

***UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE REALIDADE VIRTUAL NÃO-IMERSIVA EM  
CONTEXTO DE REABILITAÇÃO DE INDIVÍDUOS COM TRAUMATISMO CRÂNIO-  
ENCEFÁLICO GRAVE***

Inês Isabel Ferreira Pires

**DISSERTAÇÃO**

Mestrado em Neurociências Cognitivas e Neuropsicologia

**Trabalho realizado sob a orientação de:**

Professora Doutora Alexandra Reis

Professor Doutor Miguel Castelo Branco

**2014**

---

***UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE REALIDADE VIRTUAL NÃO-IMERSIVA EM  
CONTEXTO DE REABILITAÇÃO DE INDIVÍDUOS COM TRAUMATISMO CRÂNIO-  
ENCEFÁLICO GRAVE***

Inês Isabel Ferreira Pires

**DISSERTAÇÃO**

Mestrado em Neurociências Cognitivas e Neuropsicologia

**Trabalho realizado sob a orientação de:**

Professora Doutora Alexandra Reis

Professor Doutor Miguel Castelo Branco

**2014**

---

## DECLARAÇÃO

Declaro a quem possa interessar e para todos os fins de direito ser o autor deste trabalho, que é original e inédito e cujo título é:

*Utilização de técnicas de realidade virtual não-imersiva em contexto de reabilitação de indivíduos com traumatismo crânio-encefálico grave.*

Declaro ainda que os autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

---

## **COPYRIGHT**

A Universidade do Algarve tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicitar este trabalho através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Faro \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Aos meus Pais, por serem o arco de onde, como flecha viva, fui lançada. Pelo sentido de responsabilidade, perseverança e investimento pessoal e profissional que desde sempre me transmitiram. E por todo o apoio emocional e financeiro. Obrigada por me ensinarem a voar sem nunca me terem deixado cair.

## AGRADECIMENTOS

À Professora Doutora Alexandra Reis, por ter acreditado neste projeto, pelo precioso apoio e orientação, pela sua competência científica e, principalmente, pela paciência e dedicação nos momentos de maior preocupação.

Ao Professor Doutor Miguel Castelo Branco, pela sua excelência e humildade, pela confiança e entusiasmo demonstrado, e porque a concretização deste estudo apenas foi possível graças à sua colaboração. O meu mais profundo agradecimento pela coorientação neste projeto.

Aos Engenheiros Marco Simões e Pedro Vaz, pela preciosa colaboração e profissionalismo.

A todos os Profissionais do Centro de Medicina e de Reabilitação da Região Centro – Rovisco Pais, em particular, à Dr.<sup>a</sup> Anabela Pereira e ao Dr.<sup>o</sup> Jorge Laíns, pela aceitação do projeto desta investigação, pela cedência de espaço e de materiais, pelo imprescindível apoio disponibilizado ao longo de muitos meses de recolha de dados e, em especial, pelo profissionalismo e carácter humano que os distingue enquanto pessoas e enquanto profissionais.

A todos os participantes do estudo, pela colaboração voluntária e deliberada na presente investigação.

À Ana Gabriel Marques, pelo apoio e disponibilidade incansável, pelo valiosíssimo estímulo e incentivo proporcionado, pela paixão que partilha pela Neuropsicologia e, sobretudo, pelo espírito de entreajuda e de partilha que a caracterizam.

Ao Professor Doutor Eduardo Santos, o qual teve um papel determinante no meu percurso académico. A ele, atribuo, metaforicamente, a missão de “Guia” neste percurso e devo o sentimento de realização que alcancei.

Por fim, um especial agradecimento a todos aqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a finalização desta etapa e cujo incentivo e apoio emocional foi essencial, em especial família, namorado e amigos.

## RESUMO

Após um traumatismo crânio-encefálico (TCE) é frequente ocorrer comprometimento cognitivo acentuado, em particular das funções executivas (FE). As perturbações do funcionamento executivo tendem a resultar em comprometimento cognitivo, emocional, social e comportamental acentuado, constituindo por isso um importante obstáculo à inserção/participação social e profissional dos indivíduos afetados por esta patologia. Por esta razão, nas últimas décadas tem-se verificado um crescente interesse pelo desenvolvimento e utilização de técnicas de reabilitação neurocognitiva alternativas que permitam superar, em termos de eficácia, as convencionais técnicas baseadas em “lápiz e papel”. A utilização de *softwares* baseados em sistemas de realidade virtual (RV), em particular, veio fornecer novas perspetivas para o campo da reabilitação neurocognitiva, representando uma promissora ferramenta para o tratamento das FE em indivíduos vítimas de TCE. Dentre os vários ambientes virtuais desenvolvidos até ao momento, a utilização de supermercados virtuais (SVs) tem-se revelado uma ferramenta eficaz para a avaliação e tratamento de perturbações nas FE. Todavia, os estudos realizados até à data incidiram maioritariamente sobre a utilização de SVs para fins de avaliação e pouco se sabe sobre a aplicabilidade destes ambientes em contexto de reabilitação. O objetivo do presente estudo foi verificar a aplicabilidade e a eficácia de uma ferramenta de RV não-imersiva (*Neurohome*) para a remediação das FE em indivíduos com TCE grave resultante de acidente de viação, e comparar os resultados obtidos com aqueles alcançados a partir de um programa de intervenção convencional, sem recurso a ambientes virtuais ecológicos. Para tal, dez sujeitos foram divididos em dois grupos (grupo experimental – GE Vs grupo de controlo - GC) e cada grupo foi exposto a 24 sessões de reabilitação neurocognitiva, cada uma com uma duração de 45 minutos, três vezes por semana, ao longo de oito semanas. Os participantes do GE receberam um programa de reabilitação com base numa ferramenta de RV não-imersiva, o *Neurohome*. Os participantes do GC receberam um programa de reabilitação convencional sem recurso a técnicas de RV. Todos os participantes dos grupos foram sujeitos a uma extensa avaliação neurocognitiva, antes e após a intervenção, de forma a averiguar possíveis ganhos. Os resultados do estudo indicam que o *Neurohome* constitui uma ferramenta eficaz para o tratamento das FE em indivíduos com TCE grave, com valor relativamente equivalente às técnicas convencionais, representando assim uma promissora ferramenta para a reabilitação neurocognitiva desta população.

**Palavras-chave:** Funções Executivas; Traumatismos Crânio-Encefálicos; Acidentes de Viação; Reabilitação Cognitiva; Realidade Virtual.

## **ABSTRACT**

After traumatic brain injury (TBI) often accentuated cognitive impairment occurs, particularly at the level of executive functions (EFs). Disturbances in executive functioning tend to significantly interfere with the independent functioning of affected individuals and constitute a major obstacle to their inclusion / participation in social and professional context. For this reason, in recent decades there has been a growing interest in the development and use of alternative neuropsychological rehabilitation techniques to overcome, in terms of efficiency, the conventional "paper and pencil" techniques. The use of virtual reality (VR) based systems in particular, came to provide new perspectives to the field of neuropsychological rehabilitation, representing a promising tool for the treatment of EFs in individuals suffer from TBI. Among the variety of developed virtual environments developed, the use of virtual supermarkets (SVs) has proved an effective tool for the evaluation and treatment of FE disorders. However, studies to date have focused mainly on the use of SVs for evaluation purposes and little is known about the applicability of these environments in the context of rehabilitation. The aim of this study was to verify the applicability and the effectiveness of a tool for non-immersive VR (*Neurohome*) for remediation of impairment of EF in individuals with severe TBI resulting from a traffic accident, and compare the results with those obtained from a program of conventional intervention, without recourse to ecological virtual environments. For this, ten subjects were divided into two groups (experimental group and control group) and each group was exposed to 24 neurocognitive rehabilitation sessions, during 45 minutes, three times a week over eight weeks. The participants of the EG received a rehabilitation program based on a non-immersive VR tool, the *Neurohome*. Participants in the CG received a conventional rehabilitation program. Both groups were subjected to an extensive neuropsychological assessment before and after the intervention, in order to ascertain possible gains. Results revealed that *Neurohome* is an effective tool for the treatment of EF in individuals with severe TBI, with relatively equivalent value to conventional techniques, representing a promising tool for neurocognitive rehabilitation of this population.

**Keywords:** Executive Functions; Traumatic Brain Injury; Road Accidents; Cognitive Rehabilitation; Virtual Reality.

## ÍNDICE

<b>RESUMO</b>	IV
<b>ABSTRACT</b>	V
<b>I. INTRODUÇÃO</b>	1
<b>II. ENQUADRAMENTO TEÓRICO</b>	3
<b>2.1. Traumatismos Crânio-Encefálicos</b>	3
<b>2.2. Funções Executivas em Indivíduos com Traumatismo Crânio-Encefálico</b>	5
<b>2.3. Realidade Virtual Não-Imersiva em Contexto de Reabilitação</b>	9
<b>2.3.1. Realidade Virtual Não-Imersiva e Funções Executivas</b>	12
<b>III. IDENTIFICAÇÃO DOS OBJETIVOS E FORMULAÇÃO DE HIPÓTESES</b>	16
<b>IV. METODOLOGIA</b>	17
<b>4.4. Participantes</b>	17
<b>4.5. Instrumentos</b>	18
<b>4.5.1. Instrumentos para a Avaliação Neuropsicológica</b>	18
<b>4.5.2. Materiais para o Protocolo de Intervenção no Grupo Experimental</b>	24
<b>4.5.2.1. Neurohome</b>	24
<b>4.5.3. Materiais para Protocolo de Intervenção no Grupo de Controlo</b>	26
<b>4.6. Procedimentos</b>	27
<b>V. RESULTADOS</b>	28
<b>VI. DISCUSSÃO</b>	41
<b>VII. CONCLUSÃO</b>	47
<b>VIII. LIMITAÇÕES DO ESTUDO</b>	47
<b>IX. ESTUDOS FUTUROS</b>	48
<b>REFERÊNCIAS</b>	49
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>TABELA 4.1.</b>	Características sociodemográficas da amostra_____	i
<b>TABELA 4.2.</b>	Características clínicas da amostra_____	ii
<b>TABELA 5.1.</b>	Comparação dos resultados brutos e resultados padronizados obtidos por ambos os grupos nas provas de avaliação neuropsicológica no momento Pré-Teste_____	29
<b>TABELA 5.2.</b>	Comparação dos resultados brutos e resultados padronizados obtidos por ambos os grupos nas provas de avaliação neuropsicológica no momento Pós-Teste_____	30
<b>TABELA 5.3.</b>	Comparação entre os resultados brutos e resultados padronizados obtidos pelo GE nas provas de avaliação neurocognitiva realizadas nos momentos Pré-Teste e Pós-Teste_____	33
<b>TABELA 5.4.</b>	Comparação entre os resultados brutos e resultados padronizados obtidos pelo GC nas provas de avaliação neurocognitiva realizadas nos momentos Pré-Teste e Pós-Teste_____	36
<b>TABELA 5.5.</b>	Diferenças entre os resultados brutos e resultados padronizados obtidos por ambos os grupos nas provas de avaliação neurocognitiva realizadas nos momentos Pré-Teste e Pós-Teste_____	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 4.1.</b>	Ambiente Virtual do <i>Neurohome</i> . Plataforma 3D _____	25
<b>Figura 4.2.</b>	Produtos dispostos ao longo das secções do supermercado _____	25
<b>Figura 4.3.</b>	Lista de itens que devem ser memorizados pelos participantes _____	26
<b>Figura 4.4.</b>	Pontuação total calculada automaticamente no final de cada nível _____	26
<b>Figura 5.1.</b>	Comparação entre os resultados brutos obtidos pelo GE nas provas de avaliação neurocognitiva realizadas no momento Pré-Teste e Pós-Teste _____	32
<b>Figura 5.2.</b>	Comparação entre os resultados brutos obtidos pelo GE nas provas de avaliação neurocognitiva realizadas no momento Pré-Teste e Pós-Teste _____	35
<b>Figura 5.3.</b>	Comparação entre os resultados brutos obtidos por ambos os grupos nas provas de avaliação neurocognitiva realizadas no momento Pré-teste e no momento Pós-teste _____	40

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1.</b> Características Sociodemográficas e Clínicas da amostra _____	i
<b>ANEXO 2.</b> Questionário Sociodemográfico _____	iii
<b>ANEXO 3.</b> Resultados de ambos os grupos na prova HADS e no Teste Token _____	vi
<b>ANEXO 4.</b> Consentimento Informado _____	vii

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>CMRRC-RC</b>	Centro de medicina de reabilitação da região centro – Rovisco Pais
<b>COF</b>	Córtex órbito-frontal
<b>CPF</b>	Córtex pré-frontal
<b>CPFDL</b>	Córtex pré-frontal dorsolateral
<b>ECG</b>	Escala de coma de Glasgow
<b>FE</b>	Funções executivas
<b>GC</b>	Grupo de controlo
<b>GE</b>	Grupo experimental
<b>MT</b>	Memória de trabalho
<b>RV</b>	Realidade virtual
<b>SV</b>	Supermercado virtual
<b>TCE</b>	Traumatismo crânio-encefálico

## I. INTRODUÇÃO

Os traumatismos crânio-encefálicos (TCEs) constituem a principal causa de morte e incapacidade em jovens-adultos (Farahvar *et al.*, 2012; Maas, Stocchetti, & Bullock, 2008; Truelle, Fayol, Montreuil, & Chevignard, 2010), representando assim um importante problema de saúde pública (Langlois, Rutland-brown, & Wald, 2006). Com implicações significativas para a qualidade de vida dos indivíduos, a presença de perturbações ao nível das funções executivas (FE) representa uma das sequelas cognitivas mais comuns após TCEs (Cicerone, Levin, Malec, Stuss, & Whyte, 2006; Evans, 2010; McDonald, Flashman, & Saykin, 2002), em particular aqueles decorrentes de acidentes de viação (Bendlin *et al.*, 2008; Bigler & Maxwell, 2011; Dikmen *et al.*, 2009; Stuss, 2011). As perturbações do funcionamento executivo tendem a resultar frequentemente em comprometimento cognitivo, emocional, social e comportamental acentuado (Cicerone, Levin, Malec, Stuss, & Whyte, 2006; Tsaousides & Gordon, 2009) e podem ter um impacto devastador no funcionamento dos indivíduos (Tagliaferri, Compagnone, Korsic, Servadei, & Kraus, 2006; Ulvik & Kvåle, 2012), constituindo um importante obstáculo à sua independência e à sua inserção/participação social e profissional (Benedictus, Spikman, & Van Der Naalt, 2010; Fish *et al.*, 2007; Jacoby *et al.*, 2011; Tsaousides & Gordon, 2009). Por este motivo, é fundamental a existência de esforços terapêuticos contínuos e consistentes que promovam o regresso a uma vida ativa, melhorem a qualidade de vida e fomentem a participação destes indivíduos em casa, no meio profissional e/ou no meio social (Cemich, Kurtz, Mordecai, & Ryan, 2010; Dores *et al.*, 2009; Hart & Evans, 2006; Lam, Man, Tam, & Weiss, 2006).

Todavia, os métodos convencionais de reabilitação neurocognitiva estão geralmente limitados ao treino das FE em contexto dínico/laboratorial e com recurso a tarefas de “lápiz e papel” (Raspelli *et al.*, 2011) as quais possuem reduzida validade ecológica (Bohil, Alicea, & Biocca, 2011; Wilson, 1997) comprometendo a potencial generalização para situações do dia-a-dia. A par disso, a presença de défices neurológicos compromete frequentemente a capacidade dos indivíduos de interagir com o meio ambiente e/ou com situações da vida real (Rose, 1996). O carácter pouco ecológico subjacente aos métodos de intervenção tradicionais e as limitações físicas e cognitivo-funcionais que condicionam a interação destes indivíduos com o ambiente constituem assim fatores contraproducentes para o principal propósito da reabilitação neurocognitiva (Johnson, Traver, Hoffman, Harrison, & Herman, 2013; Rose, Brooks, & Rizzo, 2005) que visa precisamente que estes indivíduos aprendam a planear e executar atividades relevantes para o seu funcionamento na vida diária (Gordon, Cantor, Ashman, & Brown, 2006; Jacoby, *et al.*, 2011). Por conseguinte, existe uma necessidade urgente de implementação de estratégias de reabilitação ecologicamente válidas que permitam superar as principais limitações subjacentes aos métodos convencionais de reabilitação (Yip & Man, 2009).

Os avanços tecnológicos que surgiram nas últimas décadas conduziram a progressos na área da reabilitação neurocognitiva proporcionando o desenvolvimento de modelos de intervenção mais eficazes, comparativamente aos modelos tradicionais de intervenção (Rizzo & Kim, 2005; Sohlberg & Mateer, 2001; Gontkovsky, McDonald, Clark, & Ruwe, 2002). Em particular, a expansão das tecnologias de realidade virtual (RV) e a simultânea redução de custos associados a estes sistemas (Bolas *et al.*, 2012; Mantovani *et al.*, 2003; Rizzo & Kim, 2005), bem como o crescente interesse pelo desenvolvimento de sistemas de RV não-imersivos (Rose, 1996), veio fornecer novas perspetivas para a reabilitação neurocognitiva (Morganti, 2004). Comparativamente a tecnologias de RV imersivas, os sistemas de RV não-imersivos oferecem vantagens em termos de custos e aplicabilidade (Brooks & Rose, 2003) e apresentam menor tempo de desenvolvimento dos *softwares* e melhores condições de implementação (Yang, Hamann, & Aurich, 2011), pelo que se tomam uma opção atraente para a utilização em instituições de reabilitação (Kang *et al.*, 2008). Estas ferramentas permitem o desenvolvimento de ambientes tridimensionais, interativos e controláveis (Bolas *et al.*, 2012; Jacoby *et al.*, 2011; Rizzo, & Wiederhold, 2006) que podem ser utilizados para o treino sistemático de tarefas que incorporam condições de resposta muito semelhantes àsquelas existentes no mundo real (Rizzo, Buckwalter, & Zaag, 2002).

A utilização de tecnologias de RV em contexto de reabilitação oferece assim uma oportunidade para que indivíduos com perturbações neurológicas possam treinar, de forma segura, uma vasta gama de atividades funcionais (e.g. utilização de transportes públicos, preparação de refeições e/ou realização de compras em supermercados) (Rizzo & Wiederhold, 2006; Standen & Brown, 2005) dentro de ambientes virtuais (AV) que parecem, a vários níveis, semelhantes àqueles presentes no mundo real (Rizzo & Kim, 2005). Estes sistemas permitem assim ultrapassar as principais limitações dos métodos de reabilitação tradicionais (Rizzo, Parsons, Kenny, & Buckwalter, 2012; Szentagotai, Opris, & David, 2011), oferecendo entre outras vantagens: maior validade ecológica (Rizzo, Schultheis, Kerns, & Mateer, 2004; Rizzo & Kim, 2005); um elevado nível de controlo experimental (Bohil, Alicea, & Biocca, 2011; Rizzo *et al.*, 2002); a possibilidade de fornecer *feedback* em tempo real (Carelli, Morganti, Weiss, Kizony, & Riva, 2008; Edmans *et al.*, 2009); e/ou de realizar o treino de situações potencialmente perigosas em ambientes seguros e controlados (Laver, George, Ratcliffe, & Crotty, 2011).

Embora a utilização de tecnologias de RV em contexto de reabilitação de indivíduos com lesões neurológicas seja um recurso ainda pouco explorado (Crosbie, Lennon, Basford, & McDonough, 2007; Rose, Brooks, & Rizzo, 2005), nas últimas décadas têm surgido fortes indícios que sustentam a eficácia e a aplicabilidade de sistemas de RV (imersivos e não-imersivos) para a avaliação e tratamento de várias perturbações neurocognitivas resultantes de TCEs (Flanagan, Cantor, & Ashman, 2008; Jacoby *et al.*, 2011; Man, Poon, & Lam, 2013; Rose, Brooks, & Rizzo, 2005),

nomeadamente aquelas relacionadas com as FE (Krch, Koenig, Lavrador, Rizzo, & Chiaravalloti, 2013; Kizony, Josman, Katz, Rand & Weiss, 2009). Com efeito, dentre os vários AVs desenvolvidos até ao momento, a utilização de supermercados virtuais (SV) tem-se revelado uma poderosa ferramenta para a avaliação e tratamento de perturbações ao nível das FE em diversas populações dínicas (ver, por exemplo, Jacoby *et al.*, 2011; Josman, Kizony, Hof, Goldenberg, Weiss e Klinger, 2013; Klinger, Chemin, Lebreton e Marié, 2006; Werner, Rabinowitz, Klinger, Korczyn e Josman, 2009; Rand, Weiss e Katz, 2009). Contudo, os estudos realizados até à data incidiram maioritariamente sobre a utilização de SVs como instrumento de avaliação neurocognitiva e poucos estudos foram realizados com o objetivo de examinar a sua aplicabilidade em contexto de reabilitação (Grewe *et al.*, 2013). Neste sentido, toma-se fundamental o desenvolvimento de estudos que permitam ampliar o reduzido número de evidências existente até ao momento e que permitam determinar a eficácia do treino com ferramentas de RV comparativamente aos resultados obtidos a partir de intervenções com base em métodos de reabilitação convencionais (Cappa *et al.*, 2003; Edmans *et al.*, 2009; Rizzo, Schultheis, Kems, & Mateer, 2004).

Neste contexto, o presente estudo teve como principal objetivo investigar a eficácia de uma ferramenta de RV não-imersiva (*Neurohome*) para a remediação das FE em indivíduos vítimas de TCE grave; e comparar os resultados obtidos com aqueles alcançados a partir de um programa de intervenção convencional, sem recurso a ambientes virtuais ecológicos.

## **II. ENQUADRAMENTO TEÓRICO**

### **2.1. TRAUMATISMOS CRÂNIO-ENCEFÁLICOS**

Os traumatismos crânio-encefálicos (TCEs) resultam de lesões provocadas por uma força mecânica externa que conduz à rutura do tecido cerebral e a eventos patogénicos secundários que medeiam fenómenos de neurodegeneração generalizada (Gaetz, 2004). Quanto à sua classificação, os TCEs podem ser classificados como abertos (i.e., penetrantes) ou fechados (i.e., não-penetrante) (North, Shriver-Lake, Taitt, & Ligler, 2012). Nos abertos ocorre fratura do crânio (por exemplo, devido a arma de fogo) e os fragmentos dos ossos podem penetrar no parênquima cerebral (Gurd, Kischka, & Marshall, 2010). Neste tipo de TCE, geralmente, não ocorre perda de consciência e as alterações neurológicas e neurocognitivas que ocorrem são secundárias à lesão cortical focal (Ardila, 2005). Nos TCEs fechados, apesar de não existir fratura do crânio, podem ocorrer danos neuronais devido a mecanismos de aceleração/desaceleração e/ou forças de inércia ou de contato, sendo que o impacto destes mecanismos no encéfalo pode resultar em pequenas hemorragias, dando origem a hematomas, os quais juntamente com edema, causam pressão sobre outras estruturas cerebrais (Greve & Zink, 2009).

Relativamente à tipologia, as lesões cerebrais provocadas por TCEs podem dividir-se em focais ou difusas, no que se refere à abrangência da lesão; e primárias ou secundárias, no que se refere à localização temporal de instalação da lesão (Woo & Nesathurai, 2000). As lesões focais resultam de forças de contato direto que afetam uma parte pequena e localizada do cérebro e são frequentemente caracterizadas por contusões, hematomas cerebrais ou hemorragias intracranianas, que podem ser detetados através de tomografia computadorizada e/ou ressonância magnética (Graham *et al.*, 2000; Nortje & Menon, 2004). As lesões difusas ocorrem por tensão e estiramento axonal devido a forças de aceleração/desaceleração angular e rotacional e são altamente prevalentes nos casos de TCEs fechados (Albert-Weissenberger & Sirén, 2010). Nestas últimas, se ocorrer lesão por golpe, a lesão cerebral situa-se no ponto de impacto, se ocorrer lesão por contragolpe, a área cerebral afetada localiza-se no lado oposto ao do impacto, uma vez que a cabeça se move quando ocorre o golpe, aumentando assim a velocidade do impacto e multiplicando o número e a gravidade de lesões no cérebro (Kolb & Whishaw, 2003). De referir que os lobos frontal e temporal são particularmente vulneráveis a este tipo de lesões devido à sua proximidade das saliências ósseas (Gurd, Kischka, & Marshall, 2010).

Quanto à localização temporal, as lesões primárias compreendem os danos físicos às estruturas intracranianas que ocorrem imediatamente após o impacto e induzem lesões diretas no parênquima cerebral (tais como contusões, lacerações e lesão axonal difusa), fraturas do crânio e danos vasculares, os quais podem resultar em hemorragias intracranianas e edema vasogénico (Ropper & Brown, 2005). Por sua vez, as lesões secundárias dizem respeito às alterações metabólicas e bioquímicas que ocorrem após o impacto da lesão e caracterizam-se por alterações intracelulares (influxo de cálcio, disfunção mitocondrial, produção de radicais livres de oxigénio e apoptose) e extracelulares (alterações da membrana vascular e acidose extracelular) que originam edema cerebral pós-traumático e conseqüente aumento da pressão intracraniana (Oliveira, Lavrador, Santos, & Antunes, 2012; Rovegno *et al.*, 2011). As lesões secundárias afetam o funcionamento neuronal e podem agravar as lesões primárias ou provocar novos danos, sendo estes normalmente responsáveis pela maior parte das perturbações neurológicas observadas após o TCE (McAllister, 2011). Importa ainda mencionar que o prognóstico de um TCE pode ser determinado em função da gravidade das lesões primárias e da ocorrência de lesões secundárias (Oddo & Gasche, 2009).

No que respeita à gravidade, um TCE é geralmente classificado como grave (3 a 8 pontos), moderado (9 a 13 pontos) ou leve (13 a 15 pontos) de acordo com o nível de consciência, avaliado a partir da Escala de Coma Glasgow (ECG). Relativamente aos TCEs graves, tal como referido, estes poderão apresentar uma pontuação na ECG menor ou igual a 8 pontos e definem-se como uma condição em que o doente permaneceu em coma mais de seis horas e com uma amnésia pós-traumática (APT) de 24 ou mais horas. Após superada uma perda de consciência de 48 horas ou um

período de APT superior a sete dias, o TCE é considerado muito grave (Junqué, Bruna & Mataró, 2003).

