésicos com lesões no sistema hipocampal que apresentavam defeitos graves em tarefas *standart* de memória associativa (e.g. apresentavam um animal desconhecido como um Numbat e associavam à palavra Numbat dizendo “isto é um Numbat”). No procedimento, estes pacientes também eram sujeitos a tarefas de memorização adaptadas do tipo *fast mapping* (e.g. apresentavam a imagem de um animal desconhecido com o Numbat em simultâneo com um animal conhecido como um cão e a associação à palavra Numbat era feita com um objectivo, por exemplo, responder à pergunta “o Numbat está com a cauda a apontar para cima?”). Neste tipo de tarefas, ao contrário das *standart*, verificava-se aprendizagem de associações entre palavras e imagens e estas mantinham-se ao longo do tempo. Estes autores hipotetizam que estes processos de *fast mapping* estejam na base da rápida aquisição de vocabulário que ocorre nas crianças. Contudo, Warren & Duff (2014) utilizando uma metodologia semelhante verificaram que só os pacientes com amnésia moderada conseguiam aprender novas associações com o método *fast mapping* mas a performance era inferior à encontrada nos indivíduos sem lesão, sendo que não havia diferenças significativas na capacidade de exploração visuo-espacial entre ambos os grupos. Estes resultados revelam então que o hipocampo pode não ser essencial para a aprendizagem de novas palavras nestes processos de *fast mapping*, no entanto, é necessário para uma aprendizagem rápida de informação relacional arbitrária, independentemente das condições de codificação.

Essencial ou não à aprendizagem de memórias declarativas, é quase consensual que o hipocampo participa fortemente neste processo de aquisição. Apesar desta estrutura ter vindo a ser mapeada ao longo dos anos, a sua anatomia já bastante conhecida assim como algumas vias funcionais entre as suas sub-regiões, os fenómenos neurobiológicos associados ao processamento da informação pelo hipocampo ainda estão longe de estarem totalmente compreendidos.

Memória e raciocínio inferencial

É comum pensar-se na memória de um ponto de vista retrospectivo, contudo, a memória pode comportar aspectos muito mais flexíveis do que uma simples recapitulação de informação (Zeithamova *et al*, 2012). Esta função cognitiva começa a ser estudada de um ponto de vista mais prospectivo, onde parece haver processos em que nos baseamos em informação adquirida em experiências passadas tornando-se como um guia em novos julgamentos e comportamentos (Buckner, 2010; Klein *et al*, 2002). No nosso dia-a-dia fazemos este tipo de raciocínio inferencial quando tiramos elacções sobre algo, sem que a essa conclusão tenha sido experienciada em concreto. Por exemplo, quando a sair da garagem do nosso prédio vemos um jovem homem a conduzir um *Aston Martin* topo de gama e uns dias mais tarde vemos entrar na mesma garagem o mesmo carro mas desta vez conduzido por uma jovem mulher,

facilmente inferimos que aquele homem e mulher são um casal. Na verdade, nunca os vimos juntos, apenas acedemos à memória do homem a conduzir o carro quando presenciamos a mulher a conduzir esse mesmo carro. Outro tipo de raciocínio inferencial pode acontecer em situações, como, quando vemos um jovem A ganhar ao braço de ferro ao jovem B e por sua vez assistimos ao jovem B a ganhar ao braço de ferro ao jovem C. Neste exemplo, conseguimos estabelecer uma hierarquia entre os melhores nesta competição em que $A > B > C$, contudo, nunca assistimos a um braço de ferro entre o jovem A e o jovem C.

A memória não pode ser encarada como um simples directório individual da informação experienciada, mas também como sendo um conjunto de informação relacionada adquirida através de múltiplos episódios. As representações contidas nas redes de memória relacionada facilitam a extração de novos conhecimentos que se estendem para além da experiência directa de forma a poder antecipar julgamentos inferenciais futuros, estabelecendo relações entre várias experiências (Eichenbaum, 1999).

Um potencial mecanismo que parece estar por de trás da formação de redes integradas de memórias relacionadas é aprendizagem mediada pela recuperação. Com este tipo de aprendizagem percebeu-se que a informação é codificada não só tendo em conta o contexto externo em que a informação foi adquirida, mas também o contexto interno das memórias referentes a eventos anteriores relacionados. Ou seja, ao reactivar os detalhes de experiências anteriores durante a aprendizagem, as memórias já existentes são sujeitas a uma actualização com base nas novas informações e desta forma ficam prontas para serem utilizadas em situações novas (Tse *et al*, 2007). Em termos de correlatos neurais, estudos têm mostrado que tanto o hipocampo como o córtex pré-frontal medial têm um papel importante nesta actualização das memórias através da aprendizagem mediada pela recuperação (Tse *et al*, 2011). Ranganath *et al* (2005) perceberam que a existe uma conectividade funcional entre o hipocampo e o córtex pré-frontal, nomeadamente na sua região ventro-medial, durante a exposição a novos estímulos, sugerindo que a comunicação entre estas duas regiões suporta a formação de memórias. Assim como, a intensidade da activação desta conexão funcional é predictiva de uma memorização bem ou malsucedida. Durante a codificação de novas memórias, a activação do hipocampo e córtex pré-frontal ventro-medial é predictor da retenção de memórias de eventos previamente experienciados (Kuhl *et al*, 2010).

Num estudo de Iordanova *et al* (2011), utilizando ratos, perceberam que ao bloquear a plasticidade sináptica hipocampal durante um novo evento que se sobrepunha a uma experiência anterior, prevenia a transferência da nova informação para o conhecimento já previamente existente, sugerindo assim que o hipocampo suporta a generalização entre contextos através da reactivação de memórias pré-existentes. Zeithamova & Preston (2010) observaram em humanos que existe uma activação do hipocampo e outras do lobo temporal médio durante a codificação de eventos sobrepostos (e.g. apresentação de imagens que já tinham sido apresentadas) e esta activação era predictiva de uma subsequente inferência associativa.

Paradigmas de avaliação do raciocínio inferencial

Vários têm sido os paradigmas experimentais desenvolvidos para o estudo do hipocampo no raciocínio inferencial. Uma das categorias de paradigmas de avaliação mais utilizada, tanto em estudos animais como em humanos, é a tarefa de inferência transitiva. Neste tipo de tarefa, é suposto que haja uma aprendizagem de um conjunto de relações entre estímulos pelo método tentativa erro (e.g. $A > B$, $B > C$, $C > D$, $D > E$, $E > F$). Durante a fase de aprendizagem existe um reforço positivo quando o indivíduo seleciona o estímulo correcto, e a fase de aprendizagem continua até ser atingido um determinado nível de critério de performance. Nestas tarefas, o experimentando vai codificando várias representações, como a do estímulo A receber reforço positivo na presença de qualquer outro e o F nunca o receber. Paralelamente C receberia quando escolhido, reforço positivo na presença de D mas não na presença de B. Desta forma começa a construir-se uma hierarquia do tipo $A > B > C > D > E > F$. Se por instantes, o estímulo B nunca tiver aparecido em simultâneo com o D numa fase de treino, é expectável que o experimentando consiga inferir que $B > D$ numa fase de teste. Exemplos de estudos onde foram utilizadas tarefas de inferências transitivas é de Heckers *et al* (2004) onde os estímulos são padrões de cores ou os de Rudy *et al* (2005) onde utilizam símbolos do alfabeto japonês hiragana.

Um segundo tipo de paradigmas que são utilizados para avaliar o papel do hipocampo no raciocínio inferencial são as tarefas de equivalência adquirida. Nesta, os indivíduos são incitados a aprender um conjunto de associações do tipo estímulo-resposta mediados por *feedback* positivo ou negativo. Ao contrário das tarefas de inferência transitiva, não está implícita qualquer tipo de hierarquia entre estímulos. Numa primeira fase de estudo, existiram dois estímulos diferentes que estarão associados a uma mesma resposta (e.g. estímulo A–resposta X; estímulo B–resposta X). Numa fase posterior uma nova associação era adicionada em que um dos estímulos estaria associado a uma resposta diferente (e.g. estímulo A-resposta Y). Numa fase de teste poderá ocorrer uma transferência de associações em que o estímulo B poderá levar a uma resposta Y. Nos estudos de Myers *et al* (2003) este paradigma era usado com estímulos sobre a forma de faces de pessoas: homem cabelo castanho, mulher cabelo loiro, menino cabelo loiro e menina cabelo castanho (cada um deles partilhando uma única característica com os restantes: idade, género ou côr de cabelo); as respostas seriam um peixe que podia ser de cor vermelha, laranja, rosa ou roxo. Os participantes eram instruídos para ter de descobrir qual seria o peixe de estimação de cada uma das pessoas que apareceriam. Já nos estudos de Shodamy & Wagner (2008), a versão deste paradigma assentava no uso de faces humanas como estímulos e as respostas eram imagens de paisagens.

Um outro tipo de paradigma que é comumente utilizado é a tarefa de inferência associativa. Neste caso, à semelhança das tarefas de equivalência adquirida, podem ser estudados pares num formato estímulo-resposta com *feedback* da resposta escolhida, mas que ao contrário destas, não existe uma categoria de imagens específica para os estímulos ou para as respostas. Por outro lado, este *feedback* pode não ser utilizado e a fase de estudo reduzir-se apenas à exposição de dois estímulos. Em qualquer

das situações são associadas duas imagens e posteriormente, ainda na fase de estudo, uma dessas imagens poderá ser associada a outra imagem diferente (e.g. A-B; B-C). Depois de uma consolidada fase de estudo dos pares de imagens, a performance inferencial seria avaliada submetendo os indivíduos a fazerem julgamentos acerca da relação entre elementos nos pares que apesar de terem partilhado uma mesma imagem quando expostos, nunca foram explicitamente estudados juntos (e.g. A-C). O uso deste tipo de tarefas tornou-se um clássico nos estudos de Preston *et al* (2004) e várias têm sido as adaptações desta tarefa. A título de exemplo, no estudo de Zeithamova & Preston (2010) foram usados como estímulos, pares de objectos, em que cada par se sobrepunha a um outro por via de um dos objectos. Numa fase de teste, a performance das inferências associativas era feita através de uma escolha forçada entre dois objectos que apareciam lado a lado logo abaixo de um estímulo pista que apareceria no topo do ecrã. Nesta fase de teste também seriam questionadas as associações que tinham sido diretamente estudadas (associações directas), como garantia que os pares de objectos tinham sido realmente memorizados. Neste caso, a ordem em que aparecia os testes era pseudoaleatória pois os pares de inferência associativa AC apareciam antes dos correspondentes AB e BC para garantir que não seriam formadas novas associações entre objectos já numa fase de teste. Ainda neste estudo, usando uma população sem patologia, os autores salientam a diferença que houve entre os resultados nos pares inferidos AC pois apresentaram um intervalo de performance que variou dos 47% aos 90%. Estes resultados incitam à exploração de diferenças entre indivíduos no desempenho destas inferências, da mesma forma, demonstra que esta tarefa é sensível a essas diferenças.

Hipocampo: Conciliação entre a memória e a navegação espacial

O hipocampo tem, na verdade, vindo a ser uma das estruturas mais estudadas no âmbito das neurociências. Tal como anteriormente sugerido existem dois grandes ramos da literatura que se dedicam ao estudo do que aparentam ser dois grandes papéis hipocampo. Um deles mais dedicado aos processos de navegação espacial muito impulsionada pela descoberta das *place cells* (O'Keefe & Nadel, 1978) e sua participação no mapeamento do espaço; outro mais dedicado às funções na memória declarativa, instigado sobretudo pelos estudos lesionais como o do conhecido paciente H.M..

Os conhecimentos adquiridos por estes dois ramos da investigação têm vindo a crescer ao longo dos anos, no entanto, separadamente. A reconciliação das contribuições destas duas literaturas na compreensão de uma mesma estrutura cerebral e a possibilidade de estas duas funções poderem estar relacionadas começa cada vez mais a ser um foco de interesse pela comunidade científica.

A função do hipocampo na formação de conexões entre memórias através dos elementos que têm em comum apresenta já alguma robustez na literatura científica (Konkel & Cohen, 2009; Eichenbaum et al., 1999; Buckner, 2010; Klein *et al*, 2002), por outro lado a proposta do hipocampo como uma estrutura que suporta um mapa cognitivo, sobretudo estudada em modelos animais, também começa a ter uma base estruturada na comunidade científica. Uma revisão destas temáticas por Eichenbaum & Cohen (2014) tenta dar formato à teoria que o hipocampo ao invés de ser uma estrutura por si só responsável pelos processos de orientação no espaço, é uma estrutura que contribui dando um suporte mnésico necessário a uma navegação bem-sucedida. Anteriormente, Cohen & Eichenbaum (1993), na formação da teoria relacional, já tinham vindo a sugerir que todo o sistema hipocampal desempenhava um papel importante na codificação de eventos como se se tratasse de um mapeamento relacional de objectos e acções em contextos espaciais. Neste, a representação de rotas seria como um conjunto de episódios definidos por sequências de sítios onde vamos passando, que quando relacionados com memórias de episódios espaciais já existentes poderiam apoiar a navegação através da construção de uma nova rota. Este processo assemelhar-se-ia, portanto, às propostas de funcionamento da memória relacional, onde novos conhecimentos se relacionam com conhecimentos já existentes através das características que têm em comum, permitindo assim inferir nova informação que não tenha sido obrigatoriamente vivenciada (Buckner, 2010; Eichenbaum et al., 1999; Klein *et al*, 2002).

Consistente com esta reconciliação de funções, a ideia de que a rede mnésica é composta por uma integração de múltiplos episódios, Buzsaki & Moser (2013) também sugerem que a integração de várias rotas em mapas cognitivos é um processo semelhante ao da integração de memórias episódicas em redes semânticas. Na mesma linha de pensamento, Maguire & Mullaly (2013) argumentam que o hipocampo participa na construção de cenas espaciais, contudo, ao contrário do sugerido pelos estudos

de O'Keefe & Nadel, estes autores sugerem que estas representações são predominantemente egocêntricas e não allocêntricas.

A teoria do hipocampo como uma estrutura responsável pela organização da informação recebida em mapas mentais em determinados contextos, entre eles o espacial, (Milivojevic & Doeller, 2013) tem suporte empírico em estudos onde se utilizaram ratos com lesão induzida do hipocampo. Exemplo disso é o de Langstib & Wood (2010), onde observaram animais capazes de fazer o reconhecimento de objectos quando estes se apresentavam no contexto espacial em que tinham sido experienciados na fase de aprendizagem, mas que não o conseguiam fazer quando os mesmos se apresentavam noutros contextos ou nos mesmos contextos mas em sítios diferentes.