As modificações estruturais e funcionais resultantes de um TCE causam, frequentemente, disfunções motoras, cognitivas, da personalidade e/ou do comportamento social, sendo que o grau e extensão dos défices pode variar de indivíduo para indivíduo (Boelen, Spikman, & Fasotti, 2011) em função da gravidade do traumatismo, das características da própria lesão, das zonas afetadas e das características pré-mórbidas, entre outros fatores (Carlozzi, Kisala, & Tulskey, 2011; Novack, Bush, Meythaler, & Canupp, 2001; Sela-Kaufman, Rassovsky, Agranov, Levi, & Vakil, 2013). No que diz respeito às perturbações do funcionamento cognitivo existe claramente uma relação dose-resposta entre a gravidade da lesão cerebral e a gravidade e constância dos defeitos cognitivos a longo prazo (Fisher, 1985). Por conseguinte, TCEs graves resultam frequentemente em perturbações cognitivas acentuadas em diversos domínios cognitivos, em particular ao nível das denominadas funções executivas (Ciurli *et al.*, 2010; Douglas, 2010; Fleming & Strong, 1997; Pavawalla, Schmitter-Edgecombe, & Smith, 2012; Prigatano, 2005).

## **2.2. FUNÇÕES EXECUTIVAS EM INDÍVIDUOS COM TCE**

O termo “*funções executivas*” (FE) refere-se a um constructo neuropsicológico que descreve um vasto conjunto de funções cognitivas (García-Molina, Tirapu-ustárroz, Luna-lario, Ibáñez, & Duque, 2010; Kennedy *et al.*, 2008) que possibilitam a formulação de comportamentos complexos, intencionais e dirigidos a objetivos (Cicerone *et al.*, 2000). Quanto à definição deste conceito, com base na variedade e complexidade das funções que este conceito abrange, alguns autores sugerem a sua divisão em duas componentes principais: FE “*Cold*”, as quais são puramente cognitivas e que incluem entre outras funções o planeamento e resolução de problemas, a flexibilidade cognitiva, o raciocínio abstrato e o controlo inibitório; e FE “*Hot*”, que estão relacionadas com a regulação de aspetos emocionais e sociais e que envolvem o comportamento social, a motivação, bem como processos de tomada de decisão com base em intenções e preferências pessoais (Chan, Shum, Touloupoulou, & Chen, 2008; Hofmann, Schmeichel, & Baddeley, 2012; Zelazo & Muller, 2002). No seu conjunto, estas funções constituem mecanismos de regulação “*top-down*” que permitem o controlo, organização e coordenação de respostas comportamentais e emocionais complexas (Burgess, 2010; García-Molina, Tirapu-Ustárroz, Luna-lario, Ibáñez, & Duque, 2010; Kennedy *et al.*, 2008; Willcutt, Doyle, Nigg, Faraone, & Pennington, 2005), através da regulação de outros sistemas cognitivos mais básicos (Cicerone, Levin, Malec, Stuss, & Whyte, 2006; Kennedy *et al.*, 2008) tais como a memória de trabalho (MT) (McCabe, Roediger, McDaniel, Balota, & Hambrick, 2010) e a atenção (Hofmann, Schmeichel, & Baddeley, 2012; Miyake *et al.*, 2000). Por exemplo, em relação à MT, as FE são

responsáveis pela manutenção e atualização de informações sobre escolhas possíveis na MT e pela integração destes conhecimentos com informações sobre o contexto atual, de forma a identificar uma ação adequada para cada situação (Hofmann, Schmeichel, & Baddeley, 2012; Willcutt, Doyle, Nigg, Faraone, & Pennington, 2005). Em relação aos processos atencionais, estes são igualmente regulados pelas FE, possibilitando assim a manutenção da atenção ao longo do tempo, a organização de informações, o controlo da distração e/ou de fenómenos de interferência (Barkley, 1996; Cicerone, Levin, Malec, Stuss, & Whyte 2006; Hofmann, Schmeichel, & Baddeley, 2012; Miyake *et al.*, 2000; Sohlberg & Mateer, 2001).

Dada a sua complexidade, as FE constituem o mais alto nível de funcionamento cognitivo e são o resultado da ativação simultânea de vários circuitos funcionais que compõem uma rede neuronal amplamente distribuída (Barkley, 1996; Bressler & Menon, 2010; Collette & Van Der Linden, 2002; Sporns & Kotter, 2004) cuja integridade é fundamental para um funcionamento executivo eficaz (Bonnelle *et al.*, 2012). Assim, embora tradicionalmente associadas à atividade dos circuitos pré-frontais (Lipton *et al.*, 2009; Maniadas, Trahanias, & Tani, 2010; Mesulam, 2002; Stuss & Benson, 1986; Stuss & Alexander, 2007), em particular do córtex pré-frontal dorsolateral (CPF DL), cuja atividade está frequentemente associada às FE “Cold” (Krain, Wilson, Arbuckle, Castellanos, & Milham, 2006; Zelazo & Müller, 2002) e do córtex orbitofrontal/ventromedial (COF), o qual está geralmente relacionado com processos executivos “Hot” (Happaney, Zelazo, & Stuss, 2004; Rubia, 2011), as FE não dependem exclusivamente desta região (Baddeley & Wilson, 1988; Seniów, 2012; Stuss, 2006). O Córtex Pré-Frontal (CPF) é efetivamente uma componente vital para o funcionamento executivo, todavia as regiões corticais posteriores, bem como várias estruturas subcorticais cooperam com o CPF para mediar um processamento executivo bem-sucedido (Fitzpatrick & Baum, 2012). Neste sentido, uma lesão em qualquer ponto desta rede neuronal pode resultar em défices cognitivos, comportamentais e/ou de regulação, em maior ou menor grau (Fitzpatrick & Baum, 2012; Hunter, Hinkle, & Edidin, 2012).

No que concerne a lesões neuronais, TCEs graves, em particular aqueles decorrentes de lesões fechadas (ou não-penetrantes), causam frequentemente perturbações no funcionamento executivo (Cicerone, Levin, Malec, Stuss, & Whyte, 2006) uma vez que afetam predominantemente a superfície orbital, ventral e lateral do córtex frontal; os lobos temporais; e as estruturas mais profundas da linha média - incluindo os gânglios da base e a parte rostral do tronco cerebral (Bigler & Maxwell, 2011; Dikmen *et al.*, 2009; Kolb & Whishaw, 2003; McAllister, 2011). A par disso, os mecanismos de aceleração/desaceleração e as forças de inércia ou de contato subjacentes a este tipo de lesão tendem a resultar igualmente na presença de lesão axonal difusa (Albert-Weissenberger & Sirén, 2010), podendo assim afetar igualmente as regiões mais posteriores, bem como várias estruturas subcorticais (Cicerone, Levin, Malec, Stuss, & Whyte, 2006).

Dada a grande heterogeneidade da localização das lesões no CPF e/ou em outras estruturas do encéfalo, as perturbações do funcionamento executivo podem se expressar através de diferentes padrões de comprometimento cognitivo, emocional, social e comportamental (Eslinger, Flaherty-Craig, & Chakara, 2013). Em relação ao comprometimento cognitivo, indivíduos com perturbações nas FE tendem a evidenciar, entre outros sintomas, dificuldade no planeamento de tarefas e na resolução de problemas, reduzida flexibilidade cognitiva e/ou défices no controlo inibitório (Boelen, Spikman, Rietveld, & Fasotti, 2009; Buller, 2010; Cicerone *et al.*, 2000; Godefroy, 2003; Prigatano, 1992; Simões-Franklin, Hester, Shpaner, Foxe & Garavan, 2010; Sohlberg & Mateer, 2001). Por exemplo, a presença de défices de planeamento pode levar o indivíduo a manifestar dificuldade em conceber um plano de forma flexível e adequada às circunstâncias, em iniciar esse mesmo plano, em realizar pela ordem correta os passos necessários para a sua concretização ou em ajustar o plano em função do tempo (Grafman, 2007). Relativamente a alterações ao nível da flexibilidade cognitiva ou do controlo inibitório, estas podem manifestar-se através de um comportamento perseverante, estereotipado ou não-adaptativo, e/ou a partir de défices de regulação e modulação das ações, caracterizados por incapacidade para concretizar mudanças no comportamento em função de novas exigências ambientais e por dificuldade em inibir respostas anteriores/dominantes (Carpenter, Just, & Reichle, 2000; Lezak, Howieson & Loring, 2004). Por sua vez, os processos atencionais podem estar igualmente comprometidos aquando da presença de perturbações no funcionamento executivo. Como resultado, estes indivíduos podem apresentar: dificuldade em direcionar a atenção para um estímulo-alvo e/ou em inibir estímulos/eventos distractores – atenção seletiva (Hart & Jacobs, 1993; Gazzaniga, Ivry, & Mangun, 2009; Robertson, Manly, Andrade, Baddeley, & Yiend, 1997); incapacidade para manter a atenção durante um determinado período de tempo – atenção sustentada (Buller, 2010; Godefroy 2003; Robertson, Manly, Andrade, Baddeley, & Yiend, 1997); incapacidade para levar a cabo tarefas que exigem atenção a dois elementos de forma simultânea – atenção dividida (Toyokura, Nishimura, Akutsu, Mizuno, & Watanabe, 2012); e/ou incapacidade para mudar a atenção de uma tarefa para outra – atenção alternada (Levin & Kraus, 1994; Lezak, Howieson, & Loring, 2004; Goldman-Rakic, 1996). Para além das dificuldades referidas, as perturbações no funcionamento executivo podem resultar em défices ao nível da velocidade de processamento da informação (Fong, Chan, Ng, & Ng, 2009; Mathias & Wheaton, 2007) e da fluência verbal (Henry & Crawford, 2004; Kavé, Heled, Vakil, & Agranov, 2011; Stuss *et al.*, 1998), bem como no comprometimento da MT (Levin & Kraus 1994; Lezak, Howieson, & Loring, 2004; Godefroy, 2003). Relativamente aos défices na MT, estes podem estar relacionados com uma codificação ou armazenamento menos eficaz da informação, com falhas na recuperação da informação e/ou com défices na capacidade para lidar com processos de interferência (Adamovich, 2005).

Uma questão de extrema importância para a avaliação/reabilitação neurocognitiva de indivíduos com perturbações no funcionamento executivo prende-se com o facto dos mesmos apresentarem frequentemente uma consciência reduzida face às suas próprias limitações cognitivas/motoras/funcionais – défice metacognitivo (Cicerone *et al.*, 2000; McAllister, 2008), bem como incapacidade para antecipar dificuldades, reconhecer erros e/ou monitorizar o seu desempenho numa tarefa (Toglia & Kirk, 2000). Estas dificuldades representam um desafio adicional para a reabilitação (Cicerone, Levin, Malec, Stuss, & Whyte, 2006) uma vez que, a compreensão limitada sobre a natureza, grau e/ou impacto das suas próprias limitações, pode levar os indivíduos a manifestarem resistência à intervenção ou serem relutantes quanto à aprendizagem de estratégias de compensação, representando assim um fator de mau prognóstico para o processo de reabilitação (Sohlberg & Mateer, 2001). A par disto, défices nas FE podem prejudicar o funcionamento de outros domínios cognitivos preservados o que, por sua vez, pode também dificultar a utilização eficaz de estratégias de compensação (Lewis, Babbage, & Leathem, 2011; Novakovic-Agopian *et al.*, 2011).

As perturbações do funcionamento executivo podem igualmente originar défices de autocontrolo ou de autorregulação emocional e comportamental (Cicerone, 2000; Lezak, Howieson, & Loring, 2004), os quais podem levar o indivíduo a manifestar labilidade emocional, baixa tolerância à frustração, irritabilidade, alterações de humor e/ou depressão (Rushby, McDonald, & Sousa, 2012; Kersel *et al.*, 2001; Lane-Brown & Tate, 2009; Sbordone, Saul, & Purisch, 2007). É igualmente frequente ocorrerem mudanças no comportamento ou na personalidade, caracterizadas por um exacerbar dos traços do período pré-mórbido e/ou por modificações acentuadas nos padrões de resposta (Hanna-Pladdy, 2007). Estas mudanças resultam frequentemente em impulsividade, desinibição do comportamento, comportamento social desadequado e/ou falta de iniciativa (Evans, 2009; Tyerman & King, 2004; Von Hippel & Gonsalkorale, 2005).

Em suma, défices no funcionamento executivo podem constituir um obstáculo para o funcionamento independente e adequado dos indivíduos (Cicerone *et al.*, 2005; Fish *et al.*, 2007; Sohlberg, Mateer, Stuss, 1993), condicionando a sua capacidade para lidar eficazmente com situações do quotidiano (Prigatano, 1992) e/ou impedindo a realização de atividades instrumentais da vida diária (Fortin, Godbout, & Braun, 2003; Godbout, Grenier, Braun, & Gagnon, 2005). Desta forma, mesmo o desempenho de tarefas do dia-a-dia, tais como fazer compras num supermercado, preparar uma refeição ou gerir as finanças pessoais, pode estar comprometido em indivíduos com disfunção executiva (Dores *et al.*, 2009; Gross & Grossman, 2010; Perna, Loughan, & Talka, 2012). As perturbações do funcionamento executivo têm assim implicações significativas na qualidade de vida dos indivíduos (Bade, 2010), constituindo um importante obstáculo ao seu funcionamento pessoal, profissional e/ou social (Andelic, 2013) e dificultando a sua reintegração na comunidade (Reid-Arndt, Nehl, & Hinkebein, 2007). Neste contexto, urge que se desenvolvam programas de investigação

científica intensos com vista ao desenvolvimento de programas de reabilitação adequados para esta população.

### **2.3. REALIDADE VIRTUAL NÃO-IMERSIVA EM CONTEXTO DE REABILITAÇÃO**

A reabilitação neurocognitiva tem como principal objetivo minimizar ou eliminar o impacto dos défices na vida dos indivíduos e melhorar o seu nível global de funcionamento (Coltheart, Brunson, Nickels, Halligan, & Wade, 2005). Para atingir este propósito, as intervenções podem recorrer a diferentes abordagens, nomeadamente: uma abordagem com vista à restauração da função através do treino sistemático e hierárquico de exercícios, de forma a remediar défices cognitivos específicos (e.g. atenção, memória); ou uma abordagem funcional, com base no treino de atividades instrumentais da vida diária e/ou na utilização de estratégias compensatórias (Costa, Carvalho & Aragon, 1999; Rizzo & Buckwalter, 1997). Todavia, a utilização de abordagens com vista à restauração da função é frequentemente criticada devido ao facto das tarefas geralmente utilizadas serem “artificiais” e possuírem pouca relevância para os desafios funcionais da vida real (Rizzo & Buckwalter, 1997).

No que respeita à reabilitação de perturbações nas FE resultantes de TCE, existe um crescente número de evidências que comprovam a eficácia do treino de estratégias metacognitivas (e.g. auto-monitorização, autorregulação e *feedback*), de processos de resolução de problemas e de tomada de decisão e/ou de rotinas específicas, com base em situações do dia-a-dia, apelando assim a uma abordagem funcional (Cicerone *et al.*, 2000; Cicerone *et al.*, 2005; Cicerone *et al.*, 2011; Kennedy *et al.*, 2008; Marshall *et al.*, 2004; Park & Ingles, 2001). Porém, o desenvolvimento de modelos de intervenção com base em tarefas que incluam a exposição a situações funcionais da vida real é, em contexto clínico, muitas vezes difícil de concretizar, uma vez que tais intervenções tendem a ser longas, dispendiosas e podem igualmente expor os doentes a situações perigosas (Cromby, Standen, Newman, & Tasker, 1996). Como resultado, os métodos de reabilitação convencionais que utilizam uma abordagem funcional, estão geralmente limitados ao treino funcional em ambientes controlados (i.e. laboratoriais), os quais não são totalmente representativos do mundo real (Rizzo, Schultheis, Kerns, & Mateer, 2004). Alertando para esta situação, Damásio (1994) considera que as tentativas para reproduzir situações da vida real em contexto laboratorial possuem quatro limitações essenciais: (1) as escolhas e decisões tomadas resultam em meras evocações, não podendo estas ser realmente executadas; (2) existe uma falha na ordem normal dos acontecimentos; (3) o tempo é geralmente “comprimido”; e (4) as situações não são efetivamente apresentadas mas apenas descritas através da linguagem. Desta forma, a principal crítica expressa relativamente aos métodos

de reabilitação convencionais diz respeito à reduzida validade ecológica subjacente às tarefas geralmente utilizadas (Comey *et al.*, 1999; Chen & D'Esposito, 2010).

O desenvolvimento de *softwares* baseados em sistemas de RV surge como um meio para solucionar estas limitações, permitindo a simulação ecológica de situações da vida real em contexto laboratorial (Marques & Rocha, 2008; Rose, 1996). A utilização destes sistemas possibilita uma representação mais próxima de situações do quotidiano comparativamente aos procedimentos das abordagens tradicionais baseadas em técnicas de “lápiz e papel”, permitindo ampliar os limites reais da reabilitação neurocognitiva (Pugnetti, 1998). Indivíduos com lesão neurológica podem desta forma treinar atividades do dia-a-dia (e.g. fazer compras num supermercado e/ou circular em transportes rodoviários) recorrendo para tal a um AV seguro e controlado (Lam *et al.*, 2006; Rose, Brooks, & Rizzo, 2005; Schultheis, Himelstein, & Rizzo, 2002), facilitando assim a reaprendizagem de domínios funcionais específicos (Costa, Carvalho, & Aragon, 2000; Zhang *et al.*, 2002). A aplicação de ferramentas de RV em contexto de reabilitação surge ainda como oportunidade para superar os limites de ambas as abordagens (i.e. restaurativa e funcional), possibilitando o treino sistemático de tarefas em contextos funcionalmente relevantes e ecologicamente válidos, de forma a otimizar a transferência e/ou generalização das aprendizagens (Rizzo & Buckwalter, 1997; Rizzo *et al.*, 2000).

Como principais vantagens, estes sistemas incluem validade ecológica, segurança, facilidade de exposição dos utilizadores a vários ambientes funcionais e *feedback* em tempo real (Edmans *et al.*, 2009; Rizzo & Kim, 2005). Relativamente ao *feedback*, de acordo com Rizzo, Schultheis, Kerns e Mateer (2004), a utilização de AVs permite “congelar” a tarefa, possibilitando que o terapeuta forneça uma resposta imediata em relação ao desempenho do utilizador, o qual pode desta forma “parar e avaliar” não só o seu próprio desempenho como também os elementos do ambiente que podem estar a interferir com o mesmo. Segundo os autores, esta funcionalidade pode igualmente promover a discussão sobre as tomadas de decisão e a sua relação com o desempenho, sendo esta ponderação sobre o comportamento útil para indivíduos com perturbações nas FE (Cicerone *et al.*, 2011; Kennedy *et al.* 2008). Outras das vantagens da aplicação destes sistemas são a personalização da sua *interface* de acordo com o nível de comprometimento cognitivo do indivíduo; o cálculo de diferentes variáveis cognitivas; bem como a obtenção de índices de desempenho em tarefas que requerem, entre outras funções, a memória, a atenção e o funcionamento executivo (Kang *et al.*, 2008). A par disto, o carácter lúdico destas ferramentas pode aumentar a motivação dos indivíduos e consequentemente promover o seu interesse e participação no processo de reabilitação (Harris & Reid, 2005; Rizzo & Kim, 2005).

Com base nas vantagens que estes sistemas apresentam, a aplicabilidade de ferramentas de RV em contexto clínico tem sido com frequência objeto de estudo nas últimas décadas (ver, por

exemplo, Rose, Brooks e Rizzo, 2005; Rizzo, 2002; Broeren, Björkdahl, Pascher e Rydmark, 2002; Kober *et al.*, 2013; Laver, George, Thomas, Deutsch, & Crotty, 2012). Com efeito, diversos estudos têm comprovado que a utilização de AVs é eficaz para a reabilitação de perturbações motoras decorrentes de acidente vascular cerebral (AVC) (Cameirao *et al.*, 2007; Henderson, Korner-Bitensky, & Levin, 2007; Kim *et al.*, 2009) e para o tratamento de perturbações de *stress* pós-traumático (Gerardi *et al.*, 2010; Rothbaum, Rizzo, & Difede, 2010; Simms, Donnell, & Molyneaux, 2009), perturbações fóbicas (Cote & Bouchard, 2008; Parsons & Rizzo, 2008; Pull, 2005) e/ou perturbações do espectro autista (Bellani, Fomasari, Chittaro, & Brambilla, 2011; Ehrlich & Miller, 2009; Lahiri, Bekele, & Dohrmann, 2011; Wainer & Ingersoll, 2011), entre outras. Além disso, a aplicabilidade de ferramentas de RV tem sido comprovada como eficaz para o tratamento de perturbações cognitivas resultantes de TCEs (Flanagan, Cantor, & Ashman, 2008; Jacoby *et al.*, 2011; Man, Poon, & Lam, 2013; Rose, Brooks, & Rizzo, 2005), nomeadamente aquelas relacionadas com a memória (Brooks & Rose, 2003; Rose, Brooks, & Rizzo, 2005; Yip & Man, 2013); atenção (Ansuini *et al.*, 2006; Dvorkin, Rymer, Harvey, Bogey, & Patton, 2008; Kim, Yun, Chun, Young, & Song, 2011; Tsirlin *et al.*, 2009; Wang & Reid, 2011); e FE (Carelli *et al.*, 2008; Josman *et al.*, 2006; Grewe *et al.*, 2013; Kizony *et al.*, 2008; Rose, Brooks, & Rizzo, 2005).

No que respeita à utilização de técnicas de RV para a remediação de défices mnésicos, existe atualmente um corpo teórico crescente que sugere que o treino com ferramentas de RV permite efetivamente melhorar o desempenho da MT, através da prática extensa e repetida de tarefas que requerem esta função (Alloway, Bibile, & Lau, 2013; Heinzl *et al.*, 2013; Johansson & Tornmalm, 2012; Lundqvist, Grundström, Samuelsson, & Rönnerberg, 2010). De facto, vários estudos indicam que o treino repetido de tarefas que requerem MT pode ser eficaz para a remediação desta função (Brehmer, Westerberg, & Bäckman, 2012; Klingberg, 2010). Uma possível explicação é que a plasticidade dos sistemas neurais subjacentes à MT pode ser promovida através do treino de repetição intenso (Morrison & Chein, 2011; Takeuchi *et al.*, 2010; Westerberg & Klingberg, 2007), o qual produz mudanças na atividade do CPF, do córtex parietal e dos gânglios da base, bem como alterações na densidade dos recetores de dopamina (Klingberg, 2010). Por outro lado, uma vez que a memória implícita permanece relativamente intacta mesmo em indivíduos com défices de memória graves (Rizzo *et al.*, 2004; Kuzis *et al.*, 1999), as técnicas de RV podem ser também utilizadas para treinar capacidades cognitivo-funcionais preservadas (e.g. memória implícita) (Rizzo & Buckwalter, 1997; Rizzo *et al.*, 2004). A par disto, a possibilidade de controlar de forma dinâmica os AVs permite que sejam fomecidas “pistas” ao utilizador, facilitando assim a utilização de uma abordagem com recurso à aprendizagem com pistas e/ou aprendizagem sem erros (Brooks *et al.*, 1999; Glisky, Schacter, & Tulving, 1986; Rizzo, Buckwalter, Neumann, Kesselman, & Thiebaut, 1998) a qual é eficaz para a remediação de défices de memória graves (Cicerone *et al.*, 2011; Kessels & De Haan, 2003).

Os sistemas de RV podem ser igualmente úteis para o tratamento de défices atencionais uma vez que permitem, entre outras funcionalidades, a indução ou eliminação de diferentes modalidades de estímulos (e.g. alvos/distractores) no AV, sendo que este nível de controlo experimental possibilita o desenvolvimento de tarefas mais próximas às encontradas no mundo real (Rizzo *et al.*, 2002). Esta possibilidade é uma mais-valia para a reabilitação tendo em conta que o treino da atenção demonstra ser mais eficaz quando são utilizadas tarefas com variabilidade na modalidade dos estímulos utilizados, no nível de complexidade e nos objetivos de respostas, bem como quando são utilizadas estratégias de gestão das tarefas (Cicerone *et al.*, 2000).

### **2.3.1. REALIDADE VIRTUAL NÃO-IMERSIVA E FUNÇÕES EXECUTIVAS**

Relativamente à aplicabilidade de ferramentas de RV para a reabilitação de perturbações nas FE, nas últimas décadas estas ferramentas possibilitaram o treino sistemático de uma vasta gama de atividades instrumentais de vida diária através do desenvolvimento de diversos AVs ecológicos, nomeadamente: cozinhas (Davies *et al.*, 2002; Kirshner, Blum, Weiss, & Tirosh, 2009; Klinger, Cao, Douguet, & Fuchs, 2009); transportes públicos (Rizzo & Wiederhold, 2006); e/ou cidades virtuais (Brown, Kerr, & Bayon, 1998; Costa, Carvalho, & Aragon, 2000; Fominykh, Prasolova-Førland, Morozov, & Gerasimov, 2009). Para além destes AVs, vários autores procuraram investigar a aplicabilidade de supermercados virtuais (SVs) para a avaliação e reabilitação das FE em diferentes populações clínicas (ver, por exemplo, Josman, Kizony, Hof, Goldenberg, Weiss e Klinger, 2013; Klinger, Chemin, Lebreton e Marié, 2006; Rand, Weiss e Katz, 2009). Com este objetivo, Marques e Rocha (2008) realizaram um estudo piloto, com Pré e Pós-Teste, para avaliar a viabilidade de um Programa de Reabilitação Cognitiva, com recurso a técnicas de RV imersivas em simultâneo com Terapia Psicológica Integrada (TPI), para melhorar o funcionamento cognitivo em catorze indivíduos com esquizofrenia. Para tal foram utilizadas duas plataformas de RV: o AVIRC - *Integrated Virtual Environment for Cognitive Rehabilitation*, o qual simula diferentes ambientes virtuais (ex: ruas, casas, igreja), incluindo um supermercado, que podem ser visitados pelos participantes e onde estes são convidados a realizar várias tarefas; e uma adaptação do VEPD - *Virtual Environments for Panic Disorder*, que contém, entre outros ambientes, uma praça com um café. O programa de reabilitação decorreu ao longo de nove meses, duas vezes por semana, com uma duração de 60 minutos por sessão. Após a intervenção, os participantes evidenciaram melhorias estatisticamente significativas de desempenho no protocolo de avaliação realizado no momento Pós-teste, nomeadamente no subteste SLN, da WAIS III; no número de erros perseverativos, número de respostas perseverativas e número de categorias completas, entre outros indicadores, do WCST; bem como nas tarefas Leitura de Palavras e Interferência Palavra-Cor do Teste *Stroop*. Segundo os autores, os participantes

melhoraram significativamente a capacidade de organização perceptiva, a MT, a velocidade de processamento, a atenção e as FE, o que sugere que a utilização de técnicas de RV em simultâneo com a TPI poderá constituir um recurso importante para a remediação das funções cognitivas em indivíduos com patologias do foro psiquiátrico. Com o mesmo propósito, Jacoby e colaboradores (2011) realizaram um trabalho de investigação de forma a verificar a eficácia de um SV (VMall) para a remediação das FE em 12 indivíduos com TCE, comparativamente a uma intervenção de Terapia Ocupacional com recurso a técnicas convencionais. Adicionalmente, os autores procuraram investigar a possibilidade de ocorrer um efeito de transferência para o desempenho dos sujeitos num supermercado real. Para tal, foi utilizada uma versão virtual e adaptada do *Multiple Errands Test - Simplified Version* o qual permite a avaliação e treino das FE em contexto real. Os participantes que receberam o treino com RV evidenciaram melhorias mais significativas comparativamente ao grupo que recebeu intervenção sem recurso a técnicas de RV, tendo-se verificado igualmente um efeito de transferência das aprendizagens para o desempenho na mesma tarefa em contexto real. Os autores concluíram que o AV utilizado constitui uma ferramenta útil para remediar défices executivos em indivíduos com TCE, de forma agradável, segura e eficaz. A par deste estudo, recentemente Grewe e colegas (2013) investigaram a aplicabilidade de um SV (OctaVis), exibido a partir de um arranjo circular de 360° com oito telas de ecrã táctil, para a avaliação e reabilitação neurocognitiva de uma amostra de 19 jovens-adultos saudáveis e uma amostra de menor dimensão de indivíduos com epilepsia focal (n=5). A tarefa implicava memorizar auditivamente uma lista de produtos e proceder posteriormente à sua compra. Os autores verificaram, em ambos os grupos, um efeito de aprendizagem global e estável ao longo do programa de intervenção relativamente ao número de itens selecionados, ao tempo necessário para a realização da tarefa e à distância percorrida dentro do SV. Os resultados apontam para que o treino na tarefa tenha produzido não apenas um efeito de aprendizagem verbal mas também um efeito de aprendizagem em outras medidas de desempenho (e.g. visuo-espacial e/ou executivo). Os autores sugerem que a aprendizagem bem-sucedida com RV depende da aprendizagem integrada de, pelo menos, duas modalidades (verbal e visuo-espacial), isto é, de um processo de dupla-codificação. Os resultados dos estudos descritos anteriormente são sugestivos de que a utilização de SVs constitui uma importante ferramenta para a avaliação/reabilitação de perturbações ao nível das FE.

Todavia, apesar da sua aplicabilidade em contexto clínico ter sido sistematicamente comprovada como eficaz, a utilização de técnicas de RV para o tratamento de perturbações cognitivas tem sido fortemente limitada devido aos elevados custos dos equipamentos (Botella *et al.*, 2004; Riva, 2005). Porém, com o desenvolvimento de plataformas de RV que recorrem a *interfaces* mais comuns aos utilizadores e que utilizam AVs “não-imersivos” (Parsons, Rizzo, Rogers, & York,

2009), gerou-se um aumento de potenciais aplicações para a medicina em geral e para a reabilitação em particular (Josman, Klinger, Kizony, & Carmel, 2008; Schultheis, Himmelstein, & Rizzo, 2002). Com base no conceito de “imersão”, importa destacar a diferença entre dois tipos de RV: “imersiva” e “não-imersiva”. Segundo Ma e Zheng (2011), as técnicas de RV imersivas recorrem a equipamentos complexos tais como *head-mounted displays*, *joysticks*, *data-gloves* ou outros dispositivos tecnológicos, para que o usuário seja imerso num AV tridimensional em primeira pessoa e possa interagir com os objetos do ambiente, podendo assim experienciar a sensação de toque, peso, textura e força da gravidade dos objetos. Estes sistemas implicam elevados custos financeiros e estão geralmente limitados à utilização em laboratórios de investigação (Deutsch, Borbely, Filler, Huhn, & Guarrera-Bowlby, 2008; Rizzo & Kim, 2005). As ferramentas de RV não-imersiva, por sua vez, referem-se a sistemas que não envolvem o uso de *head-mounted displays* ou de outros equipamentos mais sofisticados e onde o AV é visualizado através de um monitor comum (Seraglia *et al.*, 2011). Comparativamente a ferramentas de RV imersivas, sistemas de RV não-imersivos apresentam baixos custos, menor tempo de desenvolvimento e melhores condições de implementação (Brooks & Rose, 2003; Yang, Hamann, & Aurich, 2011), pelo que se tornam uma opção atraente e viável para a utilização e implementação em instituições de reabilitação (Kang *et al.*, 2008). Para além destas vantagens, os sistemas de RV não-imersivos utilizam ferramentas de *hardware* com as quais os utilizadores estão geralmente familiarizados (e.g. teclado, rato) e podem constituir uma alternativa para os indivíduos que apresentem efeitos secundários, físicos ou psicológicos, decorrentes da exposição repetida a AV imersivos (ver, por exemplo, Edmans *et al.*, 2009; Knerr *et al.*, 1994; Lewis & Griffin, 1997; Rizzo *et al.*, 1997).

Apesar das vantagens associadas à utilização de sistemas de RV não-imersivos, alguns autores defendem que a eficácia do treino com RV pode estar dependente do nível de imersão gerado a partir destes sistemas e, por conseguinte, da utilização de sistemas de RV imersivos (Grewe *et al.*, 2013; Miyahira, Folen, Stetz, Rizzo, & Kawasaki, 2010; Sowndararajan, Wang, & Bowman, 2008). De facto, os sistemas de RV imersiva possibilitam uma sensação mais intensa e realista aos utilizadores, devido ao nível de imersão e ao tipo de interação utilizador-ambiente que permitem (Dores *et al.*, 2009). Porém, segundo Rizzo e colaboradores (2004), as características pictóricas ou gráficas dos AVs constituem um fator secundário comparativamente à relevância das atividades funcionais que podem ser treinadas em contextos virtuais e ao valor ecológico das mesmas. Assim, para estes autores, o valor ecológico de uma tarefa realizada em contexto virtual verifica-se independentemente do nível de realismo gráfico e/ou do nível de imersão. Por outro lado, de acordo com Mantovani e Castelnuovo (2003), comparativamente ao nível de imersão, a sensação de “presença” (i.e. sensação subjetiva de “estar” no AV) tem maior relevância para o treino de capacidades cognitivas complexas (e.g. resolução de problemas, capacidade de planeamento) e pode

ocorrer independentemente da utilização de tecnologias mais sofisticadas permitindo que os indivíduos experimentem pensamentos, emoções e comportamentos semelhantes aos experimentados na vida real. Os resultados obtidos a partir de estudos com SV não-imersivos vêm reforçar ainda mais estas afirmações. Por exemplo, Tam, Wong, Sze, Chan e Man (2005) realizaram um estudo quasi-experimental, com pré-teste e pós-teste, com o objetivo de comparar a eficácia de um SV não-imersivo relativamente a uma intervenção psicoeducacional convencional (e.g. role-play e *feedback* imediato com reforço verbal) para treinar, em 16 indivíduos com deficiência intelectual, competências relacionadas com a realização de compras em supermercados. De forma a examinar a eficácia dos programas de intervenção utilizados, após o treino todos os participantes foram solicitados a realizar a mesma tarefa em contexto real. O desempenho na tarefa foi examinado a partir de uma *checklist* (Westling, Floyd, & Carr, 1990) de verificação de competências comportamentais necessárias para realizar corretamente esta atividade. Ambos os grupos evidenciaram melhorias de desempenho. Todavia, não foram encontradas diferenças significativas de eficácia entre os dois métodos, o que sugere que o AV utilizado poderá constituir uma ferramenta eficaz para o treino desta tarefa em indivíduos com deficiência intelectual. Josman e colaboradores (2006) realizaram uma investigação com 26 sujeitos vítimas de AVC com o objetivo de examinar possíveis correlações entre o desempenho destes indivíduos dentro de um SV não-imersivo e o desempenho em medidas de FE. Os dados evidenciaram uma correlação positiva entre o desempenho no SV e o subteste “Procura da Chave” da BADS (*Behavioral Assessment of the Dysexecutive Syndrome*), o que sugere que o desempenho dentro do SV requer capacidade de planeamento. Este resultado fornece indícios de que o SV utilizado poderá ser eficaz para a avaliação e tratamento de défices de planeamento. Foram ainda encontradas correlações significativas entre os subtestes da BADS e a idade e escolaridade dos participantes mas não entre o desempenho no SV e a idade e escolaridade, o que indica que a tarefa parece ser capaz de fornecer informações fidedignas sobre o funcionamento executivo dos sujeitos, sem que estas sejam indevidamente influenciadas pelas suas características demográficas. Com base nestes resultados, os autores defendem que o AV não-imersivo utilizado permitirá, futuramente, avaliar e prever o desempenho dos sujeitos e relacioná-lo com outras componentes do funcionamento executivo, tais como a capacidade de inibição e de sequenciação. Por sua vez, Mendes, Barbosa e Reis (2013) realizaram um estudo exploratório, com Pré-Teste e Pós-Teste, no qual oito participantes com TCE grave foram sujeitos a 40 sessões de reabilitação neurocognitiva com recurso a uma plataforma de RV não-imersiva disponível *on-line* (VICERAVI – *Virtual Center for Rehabilitation of Road Accident Victims*). O VICERAVI simula um centro de reabilitação virtual, à semelhança do *Neuropsychological Enrichment Program* – Universidade do Minho (NEP-UM), onde podem ser realizados jogos sérios de treino do funcionamento executivo, linguagem, atenção e memória (Mendes, Barbosa, & Reis, 2013). Os

resultados deste estudo revelaram diferenças estatisticamente significativas entre o primeiro e o segundo momento de avaliação, no que se refere ao desempenho dos sujeitos no teste de atenção D2, no TMT (*Trail Making Test*) - A & B, no *Stroop* (interferência palavra-cor), no HVL-R (*Hopkins Verbal Learning Test*) e no subteste Sequências de Letras e Números da WMS – III (*Wechsler Memory Scale*). Foi ainda encontrada uma diferença marginalmente significativa nos resultados do teste MoCA (*Montreal Cognitive Assessment*). Os autores concluíram que o programa de reabilitação utilizado poderá contribuir para melhorar a atenção sustentada, a velocidade de processamento, a flexibilidade cognitiva, a capacidade para lidar com a interferência cognitiva e a memória em indivíduos que, por qualquer razão, não possam beneficiar de um programa de reabilitação neurocognitiva presencial. Ainda que estes resultados sejam promissores, é importante salientar que as investigações anteriormente descritas apresentam limitações metodológicas, relacionadas por exemplo com o facto de utilizarem amostras com dimensões muito reduzidas, que devem ser tomadas em consideração para a interpretação dos resultados. Todavia, as questões referentes à qualidade metodológica dos estudos existentes não parecem ser suficientes para dissuadir a ideia de que, no futuro, a utilização de ferramentas de RV (imersivas e não-imersivas) poderá constituir parte integrante da reabilitação neurocognitiva (Rose, Brooks, & Rizzo, 2005).

Não obstante o potencial valor destas ferramentas, toma-se fundamental o desenvolvimento de estudos que permitam comprovar estes resultados e que explorem a eficácia de SVs para o treino e remediação das FE, de forma a expandir o reduzido número de estudos existente até ao momento (Grewe *et al.*, 2013). São igualmente necessários estudos que permitam determinar a eficácia do treino com AVs não-imersivos comparativamente à eficácia de intervenções com base em métodos convencionais (Cappa *et al.*, 2003; Edmans *et al.*, 2009; Rizzo *et al.*, 2004). Tal não significa que a utilização destes sistemas tenderá a substituir as atuais técnicas de reabilitação (Tam, Wong, Sze, Chan, & Man, 2005), mas permitirá ultrapassar as suas principais limitações, possibilitando assim o desenvolvimento de estratégias de tratamento mais eficazes (Rizzo, Parsons, Kenny, & Buckwalter, 2012; Szentagotai, Opris, & David, 2011) que melhorem significativamente a qualidade de vida de indivíduos com comprometimento cognitivo resultante de TCE ou de outras perturbações neurológicas (Rose, 1996).

### **III. IDENTIFICAÇÃO DOS OBJETIVOS E FORMULAÇÃO DE HIPÓTESES OBJETIVOS DA PRESENTE INVESTIGAÇÃO:**

De acordo com o exposto, o presente estudo teve como objetivo investigar a eficácia de um programa de intervenção com recurso a uma ferramenta de RV não-imersiva (*Neurohome*) para a

remediação das FE em indivíduos vítimas de TCE grave e comparar os resultados com aqueles obtidos a partir de um programa de intervenção convencional.

#### **PROPÕEM-SE AS SEGUINTE HIPÓTESES:**

H1 - A utilização de técnicas de RV não-imersiva é eficaz para a remediação das FE em indivíduos com TCE grave;

H2 - Indivíduos com TCE grave melhoram o desempenho em todas as componentes executivas avaliadas após o treino com RV não-imersiva;

H3 - Indivíduos que realizam o treino cognitivo com técnicas de RV não-imersiva apresentam melhorias de desempenho mais significativas nas componentes executivas avaliadas comparativamente a indivíduos que realizam um programa de reabilitação cognitiva convencional.

#### **IV. METODOLOGIA**

##### **4.1. PARTICIPANTES**

A amostra foi constituída por dez participantes (oito homens) divididos em dois grupos: grupo experimental (GE; n = 5) e grupo de controlo (GC; n = 5). A média das idades do GE foi de  $28,20 \pm 6,22$  e a média da escolaridade foi de  $11,20 \pm 4,55$ . Por sua vez, o GC apresentou uma média de idades de  $30,80 \pm 9,73$  e uma média de escolaridade equivalente a  $9,20 \pm 4,09$ . Comparando os dois grupos, constata-se assim que estes não diferem significativamente entre si no que se refere à idade ( $U = 9,00$ ;  $p = ,463$ ) e à escolaridade ( $U = 9,00$ ;  $p = ,439$ ). No que se refere ao sexo, todos os participantes do GE eram do sexo masculino, enquanto no GC três participantes eram do sexo masculino e dois do sexo feminino. Os dados referentes às características sociodemográficas e clínicas de ambos os grupos encontram-se representadas na Tabela 4.1 e Tabela 4.2 (ver Anexo 1), respetivamente.

Todos os participantes encontravam-se em regime de internamento no Centro de Medicina de Reabilitação da Região Centro – Rovisco Pais (CMRRC-RP), à exceção de um utente, o qual frequentava as sessões de RV em regime de ambulatório, no Centro supracitado. Todos os participantes apresentavam um quadro clínico de TCE grave, do tipo fechado, resultante de acidente de viação. A técnica de amostragem utilizada foi não-probabilística intencional, sendo uma amostra por conveniência, cujos critérios de inclusão foram: 1) diagnóstico clínico de TCE grave (ECG inicial  $\leq 8$ ); 2) tempo de evolução da lesão superior a três meses; 3) presença de perturbação neurocognitiva grave ao nível das FE (comprovada a partir de avaliação neurocognitiva); 4) idades compreendidas

entre os 18 e os 40 anos; 5) lateralidade destra; 6) visão normal ou corrigida; e 7) ausência de restrições motoras e/ou funcionais nos membros superiores. Foram excluídos do estudo indivíduos que apresentassem: idade superior a 40 anos, história de patologia neurológica ou psiquiátrica no período pré-mórbido e/ou perturbação psicopatológica crónica (confirmada a partir de entrevista com os sujeitos e com os familiares), presença atual de depressão ( $HADS \leq 11$ ), iliteracia ou presença de: alexia, afasia, negligência unilateral e/ou agnosias visuais. Os critérios de inclusão e de exclusão foram os mesmos quer para o grupo experimental, quer para o grupo de controlo.

Em relação a outras características clínicas relevantes da amostra, importa referir que o tempo médio de coma foi de 17,40 dias ( $DP = 10,02$ ) para o GE e de 16,40 dias ( $DP = 8,36$ ) para o GC. No que respeita aos valores da ECG inicial, os sujeitos do GE apresentaram uma média de 3,80 pontos ( $DP = 0,84$ ), enquanto no GC a média das pontuações foi de 5,00 ( $DP = 1,87$ ). Já em relação ao tempo de evolução, o tempo médio foi de 15,80 meses ( $DP = 11,90$ ) no GE e a 9,40 meses ( $DP = 10,02$ ) no GC. Ao comparar as características clínicas de ambos os grupos, verifica-se que não existem diferenças estatisticamente significativas no que se refere ao tempo de evolução da lesão em meses ( $U = 5,50; p = ,142$ ); ao tempo de coma em dias ( $U = 11,00; p = ,750$ ); e aos valores da ECG inicial ( $U = 8,00; p = ,324$ ).

Relativamente à localização neuroanatômica e à lateralização das lesões, foi possível verificar que a maioria dos sujeitos de ambos os grupos apresentou uma lesão neurológica localizada na região Fronto-Temporal e uma lateralização da lesão à direita. Já em relação à presença de hemorragia, constata-se que, em ambos os grupos, a maioria dos sujeitos apresentaram hemorragia subdural. Importa ainda referir que a maioria dos sujeitos do GE e do CG estavam medicados com ansiolíticos, antidepressivos e antipsicóticos.

## **4.2. INSTRUMENTOS**

### **4.2.1. INSTRUMENTOS PARA A AVALIAÇÃO NEUROCOGNITIVA**

O protocolo da avaliação neurocognitiva foi aplicado, em ambos os grupos, antes e após a intervenção e incluiu os seguintes instrumentos:

- (1) *Wisconsin Card Sorting Test* - WCST (versão espanhola de Heaton, Chelune, Talley, Kay e Curtiss, 2009), para avaliar a flexibilidade cognitiva e/ou capacidade para realizar mudanças no padrão de respostas em função das exigências ambientais

O Wisconsin Card Sorting Test (WCST) é considerado um “instrumento chave” para a avaliação das FE, sendo por isso o mais utilizado (Stuss *et al.*, 2000; Steinmetz & Houssemand, 2011). Representa uma medida eficaz das FE uma vez que a sua realização requer funções cognitivas complexas, tais como, capacidade de planeamento, flexibilidade cognitiva, raciocínio abstrato,

tomada de decisão e capacidade para realizar mudanças nas respostas em função de *feedback* ambiental (Aron, Robbins, & Poldrack, 2004; Heaton, Chelune, Talley, Kay, & Curtiss, 2001). Em relação à última, segundo Miyake e colaboradores (2000), em sujeitos saudáveis, esta capacidade constitui o melhor preditor do desempenho na prova. A versão utilizada neste estudo inclui os seguintes materiais: quatro cartões - estímulo e 128 cartões de resposta (dois baralhos) que variam em função da forma das figuras que apresentam (i.e. cruz, círculo, triângulo ou estrela), da cor (i.e. vermelho, verde, azul, amarelo) e do número de figuras em cada cartão (i.e. um, dois, três e quatro elementos). A tarefa consiste em emparelhar cada um dos cartões de resposta com apenas um dos cartões - estímulo, segundo os três critérios (i.e. forma, cor e número). O primeiro critério a ser depreendido diz respeito à “cor”, o segundo à “forma” e o terceiro ao “número”. Esta sequência é repetida duas vezes e os critérios mudam, sem que o sujeito seja avisado. Não são fornecidas quaisquer informações sobre como o sujeito deve emparelhar as cartas, no entanto, o examinador deve fornecer *feedback* sobre se cada emparelhamento está certo ou errado. O sujeito deverá ser capaz de deduzir qual o critério implícito a partir do padrão de resposta e do *feedback* fornecido pelo examinador. Após dez emparelhamentos corretos consecutivos, considera-se que o sujeito alcançou o primeiro critério implícito na prova e o examinador muda a categoria. A prova termina quando o sujeito consegue completar com sucesso as seis categorias ou até ter utilizado todas as cartas dos dois baralhos. A cotação da prova é feita com base em vários indicadores (por exemplo, número de ensaios aplicados, número total de erros e número de respostas perseverativas). Nesta prova, as respostas perseverativas representam incapacidade para deduzir qual a regra em jogo e caracterizam-se por numa insistência/perseveração por parte do sujeito em emparelhar as cartas segundo o critério estabelecido na categoria anterior, embora esse emparelhamento já não produza numa resposta correta (Kaplan, Sengör, Gürvit, Genç, & Güzeliş, 2006). No presente estudo, para a análise dos resultados, foram considerados como indicadores de disfunção executiva: os Erros Perseverativos e as Respostas Perseverativas. Os Erros Perseverativos são apenas os erros com característica de resposta perseverativa.

As normas utilizadas foram aquelas validadas para a população espanhola, onde são utilizadas a escala percentílica, a escala típica de Notas T e pontuações típicas com média 100 e desvio padrão 15. Estas pontuações são obtidas em função do Grupo Etário e da Escolaridade.

(2) Subtestes Sequências de Letras e Números (SLN) e Localização Espacial (LE) da *Wechsler Memory Scale – WMS III* (Wechsler, 2008, versão portuguesa), para examinar a MT verbal e MT visuo-espacial e para calcular o índice de MT.

A Escala Wechsler de Memória (WMS) é uma das medidas mais utilizadas para avaliar o funcionamento da memória em adultos com TCE (Carlozzi, Grech, & Tulsky, 2013). O Subteste SLN

avalia a MT verbal, enquanto o subteste LE, por sua vez, permite avaliar a memória de trabalho visuo-espacial (Dehn, 2008). Os procedimentos de aplicação e cotação foram os mencionados no manual da mesma prova (Wechsler, 2008, versão portuguesa). O Índice de MT (IMT) obtém-se a partir da soma da pontuação total dos subtestes SLN e LE (Golden, Espe-Pfeifer, & Wachsler-Felder, 2000). Os Resultados Brutos de ambos os subteste (SLN e LE) e do IMT são posteriormente convertidos em resultados padronizados de acordo com a idade dos sujeitos. Os valores normativos para sujeitos saudáveis correspondem a uma média de 10 e um desvio-padrão de 3. A amostra de aferição da WMS-III foi feita com base numa amostra de 894 indivíduos com idades compreendidas entre os 16 e os 90 anos, representativa da população portuguesa em termos das principais variáveis sociodemográficas: idade, sexo, nível de ensino, região geográfica, proximidade do mar (i.e., litoral e interior) e tipo de área urbana (Wechsler, 2008, versão portuguesa).

(3) Teste *Stroop* de Cores e Palavras (versão portuguesa de Castro, Martins e Cunha, 2003), para avaliar a atenção seletiva e a capacidade de resistência a processos de interferência.

O teste *Stroop* é um instrumento indicado para a avaliação de indivíduos com TCE, uma vez que apresenta sensibilidade para discriminar entre alterações na atenção seletiva e outras alterações cognitivas presentes nesta condição neurológica (Ben-David, Nguyen, & Van Lieshout, 2011). Este teste avalia a fluência verbal, a atenção seletiva e a capacidade de inibição e/ou capacidade de resistência a processos de interferência (Spreen, Sherman, & Straus, 2006). Os materiais da prova incluem três páginas: 1) página com pré-teste de reconhecimento de cor, com quatro “X”, impressos em quatro cores distintas; 2) página de treino de leitura e nomeação da cor com quatro palavras escritas em quatro cores incongruentes; 3) página de leitura e nomeação para a leitura das palavras e para a nomeação da cor com 112 palavras dispostas ao longo de quatro colunas, com 28 itens cada. O teste é composto por duas tarefas: a) tarefa de leitura de palavras escritas em cor incongruente; e b) tarefa de nomeação da cor, ou tarefa de interferência, na qual a cor é incongruente com a palavra (e.g. a palavra “azul” pode estar impressa em cor cinza; a palavra “verde” pode estar impressa em cor azul). Após o reconhecimento da cor e o treino de leitura e nomeação, os participantes são instruídos a ler ou nomear, o mais rapidamente possível, as palavras que constam nas listas. Em qualquer das duas tarefas o examinador deve anotar: o número total de respostas; o número de respostas incorretas; e o número de respostas corretas (total de respostas menos os erros); bem como registar o tempo despendido em cada tarefa, sendo que o tempo máximo é de 120 segundos. Na tarefa de nomeação da cor, o facto de haver uma incongruência entre o nome da palavra e a cor a que está impressa conduz a um aumento no tempo de resposta em relação às etapas precedentes, reproduzindo o chamado efeito de interferência cor-palavra (Assef, Capovilla, & Capovilla, 2007). Este efeito de interferência ocorre porque os processos de leitura são mais automáticos do que os

processos necessários para a nomeação de cores, pelo que é necessário um maior esforço de atenção para atender ao estímulo alvo (cor) e inibir a tendência para responder à palavra (Ben-david, Nguyen, & Lieshout, 2011; MacLeod, 1991).

De forma a calcular o desempenho dos sujeitos nesta prova, seguimos o procedimento recomendado por Castro, Cunha e Martins (2003) em que, para cada condição (Palavra/Cor), se divide o número de respostas corretas dadas pelo sujeito pelo tempo despendido para a realização da tarefa.

(4) MoCA - *Montreal Cognitive Assessment* (versão portuguesa de Simões e colaboradores, 2008), para verificar a presença de defeito cognitivo.

Esta prova constitui uma ferramenta útil e válida para a avaliação neurocognitiva em indivíduos vítimas de TCE (Wong *et al.*, 2013). É considerada uma prova de *screening* para rastreio cognitivo, constituída por um protocolo de uma página, cujo tempo de aplicação é de aproximadamente 10 minutos, e por um manual onde são explicadas as instruções para a administração e para a cotação do desempenho nos itens (Freitas, Simões, Martins, Vilar, & Santana, 2010). Nesta prova, as FE são avaliadas através de uma tarefa adaptada do TMT – B (1 ponto), de uma prova de fluência verbal fonética (1 ponto) e de dois itens de semelhanças para avaliação da capacidade de abstração (2 pontos). A cópia do cubo (1 ponto) e o desenho do relógio (3 pontos) permitem examinar as capacidades visuoespaciais. A memória a curto prazo é avaliada através da aprendizagem de uma lista de palavras em dois ensaios não pontuáveis com subsequente evocação diferida após 5 minutos (5 pontos). A atenção, a concentração e a MT são examinadas através da repetição de uma sequência numérica em sentido direto (1 ponto) e em sentido inverso (1 ponto), de uma tarefa de cancelamento (1), e ainda de uma tarefa de subtração em série (3 pontos). Por sua vez, a nomeação de três animais pouco familiares (3 pontos) e a repetição de duas frases sintaticamente complexas (2 pontos) contribuem para a mensuração das funções da linguagem. Esta prova avalia ainda a orientação no tempo (3 pontos) e no espaço (3 pontos) (Duro, Simões, Ponciano, & Santana, 2010). A pontuação máxima é de 30 pontos, com um ponto de corte de 26, pelo que pontuações iguais ou superiores a 26 são consideradas normais. Nesta prova, a pontuação total é ajustada em função do nível de escolaridade dos sujeitos, atribuindo-se 1 ponto àqueles com escolaridade  $\leq$  a 12 anos.