Em suma, a reconciliação entre a memória declarativa e a navegação espacial só fará sentido se olharmos para o hipocampo como uma estrutura de codificação de uma enorme quantidade de informação, nessa inclui-se a informação espacial e a criação de representações espaciais egocêntricas e allocêntricas, mas também a codificação de informação não espacial, incluindo organizações temporais e redes associativas (Eichenbaum & Cohen, 2014)

SECÇÃO II – Metodologia

Objectivos

O presente estudo tem base na teoria relacional do hipocampo em que é sugerido que o tratamento da informação espacial (particularmente no que respeita ao estabelecimento de relações entre memórias espaciais dos vários pontos de referência observados e das rotas percorridas durante a navegação), parece ser um processo semelhante ao estabelecimento de relações entre memórias de outras modalidades que não a espacial. Com o objectivo de se estudar esta relação, serão investigadas possíveis associações entre o desempenho de tarefas de memória inferencial, especificamente inferências associativas de informação sem circunstância temporal ou espacial, e o desempenho de tarefas de orientação egocêntrica e allocêntrica após a navegação numa cidade projectada em ambiente virtual.

Apesar do interesse crescente por parte da comunidade científica na conciliação destas duas funções cognitivas, memória e navegação espacial, nas quais o hipocampo parece ter um papel central, os estudos científicos, na sua maioria, abordam estas competências separadamente. A compreensão de como estes dois desempenhos cognitivos se relacionam, mesmo que apenas de um ponto de vista comportamental, poderá revelar-se importante para o levantamento de novas questões de investigação e contribuir para a construção de um conhecimento mais global acerca do funcionamento do hipocampo.

De um ponto de vista clínico, estas duas funções também são usualmente abordadas separadamente. Um conhecimento mais aprofundado da relação aqui estudada poderá facilitar a avaliação de pacientes com alterações nestes campos cognitivos, podendo servir para repensar estratégias de intervenção actualmente utilizadas. Apesar da grande relevância, esta ponte para a área clínica excede o âmbito de um trabalho de mestrado e não será considerada nesta dissertação.

Métodos

Definição de hipóteses

Hipótese 1: Perante a teoria relacional (Cohen & Eichenbaum, 1993), que considera o hipocampo como uma estrutura responsável por um processamento relacional amodal da informação, e não exclusivamente da informação espacial, existirá uma correlação positiva entre o desempenho de tarefas de inferências associativas sem contexto espacial e o desempenho de tarefas de orientação espacial?

Hipótese 2: De acordo com a teoria do mapa cognitiva de O’Keefe & Nadel (1978) em que as representações aloentrícas, ao contrário das egocêntricas, se centram fundamentalmente no hipocampo, haverá uma maior correlação de tarefas de orientação aloentríca com as de inferências associativas, em relação às de orientação egocêntrica?

Participantes

Procedeu-se à determinação da escolha de uma amostra de 39 indivíduos adultos, saudáveis, de ambos os sexos, sem história de patologia neurológica diagnosticada. Como critérios de inclusão, todos os indivíduos avaliados foram sujeitos à aplicação dos instrumentos Mini-mental state examination (Folstein *et al*, 1975) e à Escala de queixas subjectivas de memória (Ginó *et al*, 2007) de forma a garantir a exclusão de indivíduos com eventuais perturbações cognitivas não diagnosticadas.

A selecção dos participantes deu-se por conveniência, durante o período de Junho a Setembro de 2019, onde todos foram informados dos procedimentos do estudo e o tempo médio que iriam ter que despender ao disponibilizarem-se para colaborar. Foi solicitado que assinassem uma declaração de consentimento informado, onde eram instruídos sobre os objetivos do estudo, confidencialidade dos dados e direitos enquanto participantes voluntários. A recolha de voluntários restringiu-se a uma faixa etária entre os 25-38 anos, a escolha de uma faixa etária jovem assentou na premissa que com o envelhecimento, à excepção da aquisição de vocabulário, o desempenho em tarefas cognitivas tende a piorar globalmente com a idade (Salthouse, 2019). Desta forma, se se obtivesse uma amostra muito expandida pelas idades poderia haver uma tendência para os indivíduos mais jovens obterem um melhor desempenho em todas as provas cognitivas e os mais velhos vice-versa, e assim, tendencialmente verificar-se-ia uma correlação entre as provas cognitivas, não por haver uma associação entre as provas em si, mas por interferência da variável idade.

Dos 39 participantes avaliados, 6 foram excluídos da análise por não obedecerem ao critério mínimo de performance de associações directas (85%) do paradigma de inferências associativas. Foram ainda identificados 2 participantes como *outliers* extremos numa das tarefas da prova de orientação e navegação espacial. Quando questionados por qual a possível razão de tal performance, as respostas ficaram por “não saber que era necessário realmente tentar memorizar a cidade” apesar de ter havido essa indicação inicialmente. Contudo, para evitar viés estatístico foram removidas todas as outras variáveis desses participantes, já que o objectivo deste estudo não se centra na compreensão dos *outliers*. Desta forma, minimiza-se um possível viés de resultados pois todas as provas de orientação e navegação utilizadas dependem de uma boa memorização da cidade.

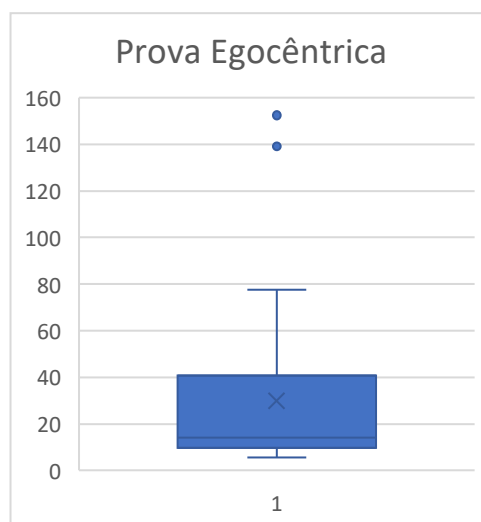


Fig. 1 - Identificação de *outliers* na variável “prova de orientação egocêntrica”: observados 2 com valores de 139,1 e 152,5, muito superiores à média + 2x desvio padrão = 99,51.

Constituiu-se uma amostra efectiva de 31 indivíduos, 15 do sexo feminino e 16 do sexo masculino com média de idades de $30,55 \pm 3,65$ anos. Durante a recolha de dados houve uma tentativa de emparelhamento das idades por sexo de forma a abrir a possibilidade de comparar eventuais diferenças das performances sem que as diferenças médias de idades constituíssem um factor de interferência. Foi realizado um teste de *Wilcoxon-Mann-Whitney* para amostras independentes, não se rejeitando a hipótese nula e portanto não se verificando diferenças estatisticamente significativas das idades para cada sexo ($U=120$, $Z= 0.01976$, $p_value= 0.98404$).

Materiais/Instrumentos

Como instrumentos de avaliação, para além do *Mini-mental state examination* (Folstein *et al*, 1975) e da Escala de queixas subjectivas de memória (Ginó *et al*, 2007) como instrumentos destinados a assegurar os critérios de inclusão, os participantes foram submetidos ao preenchimento de um questionário relacionado com a capacidade subjectiva de orientação e navegação espacial, o *wayfinding questionnaire*; uma prova objectiva de orientação e navegação espacial realizada em ambiente virtual; e uma prova de memória inferencial, em específico, de inferências associativas relativas a informação não-espacial.

Wayfinding questionnaire

O *wayfinding questionnaire* de Van der Ham *et al* (2013) baseou-se numa tese não publicada de Bosch & Postma que contemplava num único instrumento, 106 itens compilados de questionários já existentes sobre as capacidades de orientação e navegação no espaço. Inicialmente estes autores construíram uma escala com 26 itens, que mais tarde foi submetida a um processo de validação interna em 2016 por Claessen *et al*, utilizando uma população com AVC em fase crónica, resultando então a versão actual. Esta versão, a preencher pelo próprio, consiste num instrumento de 22 itens divididos em

três subescalas: 1) Navegação e Orientação (11 itens), 2) Ansiedade espacial (8 itens) e 3) Estimativa de distância (3 itens). Cada item é classificado numericamente de 1 a 7 em que 1 corresponde a “não se aplica de todo a mim” e 7 corresponde a “aplica-se completamente a mim”, sendo que, em alguns itens existe uma ligeira mudança na classificação em que 1 corresponde a “nada desconfortável” e 7 corresponde a “muito desconfortável”. O questionário utilizado neste estudo constou numa versão portuguesa elaborada por Nascimento Alves, P., Albuquerque, L. & Martins, I. P. do Laboratório de estudos de linguagem da Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa (2018) (ver anexo 1).

Há que acrescentar que este instrumento apesar, de na literatura, mostrar alguma sensibilidade à detecção de défices ao nível da orientação e navegação espacial em contexto clínico de pacientes pós AVC (Rooij *et al*, 2019), acaba por não ter sido concebido especificamente para encontrar diferenças entre as capacidades de orientação e navegação espacial de sujeitos saudáveis. Pelo que a sua utilização neste estudo terá, em parte, um objectivo exploratório. Para além de não haver grande suporte acerca da sua sensibilidade numa população normal, há que constar que este instrumento se dedica a uma avaliação subjectiva que está dependente da capacidade de auto-avaliação do questionado e, portanto, dependente do seu perfil meta-cognitivo.

Prova de orientação e navegação espacial

A prova de orientação e navegação espacial com a finalidade de realizar uma avaliação objectiva destas capacidades constou num conjunto de tarefas executadas em ambiente virtual. O ambiente virtual utilizado constou de uma adaptação do programa desenvolvido no americano *Human Spatial Cognition Laboratory* liderado por Arne Ekstrom. A sua versão original (Zhang *et al*, 2014) foi desenhada para provas aloclétricas enquanto esta versão adaptada por Nascimento Alves, P. & Martins, I. P. do Laboratório de estudos da Linguagem da Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa foi estendida também a provas egocêntricas.

Nesta prova o indivíduo é convidado a explorar e memorizar uma pequena cidade em ambiente virtual, alertando para a existência de quatro principais pontos de interesse: Sapataria, Barbeiro, Café e Dentista, mostrando como são visualmente.



Fig. 2 - Apresentação inicial de um dos pontos de interesse

Numa primeira fase, o indivíduo realiza como uma visita guiada aos quatro pontos de interesse por indicações que vão surgindo no chão.



Fig. 3 - Exploração guiada pela cidade em ambiente virtual

Depois de um reconhecimento guiado aos quatro pontos de interesse, é permitido que o indivíduo explore livremente a cidade durante 2 minutos com a indicação que pode retornar à partida assim que sentir preparado para iniciar a prova.

O primeiro teste consiste numa tarefa de orientação egocêntrica do tipo *SOP* em que é pedido ao indivíduo que aponte uma seta, localizada na zona de partida, em direcção a cada um dos quatro principais pontos de interesse. A ordem em que são questionados os pontos de interesse é aleatória.



Fig. 4 - Tarefa egocêntrica do tipo *orientation-dependent pointing*

O segundo teste consiste numa tarefa de orientação allocêntrica do tipo *JRD* em que é pedido ao indivíduo que aponte para determinado ponto de interesse, mas desta vez como se estivesse localizado em outro ponto de interesse. Nesta tarefa, também a suposta localização do indivíduo e o ponto de interesse para onde terá de apontar é decidido de forma aleatória pelo algoritmo. Nesta tarefa é retirada qualquer referência espacial, sendo a imagem substituída por um fundo de ecrã preto.

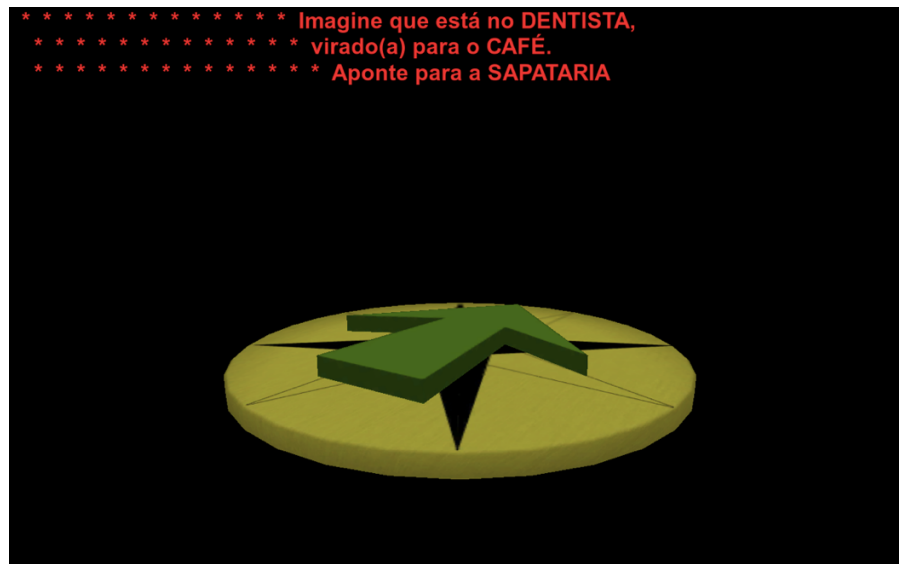


Fig. 5 - Tarefa aloccêntrica do tipo *judgments of relative direction*

O terceiro teste consiste numa tarefa de navegação propriamente dita, em que é pedido que o indivíduo se desloque na cidade a cada um dos quatro pontos de interesse. Mais uma vez, existe uma aleatoriedade na ordem em que são questionados.



Fig. 6 - Tarefa de navegação espacial

Paradigma de inferência associativa

A avaliação das inferências associativas consistiu num paradigma adaptado de Preston *et al* (2004) do tipo $AB + BC \rightarrow AC$. O código de programação, cedido pela Prof. Dra. Dasa Zeithamova da Universidade de Oregon, foi aqui adaptado e traduzido para a língua portuguesa. A versão final para este estudo passou por um parecer de peritos e um teste piloto onde foi estruturada uma forma

uniformizada de instruções verbais de forma a garantir compreensão do teste por parte dos participantes independentemente do seu grau de literacia.

Esta tarefa constou na apresentação de 72 diferentes pares de objectos diferentes em 144 *trials*. Esta apresentação foi dividida em dois blocos de estudo, cada um com 72 *trials* em que em cada *trial* precedia-se um tempo de fixação de 1 segundo seguido de uma exposição do estímulo durante 4 segundos. No primeiro bloco eram introduzidos 36 pares do tipo AB de forma aleatória, cada par apresentado 2 vezes com ordem alternada (direita-esquerda; esquerda-direita). Num segundo bloco eram apresentados mais 36 pares de objectos, em que um desses objectos já teria surgido num par do bloco anterior (36 pares do tipo BC).

Numa primeira fase, a fase de estudo, os indivíduos eram encorajados a memorizar cada um dos pares de objectos que iam surgindo, criando uma história ou uma imagem mental que os relacionasse. A criação de uma história ou uma imagem que relacionasse os dois objectos serviria como uma estratégia de codificação profunda. Para um maior envolvimento e para aumentar os níveis de atenção na tarefa foi ainda pedido que os indivíduos classificassem de 1 a 4 (1-fracas; 2-razoável; 3-boa; 4-excelente) a qualidade da estratégia de memorização utilizada.

A segunda fase, a fase de teste, começava por uma sequência de 72 questões de resposta obrigatória dedicadas à avaliação das associações indirectas entre pares (associações AC). Em cada uma das questões, a um nível superior do ecrã, era mostrado um objecto pista que havia surgido num dos blocos de pares estudados, enquanto que a um nível inferior do ecrã, era mostrado três objectos como hipóteses de resposta. Nas hipóteses de resposta, apenas um objecto estava indirectamente associado ao objecto pista, ou seja, apenas um dos objectos teria na fase de estudo, surgido emparelhado com o mesmo objecto que também fazia par com o objecto pista. Os outros dois objectos que eram hipóteses de resposta também teriam surgido na fase de estudo mas sem associação directa ou indirecta com o objecto pista.

Após a avaliação das associações indirectas, eram testados sobre o mesmo formato, as associações directas (associações AB e BC). Consistiam então em 144 questões de resposta obrigatória em que a um nível superior apareceria um objecto pista e a um nível inferior três objectos como hipóteses de resposta, em que só um deles teria sido apresentado em simultâneo com o objecto pista na fase de estudo. Os restantes dois eram objectos que também teriam aparecido na fase de estudo mas não estavam directamente ou indirectamente associados ao objecto pista.

A razão de serem testadas primeiramente as associações indirectas (AC) em relação às directas (AB e BC) acontecia de forma a evitar a criação de novas associações entre objectos já na fase de teste. Para aumentar as chances de uma informação mais fidedigna acerca das funções de inferências associativas entre os objectos, teria que haver alguma garantia que os pares de objectos tinham primeiramente sido memorizados na sua globalidade. Desta forma, para ser permitido o aproveitamento dos dados relativos às associações indirectas, os sujeitos teriam que obter um critério de performance mínimo de 85% de respostas acertadas nos testes das associações directas (Preston et al, 2004).

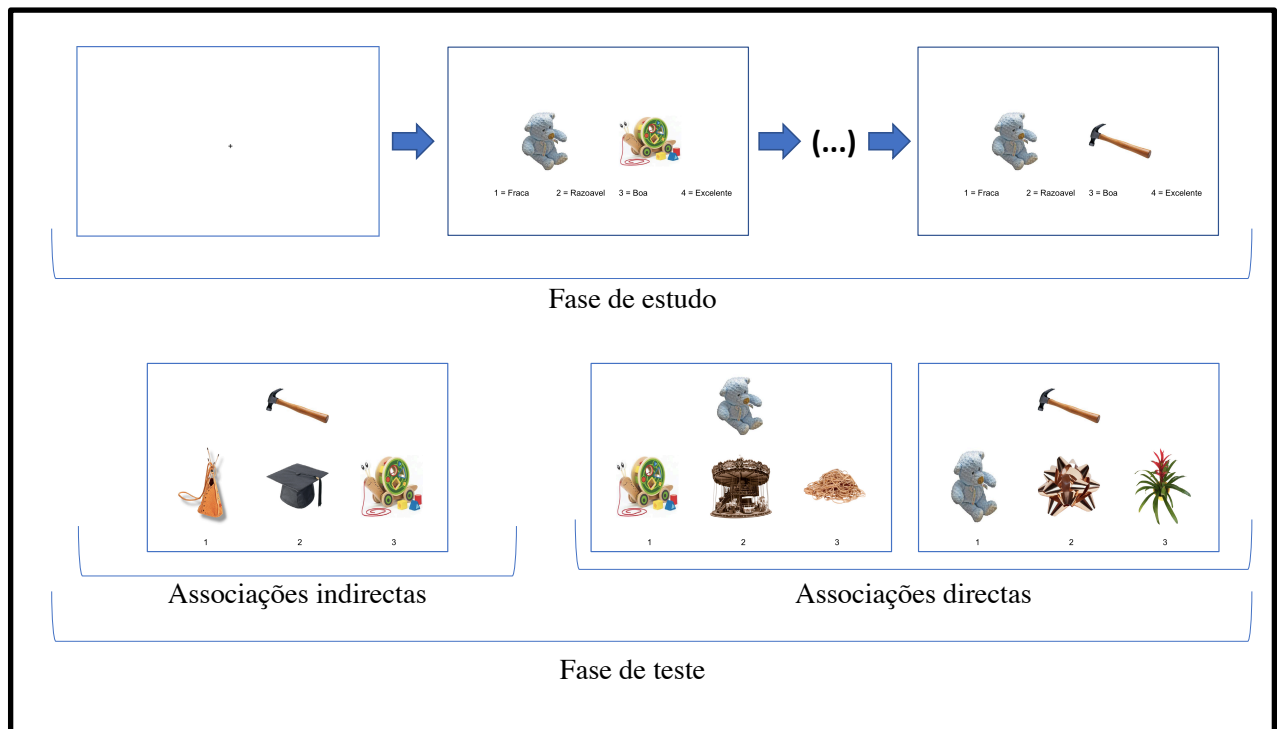


Fig. 7 - Esquema explicativo do paradigma de inferências associativas

Procedimentos

A avaliação dos participantes realizou-se num espaço que variava na sua localização por conveniência do voluntário, no entanto, obedecendo-se a alguns critérios: local silencioso e com ambiente físico de escritório, gabinete ou similar.

Esta avaliação iniciava-se pelo levantamento dos dados sociodemográficos dos indivíduos e a aplicação do *Mini-mental state examination* e da Escala de queixas subjectivas de memória registados em papel. Caso a não detecção de valores concordantes com défice cognitivo seguia-se o preenchimento, pelo próprio, do *Wayfinding Questionnaire*. Após a avaliação em papel seguia-se a aplicação da prova de navegação e orientação espacial e a de inferências associativas, a sua ordem era aleatória para evitar que a primeira tarefa implementada exercesse influência, positiva ou negativa, sobre a segunda. Ambas as provas eram realizadas com recurso a um computador portátil *MacBook Air* com ecrã de 13 polegadas *software macOS High Sierra* versão 10.13.6. A prova de inferências associativas era ainda corrida em *MATLAB* versão R2015b. No final da sessão era aberto um espaço para esclarecimento de eventuais questões e onde era assinado o contrato de consentimento informado.

Análise estatística

Os dados foram tratados num computador portátil *MacBook Air*, através dos programas *Microsoft Excel*, *Statistical Package for the Social Sciences – SPSS*: versão 26 e *software R* versão 3.5.0.

SECÇÃO III – Resultados

Resultados

Previamente à exposição dos dados tratados, torna-se necessário referir que a tarefa de navegação em ambiente foi desconsiderada do estudo por terem sido detectados erros metodológicos e da própria construção do paradigma. Nesta tarefa, seriam retirados os valores em unidades de distância, do sítio onde se encontrava o ponto de interesse em relação ao sítio onde o participante acharia que esse ponto de interesse se localizava. Durante a aplicação, tendo passado despercebido no pré-teste da prova, os pontos de interesse encontravam-se mal descaracterizados podendo ser identificados ao passar pelas suas imediações. Por este motivo identificou-se um efeito de tecto, onde praticamente todos os participantes conseguiram encontrar o sítio onde se localizava o ponto de interesse questionado, não sendo contemplado objectivamente, o percurso seleccionado pelo participante até ao local pretendido. Por este motivo, este teste não apresentou a sensibilidade necessária para ser contemplado no estudo.

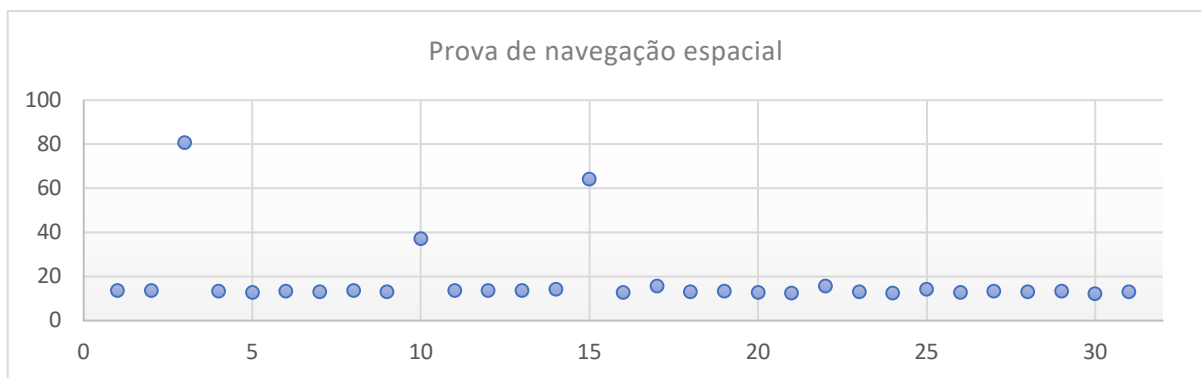


Fig. 8 - Erros médios observados na performance da prova de navegação espacial

Dos 31 participantes que desempenharam as provas de orientação egocêntrica e aloccêntrica obteve-se a análise descritiva considerada na seguinte tabela:

Prova	N	média	desvio padrão	mediana	min	max	intervalo
Prova Egocêntrica (média de erro em graus)	31	22,33°	19,45°	13,88°	5,73°	77,68°	71,95°
Prova Alocêntrica (média de erro em graus)	31	36,41°	32,20°	23,45°	8,03°	121,93°	113,90°

Sendo a sua distribuição por sexos:

Sexo	Prova	N	média	desvio padrão	mediana	min	max	intervalo
Masculino	Prova Egocêntrica (média de erro em graus)	16	24,49°	20,87°	13,46°	5,73°	58,48°	52,75°
Feminino	Prova Egocêntrica (média de erro em graus)	15	20,02°	18,24°	14,03°	8,60°	77,68°	69,08°
Masculino	Prova Alocêntrica (média de erro em graus)	16	34,27°	37,27°	17,87°	8,03°	121,93°	113,90°
Feminino	Prova Alocêntrica (média de erro em graus)	15	38,69°	26,91°	30,10°	8,90°	96,15°	87,25°

Ao Teste *T-Student* para amostras independentes não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre sexos no que respeita às médias de erros das provas de orientação egocêntrica e allocêntrica para um nível de significância de 5%, com *p-values* 0,404 e 0,568, respectivamente.

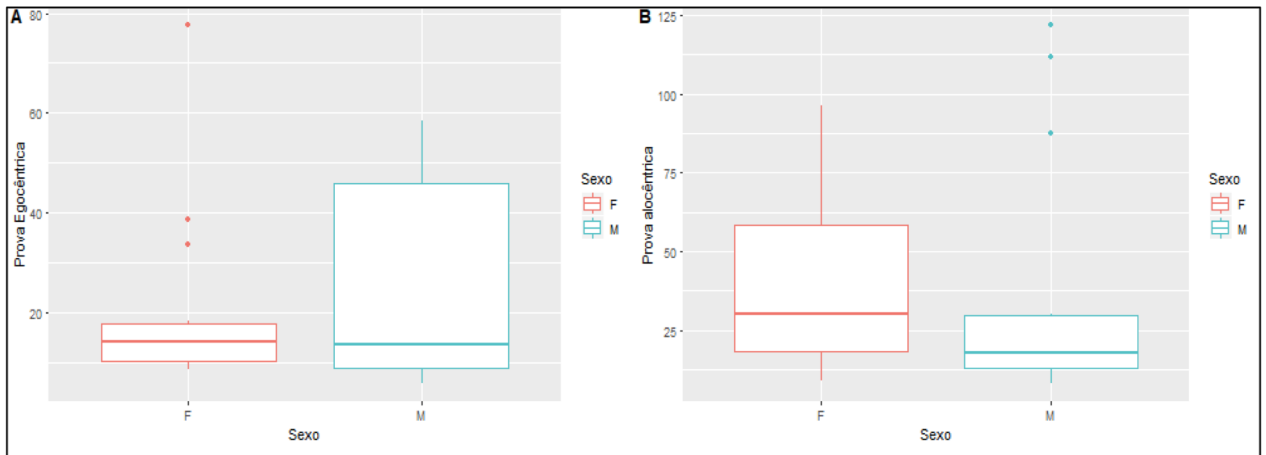


Fig. 9 - Distribuição por sexos dos erros médios (em graus) nas provas de orientação.

A recolha de dados numa faixa de etária jovem, 25-38 anos, assentou no pressuposto de não existir diferenças significativas entre o desempenho das tarefas cognitivas associadas à idade. Foram verificadas eventuais associações entre a variável idade com as variáveis das várias provas em estudo, não se verificando qualquer correlação.

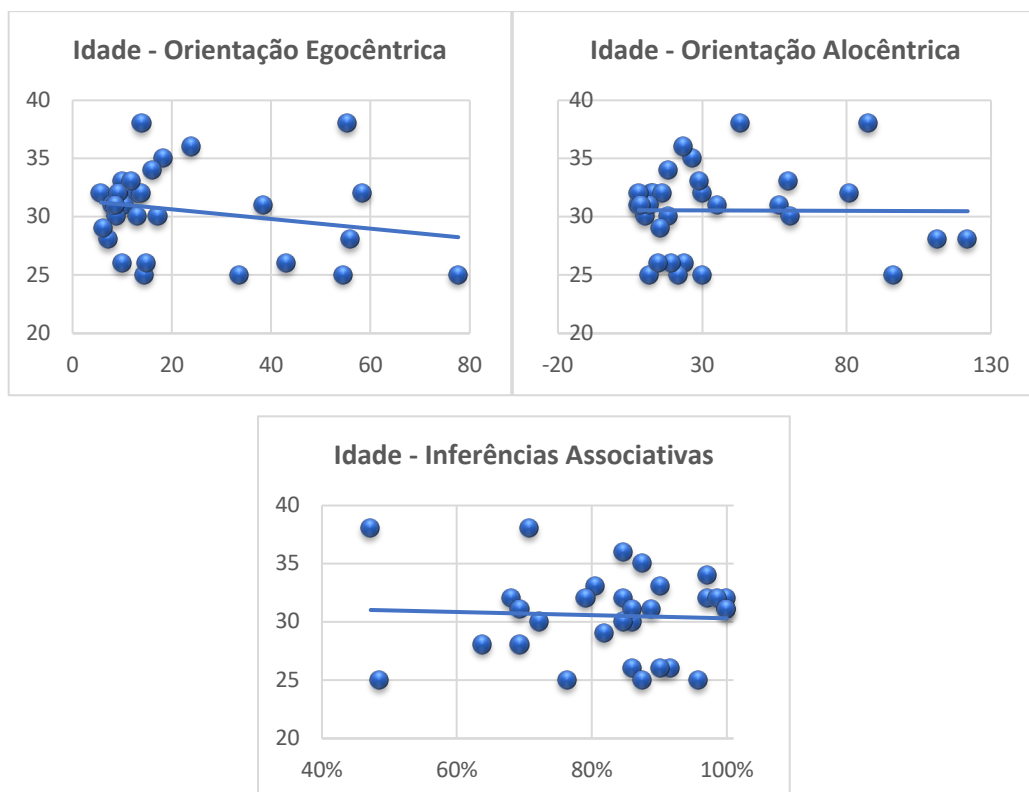


Fig. 10 - Associações entre a idade (eixos Y's) e as provas egocêntrica, allocêntrica e de inferências associativas (eixos X's), com valores de *r* de Pearson respectivamente, -0,220, -0,007 e -0,051

Foi ainda realizado um teste *ANOVA* para a amostra estratificada em classes de idades (25-30, 31-32 e 33-38) como uma garantia adicional de não existirem diferenças significativas nos desempenhos das várias tarefas cognitivas utilizadas no estudo associadas à idade. Não se tendo revelado diferenças estatisticamente significativas entre as classes de idades para cada uma das provas:

Variável	<i>p_value</i>
Prova de Orientação Egocêntrica	0.894
Prova de Orientação Allocêntrica	0.951
Prova de Inferências associativas	1.429

Tendo em consideração que a idade, no intervalo contemplado pela amostra, não parece exercer influência significativa sobre os desempenhos das tarefas cognitivas, e para ir de encontro às hipóteses em estudo, procedeu-se à correlação entre a tarefa de inferências associativas e as tarefas de orientação egocêntrica e allocêntrica.