(5) *Trail Making Test* (TMT) A & B (versão portuguesa de Cavaco e colaboradores, 2008) como medida de atenção visual seletiva, velocidade de pesquisa visual e velocidade motora, flexibilidade cognitiva e sequenciação.

O TMT é composto por duas partes distintas: parte A e a parte B. Ambas as partes do teste consistem em 25 círculos distribuídos sobre uma folha de papel. Na parte A, os círculos são numerados de 1 - 25 e o sujeito deve desenhar linhas de forma a unir os números por ordem crescente. Na parte B, os círculos incluem números (1 - 13) e letras (A - E) e, tal como na Parte A, o sujeito deve unir os círculos num padrão ascendente (do mais pequeno para o maior), mas com a tarefa adicional de alternância entre os números e letras (isto é, 1-A-2-B-3-C, etc.) O sujeito deve ser instruído para unir os círculos, o mais rapidamente possível, sem levantar a caneta ou lápis do papel. O examinador deve assinalar o tempo que o sujeito demora a unir a "trilha". Caso se verifique um erro, é necessário indicá-lo imediatamente, sendo permitido ao sujeito corrigi-lo. Os erros apenas afetam a pontuação na medida em que o tempo de correção dos erros está incluído no tempo de conclusão da tarefa. O teste deverá ser terminado caso o sujeito exceda um tempo limite de 5 minutos sem ter concluído a prova. Quer a parte A quer a parte B avaliam a atenção, a velocidade de pesquisa visual, a velocidade motora e a sequenciação, mas a Parte B, adicionalmente, avalia a atenção dividida, a flexibilidade cognitiva e a capacidade para alternar a atenção entre diferentes categorias de estímulos (Lezak, Howieson, & Loring, 2004; Sánchez-Cubillo *et al.*, 2009). A pontuação de cada parte representa a quantidade de tempo necessário para completar a tarefa. Os Resultados Brutos são depois convertidos em pontuações padronizadas (de acordo com o sexo, a idade e os anos de escolaridade dos sujeitos). Para além dos Resultados Brutos, pode ainda ser calculada: 1) a diferença entre o tempo despendido na parte B e o tempo despendido na parte A (B-A); a razão entre o tempo despendido para a execução da parte B e o tempo despendido na parte A (B/A) (Lamberty *et al.*, 1994). Estes indicadores constituem uma medida mais pura dos mecanismos atencionais requeridos na parte B (Strauss, Sherman, & Spreen, 2006) e, por isso, melhores indicadores de controlo executivo (Arbuthnott & Frank, 2000; Lamberty *et al.*, 1994), uma vez que ambas as regras anulam as componentes grafomotora e de pesquisa visual presentes na parte A (Misdraji & Gass, 2010). No presente estudo optámos por analisar quer os Resultados Brutos quer os dois índices anteriormente descritos. Os dados normativos utilizados correspondem aos da validação portuguesa do TMT realizada por Cavaco e colaboradores (2008), cujo valor de referência para sujeitos saudáveis deverá corresponder a uma média de 10 e um desvio-padrão de 3.

(6) Teste D2 (versão portuguesa de Ferreira e Rocha, 2007), para examinar o índice de concentração dos sujeitos;

O Teste D2 é um teste que apresenta consistência interna comprovada (Bates & Lemay, 2004) e que avalia a atenção seletiva, a capacidade de concentração, a velocidade de processamento de informação, a precisão nesse processamento e aspetos qualitativos relacionados com o desempenho (Bates & Lemay, 2004; Ferreira e Rocha, 2007). A tarefa do sujeito consiste em riscar

todas as letras “d” que possuem dois traços, que podem estar acima, abaixo ou um acima e o outro abaixo da letra. Inicialmente o sujeito começa por treinar a tarefa através de um exemplo. Em seguida o examinador explica quais os sinais que deveriam ter sido marcados para que o próprio sujeito faça a correção. Após virar a folha, o sujeito deve assinalar os mesmos sinais, ignorando outros caracteres semelhantes que estão misturados (e.g. um “p” com dois traços em cima ou um “p” com dois traços abaixo). O sujeito tem um tempo máximo de 20 segundos para assinalar o maior número de itens em cada linha, num total de 14 linhas. Quando o tempo termina o examinador pede ao sujeito para mudar para a próxima linha. O tempo total de aplicação da prova é de quatro minutos e 40 segundos. A cotação do Teste D2 fornece os seguintes resultados: a) RB – Resultado Bruto (número total de sinais examinados): indica a rapidez e a velocidade do desempenho no teste ou o desempenho quantitativo; b) TE – Total de Erros: encontra-se esse resultado a partir da soma dos erros de omissão (Erro Tipo 1) e de marcação (Erro Tipo 2); c) E% – Percentagem de Erros é inversamente proporcional ao Percentil que indica a rapidez; d) RL – Resultado Líquido: corresponde ao total de acertos ou desempenho total; e) AO – Amplitude de Oscilação: é a diferença entre a menor e a maior marcação em cada linha do teste; f) Distribuição de Erros: é a quantidade de erros encontrados no início, no meio e no fim do teste. O número de sinais examinados nas 14 linhas constitui o resultado bruto (RB). Calcula-se a percentagem de erros (E%) em relação ao resultado bruto e o resultado líquido (RL), que é a diferença entre o resultado bruto e o total de erros. O total de erros (TE) é convertido na percentagem de erros (E%), pela fórmula  $E\% = TE \times 100 / RB$ . A amplitude de oscilação (AO) é calculada pela diferença entre o maior e o menor valor obtidos na linha do teste. Avalia-se a precisão e rapidez simultaneamente, observando os erros de omissão e de marcação. Os quatro últimos itens são indicadores qualitativos do desempenho no teste. Obtém-se o Índice de Concentração (IC) subtraindo o número de Erros Tipo 2 ao Total de Acertos. No presente estudo, foi calculado o Índice de Concentração para cada sujeito, como indicador de capacidade de concentração. Quanto mais elevado for o índice de concentração, maior é a capacidade de concentração dos sujeitos. A tipificação portuguesa utiliza a escala percentilica e a escala típica de eneatis.

(7) Escala de Depressão e Ansiedade Hospitalar – EADH (versão portuguesa de Pais-Ribeiro e colegas, 2006), para averiguar a presença de sintomatologia depressiva;

A EADH consiste num questionário de autorresposta breve (uma página) que permite avaliar sintomas de depressão e ansiedade (Pais-Ribeiro et al., 2006). O questionário é constituído por 14 itens divididos em duas subescalas - subescala de ansiedade e subescala de depressão. Para cada item existem quatro possibilidades de resposta, apresentadas numa escala tipo Likert que varia entre 0 (nunca) e 4 (quase sempre). A pontuação total de cada subescala varia entre 0 e 21 pontos. O

ponto de corte é 11, sendo que uma pontuação acima deste valor é indicadora de depressão e/ou ansiedade. No presente estudo, apenas tivemos em consideração os valores relativos à subescala de depressão, uma vez que este questionário foi utilizado para despiste de depressão, a qual constituiu um critério de exclusão.

(8) Teste *Token* (Spreen & Benton, 1991; versão portuguesa aferida pelo Laboratório de Estudos da Linguagem do Centro de Estudos Egas Moniz), para avaliar a capacidade de compreensão de ordens verbais simples e complexas.

Os materiais desta prova incluem um conjunto de 20 peças que variam entre duas formas geométricas (círculos e retângulos), dois tamanhos (pequeno e grande) e cinco cores distintas (branco, azul, verde, amarelo e vermelho). Inicialmente as peças são apresentadas em frente ao sujeito, de acordo com uma determinada ordem. Em seguida, o examinador fornece ao sujeito um conjunto de ordens com diferentes graus de complexidade e que envolvem a manipulação das peças. As ordens são classificadas como “simples” quando envolvem um único comando (ex., “Mostre-me um círculo”) ou “complexas” quando envolve mais do que um comando (ex., “Retire o círculo vermelho e o quadrado verde”). O teste é constituído por um total de 39 ordens. As normas utilizadas para a aplicação da prova foram aquelas descritas no manual. No que se refere à cotação, é atribuído um ponto a cada comando da ordem corretamente executado. O resultado máximo da prova é de 163 pontos.

e (9) um questionário sociodemográfico (ver Anexo 2) que inclui informação relativa ao sexo, idade, escolaridade e profissão dos sujeitos, entre outros aspetos, bem como informação referente à situação clínica (e.g. causa da lesão, gravidade, tempo de coma e tempo decorrido após a lesão).

Tal como anteriormente referido, a análise dos dados foi realizada com base nos Resultados Brutos e Resultados Padronizados obtidos por cada participante em cada instrumento de avaliação aplicado. Os resultados da escala de avaliação da depressão - HADS e do *Token Teste* (ver ANEXO 3), apenas foram analisados para fins de critérios de exclusão. Os dados relativos ao questionário sociodemográfico constituem um mero indicador das características clínicas e sociodemográficas da amostra em estudo.

#### **4.2.2. MATERIAIS PARA O PROTOCOLO DE INTERVENÇÃO NO GRUPO EXPERIMENTAL**

##### **4.2.2.1. NEUROHOME**

No programa de intervenção realizado com o grupo experimental foi utilizada uma ferramenta de RV não-imersiva, o *Neurohome*. O *NeuroHome* consiste numa plataforma

tridimensional que tem como finalidade o treino cognitivo (e.g. treino restaurativo da MT, atenção e FE) e a posterior monitorização do desempenho dos participantes. Esta plataforma simula um supermercado (ver Figura 4.1), o qual é exibido de forma não-imersiva a partir de um monitor normal de 17 polegadas e experienciado na primeira pessoa, sem qualquer avatar intermediário. O supermercado está dividido em sete seções (e.g. frutas, legumes, padaria, lacticínios). Ao longo das diferentes seções estão dispostos diversos produtos que podem ser encontrados num supermercado comum (ver Figura 4.2).



Figura 4.1. Ambiente Virtual do *Neurohome*. Plataforma 3D.



Figura 4.2. Produtos dispostos ao longo das seções do supermercado.

A tarefa consiste em memorizar e realizar a compra de uma lista de produtos (ver Figura 3) que é inicialmente apresentada. Com o auxílio do teclado e do rato, o participante pode navegar nos diversos corredores do supermercado (utilizando as setas *up-down* para se deslocar no espaço e o cursor para controlar o campo de visão) e selecionar os itens pressionando para tal o botão esquerdo do rato. A lista de produtos a serem comprados é inicialmente apresentada no ecrã e os participantes têm 20 segundos para memorizar todos os itens. De forma a facilitar a memorização dos itens, os participantes são instruídos a repetir, em voz alta e o maior número de vezes possível, os vários produtos que constam na lista. Os elementos da lista podem ser memorizados por qualquer ordem. Porém, pretende-se que, à medida que os itens a serem selecionados surgem na lista, o participante seja capaz de os memorizar pela ordem segundo a qual estes estão dispostos no SV, de forma a planear antecipadamente o trajeto e a percorrer menores distâncias para obter uma maior pontuação. Os participantes têm um minuto e 30 segundos para comprar todos os itens da lista. À medida que o participante seleciona os itens corretos estes vão surgindo no canto inferior do ecrã. Caso não consiga recordar os itens da lista, o participante pode utilizar a ajuda e visualizar novamente a lista durante a tarefa. Contudo, ao recorrer a esta ajuda é penalizado em termos de pontuação.

No que respeita à pontuação, esta varia em função de várias medidas de desempenho (e.g. distância percorrida dentro do supermercado, número de ajudas/visualizações da lista durante a tarefa, tempo total da tarefa em segundos, etc.) (ver Figura 4.3) as quais são calculadas pelo *Neurohome* e ficam automaticamente registadas em cada sessão, para posterior análise. Desta forma, é possível que no início de cada nova sessão seja apresentado ao participante um gráfico que ilustra a evolução do seu desempenho ao longo das sessões (ver Figura 4.4). A par disso, à medida que o participante realiza a tarefa, o terapeuta pode “congelar” a tarefa e fornecer feedback imediato sobre o seu desempenho.



**Figura 4.3.** Lista de itens que devem ser memorizados pelos participantes.



**Figura 4.4.** Pontuação total. A pontuação total é automaticamente calculada no final de cada nível em função de várias medidas de desempenho (e.g. n.º de itens encontrados, tempo despendido para a realização da tarefa).

O treino com o *Neurohome* é realizado ao longo de 24 sessões de intervenção, cada uma com uma duração de 45 minutos. Em cada sessão o participante recomeça do primeiro nível. Cada nível é iniciado com 3 estrelas (“vidas”). Quando um produto que não consta na lista é selecionado, o participante perde uma vida. Perde todas as vidas quando o tempo é esgotado. Quando perde todas as vidas, regressa ao nível anterior. A complexidade da tarefa aumenta à medida que o número de itens apresentados na lista aumenta.

#### **4.2.3. MATERIAS PARA PROTOCOLO DE INTERVENÇÃO NO GRUPO DE INTERVENÇÃO CONVENCIONAL**

Os participantes do grupo de controlo receberam um programa de intervenção convencional com base numa abordagem restaurativa e de acordo com as principais recomendações clínicas para a remediação das FE (Cicerone *et al.*, 2000; Cicerone *et al.*, 2005; Cicerone *et al.*, 2011; Malia *et al.*, 2004; Muñoz-céspedes & Tirapu-ustárriz, 2004). O programa de intervenção variou em função do nível de comprometimento cognitivo de cada sujeito e dos domínios cognitivos prejudicados e teve como principal propósito o treino restaurativo de processos cognitivos, tais como a atenção (seletiva,

sustentada e dividida), a memória de trabalho (verbal e visuo-espacial), a fluência verbal (semântica e fonológica) e o raciocínio abstrato, entre outros. De forma a alcançar este objetivo foram utilizadas diversas estratégias, entre as quais: treino com repetição; diminuição progressiva das ajudas; aprendizagem sem erros; aprendizagem com pista; resolução de problemas (simples e/ou complexos); interpretação e reflexão sobre situações e/ou eventos sociais; e simulação de tarefas rotineiras (e.g. programar uma festa de aniversário). A complexidade das tarefas foi aumentada de acordo com a evolução do desempenho de cada participante. A frequência e a duração das sessões foi a mesma quer para o GC quer para o GE.

### **4.3. PROCEDIMENTOS**

Inicialmente foi formalizado um pedido de avaliação e de autorização do presente projeto de investigação ao Presidente do Conselho de Administração do CMRRC-RP, com vista a obter o consentimento para a realização do mesmo. Seguidamente, o projeto foi submetido a aprovação pela Comissão de Ética da Instituição. Após ter sido concedida a aprovação, procedeu-se à seleção dos participantes a incluir na amostra a partir da análise dos respetivos processos clínicos com vista à obtenção de elementos sociodemográficos (e.g. idade, sexo, escolaridade, profissão), assim como de dados relativos à lesão (e.g. etiologia; gravidade; tipologia; morfologia; localização; e tempo pós-lesão;) e ao quadro clínico de cada sujeito. Posteriormente, todos os participantes foram sujeitos a uma extensa avaliação neurocognitiva (pré-teste) de forma a examinar o seu funcionamento cognitivo nomeadamente o funcionamento executivo. A avaliação neurocognitiva dos participantes decorreu ao longo de duas sessões (devido a fatores de fadiga e sonolência por parte dos sujeitos), cada uma com uma duração de aproximadamente 60 minutos. As instruções relativas aos instrumentos de avaliação foram transmitidas oralmente e foi garantido que os mesmos compreenderam todas as instruções de forma correta. A recolha de dados apenas teve início após ter sido facultada aos participantes a informação necessária sobre a investigação a ser realizada e após estes declararem formalmente o seu consentimento informado para a participação no estudo (Anexo 4), sendo assegurada a confidencialidade dos dados. A par disso, a administração dos instrumentos foi realizada por um profissional treinado para o efeito, tendo a mesma sido observada por um elemento externo ao estudo, de forma a comprovar a fiabilidade dos resultados.

A amostra foi então dividida num grupo experimental (GE; n=5) e num grupo de controlo (GC; n=5) equiparável, através de um método de amostragem não-probabilístico. Os sujeitos foram assim alocados em cada grupo em função de critérios não-aleatórios, pré-determinados pelo investigador (i.e. idade, escolaridade e nível de comprometimento cognitivo) de modo a tornar os grupos o mais equiparáveis possível.

Posteriormente, cada grupo foi exposto a 24 sessões de reabilitação neurocognitiva, cada uma com uma duração de 45 minutos, três vezes por semana, ao longo de oito semanas. Os participantes do GE receberam um programa de reabilitação com base numa ferramenta de RV não-imersiva, o *Neurohome*. Os participantes do GC receberam um programa de reabilitação convencional sem recurso a técnicas de RV. Importa referir que durante o período em que os sujeitos participaram no presente estudo, embora tenham recebido intervenção por parte da Terapia da Fala e da Terapia Ocupacional (na qual realizaram exclusivamente tarefas de linguagem e motoras), os mesmos não receberam nenhuma intervenção neurocognitiva adicional.

Após terem cumprido todas as sessões do plano de intervenção, os participantes de ambos os grupos foram solicitados a realizar o mesmo protocolo de avaliação neurocognitiva realizado no momento pré-teste, no sentido averiguar possíveis melhorias de desempenho e por forma a avaliar a eficácia dos dois tipos de intervenção.

## **V. RESULTADOS**

O tratamento dos dados foi realizado através do programa *Statistical Package for The Social Sciences* (SPSS), versão 20.0, com um nível de significância de  $p < 0,05$  para rejeição da hipótese nula.

Com o objetivo de testar a normalidade dos dados recorremos ao teste Kolmogorov-Smirnov (K-S) a partir do qual se verificou que os dados não cumpriam os pressupostos da normalidade e da homogeneidade das variâncias. Por esta razão, para o tratamento dos dados foram utilizadas medidas não-paramétricas. O teste de *Mann-Whitney U* foi utilizado para analisar as diferenças entre os grupos no que se refere aos resultados nas provas realizadas no momento Pré-teste e no momento Pós-Teste. O teste *Wilcoxon* foi utilizado para analisar as diferenças entre as intervenções, comparando os momentos pré-teste e pós-teste para cada um dos grupos. Para calcular as diferenças entre o GE e o GC recorreu-se ao teste de *Mann-Whitney U* para amostras independentes. Finalmente, para determinar qual dos grupos revelou maior evolução foi novamente aplicado o teste de *Mann-Whitney U* para calcular as diferenças entre os resultados obtidos no momento Pré-teste e no momento Pós-Teste.

### **5.1. COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO GLOBAL DE AMBOS OS GRUPOS NAS PROVAS DE AVALIAÇÃO NEUROCOGNITIVA NO MOMENTO PRÉ-TESTE**

Numa primeira análise, procedemos a uma caracterização descritiva do desempenho do GE e do GC na bateria de provas de avaliação cognitiva aplicada e comparámos as médias dos desempenhos obtidas por ambos os grupos no momento Pré-Teste (teste de *Mann-Whitney U*). A

análise de comparação de médias (Tabela 5.1) permite-nos verificar a inexistência de diferenças estatisticamente significativas entre os grupos para a maioria das funções cognitivas avaliadas. Assim, apenas foi registada uma diferença estatisticamente significativas de grande magnitude entre os grupos no que se refere à PE ( $p = ,043$   $d = 1.414$ ) e ao Percentil ( $p = ,009$   $d = 1.414$ ) dos resultados padronizados do TMT – A , com o GE a revelar um desempenho significativamente melhor. De referir contudo, que o desempenho de ambos os grupos situa-se abaixo daquele que seria esperado para o seu grupo de referência (ver ANEXO X), o que evidencia comprometimento acentuado ao nível dos processos atencionais e do funcionamento executivo.

**Tabela 5.1.** Comparação dos Resultados Brutos e resultados padronizados obtidos por ambos os grupos nas provas de avaliação neurocognitiva realizadas no momento Pré-Teste– média (M), desvio-padrão (DP), magnitude da diferença (d de Cohen) e teste de comparação de médias para amostras independentes (estatística U e respetivo valor de significância p).

INSTRUMENTOS	PRÉ-TESTE						Mann-Whitney U Test	
	GE		GC		d de Cohen	U	p	
	M	DP	M	DP				
<b>WCST</b>								
<b>Respostas Perseverativas</b>								
RB	41,80	46,67	49,80	46,73	-0.174	11,00	,753	
Percentagem	38,80	26,25	63,80	44,61	-0.692	9,00	,465	
Pontuação Típica	80,60	25,67	71,80	27,00	0.346	10,00	,577	
Pontuação T	37,00	17,08	31,20	17,88	0.353	10,00	,577	
Percentil	26,40	34,05	19,20	37,96	0.243	10,00	,577	
<b>Erros Perseverativos</b>								
RB	33,00	34,19	39,20	35,096	-0.174	11,00	,753	
Percentagem	30,40	26,53	50,80	35,80	-0.649	7,50	,293	
Pontuação Típica	79,40	23,43	74,00	31,654	0.183	10,00	,577	
Pontuação T	36,20	15,64	32,80	21,253	0.219	10,00	,577	
Percentil	24,20	27,76	21,20	42,429	0.085	10,00	,577	
<b>Memória de trabalho verbal</b>								
<b>WMS – SLN</b>								
RB	4,40	2,07	4,40	2,79	0.000	11,00	,751	
PE	4,40	2,07	5,00	3,32	-0.392	9,50	,523	
<b>Memória de trabalho visuo-espacial</b>								
<b>WMS-LE</b>								
RB	11,20	3,56	10,20	2,05	0.392	10,00	,595	
PE	7,00	2,55	6,60	2,61	0.500	11,50	,831	
<b>WMS_ÍNDICE_MT</b>								
Percentil	8,80	5,93	14,88	16,13	-0.506	11,00	,751	
<b>Defeito cognitivo</b>								
<b>MoCA</b>								
RB	18,00	5,70	14,60	6,88	0.724	9,00	,459	
<b>Índice de concentração - IC</b>								
<b>D2</b>								
RB	37,80	56,46	5,60	20,80	0.761	12,00	,917	
Percentil	3,60	3,98	1,00	0,00	0.943	7,50	,136	
<b>Velocidade psicomotora e atenção</b>								
<b>TMT – A''</b>								
RB	91,80	83,02	97,60	20,31	-0.099	5,00	,116	

PE	4,80	1,48	3,20	0,45	1.414	3,50	,043*
Percentil	5,40	4,88	1,20	0,45	1.414	0,50	,091**
<b>TMT – B''</b>							
RB	171,60	93,86	242,20	63,23	-0.894	5,00	,117
PE	6,00	3,74	3,60	1,34	1.342	7,00	,196
Percentil	19,00	32,65	2,40	3,13	0.748	7,00	,196
<b>B-A</b>							
RB	79,80	64,43	138,80	54,02	-1.013	6,00	,175
PE	8,20	5,63	4,80	2,59	1.050	7,50	,290
Percentil	32,20	39,75	8,60	14,24	0.819	7,50	,290
<b>B/A</b>							
RB	2,36	1,44	2,48	0,69	0.000	8,50	,402
PE	11,60	5,68	10,00	2,24	0.263	10,00	,600
Percentil	59,80	44,81	49,60	27,07	0.274	10,00	,600
<b>Resistência a processos de interferência</b>							
<b>STROOP</b>							
Resp_Corretas/Tempo_Palavra	0,88	0,43	0,63	0,42	-	9,00	,465
Resp_Corretas/Tempo_Cor	0,50	0,20	0,23	0,19	-	4,00	,075**

Notas: WCST – Wisconsin Card Sorting Test; RB – Resultados Brutos; WMS-SLN - Wechsler Memory Scale, Subteste seqüências de letras e números; PE – Pontuação Escalar; WMS-LE - Wechsler Memory Scale, Subteste localização espacial; MoCA - The Montreal Cognitive Assessment; D2 – Teste D2; TMT- A – Trail Making Test, versão A; TMT- B – Trail Making Test, versão B; '' – tempo necessário para a realização da tarefa em segundos; B-A – Diferença entre TMT-B e TMT-A; B/A – Razão entre TMT-B e TMT-A; Stroop – Número de Respostas Corretas a dividir pelo Tempo (seg) necessário para a realização da tarefa;

\*  $p < .05$ ; \*\*  $p \leq .1$ .

$d$  de Cohen: 0,20: efeito pequeno; 0,50: efeito médio; 0,80: efeito grande.

## 5.2. COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO GLOBAL DE AMBOS OS GRUPOS NAS PROVAS DE AVALIAÇÃO NEUROCOGNITIVA NO MOMENTO PÓS-TESTE

Em seguida, repetimos o mesmo procedimento para o momento Pós-Teste, de forma a averiguar possíveis diferenças no desempenho entre os grupos. Os resultados são apresentados na Tabela 5.2 e permitem verificar que não existem diferenças estatisticamente significativas entre os grupos em todas as provas de avaliação neurocognitiva realizadas. Apenas foi observada uma diferença marginalmente significativa no que se refere à componente Erros Perseverativos do WCST ( $p = ,075$ ;  $d = 1.748$ ), com o GC a evidenciar um desempenho superior, comparativamente ao GE. No que respeita às restantes provas, constata-se que, embora não atinja significância estatística, o GC obteve um melhor desempenho na maioria das provas realizadas comparativamente ao GE, à exceção do que se refere ao MoCA (ainda que as diferenças nos resultados sejam muito pouco significativas) e ao TMT-A e TMT-B, nas quais o GE obteve um desempenho superior.

**Tabela 5.2.** Comparação dos Resultados Brutos e resultados padronizados obtidos por ambos os grupos nas provas de avaliação neurocognitiva realizadas no momento Pós-Teste – Média (M), desvio-padrão (DP),

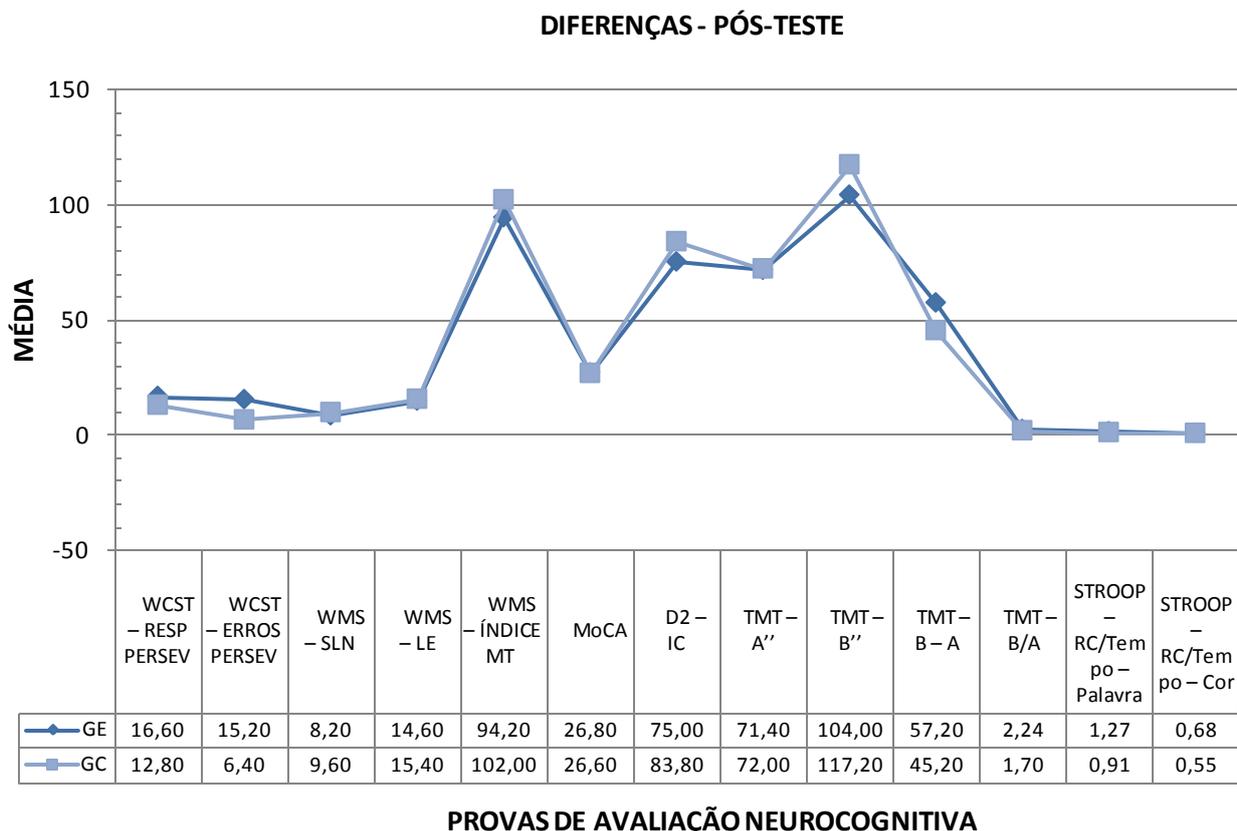
magnitude da diferença ( $d$  de Cohen) e teste de comparação de médias para amostras independentes (estatística  $U$  e respetivo valor de significância  $p$ ).

INSTRUMENTOS	PÓS-TESTE							
	GE		GC		$d$ de Cohen	Mann-Whitney $U$ Test		
	M	DP	M	DP		U	$p$	
<b>WCST</b>								
<b>Respostas perseverativas</b>								
RB	16,60	8,20	12,80	9,03	0.470	10,00	,600	
Percentagem	27,60	25,58	14,60	8,74	0.700	8,50	,402	
Pontuação Típica	89,80	35,18	96,00	20,46	-0.246	9,00	,462	
Pontuação T	43,20	23,46	47,20	13,63	-0.214	9,00	,462	
Percentil	32,60	40,25	47,00	34,13	-0.404	9,50	,525	
<b>Erros Perseverativos</b>								
RB	15,20	7,85	6,40	2,60	1.748	4,00	,075**	
Percentagem	24,80	22,28	7,60	2,79	1.088	5,00	,113	
Pontuação Típica	89,80	34,31	117,60	20,92	-1.003	5,50	,142	
Pontuação T	43,00	22,92	61,80	13,88	-0.996	5,50	,142	
Percentil	30,60	40,34	76,50	36,05	-1.208	4,50	,176	
<b>Memória de trabalho verbal</b>								
<b>WMS – SLN</b>								
RB	8,20	1,30	9,60	1,52	-1.000	5,50	,126	
PE	8,20	1,30	10,00	2,55	-1.265	6,00	,168	
<b>Memória de trabalho visuo-espacial</b>								
<b>WMS-LE</b>								
RB	14,60	4,16	15,40	3,36	-0.283	11,50	,832	
PE	9,40	3,51	10,60	3,36	-0.333	10,50	,664	
<b>WMS_ÍNDICE_MT_</b>	94,20	13,95	102,00	17,94	-0.529	8,00	,341	
Percentil	38,60	30,91	58,20	33,79	-0.634	8,00	,341	
<b>Defeito cognitivo</b>								
<b>MoCA</b>								
RB	26,80	1,30	26,60	3,36	0.000	9,50	,523	
<b>Índice de concentração - IC</b>								
<b>D2</b>								
RB	75,00	31,30	83,80	17,47	-0.320	9,00	,465	
Percentil	4,60	6,07	11,80	7,82	-1.074	5,00	,108	
<b>Velocidade psicomotora e atenção</b>								
<b>TMT – A''</b>								
RB	71,40	34,33	72,00	17,54	-0.037	12,00	,917	
PE	6,80	3,83	4,60	2,30	0.784	8,00	,334	
Percentil	25,10	30,86	6,90	9,37	0.858	10,00	,591	
<b>TMT – B''</b>								
RB	104,00	51,17	117,20	21,25	-0.333	10,00	,602	
PE	7,20	4,38	6,60	2,97	0.316	11,50	,833	
Percentil	27,10	38,78	22,60	17,17	0.170	9,00	,461	
<b>B-A</b>								
RB	57,20	25,14	45,20	24,68	0.489	10,00	,602	
PE	9,60	3,13	11,00	3,54	-0.666	11,00	,751	
Percentil	46,60	33,44	53,40	29,87	-1.668	11,00	,751	
<b>B/A</b>								
RB	2,24	0,69	1,70	0,44	0.000	6,50	,203	
PE	11,00	2,35	13,40	2,61	-1.000	7,50	,287	
Percentil	61,40	26,92	82,00	16,37	-0.973	7,00	,239	
<b>Resistência a processos de interferência</b>								
<b>STROOP</b>								
Resp_Corretas/Tempo_Palavra	1,27	0,30	0,91	0,43	-	6,00	,173	
Resp_Corretas/Tempo_Cor	0,68	0,21	0,55	0,24	-	8,00	,344	

Notas: WCST – Wisconsin Card Sorting Test; RB – Resultados Brutos; WMS-SLN - Wechsler Memory Scale, Subteste seqüências de letras e números; PE – Pontuação Escala; WMS-LE - Wechsler Memory Scale, Subteste localização espacial; MoCA - The Montreal Cognitive Assessment; D2 – Teste D2; TMT- A – Trail Making Test, versão A; TMT- B – Trail Making Test, versão B; “ – tempo necessário para a realização da tarefa em segundos; B-A – Diferença entre TMT-B e TMT-A; B/A – Razão entre TMT-B e TMT-A; Stroop – Número de Respostas Corretas a dividir pelo Tempo (seg) necessário para a realização da tarefa;

\*  $p < .05$ ; \*\*  $p \leq .1$ .

$d$  de Cohen: 0,20: efeito pequeno; 0,50: efeito médio; 0,80: efeito grande.



**Figura. 5.1.** Comparação entre os resultados brutos obtidos por ambos os grupos nas provas de avaliação neurocognitiva realizadas no momento Pós-Teste.

### 5.3. COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS PELO GE EM TODAS AS PROVAS APLICADAS NO MOMENTO PRÉ-TESTE E MOMENTO PÓS-TESTE

Posteriormente, de forma a examinar a evolução no desempenho do GE após o treino com o *Neurohome*, procedemos à comparação das médias dos Resultados Brutos e resultados padronizados obtidos pelo grupo em todas as provas realizadas no momento Pré-Teste e no momento Pós-Teste (teste de *Wilcoxon*). Como se pode verificar na Tabela 5.3, foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre o momento Pré-teste e Pós-teste, no que se refere ao desempenho médio dos sujeitos para a maioria das provas realizadas. De forma detalhada, no que

respeita ao desempenho do grupo na prova WCST, encontramos uma diferença estatisticamente significativa, porém de pequena magnitude, no que se refere ao Percentil ( $p = ,041$ ;  $d = -0.162$ ) das Respostas Perseverativas. Foi também encontrada uma diferença marginalmente significativa de grande magnitude nos Resultados Brutos ( $p = ,080$ ;  $d = 0.757$ ) e de média magnitude ao nível da Percentagem ( $p = ,068$ ;  $d = 0.431$ ). No que se refere ao indicador Erros Perseverativos, verificou-se uma diferença marginalmente significativa de pequena magnitude relativamente à Pontuação Típica ( $p = ,066$ ;  $d = -0.344$ ). No que respeita à prova WMS, o desempenho do GE foi significativamente melhor no momento Pós-Teste, verificando-se diferenças estatisticamente significativas de grande magnitude nos Resultados Brutos e na Pontuação Escalar do subteste SLN ( $p = ,041$ ;  $d = -2.529$ ); bem como nos Resultados Brutos ( $p = ,043$ ;  $d = -0.849$ ) e na Pontuação Escalar ( $p = ,042$ ;  $d = 2,032$ ) do subteste LE. Foram também encontradas diferenças nos Resultados Brutos ( $p = ,043$ ;  $d = -1.406$ ) e no Percentil ( $p = ,043$ ;  $d = -1.395$ ) do Índice de MT. Quanto ao desempenho do grupo no teste D2, foi encontrada uma diferença estatisticamente significativa nos Resultados Brutos ( $p = ,043$ ;  $d = -0.839$ ) do Índice de Concentração, embora não se verifiquem diferenças no que se refere à Pontuação Padronizada. Finalmente, em relação ao TMT-B, foi registada uma diferença estatisticamente significativa de grande magnitude no que se refere aos Resultados Brutos ( $p = ,043$ ;  $d = 0.893$ ); bem como uma diferença marginalmente significativa na Pontuação Escalar ( $p = ,083$ ) e no Percentil ( $p = ,068$ ). Assim, o tempo (") necessário para a execução desta prova foi significativamente superior no momento Pré-Teste ( $171,60 \pm 93,86$ ) comparativamente ao momento Pós-Teste ( $104,00 \pm 51,17$ ). Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas no que se refere aos Resultados Brutos do MoCA e aos Resultados Brutos e resultados padronizados do TMT – A, embora seja possível constatar que o desempenho em ambas as provas foi claramente superior no momento Pós-teste.

**Tabela 5.3.** Comparação entre os Resultados Brutos e resultados padronizados obtidos pelo GE nas provas de avaliação neurocognitiva realizadas nos momentos Pré-Teste e Pós-Teste – Média (M), desvio-padrão (DP), magnitude da diferença ( $d$  de Cohen) e teste de comparação de médias para amostras pareadas (estatística Z e respetivo valor de significância  $p$ ).

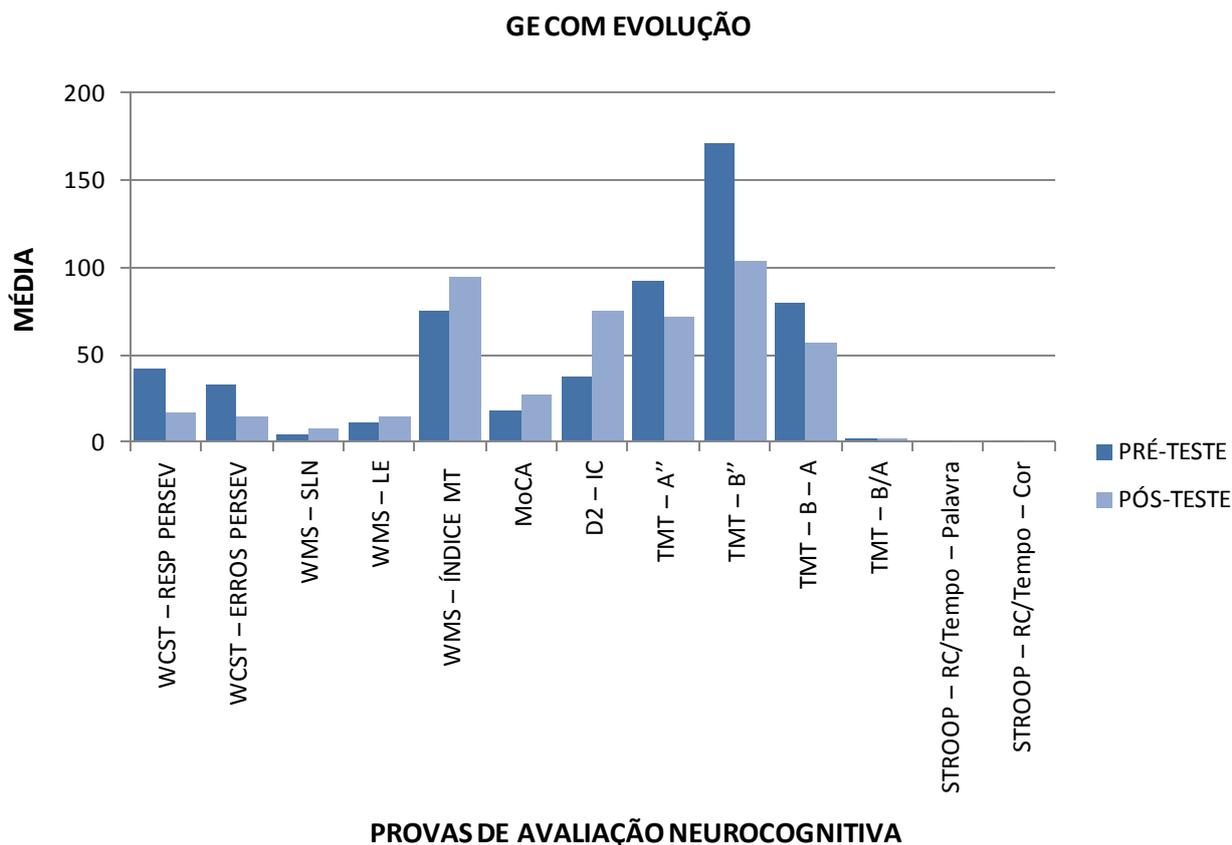
GRUPO EXPERIMENTAL COM EVOLUÇÃO							
INSTRUMENTOS	Pré-Teste		Pós-Teste		$d$ de Cohen	Wilcoxon	
	M	DP	M	DP		Z	$p$
<b>WCST</b>							
Respostas perseverativas							
RB	41,80	46,67	16,60	8,20	0.757	-1,753	,080**

Porcentagem	38,80	26,25	27,60	25,58	0.431	-1,826	,068**
Pontuação Típica	80,60	25,67	89,80	35,18	-0.296	-1,604	,109
Pontuação T	37,00	17,08	43,20	23,46	-0.297	-1,342	,180
Percentil	26,40	34,05	32,60	40,25	-0.162	-2,041	,041*
<b>Erros Perseverativos</b>							
RB	33,00	34,19	15,20	7,85	0.733	-1,219	,223
Porcentagem	30,40	26,52	24,80	22,28	0.198		
Pontuação Típica	79,40	23,42	89,80	34,31	-0.344	-1,841	,066**
Pontuação T	36,20	15,64	43,00	22,92	-0.371	-1,342	,180
Percentil	24,20	27,76	30,60	40,34	-0.175	-1,342	,180
<b>Memória de trabalho verbal</b>							
<b>WMS – SLN</b>							
RB	4,40	2,07	8,20	1,30	-2.529	-2,041	,041*
PE	4,40	2,07	8,20	1,30	-2.529	-2,041	,041*
<b>Memória de trabalho visuo-espacial</b>							
<b>WMS-LE</b>							
RB	11,20	3,56	14,60	4,16	-0.849	-2,023	,043*
PE	7,00	2,55	9,40	3,51	-0.784	-2,032	,042*
<b>WMS_ÍNDICE_MT</b>	75,00	14,82	94,20	13,95	-1.406	-2,023	,043*
Percentil	8,80	5,93	38,60	30,91	-1.395	-2,023	,043*
<b>Defeito cognitivo</b>							
<b>MoCA</b>							
RB	18,00	5,70	26,80	1,30	-2.219	-1,841	,066**
<b>Índice de concentração – IC</b>							
D2 (RB)	37,80	56,46	75,00	31,30	-0.839	-2,023	,043*
Percentil	3,60	3,98	4,60	6,07	-0.211	-1,000	,317
<b>Velocidade psicomotora e atenção</b>							
<b>TMT – A”</b>							
RB	91,80	83,02	71,40	34,33	0.315	-0,271	,786
PE	4,80	1,48	6,80	3,83	-0.894	-1,461	,144
Percentil	5,40	4,88	25,10	30,86	-0.935	-1,214	,225
<b>TMT – B “</b>							
RB	171,60	93,86	104,00	51,17	0.893	-2,023	,043*
PE	6,00	3,74	7,20	4,38	-0.283	-1,732	,083**
Percentil	19,00	32,65	27,10	38,78	-0.228	-1,826	,068**
<b>B-A</b>							
RB	79,80	64,43	57,20	25,14	0.453	-0,674	,500
PE	8,20	5,63	9,60	3,13	-0.243	-0,756	,450
Percentil	32,20	39,75	46,60	33,44	-0.388	-1,095	,273
<b>B/A</b>							
RB	2,36	1,44	2,24	0,69	0.000	-0,405	,686
PE	11,60	5,68	11,00	2,35	0.000	-0,412	,680
Percentil	59,80	44,81	61,40	26,92	-0.055	-0,135	,892
<b>STROOP</b>							
Resp_Corretas/Tempo_Palavra	0,88	0,43	1,27	0,30	-	-2,023	,043*
Resp_Corretas/Tempo_Cor	0,50	0,20	0,68	0,21	-	-1,214	,225

Notas: WCST – Wisconsin Card Sorting Test; RB – Resultados Brutos; WMS-SLN - Wechsler Memory Scale, Subteste seqüências de letras e números; PE – Pontuação Escala; WMS-LE - Wechsler Memory Scale, Subteste localização espacial; MoCA - The Montreal Cognitive Assessment; D2 – Teste D2; TMT- A – Trail Making Test, versão A; TMT- B – Trail Making Test, versão B; “ – tempo necessário para a realização da tarefa em segundos; B-A – Diferença entre TMT-B e TMT-A; B/A – Razão entre TMT-B e TMT-A; Stroop – Número de Respostas Corretas a dividir pelo Tempo (seg) necessário para a realização da tarefa;

\*  $p < .05$ ; \*\*  $p \leq .1$ .

$d$  de Cohen: 0,20: efeito pequeno; 0,50: efeito médio; 0,80: efeito grande



**Figura. 5.2.** Comparação entre os resultados brutos obtidos pelo GE nas provas de avaliação neurocognitiva realizadas no momento Pré-Teste e Pós-Teste.

#### 5.4. COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS PELO GC EM TODAS AS PROVAS APLICADAS NO MOMENTO PRÉ-TESTE E MOMENTO PÓS-TESTE

Realizámos o mesmo procedimento para o GC a fim de averiguar possíveis melhorias de desempenho nesta condição. Com base nos resultados apresentados na Tabela 5.4, constata-se que, no que se refere ao desempenho do grupo na prova WCST, foi encontrada uma diferença estatisticamente significativa de grande magnitude no Percentil ( $p = ,042$ ;  $d = -0.788$ ), bem como uma diferença marginalmente significativa na Percentagem de Respostas Perseverativas ( $p = ,080$ ;  $d = 1.549$ ). No que respeita à dimensão Erros Perseverativos, apenas se verificou uma diferença significativa nos Resultados Brutos ( $p = ,043$ ;  $d = 1,331$ ). Porém, foi também encontrada uma diferença marginalmente significativa no que se refere à Percentagem ( $p = ,068$ ;  $d = 1,734$ ), à Pontuação Típica ( $p = ,068$ ;  $d = -1,648$ ) e à Pontuação T ( $p = ,068$ ;  $d = -1,660$ ) dos Erros Perseverativos. Em relação ao desempenho médio dos sujeitos na prova WMS, constata-se diferenças estatisticamente significativas de grande magnitude nos Resultados Brutos ( $p = ,042$ ;  $d = -3.162$ ) e na pontuação padronizada ( $p = ,042$ ;  $d = -1.961$ ) do subteste SLN, assim como na pontuação

total ( $p = ,043$ ;  $d = -1.421$ ) e no Percentil ( $p = ,043$ ;  $d = -1.697$ ) do Índice de MT. Foi ainda possível constatar diferenças significativas nos Resultados Brutos do MoCA ( $p = ,043$ ;  $d = -2.529$ ); bem como nos Resultados Brutos ( $p = ,043$ ;  $d = -4.202$ ) e no Percentil ( $p = ,039$ ;  $d = -2.020$ ) do Índice de Concentração do Teste D2. Relativamente ao desempenho do grupo na prova TMT, na parte A apenas se verificou uma diferença estatisticamente significativa de grande magnitude nos Resultados Brutos ( $p = ,043$ ;  $d = 1.347$ ) e uma diferença marginalmente significativa no Percentil ( $p = ,066$ ;  $d = -0,786$ ). Por sua vez, na Parte B, foram encontradas diferenças estatisticamente significativas nos Resultados Brutos ( $p = ,043$ ;  $d = 2.225$ ) quer no Percentil ( $p = ,041$ ;  $d = -1.638$ ); verificando-se também uma diferença marginalmente significativa na Pontuação Escalar ( $p = ,066$ ;  $d = -1,897$ ). A par disso, na mesma prova, foi ainda possível constatar diferenças significativas nos Resultados Brutos ( $p = ,043$ ;  $d = 2,225$ ), na Pontuação Escalar ( $p = ,039$ ;  $d = -2,745$ ) e no Percentil ( $p = ,042$ ;  $d = -1,486$ ) do Indicador B-A (i.e. da diferença entre o tempo despendido para realizar a tarefa na Parte B e o tempo despendido na parte A); assim como nos Resultados Brutos ( $p = ,042$ ;  $d = -2,032$ ), na Pontuação Escalar ( $p = ,039$ ;  $d = -2,060$ ) e no Percentil ( $p = ,042$ ;  $d = -1,486$ ) do Indicador B/A (i.e. da razão entre o tempo despendido para realizar a tarefa na Parte B e o tempo despendido na parte A). Por último, no que se refere ao desempenho do grupo no teste *Stroop*, apenas foi encontrada uma diferença estatisticamente significativa no que se refere à tarefa Leitura da Palavra ( $p = ,043$ ) e uma diferença marginalmente significativa na tarefa Nomeação da Cor ( $p = ,068$ ). Não foram encontradas diferenças com significância estatística no que se refere aos Resultados Brutos e Resultados Padronizados do subteste LE da WMS, embora o desempenho do grupo no momento Pós-Teste tenha sido consideravelmente superior ao do momento Pré-teste e que as diferenças encontradas estejam próximas de atingir significância estatística ( $p = ,066$ ).

**Tabela 5.4.** Comparação entre os Resultados Brutos e resultados padronizados obtidos pelo GC nas provas de avaliação neurocognitiva realizadas nos momentos Pré-Teste e Pós-Teste – média (M), desvio-padrão (DP), magnitude da diferença ( $d$  de Cohen) e teste de comparação de médias para amostras pareadas (estatística Z e respetivo valor de significância  $p$ ).