Verificou-se uma associação fraca (Hinkle *et al*, 2003) entre a tarefa egocêntrica e a tarefa de inferências associativas, onde um aumento da proporção de respostas correctas na tarefa de inferências associativas se encontra associado a uma diminuição das médias de erro em graus na prova de orientação egocêntrica, com um *r* de *Pearson* de -0.446; *p_value* = 0,12.

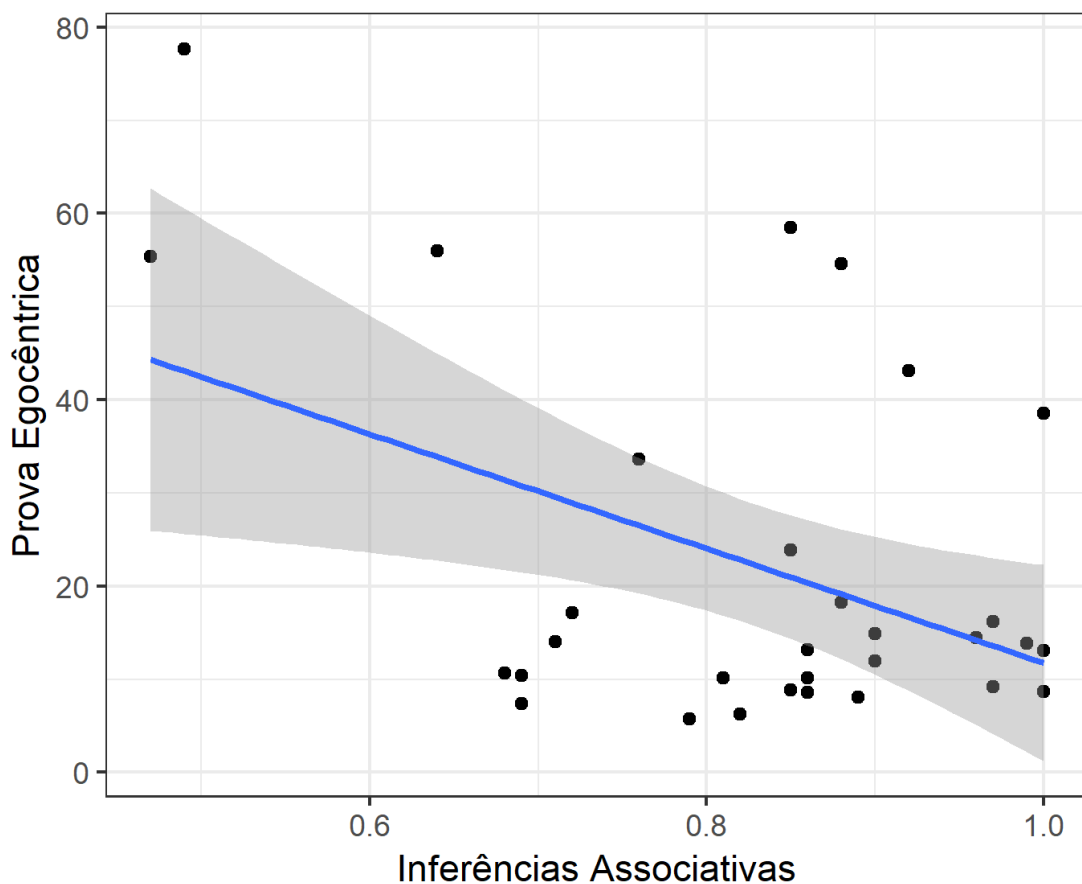


Fig. 11 - Associação entre a variável inferências associativas e a variável prova de orientação egocêntrica

Foi também identificada uma associação forte (Hinkle *et al*, 2003) entre a tarefa aloccêntrica e a tarefa de inferências associativas, onde um aumento da proporção de respostas correctas na tarefa de inferências associativas se encontra associado a uma diminuição das médias de erro em graus na tarefa de orientação aloccêntrica, com um r de *Pearson* de -0.793 ; $p_value < 0,001$.

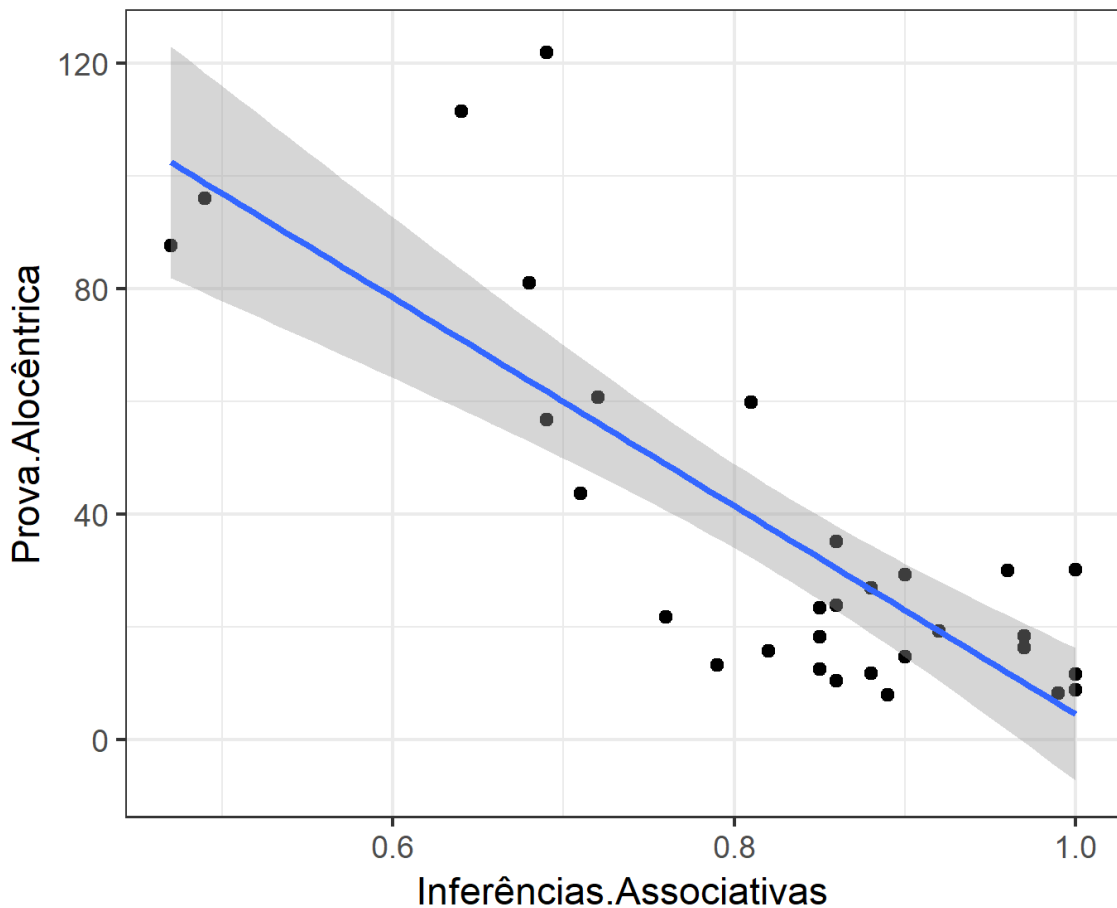


Fig. 12 - Associação entre a variável inferências associativas e a variável prova de orientação aloccêntrica

Para além da presente associação entre a variável inferências associativas e as de orientação espacial, foi observada ainda uma associação entre o desempenho nas associações directas no paradigma das inferências associativas, como uma medida objetiva da memória não-inferencial. Nesta verificação, também foram identificadas correlações entre a memória associativa não-inferencial e a orientação espacial egocêntrica e aloccêntrica. Revelando-se que uma melhor performance nas tarefas de associações directas relaciona-se com uma diminuição do grau de erro nas tarefas de orientação. Estas associações apresentam um r de *Pearson* de $-0,389$; $p_value = 0,031$ na sua correlação com a tarefa de orientação egocêntrica e um r de *Pearson* de $-0,713$; $p_value < 0,001$ na sua correlação com a tarefa de orientação aloccêntrica.

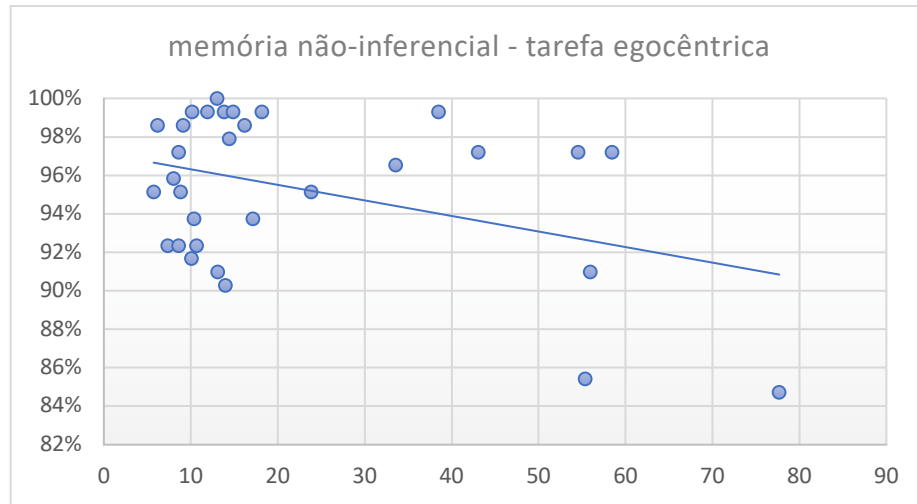


Fig. 13 - Associação entre a variável associações directas (eixo Y) e a variável prova de orientação egocêntrica (eixo X)

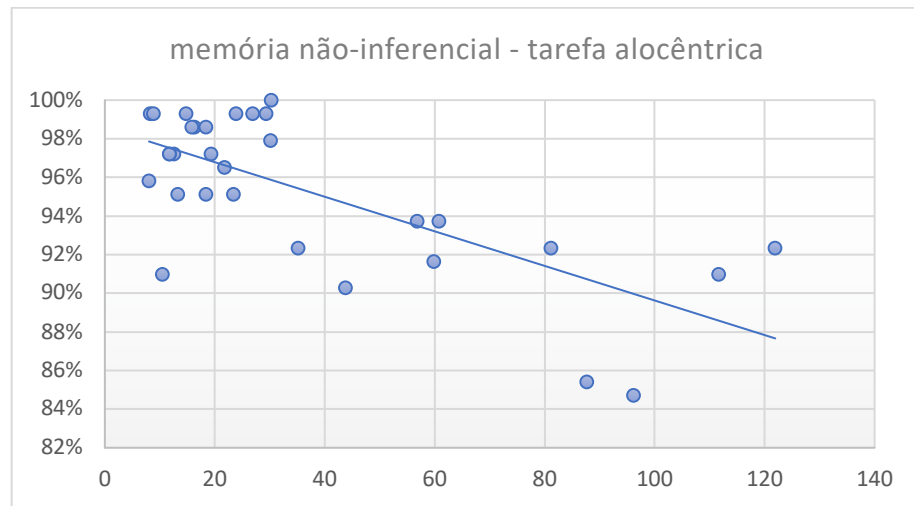


Fig. 14 - Associação entre a variável associações directas (eixo Y) e a variável prova de orientação alocêntrica (eixo X)

Estas associações eram na verdade expectáveis já que o desempenho dos testes de memória inferencial avaliada no paradigma das inferências associativas parece depender, até certo ponto, da capacidade de memorização dos pares de objectos, ou seja, da memória associativa não-inferencial avaliada pelas associações directas neste mesmo paradigma. Esta relação é colocada em evidência pela correlação forte (Hinkle *et al*, 2003) observada entre as inferências associativas e as associações directas com um r de *Pearson* de 0,865; $p_value < 0,001$ onde um melhor desempenho na performance das associações directas, ou seja, da memória associativa não-inferencial correlaciona-se com um melhor desempenho da memória associativa inferencial, avaliada pela performance das inferências associativas.

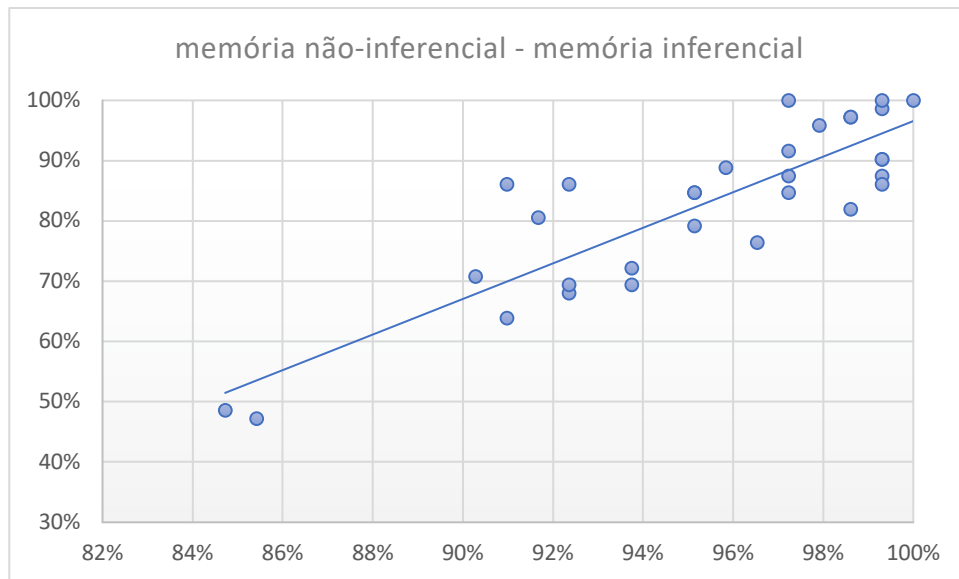


Fig. 15 - Associação entre a variável associações directas (eixo X) e a variável inferências associativas (eixo Y)

Posto isto, e tendo em conta que a memória associativa não-inferencial também se correlaciona com o desempenho das provas de orientação, foi ainda realizada uma correlação parcial entre a variável inferências associativas e as variáveis tarefas de orientação egocêntrica e aloccêntrica, mas desta vez com a variável de controlo associações directas. Ao estatisticamente remover-se o possível efeito da memória associativa não-inferencial na correlação entre a memória associativa inferencial e as tarefas de orientação, verificou-se a perda da correlação entre as inferências associativa e a tarefa de orientação egocêntrica com um r de *Pearson* de $-0,237$; $p_value = 0,207$, contudo mantendo-se uma correlação moderada entre as inferências associativas e a tarefa de orientação aloccêntrica para uma significância de 5% com um r de *Pearson* de $-0,502$; $p_value = 0,005$.