GRUPO DE CONTROLO COM EVOLUÇÃO							
INSTRUMENTOS	Pré-Teste		Pós-Teste		$d$ de Cohen	Wilcoxon	
	M	DP	M	DP		Z	$p$
<b>WCST</b>							
<b>Respostas perseverativas</b>							
RB	49,80	46,73	12,80	9,03	1.116	-1,461	,144
Percentagem	63,80	44,61	14,60	8,74	1.549	-1,753	,080**
Pontuação Típica	71,80	27,00	96,00	20,46	-1.052	-1,214	,225
Pontuação T	31,20	17,88	47,20	13,63	-1.057	-1,095	,273
Percentil	19,20	37,96	47,00	34,13	-0.788	-2,032	,042*

<b>Erros Perseverativos</b>							
RB	39,20	35,09	6,40	2,60	1.331	-2,023	,043*
Porcentagem	50,80	35,80	7,60	2,79	1.734	-1,826	,068**
Pontuação Típica	74,00	31,65	117,60	20,92	-1.648	-1,826	,068**
Pontuação T	32,80	21,25	61,80	13,88	-1.660	-1,826	,068**
Percentil	21,20	42,42	76,50	36,05	-1.406	-1,604	,109
<b>Memória de trabalho verbal</b>							
<b>WMS – SLN</b>							
RB	4,40	2,79	9,60	1,52	-3.162	-2,032	,042*
PE	5,00	3,32	10,00	2,55	-1.961	-2,032	,042*
<b>Memória de trabalho visuo-espacial</b>							
<b>WMS-LE</b>							
RB	10,20	2,05	15,40	3,36	-1.961	-1,841	,066**
PE	6,60	2,61	10,60	3,36	-1.569	-1,841	,066**
<b>WMS_ÍNDICE_MT</b>							
Percentil	14,88	16,13	58,20	33,79	-1.697	2,023	,043*
<b>Defeito cognitivo</b>							
<b>MoCA</b>							
RB	14,60	6,88	26,60	3,36	-2.529	-2,023	,043*
<b>Índice de concentração – IC</b>							
<b>D2</b>							
RB	5,60	20,80	83,80	17,47	-4.202	-2,023	,043*
Percentil	1,00	0,00	11,80	7,82	-2.020	-2,060	,039*
<b>Velocidade psicomotora e atenção</b>							
<b>TMT – A''</b>							
RB	97,60	20,31	72,00	17,54	1.347	-2,023	,043*
PE	3,20	0,45	4,60	2,30	-0.707	-1,473	,141
Percentil	1,20	0,45	6,90	9,37	-0.786	-1,841	,066**
<b>TMT – B ''</b>							
RB	242,20	63,23	117,20	21,25	2.662	-2,023	,043*
PE	3,60	1,34	6,60	2,97	-1.897	-1,841	,066**
Percentil	2,40	3,13	22,60	17,17	-1.638	-2,041	,041*
<b>B-A</b>							
RB	138,80	54,02	45,20	24,68	2.226	-2,023	,043*
PE	4,80	2,59	11,00	3,54	-2.746	-2,060	,039*
Percentil	8,60	14,24	53,40	29,87	-1.976	-2,023	,043*
<b>B/A</b>							
RB	2,48	0,69	1,70	0,44	0.000	-2,032	,042*
PE	10,00	2,24	13,40	2,61	-1.500	-2,060	,039*
Percentil	49,60	27,07	82,00	16,37	-1.487	-2,032	,042*
<b>STROOP</b>							
Resp_Corretas/Tempo_Palavra	0,63	0,42	0,91	0,43	-	-2,023	,043*
Resp_Corretas/Tempo_Cor	0,23	0,19	0,55	0,24	-	-1,826	,068**

Notas: WCST – Wisconsin Card Sorting Test; RB – Resultados Brutos; WMS-SLN - Wechsler Memory Scale, Subteste seqüências de letras e números; PE – Pontuação Escalar; WMS-LE - Wechsler Memory Scale, Subteste localização espacial; MoCA - The Montreal Cognitive Assessment; D2 – Teste D2; TMT- A – Trail Making Test, versão A; TMT- B – Trail Making Test, versão B; '' – tempo necessário para a realização da tarefa em segundos; B-A – Diferença entre TMT-B e TMT-A; B/A – Razão entre TMT-B e TMT-A; Stroop – Número de Respostas Corretas a dividir pelo Tempo (seg) necessário para a realização da tarefa;

\*  $p < .05$ ; \*\*  $p \leq .1$ .

d de Cohen: 0,20: efeito pequeno; 0,50: efeito médio; 0,80: efeito grande

## 5.5. COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS OBTIDOS PELO GE E PELO GC EM TODAS AS PROVAS APLICADAS NO MOMENTO PRÉ-TESTE E MOMENTO PÓS-TESTE

Numa fase seguinte, com o objetivo de examinar as diferenças entre o desempenho do GE e do GC, e de verificar qual o grupo com maior evolução, procedemos à comparação dos Resultados Brutos e Resultados Padronizados obtidos por ambos os grupos em todas as provas realizadas no Pré-teste e no Pós-Teste. Tal como se pode verificar na Tabela 5.5, foi encontrada uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos no que diz respeito aos Resultados Brutos ( $p = ,036$ ;  $d = -1.547$ ) e ao Percentil ( $p = ,012$ ;  $d = -1.748$ ) do índice de concentração do teste D2, com uma evolução de desempenho significativamente melhor por parte do GC, quer nos Resultados Brutos ( $78,20 \pm 27,51$ ) quer nos Resultados Padronizados ( $10,80 \pm 7,82$ ) comparativamente aos Resultados Brutos ( $37,20 \pm 26,37$ ) e Resultados Padronizados do GE ( $1,00 \pm 2,24$ ). Em relação ao desempenho dos grupos no TMT, verificou-se uma diferença de grande magnitude marginalmente significativa no Percentil ( $p = ,074$ ;  $d = -1,019$ ) do TMT-B, igualmente com o GC a revelar um desempenho superior quer nos Resultados Brutos ( $-125,00 \pm 48,41$ ) quer nos resultados padronizados (PE:  $3,00 \pm 2,35$ ; Percentil:  $20,20 \pm 14,44$ ) em comparação com os Resultados Brutos ( $-67,60 \pm 50,79$ ) e os Resultados Padronizados (PE:  $1,20 \pm 1,09$  ; Percentil:  $8,10 \pm 9,01$ ) do GE. Foi também encontrada uma diferença significativa de grande magnitude nos Resultados Brutos ( $p = ,047$ ;  $d = 1.716$ ) e na Pontuação Escalar ( $p = ,008$ ;  $d = -2,236$ ) do Indicador B-A, da mesma prova. Em relação a este último indicador, verifica-se ainda uma diferença marginalmente significativa ao nível do Percentil ( $p = ,076$ ;  $d = -1,342$ ). Não foram encontradas diferenças no que se refere à evolução do desempenho dos grupos nas restantes provas ainda que, tal como referido anteriormente, o GC tenha obtido um desempenho superior para a globalidade das provas à exceção do que se refere ao TMT – A, no qual o GE necessitou de menos tempo (‘’) para a execução da tarefa ( $-20,40 \pm 81,49$ ) comparativamente ao tempo despendido pelo GC ( $-25,60 \pm 8,62$ ). Na Figura 5.1. estão representadas as diferenças entre os resultados brutos obtidos por ambos os grupos no protocolo de avaliação.

**Tabela 5.5.** Diferenças entre os Resultados Brutos e resultados padronizados obtidos por ambos os grupos nas provas de avaliação neurocognitiva realizadas nos momentos Pré-Teste e Pós-Teste – média (M), desvio-padrão (DP), magnitude da diferença ( $d$  de Cohen) e teste de comparação de médias para amostras independentes (estatística  $U$  e respetivo valor de significância  $p$ ).

INSTRUMENTOS	DIFERENÇAS ENTRE O MOMENTO PRÉ-TESTE E MOMENTO PÓS-TESTE							
	GE		GC		$d$ de Cohen	Mann Whitney		
	M	DP	M	DP		U	$p$	
Respostas perseverativas								

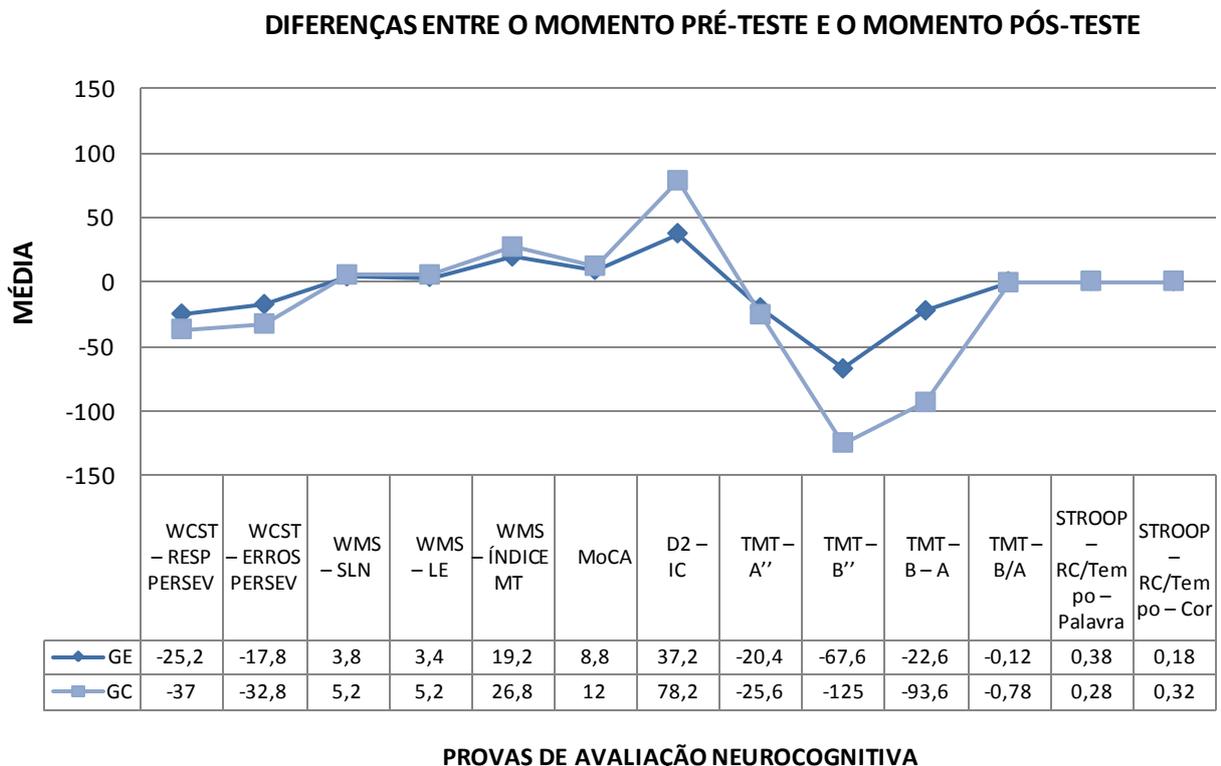
<i>M2-M1 WCST</i>							
RB	-25,20	45,93	-37,00	51,37	0.249	11,00	,754
Porcentagem	-11,20	11,90	-49,20	43,74	1.211	7,00	,251
Pontuação Típica	9,20	12,32	24,20	31,57	-0.638	7,50	,293
Pontuação T	6,20	8,20	16,00	20,94	-0.657	7,50	,293
Percentil	6,20	8,50	27,80	46,77	-0.636	8,50	,389
<b>Erros Perseverativos</b>							
RB	-17,80	33,95	-32,80	35,32	0.440	6,00	,173
Porcentagem	-5,60	5,12	-43,20	36,54	1.478	6,50	,207
Pontuação Típica	10,40	16,57	43,60	37,07	-1.157	5,50	,131
Pontuação T	6,80	10,89	29,00	24,67	-1.251	5,50	,131
Percentil	6,40	13,75	50,25	48,95	-1.251	4,50	,159
<b>Memória de trabalho verbal</b>							
<i>M2-M1 WMS – SLN</i>							
RB	3,80	2,05	5,20	2,28	-1.000	8,50	,398
PE	3,80	2,04	5,00	2,55	-1.000	10,00	,595
<b>Memória de trabalho visuo-espacial</b>							
<i>M2-M1 WMS-LE</i>							
RB	3,40	2,30	5,20	3,35	-0.784	7,50	,293
PE	2,40	1,67	4,00	2,54	-1.265	7,50	,292
<b>WMS_ÍNDICE_MT</b>							
M2 – M1 WMS_ÍNDICE_MT	19,20	9,04	26,80	15,07	-0.566	8,00	,347
Percentil	29,80	25,63	43,32	24,15	-0.571	10,00	,602
<b>Defeito cognitivo</b>							
<i>M2-M1 MoCA</i>							
RB	8,80	5,93	12,00	5,09	-0.800	8,00	,346
<b>Índice de concentração - IC</b>							
<i>M2-M1 D2</i>							
RB	37,20	26,37	78,20	27,51	-1.547	2,50	,036*
Percentil	1,00	2,24	10,80	7,82	-1.748	1,00	,012*
<b>Velocidade psicomotora e atenção</b>							
<b><i>M2-M1 TMT – A''</i></b>							
RB	-20,40	81,49	-25,60	8,62	0.087	7,00	,251
PE	2,00	2,92	1,40	1,95	0.632	10,00	,598
Percentil	19,70	26,56	5,70	8,93	0.728	11,50	,834
<b><i>M2-M1 TMT – B''</i></b>							
RB	-67,60	50,79	-125,00	48,41	1.183	6,00	,175
PE	1,20	1,09	3,00	2,35	-1.265	7,00	,237
Percentil	8,10	9,01	20,20	14,44	-1.019	4,00	,074**
<b><i>M2-M1 B-A</i></b>							
RB	-22,60	49,06	-93,60	32,14	1.716	3,00	,047*

PE	1,40	3,44	6,20	1,10	-2.236	0,00	,008*
Percentil	14,40	26,82	44,80	18,40	-1.342	4,00	,076**
<b>M2-M1 B/A</b>							
RB	-0,12	1,01	-0,78	0,33	0.000	8,50	,401
PE	-0,60	4,56	3,40	0,89	-1.061	6,50	,202
Percentil	1,60	32,09	32,40	12,90	-1.283	5,00	,115
<b>M2-M1 STROOP</b>							
Resp_Corretas/Tempo_Palavra	0,38	0,32	0,28	0,32	-	8,50	,402
Resp_Corretas/Tempo_Cor	0,18	0,26	0,32	0,29	-	8,00	,347

Notas: WCST – Wisconsin Card Sorting Test; RB – Resultados Brutos; WMS-SLN - Wechsler Memory Scale, Subteste seqüências de letras e números; PE – Pontuação Escalar; WMS-LE - Wechsler Memory Scale, Subteste localização espacial; MoCA - The Montreal Cognitive Assessment; D2 – Teste D2; TMT- A – Trail Making Test, versão A; TMT- B – Trail Making Test, versão B; '' – tempo necessário para a realização da tarefa em segundos; M2 – 2º Momento de Avaliação; M1 – 1º Momento de Avaliação; B-A – Diferença entre TMT-B e TMT-A; B/A – Razão entre TMT-B e TMT-A; Stroop – Número de Respostas Corretas a dividir pelo Tempo (seg) necessário para a realização da tarefa;

\*  $p < .05$ ; \*\*  $p \leq .1$ .

d de Cohen: 0,20: efeito pequeno; 0,50: efeito médio; 0,80: efeito grande.



**Figura 5.3.** Comparação entre os resultados brutos obtidos por ambos os grupos nas provas de avaliação neurocognitiva realizadas no momento Pré-teste e no momento Pós-teste.

## DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi verificar a aplicabilidade e eficácia de um programa de 24 sessões de intervenção cognitiva com recurso a uma ferramenta de RV não-imersiva (*Neurohome*) para a remediação das FE em indivíduos vítimas de TCE grave e comparar os resultados encontrados com aqueles obtidos a partir de um programa de intervenção convencional, com recurso a uma abordagem restaurativa. Para cumprir este objetivo, foram constituídos dois grupos de intervenção cognitiva (i.e. intervenção com recurso a uma ferramenta de RV não-imersiva vs. intervenção convencional) nos quais foram alocados dez participantes com TCE grave. O efeito dos métodos de intervenção cognitiva utilizados foi verificado a partir da análise dos resultados obtidos por ambos os grupos no protocolo de avaliação cognitiva aplicado no momento Pré-Teste e no momento Pós-Teste, de modo a determinar qual o grupo com maior evolução.

Uma análise detalhada do desempenho dos grupos permitiu-nos concluir que, no que se refere à comparação inter-grupos realizada para o momento Pré-Teste, apenas foi observada uma diferença significativa de desempenho entre os grupos na prova TMT-A, com o GE a revelar um desempenho significativamente melhor. Assim, não foram encontradas diferenças entre o desempenho dos grupos nas restantes provas, o que indica que antes de realizarem o protocolo de intervenção os grupos apresentavam um desempenho equivalente entre si, à exceção do que se refere à parte A da prova TMT. Quando realizámos o mesmo procedimento para o momento Pós-Teste, verificámos que, de uma forma geral, após realizarem o programa de intervenção, todos os participantes do estudo melhoraram o seu desempenho nas provas de avaliação cognitiva aplicadas, embora não tenham sido encontradas diferenças com significância estatística no que se refere ao desempenho dos grupos para a globalidade das provas. Neste sentido, embora o GC tenha evidenciado em geral um desempenho superior, essas diferenças não atingiram significância estatística, o que sugere que ambos os métodos demonstraram ser eficazes para a remediação das FE. O facto de o GE ter melhorado o seu desempenho nas provas aplicadas permite confirmar a primeira hipótese em estudo, a partir da qual se esperava que a utilização de técnicas de RV não-imersiva se demonstrasse eficaz para a remediação das FE em indivíduos com TCE grave. Estes resultados no GE são consistentes com os de outros estudos que relatam que indivíduos com TCE, moderado a grave, são capazes de fazer aprendizagens e de recordar e atualizar as informações adquiridas, dentro de um AV, através de um paradigma de aprendizagem de uma lista de palavras, desde que lhes seja fornecida oportunidade para superar as suas dificuldades (i.e. que lhes sejam fornecidos ensaios extra de forma a garantir a aquisição de informações) (DeLuca, Schultheis, Madigan, Christodoulou & Averill, 2000; Matheis *et al.*, 2007). Os nossos achados vão também em linha com aqueles encontrados na literatura que comprovam que o treino com SVs é eficaz para a remediação FE em indivíduos com comprometimento neurológico (ver por exemplo, Jacoby *et al.*,

2011; Josman *et al.*, 2006; Klinger *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2003; Rand, Weiss, & Katz, 2009). De referir, que os resultados obtidos não podem ser explicados por características sociodemográficas e/ou clínicas da amostra, uma vez que não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos para estas características.

Relativamente à segunda hipótese que procurámos testar, isto é, se indivíduos com TCE grave resultante de acidente de aviação melhoram o desempenho nas componentes executivas avaliadas após o treino com RV não-imersiva, os resultados encontrados demonstram que os participantes que realizaram o treino com o *Neurohome* apresentaram melhorias de desempenho estatisticamente significativas para a maioria das FE avaliadas. Contudo, estas melhorias apenas atingiram significância estatística no que se refere a algumas das componentes executivas avaliadas, nomeadamente à dimensão Respostas Perseverativas do WCST, aos subtestes SLN e LE da WMS, bem como ao Índice de MT da mesma prova, ao Índice de Concentração do teste D2, ao TMT-B e à tarefa Leitura da Palavra do teste *Stroop*. Estes resultados são, em parte, apoiados por aqueles obtidos no estudo realizado por Mendes, Barbosa e Reis (2013), no qual oito participantes com TCE grave, após realizarem 40 sessões de treino cognitivo com recurso a uma plataforma de RV não-imersiva (VICERAVI) evidenciaram melhorias estatisticamente significativas nos testes: D2, TMT-A e TMT-B, no *Stroop* (interferência palavra-cor), no HVL-R (Hopkins Verbal Learning Test) e no subteste Sequências de Letras e Números da WMS – III (Wechsler Memory Scale). Os autores encontraram ainda uma diferença marginalmente significativa nos resultados do teste MoCA (*Montreal Cognitive Assessment*). Todavia, no presente estudo, não foram encontradas diferenças significativas entre o Pré-teste e o Pós-Teste no que se refere ao desempenho do GE na tarefa de interferência do teste *Stroop* ou na parte A do TMT, e as diferenças encontradas na parte B da mesma prova e no teste MoCa foram apenas marginalmente significativas. Por outro lado, no estudo de Mendes, Barbosa e Reis (2013) as diferenças encontradas na dimensão Erros Perseverativos do WCST não foram significativas ( $p = ,499$ ), enquanto que no presente estudo foi encontrada uma diferença marginalmente significativa na Pontuação Típica ( $p = ,066$ ) desta dimensão e nos Resultados Brutos da dimensão Respostas Perseverativas ( $p = ,080$ ), onde foi também encontrada uma diferença estatisticamente significativa ao nível do Percentil ( $p = ,041$ ). Uma explicação possível para os nossos resultados é que a tarefa utilizada no estudo requer essencialmente processos cognitivos relacionados com a MT (verbal e espacial) e com determinadas componentes das FE (e.g. capacidade de realizar mudanças no comportamento e/ou flexibilidade cognitiva) e não tanto outras funções relacionadas, por exemplo, com a atenção (e.g. atenção seletiva e atenção dividida) e/ou com a resistência a processos de interferência. Assim, podemos supor, que por este motivo o treino com o *Neurohome* não permitiu melhorar significativamente aspetos da atenção envolvidos na realização das prova *Stroop* e TMT-A, mas resultou em melhorias significativas ao nível da MT e das FE. Porém,

é importante notar que, no que se refere à tarefa de interferência do teste *Stroop* e ao TMT-A, embora as diferenças não atinjam significância estatística, a análise detalhada dos resultados médios nas provas permite verificar que houve efetivamente uma melhoria de desempenho nestas provas. A par disso, verificou-se uma melhoria significativa no Índice de Concentração obtido através do Teste D2, o que indica que o treino na tarefa permitiu melhorar a capacidade de concentração dos participantes do grupo. Para além do estudo anteriormente referido, os nossos resultados também se relacionam com aqueles obtidos no estudo de Grewe e colaboradores (2013) no qual, após serem treinados a memorizar auditivamente uma lista de produtos e a proceder posteriormente à sua compra dentro dum SV virtual, sujeitos saudáveis e sujeitos com epilepsia focal evidenciaram um efeito de aprendizagem a nível verbal, visuo-espacial e do funcionamento executivo. De salientar porém, que estes resultados foram obtidos através da utilização de uma ferramenta de RV imersiva. Desta forma, o facto de no presente estudo terem sido obtidos resultados similares a partir de uma ferramenta de RV não-imersiva vem precisamente reforçar o pressuposto de que este tipo de ferramentas permite efetivamente o treino cognitivo, independentemente do nível de realismo gráfico e/ou do nível de imersão (Rizzo *et al.*, 2004).

Fazer compras num supermercado requer efetivamente diversos processos cognitivos, como por exemplo, memorizar os itens da lista, procurar os produtos dentro do supermercado, recordar o caminho percorrido e/ou recordar o local onde determinados produtos estão dispostos, etc. (Cromby, Standen, Newman, & Tasker, 1996). A tarefa utilizada neste estudo, em particular, requer duas componentes da MT: visuo-espacial – implica a codificação e recuperação de localizações espaciais (e.g. é necessário memorizar a disposição do supermercado e o local onde se encontra cada produto, por exemplo); e verbal – exige a codificação e recuperação de conteúdos verbais (e.g. memorizar a lista de compras e recuperar as informações). Para além da MT, para a realização da tarefa são requeridas outras funções cognitivas, como por exemplo, capacidade de planeamento (e.g. planear antecipadamente o trajeto mais curto), controlo inibitório (e.g. movimentar-se dentro do AV, pressionando para tal as teclas *Up* e *Down*, e parar de pressionar a tecla para seleccionar um produto) e/ou a capacidade para utilizar estratégias (e.g. memorizar os itens da lista em função da disposição dos produtos dentro do SV, de forma a percorrer menores distâncias). Neste sentido, é possível que o facto de os participantes treinarem estas competências ao realizarem o treino com o *Neurohome* possa ter resultado numa melhoria cognitiva ao nível da MT verbal (devido ao treino de repetição) e visuo-espacial (devido ao treino espacial dentro do AV) e/ou de outras funções cognitivas, como por exemplo, as FE. Além disso, o facto de na tarefa os estímulos alvo serem apresentados quer verbal quer visualmente, pode ter contribuído para uma melhor codificação das informações na MT (Matheis *et al.*, 2007). Relativamente à MT um resultado relevante deste estudo,

diz respeito ao facto de uma das componentes executivas onde se verificou maior evolução após o treino com o *Neurohome* ter sido justamente no Índice de MT. Este resultado é consistente com outros estudos que sugerem que o treino da MT com base em ferramentas de RV e/ou em técnicas computadorizadas, é eficaz para a remediação desta função em diferentes populações clínicas (ver por exemplo, Brehmer, Westerberg, & Bäckman, 2012; Klingberg, 2010; Lundqvist, Grundström, Samuelsson, & Rönnerberg, 2010; McKendrick, Ayaz, Olmstead, & Parasuraman, 2014; Westerberg *et al.*, 2007). Alguns autores sugerem mesmo que o treino da MT pode inclusivamente resultar num efeito de generalização para outras componentes cognitivas, dentre as quais, aquelas relacionadas com as FE (ver, por exemplo, Conway, Kane, & Engle, 2003; Morrison & Chein, 2011; Klingberg, 2010; Salminen, Strobach, & Schubert, 2012), embora outros autores contestem esta hipótese (ver por exemplo, Chooi & Thompson, 2012; Harrison *et al.*, 2013; Redick *et al.*, 2012). Com base numa perspetiva neurológica, Takeuchi e colegas (2010) comprovaram que o treino da MT pode resultar num aumento da matéria branca na região frontoparietal e na parte anterior do corpo caloso (estruturas estas fundamentais para a MT) por exemplo, provavelmente a partir de processos de mielinização desencadeados pelo treino. Segundo os autores, estas mudanças estruturais podem ser responsáveis pelas melhorias cognitivas quer na própria MT, quer em outras funções cognitivas. De acordo com esta linha de interpretação, poderíamos supor que no presente estudo o treino intensivo da MT pode ter produzido um efeito benéfico não apenas ao nível da MT, mas também de outras componentes cognitivas, como por exemplo, das FE e/ou da atenção. De facto, no que se refere ao desempenho geral do GE na prova WCST, verificámos que embora as diferenças não atinjam significância estatística evidente, em termos médios os participantes forneceram menos Respostas Perseverativas e cometeram menos Erros Perseverativos no momento Pós-teste. Uma interpretação possível para estes resultados, é que o funcionamento mais eficaz por parte da MT poderá ter resultado num efeito positivo ao nível das FE. Por outro lado, podemos deduzir que o treino com o *Neurohome* permitiu efetivamente melhorar a flexibilidade cognitiva dos participantes e/ou a capacidade para estes realizarem mudanças no padrão de resposta em função de *feedback* ambiental. Uma das vantagens da utilização de ferramentas de RV em contexto de reabilitação é, por exemplo, o facto de os indivíduos poderem receber *feedback* imediato sobre o seu desempenho (Rizzo, Schultheis, Kerns & Mateer, 2004). Esta possibilidade é útil para indivíduos com perturbações nas FE (Cicerone *et al.*, 2011; Kennedy *et al.* 2008) uma vez que estes indivíduos tendem a apresentar geralmente dificuldade em realizar mudanças nos seu padrão de resposta em função de novas exigências ambientais (Lezak, Howieson & Loring, 2004). Ao receber *feedback*, o indivíduo tem a possibilidade de corrigir os erros, bem como de monitorizar e melhorar o desempenho de forma a atingir um nível de desempenho eficaz (Luft, 2014). A par disso, o *feedback* é um fator crucial para melhorar a autoeficácia na aplicação das estratégias de memória (Tam & Man, 2004). Em última

análise, podemos considerar que ambas as interpretações anteriormente expostas são aceitáveis, e que quer o melhor funcionamento por parte da MT, quer as próprias características inerentes à tarefa utilizada (e respetivas vantagens) poderão ter contribuído para as melhorias observadas no funcionamento executivo.

Relativamente ao nosso último objetivo, isto é verificar qual o método de tratamento com maior eficácia para a remediação das FE nesta população, a partir da comparação intra-grupos entre o Pré e Pós-Teste foi possível constatar uma diferença estatisticamente significativa no que se refere à evolução do desempenho entre os grupos no teste D2 (Índice de Concentração) e no TMT-B, com o GC a evidenciar um desempenho superior. Para além destas provas, o grupo que realizou o programa de reabilitação convencional revelou melhorias de desempenho mais significativas para a maioria das provas realizadas, à exceção do que diz respeito ao TMT-A, no qual o GE necessitou de menos tempo para a realização da tarefa, comparativamente ao GC. Porém, é importante notar, que este resultado pode estar relacionado, por exemplo, com o facto de a única diferença estatisticamente significativa encontrada no momento Pré-Teste ter sido justamente na parte A do TMT, com o GE a evidenciar um desempenho superior. Todavia, os resultados obtidos não permitiram confirmar a hipótese segundo a qual era esperado que o grupo que realizasse o treino cognitivo o *Neurohome* apresentasse melhorias de desempenho mais significativas nas componentes executivas avaliadas comparativamente ao grupo que realizou um programa de reabilitação cognitiva convencional. Uma hipótese possível para estes resultados prende-se com o tipo de tarefas utilizadas no programa de reabilitação convencional. Ao longo das sessões de intervenção convencional foram treinadas diversas funções cognitivas (e.g. de cancelamento; atenção seletiva, dividida e alternada; MT verbal e espacial; planeamento e de resolução de problemas) com vista ao treino cognitivo dos participantes. Por sua vez, no programa de intervenção com o *Neurohome*, os participantes foram treinados sempre na mesma tarefa (i.e. realizar a compra de uma lista de produtos) e dentro do mesmo AV (i.e. supermercado) o que apenas permitiu treinar competências mais específicas relacionadas com a tarefa. O desenvolvimento de plataformas que incluam outros contextos ecológicos (e.g. cozinhas, espaços de lazer e convívio, transportes públicos) que permitam treinar outras competências cognitivas, poderá aumentar a eficácia destas ferramentas para a remediação das funções cognitivas em geral, e das FE em particular. É igualmente possível que o facto das sessões realizadas no programa convencional terem sido mais estruturadas (i.e. em função da presença e/ou da gravidade dos défices evidenciados pelos participantes, por exemplo), comparativamente às sessões realizadas com o *Neurohome*, possa ter contribuído também para estes resultados. Para além destas hipóteses, podemos supor também que o facto do GE ter apresentado pontuações mais baixas na ECG e um tempo de coma (dias) maior, comparativamente ao GC, tenha resultado numa recuperação cognitiva

inferior à do GC. A par disso, o tempo de evolução da lesão (meses) foi inferior no GC ( $9,40 \pm 10,0$ ) em comparação com o GE ( $15,8 \pm 11,9$ ). Assim, embora não tenham sido encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos no que se refere às características clínicas da lesão, o GE apresentou um nível de gravidade e um tempo de evolução da lesão superior, o que poderá ter resultado numa evolução cognitiva menos significativa comparativamente ao GC. Por outro lado, de acordo com Eson, Yen e Bourke (1978), a recuperação de um TCE tem uma natureza exponencial, isto é, no início da lesão existe uma aceleração rápida nos níveis de recuperação (entre os primeiros 6-8 meses), com uma posterior desaceleração da recuperação nos 12-16 meses após a lesão sendo que, eventualmente, pode ocorrer uma estabilização dos níveis de recuperação após cerca de 18-24 meses. Dito isto, é possível que os participantes do GE se encontrassem dentro do período de desaceleração da recuperação (i.e. uma vez que o grupo apresentou um tempo médio de 15,8 meses de evolução da lesão), e que, por sua vez, o GC se encontrasse num período de aceleração rápida da recuperação (i.e. tempo médio de 9,40 meses de evolução da lesão). Neste sentido, pode-se especular que, embora não tenham sido encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos relativamente ao tempo de evolução da lesão, o GC possa ter demonstrado uma evolução mais significativa dado encontrar-se um período de evolução da lesão mais favorável para recuperação cognitiva.

Vale a pena salientar, que os nossos resultados foram obtidos através de um AV que utiliza um interface simples e que não foram utilizados quaisquer equipamentos com características imersivas e/ou mais sofisticadas para além daqueles já descritos. Ora, o facto de o *Neurohome* possibilitar a exploração do AV e a interação dos participantes com a aplicação de forma simples e com recurso a tecnologias de *hardware* elementares (tedado e rato), poderá ter resultado numa vantagem, uma vez que, logo após uma sessão de treino com o *software*, todos os participantes foram capazes de realizar a tarefa de forma eficaz. Todavia, não descuramos a hipótese de que com um interface mais complexo ou mesmo recorrendo a equipamentos de RV imersiva, o efeito obtido fosse significativamente superior.

Importa igualmente referir que, embora seja fundamental determinar a eficácia destas ferramentas para melhorar o desempenho de indivíduos com lesão neurológica numa bateria de provas de avaliação neurocognitiva, o objetivo final deverá ser sempre poder afirmar que o tratamento resultou efetivamente numa mudança funcional relevante para o indivíduo, logo, é necessário assegurar que as melhorias nas pontuações das provas aplicadas traduzem igualmente uma melhoria a nível funcional (Shipstead, Redick, Chein, & Morrison, 2010).

## **CONCLUSÃO**

Apesar das limitações metodológicas subjacentes ao nosso estudo, os resultados obtidos sugerem que o *Neurohome* constitui uma ferramenta que apresenta aplicabilidade para o tratamento de perturbações nas FE em indivíduos com TCE grave e um nível de eficácia relativamente equivalente àquele obtido através da utilização de métodos de reabilitação convencionais. Este achado é relevante na medida em que demonstra que, após realizarem o treino cognitivo com o *Neurohome*, indivíduos com comprometimento acentuado ao nível das FE melhoram significativamente a sua condição cognitiva. A aplicabilidade e a eficácia desta ferramenta, juntamente com os baixos custos financeiros associados à mesma, tomam-na numa opção atraente e viável para implementação em Instituições de reabilitação. Desta forma, no futuro esta ferramenta de RV não-imersiva poderá constituir um meio auxiliar para os convencionais métodos de reabilitação cognitiva.

## **LIMITAÇÕES DO ESTUDO**

Embora promissores, estes resultados devem ser interpretados com cautela, tendo em conta a reduzida dimensão da amostra e a inexistência de um terceiro grupo de controlo (e.g. sem qualquer tipo de intervenção cognitiva), fatores estes que impedem a generalização dos nossos resultados. Além disso, com uma amostra de maior dimensão poderiam eventualmente ter sido encontradas outras diferenças significativas e/ou resultados mais satisfatórios no que se refere à eficácia da plataforma de RV utilizada. O facto da recolha de dados ter sido realizada apenas numa Instituição representa igualmente uma limitação, na medida em que os dados observados poderão não ser totalmente representativos da população em estudo. Considera-se igualmente a possibilidade de outras variáveis, não controladas, terem contribuído para alguns dos resultados encontrados, não sendo por isso possível afirmar com certeza a fiabilidade dos dados. Para além destas limitações, é importante notar que os estudos realizados até à data com vista a examinar a eficácia de SV para o treino cognitivo das FE são escassos e apresentam também eles várias limitações metodológicas, relacionadas por exemplo com dimensão da amostra, que condicionam a interpretação e a generalização dos seus resultados. A par disso, o facto de este ser um dos primeiros estudos a ser realizado em Portugal com o mesmo propósito constituiu igualmente um constrangimento ao estudo, uma vez que não nos permitiu comparar os dados encontrados com os de outros estudos realizados com a população Portuguesa. Como limitação subjacente ao estudo, salienta-se ainda a carência de instrumentos de avaliação cognitiva aferidos e/ou de dados normativos para a população Portuguesa, como é o caso da prova WCST, o que compromete a validade e fiabilidade dos resultados obtidos nesta prova. Por último, outra limitação diz respeito ao

facto de apenas ter sido utilizada uma tarefa instrumental de vida diária (i.e. fazer compras num supermercado) para o treino cognitivo dos participantes do GE. Assim, a inclusão de outras tarefas instrumentais (e.g. preparar uma refeição e/ou circular em transportes públicos) poderia, eventualmente, ter contribuído para potenciar os ganhos alcançados.

## **ESTUDOS FUTUROS**

O desenvolvimento de estudos futuros, com amostras de maior dimensão, poderá contribuir para clarificar melhor os resultados obtidos no presente estudo piloto. A par disso, o desenvolvimento de estudos futuros deverá fornecer evidências dínicas e dados de validação adicionais, de forma a corroborar a eficácia do treino cognitivo com o *Neurohome* em diferentes populações com comprometimento neurológico. No futuro, seria igualmente relevante examinar as implicações, em termos funcionais, destes resultados, de forma a perceber se os ganhos obtidos com o *Neurohome* poderão ser generalizáveis para a mesma tarefa em contexto real e/ou se os indivíduos que melhoram o seu desempenho num protocolo de avaliação neurocognitiva após realizarem o treino com o *Neurohome* melhoram igualmente o seu desempenho em contextos funcionais da vida diária. Além disso, seria interessante comparar a eficácia de um programa de reabilitação cognitiva convencional com aquela obtida através da utilização de métodos convencionais em simultâneo com RV não-imersiva, de forma a determinar a eficácia destas ferramentas enquanto tratamento adjuvante aos métodos convencionais. Questões técnicas, como o efeito do nível de imersão e de presença deverão igualmente ser exploradas a fim de examinar a potencial influência destes fatores no nível de eficácia obtida a partir do treino cognitivo com esta ferramenta de RV não-imersiva.

Importa salientar, que a implementação do *Neurohome* em Instituições de Reabilitação só poderá acontecer após ser comprovada a eficácia desta ferramenta a partir de estudos controlados e com amostras de maior dimensão. A par disso, a sua utilização deverá ser sempre compreendida enquanto ferramenta auxiliar aos métodos de reabilitação cognitiva convencionais existentes.

## REFERÊNCIAS

- Albert-Weissenberger, C., & Sirén, A. L. (2010). Experimental traumatic brain injury. *Experimental translational stroke medicine*, 2(1), 16. BioMed Central. Retrieved from <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2930598&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Alloway, T. P., Bibile, V., & Lau, G. (2013). Computerized working memory training: Can it lead to gains in cognitive skills in students? *Computers in Human Behavior*, 29(3), 632-638. Elsevier Ltd. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0747563212003032>
- Andelic, N. (2013). The epidemiology of traumatic brain injury. *Lancet neurology*, 12(1), 28-9. Elsevier Ltd. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23177533>
- Ansuini, C., Pierno, A. C., Lusher, D., & Castiello, U. (2006). Virtual reality applications for the remapping of space in neglect patients. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 24(4-6), 431-441. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17119316>.
- Arbuthnott, K., & Frank, J. (2000). Trail making test, part B as a measure of executive control: validation using a set-switching paradigm. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 22(4), 518-528.
- Ardila, D. A. (2005). La evaluación de los síndromes neuropsicológicos. In M. V. Bartolomé & D. A. Ardila (Eds.), *Síndromes neuropsicológicos* (pp. 223-250). Salamanca: Amarú Ediciones.
- Baddeley, A.D. & Wilson, B. (1988). Frontal amnesia and the dysexecutive syndrome. *Brain and Cognition*, 7, 212-230.
- Bade, S. (2010). Cognitive executive functions and work: advancing from job jeopardy to success following a brain aneurysm. *Work* 36 (4): 389-98.
- Barkley, R. A. (1996). Linkages between attention and executive functions. In: G. R. Lyon & N. A. Krasnegor (Eds.), *Attention memory and executive function* (pp. 307-325). Paul H.
- Bates, M. E., & Lemay, E. P. (2004). The d2 Test of attention: construct validity and extensions in scoring techniques. *Journal of the International Neuropsychological Society : JINS*, 10(3), 392-400.
- Bellani, M., Fornasari, L., Chittaro, L., & Brambilla, P. (2011). Virtual reality in autism: state of the art. *Epidemiology and psychiatric sciences*, 20(3), 235-8. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21922965>
- Bigler, E. D., & Maxwell, W. L. (2011). Neuroimaging and neuropathology of TBI. *NeuroRehabilitation*, 28(2), 63-74.
- Boelen, D. H. E., Spikman, J. M., & Fasotti, L. (2011). Rehabilitation of executive disorders after brain injury: are interventions effective? *Journal of neuropsychology*, 5(Pt 1), 73-113.
- Boelen, D. H. E., Spikman, J. M., Rietveld, A. C. M., & Fasotti, L. (2009). Executive dysfunction in chronic brain-injured patients: assessment in outpatient rehabilitation. *Neuropsychological rehabilitation*, 19(5), 625-644.
- Bonnelle V., Ham T. E., Leech R., Kinnunen K. M., Mehta M. A., Greenwood R. J., et al. (2012). Saliency network integrity predicts default mode network function after traumatic brain injury. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 109 4690-4695.10.1073/pnas.1113455109
- Botella, C., Quero, S., Baños, R. M., Perpiñá, C., García Palacios, A., & Riva, G. (2004). Virtual reality and psychotherapy. *Studies in health technology and informatics*, 99, 37-54.
- Brehmer, Y., Westerberg, H., & Bäckman, L. (2012). Working-memory training in younger and older adults: training gains, transfer, and maintenance. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6(March), 1-7. Retrieved from [http://www.frontiersin.org/Human\\_Neuroscience/10.3389/fnhum.2012.00063/abstract](http://www.frontiersin.org/Human_Neuroscience/10.3389/fnhum.2012.00063/abstract)

- Bressler, S. L., & Menon, V. (2010). Large-scale brain networks in cognition: emerging methods and principles. *Trends in cognitive sciences*, 14(6), 277-290.
- Brooks, B. M., & Rose, F. D. (2003). The use of virtual reality in memory rehabilitation: current findings and future directions. *NeuroRehabilitation*, 18(2), 147-157. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12867677>
- Brooks, F. P. (1999). What's Real About Virtual Reality? *IEEE Computer Graphics and Applications*, 19(6), 16-27.
- Brown, D.J., Kerr, S.J., & Bayon, V. (1998). The development of the Virtual City: a user-centered approach. In: Sharkey, P., Rose, D., & Lindström, J.-I. (eds.), *Proceedings of the 2nd European Conference on Disability, Virtual Reality & Associated Technologies*. Skövde, Sweden, pp. 11–15.
- Buller, I. (2010). Evaluación neuropsicológica efectiva de la función ejecutiva Cuadernos de Neuropsicología, 4 (1), 63 – 86.
- Burgess, P. W. (2010). Assessment of executive function. In: J. Marshall, J. Gurd, U. Kischka (Eds.) *Oxford Handbook of Clinical Neuropsychology* (2nd Ed., pp. 436-68). Oxford: Oxford University Press.
- Cameirao, M. S., Badia, S. B. i, Zimmerli, L., Oller, E. D., & Verschure, P. F. M. J. (2007). The Rehabilitation Gaming System: a Virtual Reality Based System for the Evaluation and Rehabilitation of Motor Deficits. *2007 Virtual Rehabilitation*.
- Cao, X. C. X., Klinger, E., Douguet, A.-S., & Fuchs, P. (2009). Issues in the design of a virtual Instrumental Activity of Daily Living (viADL) for Executive Functions exploration. *2009 Virtual Rehabilitation International Conference*.
- Cappa, S. F., Benke, T., Clarke, S., Rossi, B., Stemmer, B., & Van Heugten, C. M. (2003) EFNS guidelines on cognitive rehabilitation: report of an EFNS task force. *European Journal of Neurology* 10: 11-23.
- Carelli, L., Morganti, F., Weiss, P. L., Kizony, R., & Riva, G. (2008). A virtual reality paradigm for the assessment and rehabilitation of executive function deficits post stroke: Feasibility study. *2008 Virtual Rehabilitation*.
- Carlozzi, N. E., Grech, J., & Tulskey, D. S. (2013). Memory functioning in individuals with traumatic brain injury: an examination of the Wechsler Memory Scale-Fourth Edition (WMS-IV). *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 35(9), 906-14. Routledge. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24033318>
- Carlozzi, N. E., Kisala, P. A., & Tulskey, D. S. (2011). Traumatic Brain Injury Patient-Reported Outcome Measure: Identification of Health-Related Quality-of-Life Issues Relevant to Individuals With Traumatic Brain Injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*.
- Carney, N., Chesnut, R. M., Maynard, H., Mann, N. C., Patterson, P., & Helfand, M. (1999). Effect of cognitive rehabilitation on outcomes for persons with traumatic brain injury: A systematic review. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 14(3), 277-307. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0033048376&partnerID=40&md5=2ec5f8edb5edeb366ea8a1c879fb0512>
- Carpenter, P., Just, M., & Reichle, E. (2000). Working memory and executive function: evidence from neuroimaging. *Current Opinion in Neurobiology*. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095943880000074X>
- Cavaco, S., Pinto, C., Gonçalves, A., Gomes, F., Pereira, A., & Malaquias, C. (2008). Trail Making Test: Dados normativos dos 21 aos 65 anos. *Psychologica*, 49, 222-238
- Cernich, A. N., Kurtz, S. M., Mordecai, K. L., & Ryan, P. B. (2010). Cognitive Rehabilitation in Traumatic Brain Injury. *Current Treatment Options in Neurology*, 1-12. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-77954339360&#38;partnerID=40&#38;md5=c97603a5472a5480995e3387>

- Chan, R. C. K., Shum, D., Touloupoulou, T., & Chen, E. Y. H. (2008). Assessment of executive functions: Review of instruments and identification of critical issues. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *23*(2), 201-216.
- Chen, A. J. W., & D'Esposito, M. (2010). Traumatic brain injury: from bench to bedside to society. *Neuron*, *66*(1), 11-4. Elsevier Inc. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20399725>
- Chooi, W.-T., & Thompson, L. A. (2012). Working memory training does not improve intelligence in healthy young adults. *Intelligence*.
- Cicerone, K. D., Dahlberg, C., Kalmar, K., Langenbahn, D. M., Malec, J. F., Bergquist, T. F., Felicetti, T., et al. (2000). Evidence-based cognitive rehabilitation: recommendations for clinical practice. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *81*(12), 1596-1615. WB SAUNDERS CO. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11128897>
- Cicerone, K. D., Dahlberg, C., Malec, J. F., Langenbahn, D. M., Felicetti, T., Kneipp, S., Ellmo, W., et al. (2005). Evidence-based cognitive rehabilitation: updated review of the literature from 1998 through 2002. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *86*(8), 1681-92. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16084827>
- Cicerone, K. D., Langenbahn, D. M., Braden, C., Malec, J. F., Kalmar, K., Fraas, M., Felicetti, T., et al. (2011). Evidence-based cognitive rehabilitation: updated review of the literature from 2003 through 2008. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *92*(4), 519–30. doi:10.1016/j.apmr.2010.11.015
- Cicerone, K. D., Levin, H., Malec, J., Stuss, D., & Whyte, J. (2006). Cognitive rehabilitation interventions for executive function: moving from bench to bedside in patients with traumatic brain injury. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *18*(7), 1212-1222. MIT Press 238 Main St., Suite 500, Cambridge, MA 02142-1046USA journals-info@mit.edu. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16839293>
- Ciurli, P., Bivona, U., Barba, C., Onder, G., Silvestro, D., Azicnuda, E., Formisano, R. (2010). Metacognitive unawareness correlates with executive function impairment after severe traumatic brain injury. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *16*, 360-368. doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S135561770999141X>
- Collette, F., & Van der Linden, M. (2002). Brain imaging of the central executive component of working memory. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, *26*(2), 105-125.
- Coltheart, M., Brunsdon, R., Nickels, L., Halligan, P. W., & Wade, D. T. (2005). Cognitive rehabilitation and its relationship to cognitive-neuropsychological rehabilitation. *Effectiveness of rehabilitation for cognitive deficits* (pp. 11-20). Oxford University Press, New York, NY, US. Retrieved from [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=pubmed&cmd=Retrieve&dopt=AbstractPlus&list\\_uids=2005-16060-002](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=pubmed&cmd=Retrieve&dopt=AbstractPlus&list_uids=2005-16060-002)
- Conway, A. R. A., Kane, M. J., & Engle, R. W. (2003). Working memory capacity and its relation to general intelligence. *Trends in Cognitive Sciences*.
- Corsi, P. M. (1972). Human memory and the medial temporal region of the brain. *Dissertation Abstracts International*, *34*, 891.
- Costa, E.M., Carvalho, L.A., & Aragon, D. (1999), Ambientes Virtuais Na Reabilitação Cognitiva, II Workshop Brasileiro de Realidade Virtual. Marília, Brasil, pp. 115-126.
- Costa, R.M.E.M., Carvalho, L.A.V., & Aragon, D.F. (2000). Virtual city for cognitive rehabilitation. In: *Proceedings 3rd of the International Conference on Disability, Virtual Reality & Associated Technology*.
- Cote, S., & Bouchard, S. (2008). Virtual Reality Exposure for Phobias: A Critical Review. *Journal of CyberTherapy & Rehabilitation*, *1*(1), 75-94.
- Cromby, J., Standen, P., Newman, J., & Tasker, H. (1996). Successful transfer to the real world of skills practiced in a virtual environment by student with severe learning disabilities. In: Sharkey, P.M. (Ed)

*Proceedings of the 1st European Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies*. Reading, UK: University of Reading, 305-313.

- Damasio, A. R. (1994). *Descartes' error: Emotion, rationality and the human brain*. New York: Putnam, 352.
- Davies, R. C., Lofgren, E., Wallergard, M., Linde'n, A., Boschian, K., Mino'r, U., et al. (2002). Three applications of virtual reality for brain injury rehabilitation of daily tasks. A practical example using virtual reality in the assessment of brain injury. In P. Sharkey, C. S. Lanyi, & P. Standen (Eds.), *Proceedings of the Fourth ICDVRAT* (93–100). Reading, UK: University of Reading
- Dehn, M. J. (2008). Working Memory and Academic Learning. *Working memory and academic learning: Assessment and intervention* (pp. 92-112). John Willey & Sons.
- DeLuca, J., Schultheis, M. T., Madigan, N. K., Christodoulou, C., & Averill, A. (2000). Acquisition versus retrieval deficits in traumatic brain injury: Implications for memory rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *81*(10), 1327-1333.
- Deutsch, J. E., Borbely, M., Filler, J., Huhn, K., & Guarrera-Bowlby, P. (2008). Use of a low-cost, commercially available gaming console (Wii) for rehabilitation of an adolescent with cerebral palsy. *Physical therapy*.
- Dikmen, S. S., Corrigan, J. D., Levin, H. S., Machamer, J., Stiers, W., & Weisskopf, M. G. (2009). Cognitive outcome following traumatic brain injury. *J.Head Trauma Rehabil.*, *24*(1550-509X (Electronic)), 430-438.
- Dores, R. A., Carvalho, I., Abreu, C., Nunes, J., Leitao, M., & Castro-Caldas, A. (2009). Virtual Reality: Application to Cognitive Rehabilitation After Acquired Brain Injury. *DSAI 2009 PROCEEDINGS OF THE 2ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE DEVELOPMENT FOR ENHANCING ACCESSIBILITY AND FIGHTING INFOEXCLUSION* (pp. 31-36).
- Douglas, J. M. (2010). Relation of executive functioning to pragmatic outcome following severe traumatic brain injury. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, *53*(2), 365-382. ASHA. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20360462>
- Duro, D., Simões, M. R., Ponciano, E., & Santana, I. (2010). Validation studies of the Portuguese experimental version of the Montreal Cognitive Assessment (MoCA): Confirmatory factor analysis. *Journal of Neurology*, *257*(5), 728-734.
- Dvorkin, A. Y., Rymer, W. Z., Harvey, R. L., Bogey, R. A., & Patton, J. L. (2008). Assessment and monitoring of recovery of spatial neglect within a Virtual Environment. *2008 Virtual Rehabilitation*.
- Edmans, J., Gladman, J., Hilton, D., Walker, M., Sunderland, A., Cobb, S., Pridmore, T., et al. (2009). Clinical evaluation of a non-immersive virtual environment in stroke rehabilitation. *Clinical rehabilitation*, *23*(2), 106-116.
- Ehrlich, J. A., & Miller, J. R. (2009). A Virtual Environment for Teaching Social Skills: AViSS. *IEEE Computer Graphics and Applications*, *29*(4), 10-16. IEEE Computer Society. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19798857>
- Eslinger, P. J., Flaherty-Craig, C. V., & Chakara, F. M. (2013). *Rehabilitation and management of executive function disorders*. *Handbook of clinical neurology* (Vol. 110, pp. 365-76). Elsevier B.V. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23312656>
- Eson, M. E., Yen, J. K., & Bourke, R. S. (1978). Assessment of recovery from serious head injury. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, *41*(11), 1036-1042.
- Evans, J. (2010). 027 Rehabilitation for dysexecutive symptoms. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, *81*(10), 11-12.

- Fish, J., Evans, J. J., Nimmo, M., Martin, E., Kersel, D., Bateman, A., Wilson, B. A., et al. (2007). Rehabilitation of executive dysfunction following brain injury: "Content-free" cueing improves everyday prospective memory performance. *Neuropsychologia*, 45(6), 1318-1330. Retrieved from <http://www.hlisd.org/LibraryDetail.aspx?libraryid=3600>
- Fisher, J. M. (1985). Cognitive and behavioral consequences of closed head injury. *Seminars in Neurology*, 5, 197-204.
- Fitzpatrick, S. and Baum, C.M. (2012). Executive functions. In L.M. Carey (Ed.), *Stroke Rehabilitation: Insights from Neuroscience and Imaging* (pp.208-221). New York: Oxford UP.
- Flanagan, S. R., Cantor, J. B., & Ashman, T. A. (2008). Traumatic brain injury: future assessment tools and treatment prospects. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 4(5), 877-892. Dove Medical Press. Retrieved from <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2626927&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Fleming, J., & Strong, J. (1997). The development of insight following severe traumatic brain injury: three case studies. *British Journal of Occupational Therapy*, 60(7), 295-300.
- Fominykh, M., Prasolova-Førland, E., Morozov, M., & Gerasimov, A. (2009). Virtual City as a Place for Educational and Social Activities: a Case Study. In M. E. Auer & A. Al-Zoubi (Eds.), *4th International Conference on Interactive Mobile and Computer Aided Learning IMCL* (p. 342–345).
- Fong, K. N., Chan, M. K., Ng, P. P., & Ng, S. S. (2009). Measuring processing speed after traumatic brain injury in the outpatient clinic. *NeuroRehabilitation*, 24(2), 165-173. Retrieved from [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=19339755](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=19339755)
- Fortin, S., Godbout, L., & Braun, C. M. J. (2003). Cognitive structure of executive deficits in frontally lesioned head trauma patients performing activities of daily living. *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*.
- Freitas, S., Simões, M. R., Martins, C., Vilar, M., & Santana, I. (2010). Estudos de adaptação o Montera Cognitive Assessment (MOCA) para a população portuguesa. *Avaliação Psicológica*, 9(3), 345-357.
- Gaetz, M. (2004). The neurophysiology of brain injury. *Clinical Neurophysiology*, 115(1), 4-18. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S138824570300258X>
- García-Molina, A., Tirapu-Ustárroz, J., Luna-Lario, P., Ibáñez, J., & Duque, P. (2010). Are intelligence and executive functions the same thing? *Revista de neurologia*, 50(12), 738-746.
- Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B., & Mangun, G. R. (2009). *Cognitive Neuroscience: The Biology of the Mind*. (M. S. Gazzaniga, R. B. Ivry, & G. R. Mangun, Eds.) *Corpus* (Vol. 2, p. 666). Norton. Retrieved from <http://www.amazon.com/dp/0393927954>
- Gerardi, M., Cukor, J., Difede, J., Rizzo, A. A., & Rothbaum, B. O. (2010). Virtual reality exposure therapy for post-traumatic stress disorder and other anxiety disorders. *Current psychiatry reports*, 12(4), 298-305.
- Glisky, E. L., Schacter, D. L., & Tulving, E. (1986). Computer learning by memory-impaired patients: acquisition and retention of complex knowledge. *Neuropsychologia*, 24(3), 313-328.
- Godbout, L., Grenier, M. C., Braun, C. M. J., & Gagnon, S. (2005). Cognitive structure of executive deficits in patients with frontal lesions performing activities of daily living. *Brain injury : [BI]*, 19(5), 337-348.
- Godefroy, O. (2003). Semiology of attention deficits. *La Revue du praticien*, 53(4), 367-370.
- Golden, C. J., Espe-Pfeifer, P., & Wachsler-Felder, J. (2000). *Neuropsychological interpretations of objective psychological tests*. New York: Kluwer Academic/Plenum.