Como tem sido sugerido na literatura (ver Zeithamova *et al*, 2010) existe uma considerável variação entre indivíduos no que respeita à performance nas tarefas de inferências associativas. Podendo constituir-se grupos de indivíduos com boa capacidade de desempenho de tarefas de associações inferenciais - *good performers* – e indivíduos com mais fraca capacidade para tal – *poor performers* ou *bad performers*. No presente estudo, tal variação entre sujeitos foi também constatada, tendo sido a média de performance das associações inferenciais $83,88 \pm 13,84\%$ variando entre 47% e 100%. Nesta análise, foi considerado a criação de um ponto de corte nos 90% em que sujeitos com performances acima destes valores eram considerados *good performers* (N=10) e abaixo disso *bad performers* (N=21).

		N	média	desvio padrão	mediana	min	max	intervalo
Prova Egocêntrica	<i>Bad performer</i>	21	24,20°	22,13°	13,13°	5,73°	77,68°	71,95°
	<i>Good performer</i>	10	18,39°	12,12°	14,16°	8,65°	43,13°	34,48°
Prova Aloccêntrica	<i>Bad performer</i>	21	44,82°	35,96°	26,93°	8,03°	121,93°	113,90°
	<i>Good performer</i>	10	18,75°	8,52°	17,40°	8,23°	30,23°	22,00°

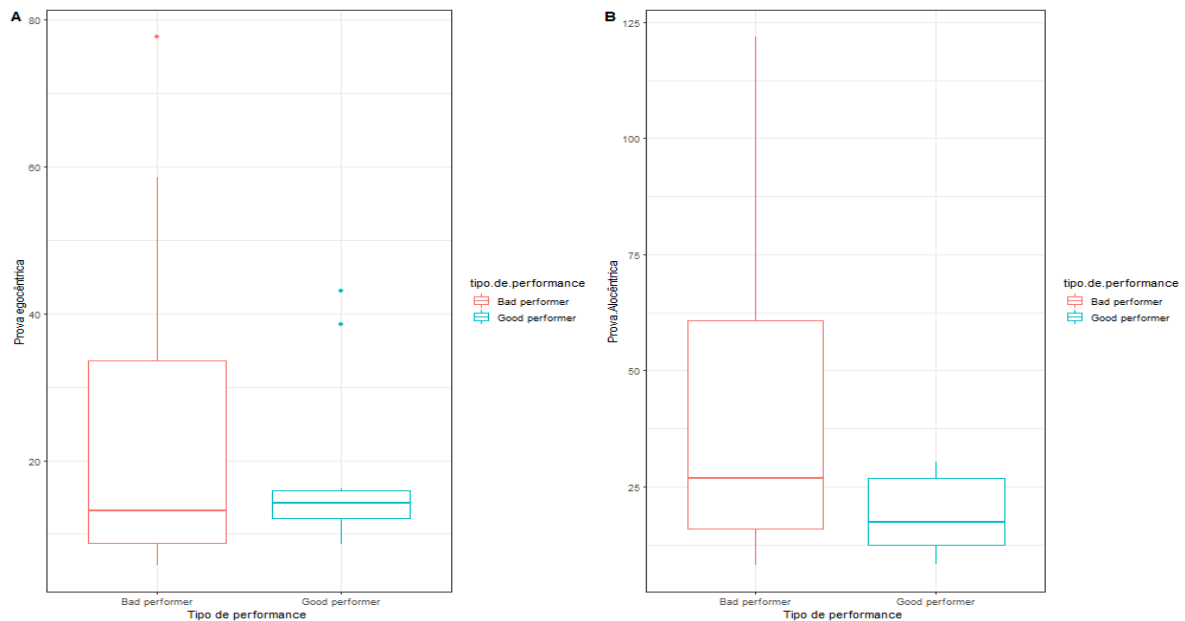


Fig. 16 - Distribuição por tipo de *performer* dos erros médios (em graus) nas provas de orientação.

Constituída estas duas classes de performance foram analisadas diferenças estatísticas entre os dois grupos no que diz respeito ao desempenho das tarefas de orientação egocêntrica e allocêntrica recorrendo ao *Welch Two Sample t-test*. Para a tarefa egocêntrica a média de erro dos *bad performers* foi superior aos *good performers*, contudo estas diferenças não se demonstraram estatisticamente significativas para uma significância de 5% $t(28.2)=0.94$; $p_value = 0.354$. Relativamente à tarefa allocêntrica os *good performers* apresentaram valores médios de erro significativamente mais baixos que os *bad performers* para um nível de significância de 5%, $t(24.2)=3.14$; $p_value = 0,004$.

Como objectivo marginal ao estudo foi ainda testada a existência de associações entre os *scores* da *Wayfinding Questionnaire*, uma medida subjectiva da avaliação da navegação e orientação espacial, e as tarefas de orientação egocêntrica e allocêntrica após a navegação exploratória numa cidade desenhada em ambiente virtual - uma medida objectiva de avaliação da navegação e orientação espacial. Tendo em conta que o instrumento *Wayfinding Questionnaire* é uma escala preenchida pelo próprio, e tendo a subjectividade influenciada pelo perfil metacognitivo dos sujeitos no que respeita às várias competências importantes para a navegação e orientação do espaço, torna-se oportuno perceber se esta análise metacognitiva se correlaciona com desempenho das tarefas de orientação realizadas em ambiente virtual podendo este método de avaliação tornar-se uma ferramenta válida para sujeitos sem queixas subjectivas de desorientação topográfica.

Foram, primeiramente, testadas as possíveis associações entre o *score* total da *Wayfinding* e as duas provas de orientação em ambiente virtual, não se verificando em nenhuma delas qualquer associação, com um *r* de *Pearson* de $-0,103$; $p_value = 0,581$ para a correlação com a tarefa egocêntrica e um *r* de *Pearson* de $-0,068$; $p_value = 0,716$ para a correlação com a tarefa allocêntrica.

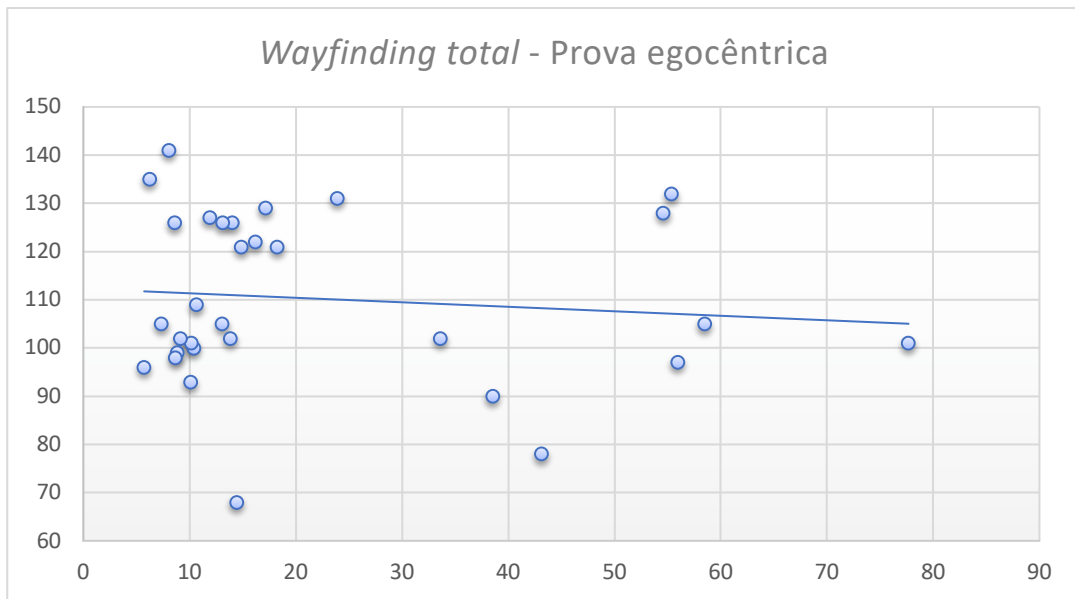


Fig. 17 - Associação entre a variável *Wayfinding* (eixo Y) e a variável prova de orientação egocêntrica (eixo X)

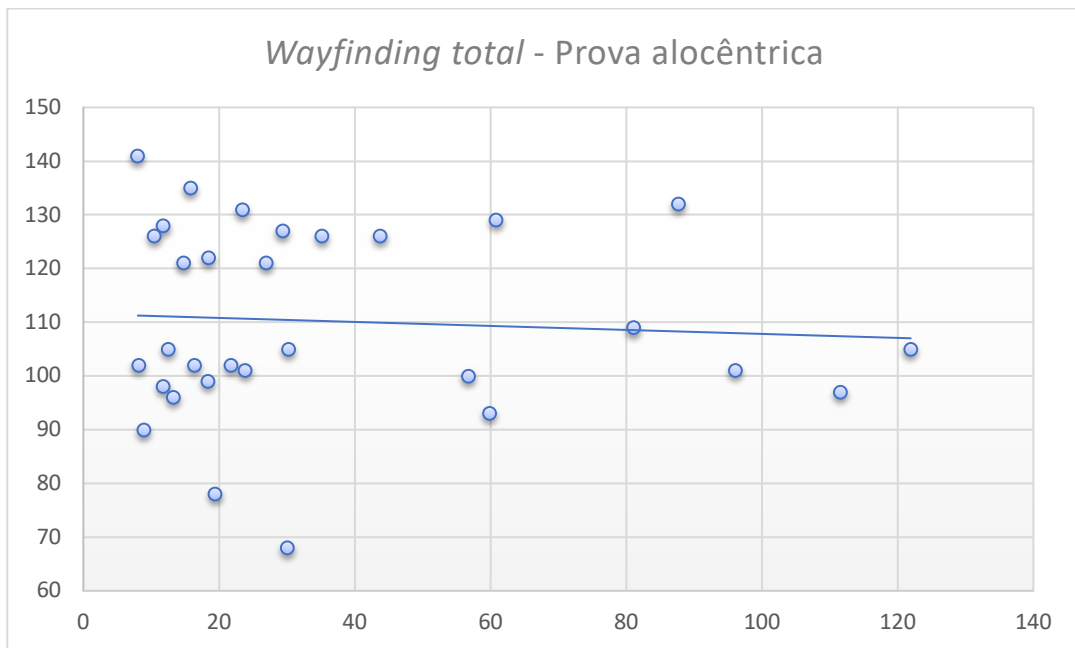


Fig. 18 - Associação entre a variável *Wayfinding* (eixo Y) e a variável prova de orientação allocêntrica (eixo X)

Tendo em conta que o instrumento *Wayfinding Questionnaire* contempla três sub-escalas, uma de navegação e orientação propriamente dita e outras duas que se referem, à ansiedade espacial e à estimativa de distâncias. Estas duas últimas sub-escalas apesar da sua relevância para os processos de navegação e orientação poderão tornar-se um viés às capacidades de orientação e navegação consideradas mais específicas (como a identificação de pontos de referência, construção de rotas etc...). Por este motivo foram ainda testadas possíveis associações entre o *score* da sub-escala de Navegação & Orientação e as tarefas de orientação egocêntrica e allocêntrica, contudo, também aqui não se verificou

qualquer associação entre esta sub-escala e as tarefas de orientação, com um r de *Pearson* de -0,186; $p_value = 0,318$ para a egocêntrica e um r de *Pearson* de -0,251; $p_value = 0,173$ para a alocêntrica.

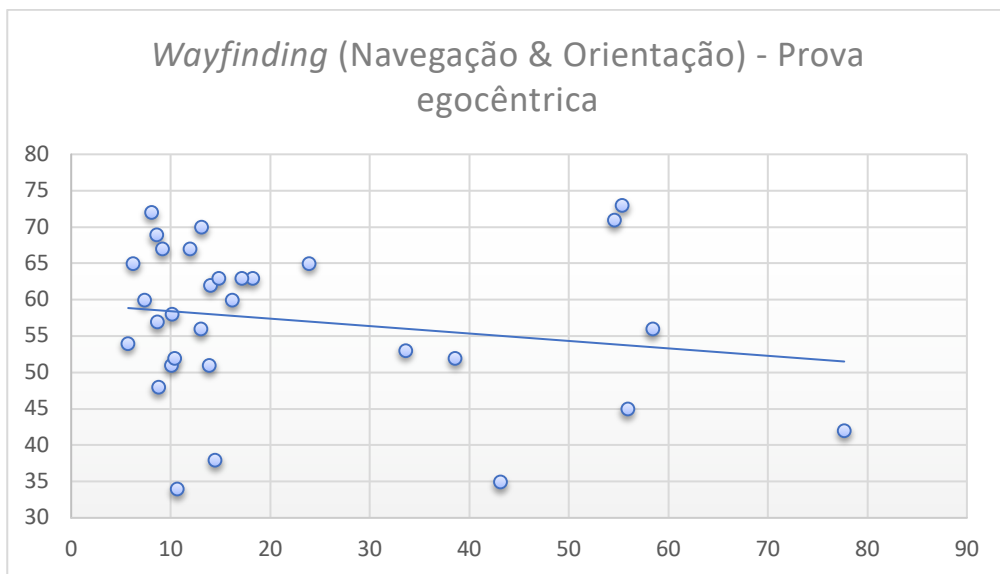


Fig. 19 - Associação entre a variável *Wayfinding* sub-escala Navegação e Orientação (eixo Y) e a variável prova de orientação egocêntrica (eixo X)

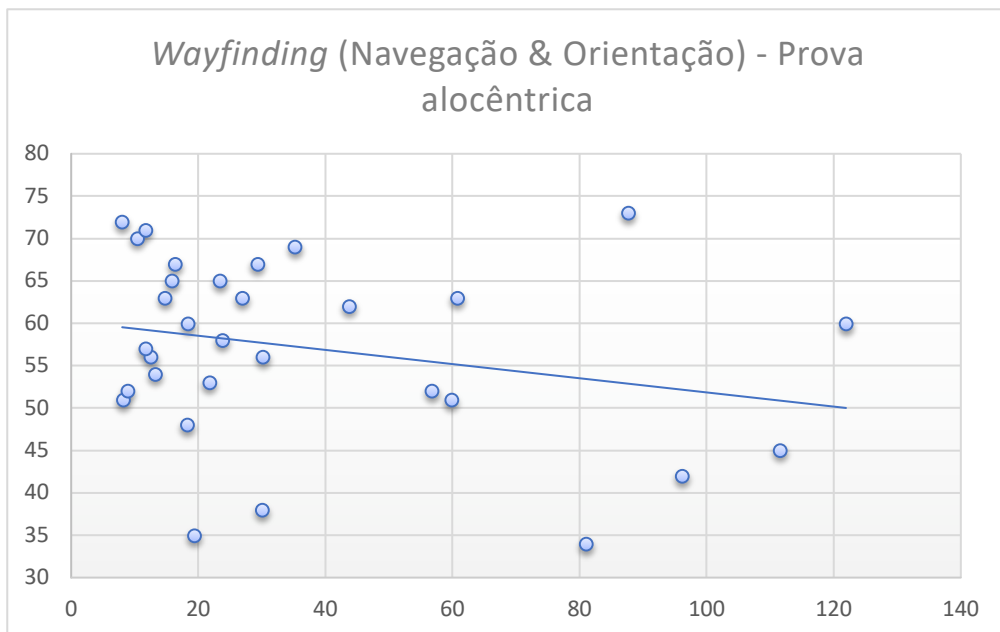


Fig. 20 - Associação entre a variável *Wayfinding* sub-escala Navegação e Orientação (eixo Y) e a variável prova de orientação alocêntrica (eixo X)

SECÇÃO IV – Discussão

Discussão de resultados

O método usado neste estudo não teve como objectivo a identificação dos factores que influenciam as capacidades de navegação espacial e/ou memória inferencial. A literatura científica tem vindo a pôr em foco o importante papel do hipocampo no desempenho de ambas as funções cognitivas, e, não obstante à existência de influências pelo ambiente em que o indivíduo se encontra envolvido (e.g. actividade profissional), que pode exercer influência na própria organização estrutural desta zona cortical, como no exemplo clássico dos taxistas londrinos (Maguire *et al.*, 2000), o foco desta discussão assenta exclusivamente na relação entre estas duas funções cognitivas. A recolha de dados assentou, portanto, numa heterogeneidade de participantes no que respeita à formação académica, actividade profissional e local de residência, aumentando desta forma a probabilidade de encontrar também uma variabilidade nestas capacidades cognitivas. Apesar de esta análise não ser contemplada no estudo, poderá ser de interesse futuro a exploração deste conteúdo de forma a estabelecer relações com os desempenhos das tarefas aplicadas. O único factor que o estudo teve em consideração no seu controlo foi a idade, restringindo a amostra a uma faixa etária pouco alargada como forma de reduzir o impacto do envelhecimento no desempenho quase transversal nas funções cognitivas (Salthouse, 2019). Como garantia que, para esta amostra, a idade não influenciaria os resultados das provas aplicadas, foi previamente testada a existência de possíveis correlações entre a variável idade e as tarefas cognitivas desempenhadas, não se tendo verificado qualquer associação, mesmo quando estratificada a amostra por classes etárias. Desta forma, a variabilidade aqui encontrada, no desempenho das tarefas, não estará à partida associada à idade.

A primeira questão estudada assentou na teoria relacional do hipocampo (Cohen & Eichenbaum, 1993), que sugere que, ao contrário de este ser responsável pela construção e manutenção mental de mapas espaciais do ambiente, tal como sugerido na teoria do mapa cognitivo (O'Keefe & Nadel, 1978), é responsável por um processo relacional amodal. Nesta perspectiva, os processos relacionais estabelecidos entre informações espaciais durante a navegação seriam semelhantes aos processos relacionais estabelecidos entre informações de outros domínios não espaciais. Tendo em conta esta teoria, poder-se-ia esperar alguma relação entre as capacidades de desempenhar tarefas de orientação e navegação espacial com outras tarefas de natureza não-espacial. Para estudar esta relação, poderá ser uma boa ferramenta a utilização de paradigmas dedicados à avaliação da memória associativa inferencial (ver Zeithamova *et al.*, 2012) pelo forte envolvimento do hipocampo, demonstrado em neuroimagem. Contudo, apesar do suporte científico desta teoria relacional por estudos animais onde se expõe o envolvimento no hipocampo não só em tarefas espaciais como em tarefas não espaciais (Eichenbaum *et al.*, 1999; Eichenbaum, 2004), outros estudos sugerem que só a realização de tarefas espaciais é particularmente sensível aos danos hipocampais (O'Keefe, 1999; Burton *et al.*, 2000; Gilbert & Kesner, 2002). Face a esta questão, no presente estudo, ao compararmos a performance das tarefas de orientação

espacial, onde estão envolvidos processos relacionais com um contexto espacial (já que a tarefa implicava a navegação em ambiente virtual numa cidade com diversas rotas possíveis que interligavam diferentes pontos de referência), com uma tarefa de memória associativa inferencial, sem um contexto espacial, verificou-se uma correlação positiva entre estas performances. Na amostra estudada, observou-se que um melhor desempenho nas tarefas de inferências associativas, com uma maior percentagem de respostas certas, correlacionava-se com um menor erro médio das respostas nas tarefas de orientação egocêntrica ($r = -0.446$; $p = 0,12$) e nas tarefas de orientação allocêntrica (-0.793 ; $p < 0,001$). Estes resultados sugerem uma possível associação comportamental entre estes dois processos relacionais, um com contexto espacial e outro sem contexto espacial, aproximando-se assim da teoria relacional do hipocampo. Apesar de a associação encontrada neste estudo se restringir a um nível comportamental, é plausível que esta associação possa estar relacionada com a activação do hipocampo, já que em tarefas semelhantes foi observada uma activação desta estrutura, quer seja no desempenho de tarefas espaciais em ambiente virtual (Brown *et al*, 2010; Doeller *et al* 2008; Wolbers & Büchel, 2005) como no desempenho de tarefas de inferências associativas sem contexto espacial (Preston *et al*, 2004; Zeithamova & Preston, 2010; Zeithamova *et al*, 2012). Contudo, a generalização destes resultados para todo o tipo de raciocínio inferencial pode ser precoce, pois o paradigma utilizado para avaliar a memória inferencial, ao contrário do utilizado para avaliar a orientação espacial, não expõe uma utilização da memória inferencial a larga escala. Ou seja, não tem em consideração todo um contexto lógico onde faça sentido a utilização deste tipo de raciocínio inferencial, como acontece no dia-a-dia, reduzindo-se a associações entre imagens sem qualquer relação entre si. Numa tentativa de expandir esta memória associativa inferencial a uma escala semelhante à avaliada na navegação espacial em ambiente virtual, Kumaran & Maguire (2005) não observaram uma activação tão proeminente do hipocampo nas tarefas relacionais em contexto não-espacial (foi utilizado um contexto social) como nas tarefas relacionais em contexto espacial. Estes resultados levantam algumas questões acerca do papel do hipocampo nesta memória relacional já que em tarefas mais simplistas onde é necessário apenas o processamento de pares de imagens associadas entre si, o hipocampo parece ter um papel essencial e a sua activação ser evidente (Preston *et al*, 2004; Zeithamova & Preston, 2010; Zeithamova *et al*, 2012).

Em suma, no presente estudo, a correlação comportamental encontrada entre os dois tipos de tarefas, sugere um possível padrão neurofuncional semelhante, nomeadamente no que respeita à activação do hipocampo, já que tanto em estudos lesionais como de neuroimagem funcional é identificada a relevância desta estrutura no desempenho de tarefas semelhantes às aqui utilizadas. Uma questão que fica por explorar é a verificação de uma correlação comportamental semelhante à aqui verificada, mas utilizando uma tarefa de memória inferencial a larga escala, onde aparentemente o hipocampo não parece ter tido envolvimento.

A segunda questão estudada, assenta na teoria do mapa cognitivo de O'Keefe & Nadel (1978) promovida pela descoberta das *place cells* ao nível do hipocampo, as quais funcionam como unidades de mapeamento do espaço e de suporte à sua representação allocêntrica. Segundo esta teoria, as

competências de orientação aloentrica seriam sobretudo processadas ao nível do hipocampo. No nosso estudo, apesar de se ter observado a correlação entre as capacidades de orientação tanto aloentrica como egocêntrica e o desempenho do paradigma de inferências associativas, a correlação com orientação aloentrica é significativamente maior do que com a egocêntrica. Este achado vai ao encontro da teoria do mapa cognitivo, já que dentro dos dois tipos de orientação, a aloentrica parece recorrer mais às estruturas hipocampais do que a egocêntrica que estará mais alocada à área 7a e outras regiões do córtex parietal (Byrne *et al*, 2007). Esta organização neurofuncional poderá explicar o facto de existir uma maior correlação entre as inferências associativas e a orientação aloentrica em detrimento da egocêntrica.

A memória, assim como outros aspectos cognitivos, é essencial para a construção eficaz de uma representação egocêntrica e aloentrica do espaço (Montello, 2005), admitindo-se a possibilidade de esta poder exercer influência sobre as capacidades de orientação. Na verdade, a memória tem vindo a ser relacionado com quase todas as outras funções cognitivas, em particular, a memória de trabalho tem vindo a revelar-se como uma capacidade predictiva da performance de vários domínios cognitivos, como, por exemplo, nas funções executivas (Miyake *et al*, 2001), ou na inteligência fluída (Fukuda *et al*, 2010), ou, mais generalizadamente, na própria aptidão escolar (Cowan *et al*, 2005). No fundo, a memória parece ter uma influência no global funcionamento cognitivo. No nosso estudo não houve uma específica avaliação da memória de trabalho, mas, ainda assim, sentiu-se a necessidade de perceber se a correlação comportamental estabelecida seria simplesmente explicada pela variação das capacidades de memória associativa inferencial ou se, pelo contrário, a associação com o desempenho das tarefas de orientação seria também explicada pela capacidade de memória associativa não-inferencial, já que esta também se apresentava correlacionada com as tarefas de orientação egocêntrica ($r = -0,389$; $p = 0,031$) e com as tarefas de orientação aloentrica ($r = -0,713$; $p < 0,001$), ainda que em menor intensidade. Quando testada correlação entre o desempenho das provas de inferências associativas e as provas de orientação, mas desta vez tendo como variável de controlo a performance de memória associativa não-inferencial, verificou-se a perda dessa correlação com a orientação egocêntrica ($r = -0,237$; $p = 0,207$), no entanto, mantendo-se uma correlação moderada com a orientação aloentrica ($r = -0,502$; $p = 0,005$). Estes resultados sugerem que, para além da variabilidade da memória associativa não-inferencial, e eliminando a sua influência estatística, a variação nas associações inferenciais ainda está associada às variações da performance aloentrica nas provas de orientação.

Marginalmente aos objectivos centrais deste estudo ainda foi possível corroborar com os dados recolhidos a grande variabilidade do desempenho das tarefas de inferências associativas. Tal como sugerido em Zeithamova *et al* (2010), a variabilidade entre a capacidade de fazer associações indirectas entre pares de objectos memorizados encontra-se 47% a 100%, sendo 33% um resultado expectável no caso de o teste ser desempenhado de forma aleatória. Parece que existem sujeitos normais que apresentam boa capacidade de memória inferencial, no que diz respeito à performance de paradigmas de inferências associativas – *good performers*, e indivíduos mais fracos na resolução deste tipo de tarefas

– *poor/bad performers*. Neste estudo, utilizando 90% como um ponto de corte, houve uma tentativa de agrupar a amostra nestas duas categorias. Comparando os dois grupos, as diferenças relativamente ao desempenho de tarefas de orientação só se revelaram significativas para as provas aloclétricas, $t(24.2)=3.14$; $p_value = 0,004$), com os *bad performers* a apresentarem médias de erro maiores de resposta na orientação. Estes resultados indiciam, mais uma vez, um estreitamento comportamental entre a orientação aloclétrica e a memória inferencial, aproximando-se assim da teoria do mapa cognitivo.

Foi ainda utilizado neste estudo um instrumento subjectivo de auto-avaliação das capacidades de orientação e navegação espacial, o *Wayfinding Questionnaire*. Esta medida secundária à avaliação das capacidades de orientação e navegação espacial, serviu para perceber paralelamente se haveria indícios de ser um método de avaliação sensível às diferenças destas capacidades cognitivas numa população normal, já que a sua construção e validade se destina à avaliação de indivíduos com queixas de desorientação após AVC (Claessen *et al*, 2016; Rooij *et al*, 2019). Para a amostra recolhida, não se verificaram quaisquer correlações entre a auto-classificação dos participantes nesta escala e as suas performances nas tarefas de orientação espacial em ambiente virtual, indiciando uma fraca sensibilidade deste instrumento para uma população sem patologia. Contudo a amostra recolhida não apresenta um número suficiente que permita retirar conclusões, sendo de interesse a repetição desta avaliação paraa uma amostra mais alargada.

Considerações Finais

A exploração neste estudo das relações entre a memória inferencial e a capacidade de orientação assenta em paradigmas que tentam isolar as capacidades de orientação egocêntrica e allocêntrica. Como apontado no enquadramento teórico, esta separação, ainda que aceite na comunidade científica, não é completamente linear. Aqui apesar da validade destas provas do tipo *JRD* serem consideradas como tarefas que requerem a utilização maioritária de estratégias de orientação allocêntrica, experimentalmente é difícil isolar este tipo de orientação numa tarefa cognitiva, pelo que se prevê a existência de uma interação deste tipo de orientação com as representações mais egocêntricas (Ekstrom *et al*, 2014). Este factor não pode então ser desconsiderado como um viés à própria avaliação allocêntrica, salientando-se a importância de uma contínua investigação a paradigmas experimentais de avaliação deste tipo de orientação.

No cerne desta investigação estão duas teorias, que, pela literatura, podem ser consideradas concorrentes: a teoria relacional e a teoria do mapa cognitivo. Enquanto nesta segunda, o hipocampo é considerado como a estrutura fulcral no mapeamento espacial, servindo de suporte às funções de orientação e navegação (particularmente no que toca ao referencial allocêntrico), na primeira teoria, mais global, considera-se o estabelecimento das relações entre informações espaciais apenas como um exemplo de um processo relacional mediado pelo hipocampo, estendendo-se o papel desta estrutura ao estabelecimento de relações entre outras modalidades de informação que não só a espacial.

Os dados obtidos neste estudo comportamental acabam por fazer contribuições a favor de ambas as teorias. Se por um lado a correlação de performances entre as tarefas de orientação e as de memória inferencial sugira que ambas as funções cognitivas possam ter um processamento semelhante, como aceite pela teoria relacional, por outro lado, a correlação significativamente mais forte com as tarefas de orientação allocêntrica comparada com as de orientação egocêntrica sugere que este tipo de representações espaciais allocêntricas estejam mais relacionadas com o hipocampo, como defendido na teoria do mapa cognitivo. Ou seja, admitindo a hipótese de o hipocampo ser realmente a principal estrutura responsável pela performance destas tarefas cognitivas, como defende a teoria relacional, para um indivíduo com boa capacidade de orientação seria expectável que também esse apresentasse uma boa capacidade de raciocínio inferencial fora de um contexto espacial, hipótese esta corroborada pelos dados apresentados. Contudo, o franco estreitamento com a orientação especificamente allocêntrica, encontrado nos dados desta amostra, satisfaz um dos pressupostos da teoria do mapa cognitivo. Por outro lado, esta aproximação comportamental à orientação allocêntrica aqui encontrada desvia-se dos estudos Maguire & Mullaly (2013), que, apesar de concordarem com a formação de representações espaciais ao nível do hipocampo, essas representações seriam do tipo mais egocêntrico.

Este estudo dedicou-se a estudar a relação comportamental entre o desempenho destes dois tipos de tarefas cognitivas. O facto de se pressupor que o resultado da performance destas tarefas seja o reflexo da existência de indivíduos melhores ou piores “utilizadores” do seu próprio hipocampo torna-se um pouco redutor pois estas estruturas funcionam em rede, estando aqui envolvida uma quantidade muito mais abrangente de áreas cerebrais. Assim, a extrapolação dos resultados com objectivo de reforçar ou refutar teorias está bastante limitada, podendo os resultados aqui apresentados ser úteis se encarados como um ponto de partida para a elaboração de novos estudos.

Limitações ao estudo

Para além das limitações já referidas durante o enquadramento teórico, inerentes ao incompleto conhecimento teórico e experimental dos próprios domínios cognitivos aqui explorados, também é necessário enumerar algumas limitações relativamente à metodologia usada na presente investigação.

A primeira limitação, ou sugestão de melhoria, assenta no aumento do N da amostra de forma a reforçar as próprias conclusões do estudo.

Outra limitação do estudo diz respeito à prova de navegação em ambiente virtual. A associação explorada entre as capacidades de memória inferencial e as habilidades de navegação espacial circunscreveu-se, nesta segunda, apenas às capacidades de resolução de tarefas de orientação egocêntrica e allocêntrica. Apesar de a fase de estudo desta prova ter tido como base uma tarefa de navegação espacial, os testes específicos que pretendiam avaliar a capacidade de navegação espacial não mostraram ser sensíveis à variação entre sujeitos. Uma das razões possíveis, tendo em conta comentários dos participantes, é a descaracterização dos edifícios tidos como pontos de interesse. Esta, não impedia a sua identificação aquando a passagem do sujeito pelas suas imediações. Para contornar esta questão, ao invés da descaracterização dos edifícios, estes poderiam ter sido substituídos por edifícios semelhantes aos das imediações para evitar a sua detecção pelo contraste com o meio envolvente. Da mesma forma, a medida objectiva de performance assentou na distância relativa entre o local em que o sujeito se encontrava e o local do ponto de interesse se encontrava, não valorizando o percurso realizado para chegar ao destino, estratégia fortemente considerada quando se fala em capacidade de navegação espacial. Esta limitação é um ponto fulcral a ser resolvida numa futura utilização da tarefa, na medida em que as capacidades de orientação egocêntrica e allocêntrica estão na base das capacidades de navegação, porém a navegação em si é um processo mais abrangente.

Por fim, como já foi anteriormente sugerido, as duas tarefas envolvidas no estudo avaliam dois tipos de capacidades cognitivas a uma diferente escala. Enquanto a tarefa de orientação e navegação espacial pretendeu simular uma situação realista de navegação, a tarefa de raciocínio inferencial apresentava uma linha mais simplificada do que são os processos de inferências associativas, um pouco mais afastadas das associações feitas numa situação real, com todas as suas interferências contextuais.

Referências Bibliográficas

- Able, K. P. (2000) The concepts and terminology of bird navigation. *Journal of Avian Biology* 32: 174–183;
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In K. W. Spence & J. T. Spence (Eds). *The psychology of learning and motivation*, 2;
- Anacta, V. J., Schwering, A., Li, R. & Muenzer, S. (2017) Orientation information in wayfinding instructions: evidences from human verbal and visual instructions. *GeoJournal* 82: 567-583;
- Baddeley, A., Eysenck, M. & Anderson, M. (2009) *Memory*. New York: Psychology Press;
- Bartlett, F. C. (1995). *Remembering: A study in experimental and social psychology*. Cambridge University Press (Obra original publicada em 1932);
- Binder, J. R., Desai, R. H., Graves, W. W., & Conant, L. L. (2009) Where Is the Semantic System? A Critical Review and Meta-Analysis of 120 Functional Neuroimaging Studies. *Cerebral Cortex* 19(12): 2767–2796;
- Brewer, W. F. (2000a). Bartlett, functionalism, and modern schema theories. *The Journal of Mind and Behaviour*, 21, 37-44;
- Brown, T. I., Ross, R. S., Keller, J. B., Hasselmo, M. E. & Stern, C. E. (2010). Which way was I going? Contextual retrieval supports the disambiguation of well learned overlapping navigational routes. *Journal of Neuroscience* 30(21): 7414–7422;
- Buckner, R.L. (2010). The role of the hippocampus in prediction and imagination. *Annu. rev. psychol.* 61: 27–48;
- Burgess, N. (2006). Spatial memory: How egocentric and allocentric combine. *Trends in Cognitive Sciences* 10 (12): 551–557;
- Burgess, N., Spiers, H. J. & Paleologou, E. (2004) Orientational manoeuvres in the dark: dissociating allocentric and egocentric influences on spatial memory. *Cognition* 94: 149–166;
- Burton, S., Murphy, D., Qureshi, U., Sutton, P. & O’Keefe J (2000) Combined lesions of hippocampus and subiculum do not produce deficits in a non- spatial social olfactory memory task. *J Neurosci* 20: 5468 –5475;

- Buzsáki G & Moser E. I. (2013) Memory, navigation and theta rhythm in the hippocampal-entorhinal system. *Nature Neurosci.* 16: 130–138;
- Byrne, P., Becker, S., & Burgess, N. (2007) Remembering the past and imagining the future: a neural model of spatial memory and imagery. *Psychol* 114: 340–375;
- Claessen, M.H., Visser-Meily, J. M., Rooij, N. K., Postma, A. & van der Ham, I. J. (2016) The Wayfinding Questionnaire as a Self-report Screening Instrument for Navigation-related Complaints After Stroke: Internal Validity in Healthy Respondents and Chronic Mild Stroke Patients. *Archives of Clinical Neuropsychology*: 1-16;
- Cohen, N. J. & Eichenbaum, H. (1993) *Memory, Amnesia, and the Hippocampal System*. Cambridge, MA: M.I.T. Press;
- Cowan, N., Elliot, E., Saults, J., Morey, C., Mattox, S., Hismjatullina, A. & Conwa, A. (2005) On the capacity of attention: Its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. *Cognitive Psychology* 51: 42–100;
- Chen, G., King, J.A., Burgess, N., & O’Keefe, J. (2013) How vision and movement combine in the hippocampal place code. *PNAS* 110: 378–383;
- Cushman, L. A., Stein, K. & Duffy, C. J. (2008) Detecting navigational deficits in cognitive aging and Alzheimer disease using virtual reality. *Neurology* 71: 888–895;
- Damasio, H., Tranel, D., Grabowski, T., Adolphs, R., & Damasio, A. (2004) Neural systems behind word and concept retrieval. *Cognition* 92(1-2): 179–229;
- Doeller, C. F., King, J. A., & Burgess, N. (2008) Parallel striatal and hippocampal systems for landmarks and boundaries in spatial memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105 (15): 5915–5920; Chrastil, E. R. (2013) Neural evidence supports a novel framework for spatial navigation. *Psychon Bull Rev* 20: 208-227;
- Duff, M. C., Hengst, J., Tranel, D. & Cohen, N. J. (2006) Development of shared information in communication despite hippocampal amnesia. *Nature Neuroscience* 9(1): 140–146;
- Ebbinghaus, H. (1885). *Memory: A contribution to experimental psychology* (HA Ruger & CE Bussenius, Trans.) - New York: Teachers College, Columbia University. (Original publicado em 1913) [em psychclassics.yorku.ca/Ebbinghaus/memory3.htm](http://em.psychclassics.yorku.ca/Ebbinghaus/memory3.htm)
- Eichenbaum, H. (1999) The hippocampus and mechanisms of declarative memory. *Behav. Brain Res.* 103: 123–133;

- Eichenbaum, H (2004) Hippocampus: cognitive processes and neural representations that underlie declarative memory. *Neuron* 44:109–120;
- Eichenbaum, H. & Cohen N. J. (2014) Can we reconcile the declarative memory and spatial navigation views on hippocampal function? *Neuron*. 83(4): 764–770;
- Eichenbaum, H., Dudchencko, P., Wood, E., Shapiro, M. & Tanila, H. (1999) The hippocampus, memory, and place cells: Is it spatial memory or a memory space? *Neuron*. 23: 209–226;
- Ekstrom, A. D., Arnold, A. E. & 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: 1-13;
- Ekstrom, A.D., Kahana, M.J., Caplan, J.B., Fields, T.A., Isham, E.A., Newman, E.L. & Fried, I. (2003) Cellular networks underlying human spatial navigation. *Nature* 425: 184–188;
- Folstein, M., Folstein, S.E. & McHugh, P.R. (1975) “Mini-Mental State” a Practical Method for Grading the Cognitive State of Patients for the Clinician. *Journal of Psychiatric Research* 12(3):189-198;
- Fyhn, M., Hafting, T., Treves, A., Moser, E. & Moser, M. (2007) Hippocampal remapping and grid realignment in entorhinal cortex. *Nature* 446: 190–194;
- Fyhn, M., Molden, S., Witter, M.P., Moser, E. & Moser, M. (2004) Spatial representation in the entorhinal cortex. *Science* 305: 1258–1264;
- Frank, M.J., Rudy, J.W., Levy, W. B. & O’Reilly, R.C. (2005) When logic fails: Implicit transitive inference in humans. *Memory & Cognition* 33(4): 742-750;
- Fukuda, K., Vogel, E., Mayr, U. & Awh, E. (2010) Quantity, not quality: The relationship between fluid intelligence and working memory capacity. *Psychonomic Bulletin & Review* 175: 673–679;
- Gilbert, P. & Kesner, R. (2002) Role of the rodent hippocampus in paired- associate learning involving associations between a stimulus and a spatial location. *Behav Neurosci* 116: 63–71;
- Gillner, S. & Mallot, H. A. (1998) Navigation and acquisition of spatial knowledge in a virtual maze. *J Cognitive Neurosciences* 10: 445–463;
- Ginó, S., Mendes, T., Ribeiro, F., Mendonça, A., Guerreiro, M. & Garcia, C. (2007) Escala de Queixas de Memória in A. Mendonça & M. Guerreiro (Eds.) *Escalas e testes na demência* (pp 117-120) Lisboa: GEECD;

- Golob, E. J.; Taube, J. S. (1999) Head direction cells in rats with hippocampal or overlying neocortical lesions: evidence for impaired angular path integration. *The Journal of Neuroscience* **19** (16): 7198–7211;
- Grant, S.C. & Magee, L. E. (1998) Contributions of proprioception to navigation in virtual environments. *J Hum Factors Ergon Soc* 40: 489–497;
- Harvey, C.D., Coen, P. & Tank, D.W. (2012) Choice-specific sequences in parietal cortex during a virtual-navigation decision task. *Nature* 484: 62–68;
- Heckers, S., Zalesak, M., Weiss, A. P., Ditman, T. & Titone, D. (2004) Hippocampal activation during transitive inference in humans. *Hippocampus* 14: 153–162;
- Hegarty, M., Montello, D.R., Richardson, A.E., Ishikawa, T. & Lovelace, K. (2006) Spatial abilities at different scales: individual differences in aptitude-test performance and spatial-layout learning. *Intelligence* 34: 151–176;
- Hinkle, D.E., Wiersma, W. & Jurs, S.G. (2003) *Applied Statistics for the Behavioral Sciences*. 5th ed. Boston: Houghton Mifflin;
- Iordanova, M.D., Good, M. & Honey, R.C. (2011) Retrieval-mediated learning involving episodes requires synaptic plasticity in the hippocampus. *J. Neurosci.* 31: 7156–7162;
- Ishikawa T. and Montello, D. R. (2006) Spatial knowledge acquisition from direct experience in the environment: Individual differences in the development of metric knowledge and the integration of separately learned places. *Cognitive Psychology* 52(2): 93–129;
- Jacob, P., Casali, G., Spieser, L., Page, H., Overington, D. & Jeffery, K. (2016) An independent, landmark-dominated head-direction signal in dysgranular retrosplenial cortex. *Nature Neuroscience* 20 (2): 173–175;
- Janzen G. & van Turenout, M. (2004) Selective neural representation of objects relevant for navigation. *Nature Neuroscience* 7(6): 673–677;
- Kipps, C. M., Hodges, J. R., (2005). Cognitive assessment for clinicians. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 76(1), 22-30;
- Klein, S.B., Cosmides, L., Tooby, J., & Chance, S. (2002) Decisions and the evolution of memory: multiple systems, multiple functions. *Psychol. Rev.* 109: 306–329;

- Konkel, A. & Cohen, N. J. (2009) Relational memory and the hippocampus: representations and methods. *Front Neurosci.* 3: 166–174;
- Kuhl, B.A., Shah, A.T., DuBrow, S., & Wagner, A.D. (2010) Resistance to forgetting associated with hippocampus-mediated reactivation during new learning. *Nat. Neurosci.* 13: 501–506;
- Kumaran, D. & Maguire, E. A. (2005) The Human Hippocampus: Cognitive Maps or Relational Memory? *The Journal of Neuroscience* 25(31): 7254–7259;
- Langston, R.F. & Wood, E.R. (2010) Associative recognition and the hippocampus: Differential effects of hippocampal lesions on object-place, object-context and object-place-context memory. *Hippocampus.* 20: 1139–1153;
- Ludvig, N., Tanga, H. M., Gohilb, B. C. & Boteroc, J. M. (2004) Detecting location-specific neuronal firing rate increases in the hippocampus of freely-moving monkeys. *Brain research:* 97–109;
- Maguire, E. A., Frackowiak, R. S. J., & Frith, C. D. (1997). Recalling routes around London: Activation of the right hippocampus in taxi drivers. *Journal of Neuroscience* 17(18): 7103–7110;
- Maguire, E. A., Gadian, D. G., Johnsrude, I. S., Good, C. D., Ashburner, J., Frackowiak, R. S. & Frith, C. D. (2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97(8): 4398–4403;
- Maguire, E.A. & Mullally, S.L. (2013) The hippocampus: A manifesto for change. *J Exptl Psych Gen.* 142:1180–1189;
- Maguire, E. A., Woollett, K. & Spiers, H. (2006). London taxi drivers and bus drivers: A structural MRI and neuropsychological analysis. *Hippocampus* 16: 1091–1101;
- McClelland, J. L., McNaughton, B. L. & O'Reilly, R. C. (1995). Why there are complementary learning systems in the hippocampus and neocortex: insights from the successes and failures of connectionist models of learning and memory. *Psychological review*, 102(3): 419;
- McNaughton, B. L., Battaglia, F. P., Jensen, O., Moser, E. & Moser, M. (2006) Path integration and the neural basis of the ‘cognitive map’. *Nature Reviews Neuroscience* 7: 663–678;
- Milivojevic, B. & Doeller, C. F. (2013) Mnemonic networks in the hippocampal formation: from spatial maps to temporal and conceptual codes. *J Exptl Psych Gen.* 142: 1231–1241;

- Miyake, A., Friedman, N., Rettinger, D., Priti, S. & Hegarty M. (2001) How are visuospatial working memory, executive functioning and spatial abilities related? A latent variable analysis. *Journal of Experimental Psychology* 130: 621–640;
- Montello, D. R. (2005) Navigation. in Shah, P. & Miyake, A. (eds.) *The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking*. Cambridge University Press, NY, USA, pp. 257–294;
- Myers, C. E., Shohamy, D., Gluck, M. A., Grossman, S., Kluger, A., Ferris, S., Golomb, J., Schnirman, G., & Schwartz, R. (2003) Dissociating hippocampal versus basal ganglia contributions to learning and transfer. *J. Cogn. Neurosci.* 15: 185–193;
- Neath, I., & Surprenant, A. M. (2003). *Human Memory: An Introduction to Research, Data, and Theory, Second edition*. Belmont, CA: Wadsworth;
- O'Keefe, J (1999) Do hippocampal pyramidal cells signal non-spatial as well as spatial information? *Hippocampus* 9: 352–364;
- O'Kane, J., Kensinger, E. A. & Corkin, S. (2004) Evidence for semantic learning in profound amnesia: An investigation with patient H.M. *Hippocampus* 14(4): 417–425;
- 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;
- O'Keefe, J. & Nadel, L. (1978) *The hippocampus as a cognitive map*. Oxford: Oxford UP;
- Preston, A. R., Shrager, Y., Dudukovic, N. M., & Gabrieli, J. D. (2004) Hippocampal contribution to the novel use of relational information in declarative memory. *Hippocampus* 14: 148–152;
- Ranganath, C., Heller, A., Cohen, M.X., Brozinsky, C.J., & Rissman, J. (2005) Functional connectivity with the hippocampus during successful memory formation. *Hippocampus* 15: 997–1005;
- Rizzo, A., Schultheis, M., Kerns, K. & Mateer, C. (2004) Analysis of assets for virtual reality applications in neuropsychology. *Neuropsychol Rehabil* 14: 207–239;
- Rooij, N. K., Claessen, M. H., Van der Ham, I. J., Post, M. & Visser-Meily, J. M. (2019) The Wayfinding Questionnaire: A clinically useful self-report instrument to identify navigation complaints in stroke patients. *Neuropsychol Rehabil* 29: 1042-1061;
- Rose, F.D., Brooks, B.M. & Attree, E.A. (2002) An exploratory investigation into the usability and usefulness of training people with learning disabilities in a virtual environment. *Disabil Rehabil* 24:627–633;

- Rosenbaum, R. S., Ziegler, M., Winocur, G., Grady, C. L., & Moscovitch, M. (2004) I have often walked down this street before: fMRI studies of the hippocampus and other structures during mental navigation of an old environment. *Hippocampus* 14: 826–835;
- Salthouse, T. A. (2019) Trajectories of normal cognitive aging. *Psychology and Aging*, 34(1): 17-24;
- Scoville, W. B. & Milner, B. (1957) Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry* 20(1): 11;
- Sharon, T., Moscovitch, M., & Gilboa, A. (2011) Rapid neocortical acquisition of long-term arbitrary associations independent of the hippocampus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(3): 1146–1151;
- Shohamy, D. & Wagner, A. D. (2008) Integrating memories in the human brain: hippocampal- midbrain encoding of overlapping events. *Neuron* 60: 378–389;
- Siegel, A. W., & White, S. H. (1975) The development of spatial representations of large-scale environments,” in *Advances in Child Development and Behavior*, ed. H. W. Reese (New York, NY: Academic Press);
- Simons, D.J. & Wang, R.F. (1998) Perceiving real-world viewpoint changes. *Psychol Sci* 9: 315–320;
- Solstad, T., Boccara, C. N., Kropff, E., Moser, M. & Moser, E. (2008) Representation of Geometric Borders in the Entorhinal Cortex. *science* 322: 1865-1868;
- Squire, L. R. & Alvarez, P. (1995). Retrograde amnesia and memory consolidation: a neurobiological perspective. *Current opinion in neurobiology*, 5(2):169-177;
- Smith, D. & Mizumori, S. (2006) Hippocampal Place Cells, Context, and Episodic Memory. *Hippocampus* 16(9): 716–729;
- Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentation. *Psich Monographs*, 74(11), 1-29;
- Spiers, H. J., & Maguire, E. A. (2006). Thoughts, behaviour, and brain dynamics during navigation in the real world. *NeuroImage* 31: 1826–1840;
- Teng, E. & Squire, L.R. (1999) Memory for places learned long ago is intact after hippocampal damage. *Nature* 400: 675-677;

- Tcheang, L., Bulthoff, H.H. & Burgess, N. (2011) Visual influence on path integration in darkness indicates a multimodal representation of large-scale space. *PNAS* 108: 1152–1157;
- Tse, D., Langston, R.F., Kakeyama, M., Bethus, I., Spooner, P.A., Wood, E.R., Witter, M.P., & Morris, R.G. (2007) Schemas and memory consolidation. *Science* 316: 76–82;
- Tse, D., Takeuchi, T., Kakeyama, M., Kajii, Y., Okuno, H., Tohyama, C., Bito, H., & Morris, R.G. (2011) Schema-dependent gene activation and memory encoding in neocortex. *Science* 333: 891–895;
- Van der Ham, I., Kant, K., Postma, A. & Visser-Meily, J. (2013) Is navigation ability a problem in mild stroke patients? Insights from self-reported navigation measures. *J Rehabil Med* 45: 429–433;
- Waller, D., & Hodgson, E. (2006) Transient and enduring spatial representations under disorientation and self-rotation. *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.* 32: 867–882;
- Wang, R.F. & Simons, D.J. (1999) Active and passive scene recognition across views. *Cognition* 70: 191–210;
- Wang, R. F. & Spelke, E. S. (2000) Updating egocentric representations in human navigation. *Cognition* 77: 215–250;
- Wang, R.F. & Spelke, E.S. (2002) Human spatial representation: insights from animals. *Trends Cogn. Sci.*: 376–382;
- Warren, D. E., & Duff, M. C. (2014). Not so fast: Hippocampal amnesia slows word learning despite successful fast mapping: Amnesia Slows Word Learning Despite Fast Mapping. *Hippocampus* 24(8): 920-33;
- Waugh, N. C. & Norman D. A. (1965). D. Primary Memory. *Psychological Review*, 72, 89- 104;
- Wegman, J. & G. Janzen, (2011) Neural Encoding of Objects Relevant for Navigation and Resting State Correlations with Navigational Ability. *Journal of Cognitive Neuroscience* 23(12): 3841–3854;
- Winter, S., Raubal, M. & C. Nothegger, (2005) Focalizing Measures of Salience for Wayfinding. In: Meng, L., Reichenbacher, T. & A. Zipf (eds.) *Map-based Mobile Services*. Springer, Berlin, Germany, pp. 125–139;
- Wolbers, T. & Büchel, C. (2005) Dissociable retrosplenial and hippocampal contributions to successful formation of survey representations. *Journal of Neuroscience* 25(13): 3333–3340;
- Zhang, H.; Zherdeva, K. & Ekstrom, A. (2014) Different “routes” to a cognitive map: dissociable forms of spatial knowledge derived from route and cartographic map learning. *Mem Cogn* 42: 1106–1117;

Zeithamova, D., Dominick, A. & Preston, A. (2012) Hippocampal and Ventral Medial Prefrontal Activation during Retrieval-Mediated Learning Supports Novel Inference. *Neuron* 75: 168-179;

Zeithamova, D. & Preston, A.R. (2010) Flexible memories: differential roles for medial temporal lobe and prefrontal cortex in cross-episode binding. *J. Neurosci.* 30: 14676–14684;

Zeithamova, D., Schlichting, M. & Preston, A. (2012) The hippocampus and inferential reasoning: building memories to navigate future decisions. *Front. Hum. Neurosci.* 6: 70;

ANEXOS

Anexo 1 - Wayfinding Questionnaire

ID Participante



Wayfinding Questionnaire (WQ)

(a preencher pelo próprio)

As seguintes 22 afirmações referem-se à capacidade de orientação. Para cada uma das afirmações, assinale o número que melhor descreve a sua capacidade de orientação.

Os números de 1 a 7 representam o seguinte:

1	2	3	4	5	6	7
Não se aplica de todo a mim	Quase nunca se aplica a mim	Raramente se aplica a mim	Por vezes aplica-se a mim	Muitas vezes aplica-se a mim	Quase sempre se aplica a mim	Aplica-se completamente a mim

1) Quando estou num edifício pela primeira vez, consigo facilmente indicar a entrada principal.

Não se aplica de todo a mim	1	2	3	4	5	6	7	Aplica-se completamente a mim

2) Se vir um ponto de referência (edifício, monumento, cruzamento) várias vezes, sei exatamente de que lado é que vi este ponto de referência anteriormente.

Não se aplica de todo a mim	1	2	3	4	5	6	7	Aplica-se completamente a mim

3) Numa cidade desconhecida, consigo facilmente ver para onde preciso de ir quando consulto um mapa.

Não se aplica de todo a mim	1	2	3	4	5	6	7	Aplica-se completamente a mim

4) Consigo calcular bem a distância que percorri a andar quando faço um trajeto pela primeira vez, mesmo sem um mapa.

Não se aplica de todo a mim	1	2	3	4	5	6	7	Aplica-se completamente a mim

Original: van der Ham I, et al. J Rehabil Med 2013; 45: 429–433.

Versão Portuguesa: Nascimento Alves P, Albuquerque L, Martins IP; Laboratório de Estudos de Linguagem, Faculdade de Medicina, U. Lisboa, 2018.

ID Participante

5) Consigo estimar bem quanto tempo levarei a percorrer um trajeto numa cidade desconhecida quando o consulto num mapa (com uma legenda e escala).

Não se aplica de todo a mim	1	2	3	4	5	6	7	Aplica-se completamente a mim
-----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------------

6) Consigo sempre orientar-me rápida e corretamente quando estou num ambiente desconhecido.

Não se aplica de todo a mim	1	2	3	4	5	6	7	Aplica-se completamente a mim
-----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------------

7) Quero sempre saber exatamente onde estou (ou seja, estou sempre a tentar orientar-me num ambiente desconhecido).

Não se aplica de todo a mim	1	2	3	4	5	6	7	Aplica-se completamente a mim
-----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------------

8) Tenho medo de me perder num caminho.

Não se aplica de todo a mim	1	2	3	4	5	6	7	Aplica-se completamente a mim
-----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------------

9) Tenho medo de me perder numa cidade desconhecida.

Não se aplica de todo a mim	1	2	3	4	5	6	7	Aplica-se completamente a mim
-----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------------

10) Numa cidade desconhecida, prefiro andar em grupo do que sozinho(a).

Não se aplica de todo a mim	1	2	3	4	5	6	7	Aplica-se completamente a mim
-----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------------

11) Quando me perco, fico nervoso(a).

Não se aplica de todo a mim	1	2	3	4	5	6	7	Aplica-se completamente a mim
-----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------------

Original: van der Ham I, et al. J Rehabil Med 2013; 45: 429–433.

Versão Portuguesa: Nascimento Alves P, Albuquerque L, Martins IP; Laboratório de Estudos de Linguagem, Faculdade de Medicina, U. Lisboa, 2018.

ID Participante

Quão desconfortável se sente nas seguintes situações (afirmações 12, 13 e 14)

12) Ter que decidir para onde ir quando saio de uma estação de comboio, metro ou autocarro.

Nada desconfortável	1	2	3	4	5	6	7	Muito desconfortável
---------------------	---	---	---	---	---	---	---	----------------------

13) Ter que encontrar o caminho que me interessa dentro de um edifício (dentro de um hospital, por exemplo).

Nada desconfortável	1	2	3	4	5	6	7	Muito desconfortável
---------------------	---	---	---	---	---	---	---	----------------------

14) Ter que encontrar o caminho que me interessa para um evento/encontro numa cidade desconhecida ou numa zona da cidade que não conheço.

Nada desconfortável	1	2	3	4	5	6	7	Muito desconfortável
---------------------	---	---	---	---	---	---	---	----------------------

15) Acho assustador ir para um destino onde nunca estive previamente.

Não se aplica de todo a mim	1	2	3	4	5	6	7	Aplica-se completamente a mim
-----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------------

16) Consigo habitualmente recordar-me de um caminho novo depois de o ter feito uma vez.

Não se aplica de todo a mim	1	2	3	4	5	6	7	Aplica-se completamente a mim
-----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------------

17) Sou capaz de calcular distâncias (por exemplo, a distância entre mim e um edifício que estou a ver).

Não se aplica de todo a mim	1	2	3	4	5	6	7	Aplica-se completamente a mim
-----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------------

Original: van der Ham I, et al. J Rehabil Med 2013; 45: 429–433.

Versão Portuguesa: Nascimento Alves P, Albuquerque L, Martins IP; Laboratório de Estudos de Linguagem, Faculdade de Medicina, U. Lisboa, 2018.

ID Participante

18) Sou capaz de perceber e seguir as indicações sobre um percurso.

Não se aplica de todo a mim	1	2	3	4	5	6	7	Aplica-se completamente a mim
-----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------------

19) Sou capaz de dar indicações sobre um determinado percurso (isto é, explicar um caminho a outra pessoa).

Não se aplica de todo a mim	1	2	3	4	5	6	7	Aplica-se completamente a mim
-----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------------

20) Quando saio de uma loja, não preciso de me orientar novamente para saber para onde devo ir.

Não se aplica de todo a mim	1	2	3	4	5	6	7	Aplica-se completamente a mim
-----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------------

21) Gosto de fazer novos caminhos (atalhos, por exemplo) para locais que já conheço.

Não se aplica de todo a mim	1	2	3	4	5	6	7	Aplica-se completamente a mim
-----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------------

22) Consigo facilmente encontrar o caminho mais curto para um destino que já conheço.

Não se aplica de todo a mim	1	2	3	4	5	6	7	Aplica-se completamente a mim
-----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------------

Original: van der Ham I, et al. J Rehabil Med 2013; 45: 429–433.

Versão Portuguesa: Nascimento Alves P, Albuquerque L, Martins IP; Laboratório de Estudos de Linguagem, Faculdade de Medicina, U. Lisboa, 2018.