- Goldman-Rakic, P. S. (1996). The prefrontal landscape: implications of functional architecture for understanding human mentation and the central executive. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 351(1346), 1445-1453.
- Grafman, J. (2007). Planning and the brain. In: B.L., Miller, & J.L., Cummings (Eds.) *The human frontal lobes: functions and disorders*. (2<sup>nd</sup> Ed., pp. 249–261). The Guilford Press: New York.
- Graham, D. I., McIntosh, T. K., Maxwell, W. L., & Nicoll, J. A. (2000). Recent advances in neurotrauma. *Current Opinion in General Surgery*, 59(8), 55-61. AMER ASSN NEUROPATHOLOGISTS INC. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10952055>
- Greve, M., & Zink, B. (2009). Pathophysiology of traumatic brain injury. *Mount Sinai Journal of Medicine* 76(2), 97–104.
- Grewe, P., Kohsik, A., Flentge, D., Dyck, E., Botsch, M., Winter, Y., Markowitsch, H. J., et al. (2013). Learning real-life cognitive abilities in a novel 360°-virtual reality supermarket: a neuropsychological study of healthy participants and patients with epilepsy. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 10, 42. Retrieved from <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3637817&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Gross, R. G., & Grossman, M. (2010). Executive resources. *Continuum Minneapolis Minn*, 16(4 Behavioral Neurology), 140-52. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22810519>
- Gurd, J. M., Kischka, U. & Marshall, J. C. (2010). *The Handbook of Clinical Neuropsychology. 2nd Ed.* Oxford: Oxford University Press.
- Hanna-Pladdy, B. (2007). Dysexecutive syndromes in neurologic disease. *Journal of neurologic physical therapy : JNPT*, 31(3), 119-127.
- Happaney, K., Zelazo, P. D., & Stuss, D. T. (2004). Development of orbitofrontal function: current themes and future directions. *Brain and cognition*, 55(1), 1-10.
- Harris, K., & Reid, D. (2005). The influence of virtual reality play on children's motivation. *Canadian journal of occupational therapy. Revue canadienne d'ergotherapie*.
- Harrison, T. L., Shipstead, Z., Hicks, K. L., Hambrick, D. Z., Redick, T. S., & Engle, R. W. (2013). Working memory training may increase working memory capacity but not fluid intelligence. *Psychological science*, 24(12), 2409-19. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24091548>
- Hart, T., & Jacobs, H.E. (1993). Rehabilitation and management of behavioral disturbances following frontal lobe injury. *Journal of head trauma Rehabilitation*, 8, 1-12.
- Heaton, R., Chelune, G., Talley, J., Kay, G., & Curtiss, G. (2001). *WCST - Test de clasificación de Wisconsin - Manual. Madrid: TEA Ediciones.*
- Heinzel, S., Schulte, S., Onken, J., Duong, Q.-L., Riemer, T. G., Heinz, A., Kathmann, N., et al. (2013). Working memory training improvements and gains in non-trained cognitive tasks in young and older adults. *Neuropsychology, development, and cognition. Section B, Aging, neuropsychology and cognition*, (May), 37-41. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23639070>
- Henderson, A., Korner-Bitensky, N., & Levin, M. (2007). Grand rounds. Virtual reality in stroke rehabilitation: a systematic review of its effectiveness for upper limb motor recovery. (R. EJ, Ed.) *Topics in Stroke Rehabilitation*, 14(2), 52-61. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cin20&AN=2009569869&site=ehost-live>
- Henry, J. D., & Crawford, J. R. (2004). Verbal fluency deficits in Parkinson's disease: A meta-analysis. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 10, 608-622.

- Hickling, E.J., Gillen, R., Blanchard, E.B., Buckley, T., & Taylor, A. (1998). Traumatic brain injury and posttraumatic stress disorder: a preliminary investigation of neuropsychological test results in PTSD secondary to motor vehicle accidents. *Brain Injury, 12*(4), 265-274.
- Hofmann, W., Schmeichel, B. J., & Baddeley, A. D. (2012). Executive functions and self-regulation. *Trends in Cognitive Sciences, 16*(3), 174-80. Elsevier Ltd. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22336729>
- Hunter, S. J., Hinkle, C., & Edidin, J. P. (2012). The neurobiology of executive functions. In S. J. Hunter & E. P. Sparrow (Eds.) *Executive Function and Dysfunction: Identification, Assessment and Treatment*. Cambridge University Press.
- Jacoby, M., Averbuch, S., Sachar, Y., Weiss, P. L., Kizony, R., Katz, N., & Kizony, R. (2011). Effectiveness of executive functions training within a virtual supermarket for adults with Traumatic Brain Injury. *2011 International Conference on Virtual Rehabilitation*. IEEE.
- Johansson, B., & Tornmalm, M. (2012). Working memory training for patients with acquired brain injury: effects in daily life. *Scandinavian journal of occupational therapy, 19*(2), 176-83. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21843045>
- Josman, N., Hof, E., Klinger, E., Marie, R. M., Goldenberg, K., Weiss, P. L., & Kizony, R. (2006). Performance within a virtual supermarket and its relationship to executive functions in post-stroke patients. *2006 International Workshop on Virtual Rehabilitation*. IEEE. Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=1707536>
- Josman, N., Kizony, R., Hof, E., Goldenberg, K., Weiss, P. L., & Klinger, E. (2013). Using the Virtual Action Planning-Supermarket for Evaluating Executive Functions in People with Stroke. *Journal of stroke and cerebrovascular diseases : the official journal of National Stroke Association, 1*(1), 1-9. Elsevier Ltd. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24008131>
- Josman, N., Klinger, E., Kizony, R., & Carmel, M. (2008). Performance within the virtual action planning supermarket (VAP-S): an executive function profile of three different populations suffering from deficits in the central nervous system. *Proc. 7th ICDVRAT with ArtAbilitaion* (pp. 33-38).
- Junqué, C., Bruna, O. & Mataró, M. (2003). Traumatismos craneoencefálico: *Un enfoque desde la Neuropsicología y la Logopedia – Guía práctica para profesionales y familiares*. Barcelona: Masson S. A.
- Kang, Y. J., Ku, J., Han, K., Kim, S. I., Yu, T. W., Lee, J. H., & Park, C. I. (2008). Development and clinical trial of virtual reality-based cognitive assessment in people with stroke: preliminary study. *Cyberpsychology & behavior : the impact of the Internet, multimedia and virtual reality on behavior and society, 11*(3), 329-339.
- Kaplan, G. B., Sengör, N. S., Gürvit, H., Genç, I., & Güzeliş, C. (2006). A composite neural network model for perseveration and distractibility in the Wisconsin card sorting test. *Neural networks: the official journal of the International Neural Network Society, 19*(4), 375-387.
- Kavé, G., Heled, E., Vakil, E., & Agranov, E. (2011). Which verbal fluency measure is most useful in demonstrating executive deficits after traumatic brain injury? *Journal of clinical and experimental neuropsychology, 33*(3), 358-365.
- Kennedy, M. R. T., Coelho, C., Turkstra, L., Ylvisaker, M., Moore Sohlberg, M., Yorkston, K., Chiou, H.-H., et al. (2008). Intervention for executive functions after traumatic brain injury: a systematic review, meta-analysis and clinical recommendations. *Neuropsychological Rehabilitation, 18*(3), 257-299. Psychology Press. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18569745>
- Kersel, D. A., Marsh, N. V., Havill, J. H., & Sleight, J. W. (2001). Neuropsychological functioning during the year following severe traumatic brain injury. *Brain injury : [BI], 15*(4), 283-296.

- Kessels, R. P. C., & Haan, E. H. F. de. (2003). Mnemonic strategies in older people: a comparison of errorless and errorful learning. *Age and ageing*, 32(5), 529-533.
- Kim, B. R., Chun, M. H., Kim, L. S., & Park, J. Y. (2011). Effect of Virtual Reality on Cognition in Stroke Patients. *Annals of Rehabilitation Medicine*.
- Kim, J. H., Kim, J. H., Jang, S. H., Jang, S. H., Kim, C. S., Kim, C. S., Jung, J. H., et al. (2009). Use of virtual reality to enhance balance and ambulation in chronic stroke: a double-blind, randomized controlled study. *American journal of physical medicine & rehabilitation / Association of Academic Physiatrists*, 88(9), 693-701. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19692788>
- Kim, Y. M., Yun, G. J., Chun, M. H., Young, H. E., & Song, Y. J. (2011). The Effect of Virtual Reality Training on Unilateral Spatial Neglect in Stroke Patients. *Annals of Rehabilitation Medicine*.
- Kirshner, S., Blum, S., Weiss, T., & Tirosh, E. (2009). The meal-maker: A functional virtual environment for children with cerebral palsy. *2009 Virtual Rehabilitation International Conference*. Ieee. Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5174256>
- Kizony, R., Josman, N., Katz, N., Rand, D., & Weiss, P. L. (2008). Virtual reality and the rehabilitation of executive functions: an annotated bibliography [Hebrew]. *Israel Journal of Occupational Therapy*, 17(2), E47-61.
- Klingberg, T. (2007). Computerized working memory training after stroke--a pilot study. *Brain injury BI*, 21(1), 21-29. Informa UK Ltd UK. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17364516>
- Klinger, E., Chemin, I., Lebreton, S., & Marié, R.-M. (2006). Virtual action planning in Parkinson's disease: a control study. *Cyberpsychology and Behavior*, 9(3), 342-347. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16780402>
- Knerr, B. W., Kolasinski, E. M., Bliss, J. P., Witmer, B. G., Bailey, J. H., & Lampton, D. R. (1994). Side Effects and Aftereffects of Immersion in Virtual Environments. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*.
- Kober, S. E., Wood, G., Hofer, D., Kreuzig, W., Kiefer, M., & Neuper, C. (2013). Virtual reality in neurologic rehabilitation of spatial disorientation. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 10(1999), 17. Retrieved from <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3583670&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Kolb, B., & Whishaw, I. Q. (2003). *Fundamentals of Human Neuropsychology. A series of books in psychology* (p. 763). Worth Publishers. Retrieved from <http://www.amazon.com/dp/0716795868>
- Krain, A. L., Wilson, A. M., Arbuckle, R., Castellanos, F. X., & Milham, M. P. (2006). Distinct neural mechanisms of risk and ambiguity: a meta-analysis of decision-making. *NeuroImage*, 32(1), 477-484.
- Kuzis, G., Sabe, L., Tiberti, C., Merello, M., Leiguarda, R., & Starkstein, S. E. (1999). Explicit and implicit learning in patients with Alzheimer disease and Parkinson disease with dementia. *Neuropsychiatry Neuropsychol Behav Neurol*, 12(4), 265-269. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10527111>
- Lahiri, U., Bekele, E., & Dohrmann, E. (2011). Design of a virtual reality based adaptive response technology for children with autism spectrum disorder. *Affective Computing and Intelligent Interaction*, 6974, 165-174. Retrieved from [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-24600-5\\_20](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-24600-5_20)
- Lam, Y. S., Man, D. W. K., Tam, S. F., & Weiss, P. L. (2006). Virtual reality training for stroke rehabilitation. *NeuroRehabilitation*, 21(3), 245-253. Department of Rehabilitation and Aged Care, Flinders University, Repatriation General Hospitals, Daws Road, Daw Park, Adelaide, Australia, 5041. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17167194>

- Lamberty, G. J., Putnam, S. H., Chatel, D. M., & Bieliauskas, L. A., et al. (1994). Derived Trail Making Test indices: A preliminary report. *Neuropsychiatry, Neuropsychology, & Behavioral Neurology*, 7(3), 230-234.
- Lane-Brown, A. T., & Tate, R. L. (2009). Apathy after acquired brain impairment: a systematic review of non-pharmacological interventions. *Neuropsychological rehabilitation*, 19(4), 481-516.
- Laver, K., George, S., Thomas, S., Deutsch, J. E., & Crotty, M. (2012). Cochrane review: virtual reality for stroke rehabilitation. *Eur J Phys Rehabil Med*, 48, 523-530.
- Lee, J. H., Ku, J., Cho, W., Hahn, W. Y., Kim, I. Y., Lee, S.-M., Kang, Y., et al. (2003). A virtual reality system for the assessment and rehabilitation of the activities of daily living. *Cyberpsychology & behavior : the impact of the Internet, multimedia and virtual reality on behavior and society*, 6(4), 383-388.
- Levin, H., & Kraus, M. F. (1994). The frontal lobes and traumatic brain injury. *The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences*, 6(4), 443-454.
- Lewis, C. H., & Griffin, M. J. (1997). Human factors consideration in clinical applications of virtual reality. *Studies in health technology and informatics*, 44, 35-56.
- Lewis, M. W., Babbage, D. R., & Leathem, J. M. (2011). Assessing executive performance during cognitive rehabilitation. *Neuropsychological rehabilitation*, 21(2), 145-163.
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., & Loring, D. W. (2004). *Neuropsychological assessment* (4th ed.). New York: Oxford University Press.
- Lipton, M. L., Gulko, E., Zimmerman, M. E., Friedman, B. W., Kim, M., Gellella, E., Gold, T., et al. (2009). Diffusion-tensor imaging implicates prefrontal axonal injury in executive function impairment following very mild traumatic brain injury. *Radiology*, 252(3), 816-824. Radiological Society of North America. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19567646>
- Luft, C. D. B. (2014). Learning from feedback: The neural mechanisms of feedback processing facilitating better performance. *Behavioural Brain Research*.
- Lundqvist, A., Grundström, K., Samuelsson, K., & Rönnerberg, J. (2010). Computerized training of working memory in a group of patients suffering from acquired brain injury. *Brain injury : [BI]*, 24(10), 1173-1183.
- Ma, M., & Zheng, H. (2011). Virtual Reality and Serious Games in Healthcare. In S. Brahmam & L. C. Jain (Eds.), *Advanced Computational Intelligence Paradigms in Healthcare 6. Virtual Reality in Psychotherapy, Rehabilitation, and Assessment* (Vol. 337, pp. 169-192). Springer-Verlag, Berlin.
- Malia, K., Law, P., Sidebottom, L., Bewick, K., Danziger, S., Schold-Davis, E., Martin-Scull, R., Murphy, K., & Vaidya, A. (2004). *Recommendations for best practice in cognitive rehabilitation therapy: Acquired brain injury. The Society for Cognitive Rehabilitation, Inc. (pp. 1-57)*.
- Man, D. W. K., Poon, W. S., & Lam, C. (2013). The effectiveness of artificial intelligent 3-D virtual reality vocational problem-solving training in enhancing employment opportunities for people with traumatic brain injury. *Brain injury BI*. Informa UK Ltd. London. Retrieved from <http://informahealthcare.com/doi/abs/10.3109/02699052.2013.794969>
- Maniadakis, M., Trahanias, P., & Tani, J. (2010). Self-organized executive control functions. *Neural Networks (IJCNN), The 2010 International Joint Conference on*.
- Mantovani, F., & Castelnuovo, G. (2003). Sense of Presence in Virtual Training : Enhancing Skills Acquisition and Transfer of Knowledge through Learning Experience in Virtual Environments. (G. Riva, F. Davide, & W. A. Ijsselstein, Eds.) *Virtual Reality*, 167-181. IOS Press. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.73.604>
- Marques, A., & Rocha, N. (2008). Virtual reality and neuropsychology: a cognitive rehabilitation approach for people with psychiatric disabilities. *Methods*, 39-46.

- Marshall, R. C., Karow, C. M., Morelli, C. A., Iden, K. K., Dixon, J., & Cranfill, T. B. (2004). Effects of interactive strategy modelling training on problem-solving by persons with traumatic brain injury. *Aphasiology*, *18*(8), 659-673. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-4344591353&partnerID=40&md5=e2a5a0bdce5084b826589039d6e57499>
- Matheis, R. J., Schultheis, M. T., Tiersky, L. A., DeLuca, J., Millis, S. R., & Rizzo, A. (2007). Is learning and memory different in a virtual environment? *The Clinical neuropsychologist*, *21*(1), 146-161.
- Mathias, J. L., & Wheaton, P. (2007). Changes in attention and information-processing speed following severe traumatic brain injury: a meta-analytic review. *Neuropsychology*, *21*(2), 212-223.
- McAllister, T. W. (2008). Neurobehavioral sequelae of traumatic brain injury: evaluation and management. *World psychiatry : official journal of the World Psychiatric Association (WPA)*, *7*(1), 3-10.
- McAllister, T. W. (2011). Neurobiological consequences of traumatic brain injury. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, *13*(3), 287-300. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3182015/>
- McCabe, D. P., Roediger, H. L., McDaniel, M. A., Balota, D. A., & Hambrick, D. Z. (2010). The relationship between working memory capacity and executive functioning: evidence for a common executive attention construct. *Neuropsychology*, *24*(2), 222-43. American Psychological Association. Retrieved from <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2852635&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- McKendrick, R., Ayaz, H., Olmstead, R., & Parasuraman, R. (2014). Enhancing dual-task performance with verbal and spatial working memory training: Continuous monitoring of cerebral hemodynamics with NIRS. *NeuroImage*, *85*, 1014-1026.
- Mendes, L., Barbosa, F., Reis, L. P. (2013). Realidade virtual e reabilitação neurocognitiva da lesão cerebral adquirida: estudo exploratório. In: *VIII Simpósio Nacional de Investigação em Psicologia*, Aveiro.
- Mesulam, M. (2002). The human frontal lobes: Transcending the default mode through contingent encoding. In D. T. Stuss & R. T. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe function* (Vol. 54, pp. 8-30). Oxford University Press.
- Misdráji, E. L., & Gass, C. S. (2010). The Trail Making Test and its neurobehavioral components. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, *32*(2), 159-163.
- Miyahira, S. D., Folen, R. A., Stetz, M., Rizzo, A. A., & Kawasaki, M. M. (2010). Use of immersive virtual reality for treating anger. *Studies in health technology and informatics*, *154*, 82-86.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, *41*(1), 49-100. Elsevier Science. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10945922>
- Morrison, A. B., & Chein, J. M. (2011). Does working memory training work? The promise and challenges of enhancing cognition by training working memory. *Psychonomic bulletin review*, *18*(1), 46-60. Springer New York. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21327348>
- Muñoz-céspedes, J. M., & Tirapu-ustárrroz, J. (2004). Rehabilitación de las funciones ejecutivas. *REVISTA DE NEUROLOGÍA*, *38*(7), 656-663.
- Nagahama, Y., Okina, T., Suzuki, N., Nabatame, H., & Matsuda, M. (2005). The cerebral correlates of different types of perseveration in the Wisconsin Card Sorting Test. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, *76*(2), 169-175.

- North, S. H., Shriver-Lake, L. C., Taitt, C. R., & Ligler, F. S. (2012). Rapid analytical methods for on-site triage for traumatic brain injury. *Annual review of analytical chemistry (Palo Alto, Calif.)*, 5(c), 35-56. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22462400>
- Nortje, J., & Menon, D. K. (2004). Traumatic brain injury: physiology, mechanisms, and outcome. *Current Opinion in Neurology*, 17(6), 711-718. NIH Public Access. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15542980>
- Novack, T. A., Bush, B. A., Meythaler, J. M., & Canupp, K. (2001). Outcome after traumatic brain injury: pathway analysis of contributions from premorbid, injury severity, and recovery variables. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 82(3), 300-305.
- Novakovic-Agopian, T., Chen, A. J. W., Rome, S., Abrams, G., Castelli, H., Rossi, A., McKim, R., Hills, N. & D'Esposito, M. (2011). Rehabilitation of executive functioning with training in attention regulation applied to individually defined goals: A pilot study bridging theory, assessment, and treatment. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 26(5), 325-338.
- Nyhus, E., & Barcel, F. (2009). The Wisconsin Card Sorting Test and the cognitive assessment of prefrontal executive functions: A critical update. *Brain and Cognition*, 71(3), 437-451.
- Oddo, M., & Gasche, Y. (2009). Update on the management of severe traumatic brain injury. *Revue medicale suisse*, 5(229), 2506-2510. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-32544439392&partnerID=40&md5=4150b0d47ee2298a0e049af86b8f7e34>
- Oliveira, E., Lavrador, P., Santos, M. M., & Antunes, L. (2012). Traumatismo Crânio-Encefálico : Abordagem Integrada, 25(3), 179–192.
- Pais-Ribeiro, J., Silva, I., Ferreira, T., Martins, A., Meneses, R., & Baltar, M. (2006). Validation study of a portuguese version of the hospital anxiety and depression Scale. *Psychology, Health & Medicine*, 12(2), 225-237. doi: 10.1080/13548500500524088
- Pais-Ribeiro, J., Silva, I., Ferreira, T., Martins, A., Meneses, R., & Baltar, M. (2007). Validation study of a portuguese version of the hospital anxiety and depression scale. *Psychology, Health & Medicine*, 12(2), 225-237.
- Park, N. W., & Ingles, J. L. (2001). Effectiveness of attention rehabilitation after an acquired brain injury: a meta-analysis. *Neuropsychology*, 15(2), 199-210.
- Parsons, T. D., & Rizzo, A. A. (2008). Affective outcomes of virtual reality exposure therapy for anxiety and specific phobias: A meta-analysis. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 39, 250–261.
- Parsons, T. D., Rizzo, A. A., Rogers, S., & York, P. (2009). Virtual reality in paediatric rehabilitation: a review. *Developmental neurorehabilitation*, 12(4), 224-238.
- Pavawalla, S. P., Schmitter-Edgecombe, M., & Smith, R. E. (2012). Prospective memory after moderate-to-severe traumatic brain injury: a multinomial modeling approach. *Neuropsychology*, 26(1), 91-101. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21988127>
- Perna, R., Loughan, A. R., & Talka, K. (2012). Executive Functioning and Adaptive Living Skills after Acquired Brain Injury. *Applied Neuropsychology*, 19(4), 263-271. Retrieved from <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09084282.2012.670147>
- Prigatano, G. P. (1992). Personality disturbances associated with traumatic brain injury. *Journal of consulting and clinical psychology*, 60(3), 360-368.
- Prigatano, G. P. (2005). Disturbances of self-awareness and rehabilitation of patients with traumatic brain injury: a 20-year perspective. *The Journal of head trauma rehabilitation*, 20(1), 19-29. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15668568>

- Pugnetti, L., Mendozzi, L., Attree, E. A., Barbieri, E., Brooks, B.M., Cazzullo, C. L., Motta, A. & Rose, F. D. (1998). Probing memory and executive functions with virtual reality: Past and present studies. *CyberPsychology and Behavior*. 1(2), 151-162.
- Rand, D., Weiss, P. L. T., & Katz, N. (2009). Training multitasking in a virtual supermarket: a novel intervention after stroke. *The American journal of occupational therapy official publication of the American Occupational Therapy Association*, 63(5), 535-542. The American Occupational Association, Inc. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19785252>
- Redick, T. S., Shipstead, Z., Harrison, T. L., Hicks, K. L., Fried, D. E., Hambrick, D. Z., Kane, M. J., et al. (2012). No Evidence of Intelligence Improvement After Working Memory Training: A Randomized, Placebo-Controlled Study. *Journal of Experimental Psychology: General*.
- Reid-Arndt, S. A., Nehl, C., & Hinkebein, J. (2007). The Frontal Systems Behaviour Scale (FrSBe) as a predictor of community integration following a traumatic brain injury. *Brain injury : [BJ]*, 21(13-14), 1361-1369.
- Riva, G. (2005). Virtual reality in psychotherapy: review. *Cyberpsychology & behavior : the impact of the Internet, multimedia and virtual reality on behavior and society*, 8(3), 220-230; discussion 231-240.
- Rizzo, A. A. (2002). Virtual reality and disability: Emergence and challenge. *Disability and Rehabilitation*, 24, 567-569.
- Rizzo, A. A. "Skip," & Kim, G. J. (2005). A SWOT Analysis of the Field of Virtual Reality Rehabilitation and Therapy. *Presence Teleoperators and Virtual Environments*, 14(2), 119-146. MIT Press. Retrieved from <http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/1054746053967094>
- Rizzo, A. A., & Buckwalter, J. G. (1997). Virtual reality and cognitive assessment and rehabilitation: the state of the art. *Studies in health technology and informatics*, 44, 123-145.
- Rizzo, A. A., & Wiederhold, B. K. (2006). Virtual Reality Technology for Psychological / Neuropsychological / Motor Assessment and Rehabilitation : Applications and Issues. *Proceedings of the IEEE Virtual Reality Conference VR 2006*, 2009-2009. Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=1667672>
- Rizzo, A. A., Buckwalter, J. G., Neumann, U., Kesselman, C., & Thiebaut, M. (1998). Basic issues in the application of virtual reality for the assessment and rehabilitation of cognitive impairments and functional disabilities. *CyberPsychology & Behavior*, 1(1), 59-78.
- Rizzo, A. A., Buckwalter, J. G., Zaag, C. van der, Neumann, U., Thiebaut, M., Chua, C., Rooyen, A. van, et al. (2000). Virtual environment applications in clinical neuropsychology. *Proceedings IEEE Virtual Reality 2000 (Cat. No.00CB37048)*.
- Rizzo, A. A., Parsons, T.D., Kenny, P. & Buckwalter, J.G. (2012). Using Virtual Reality for Clinical Assessment and Intervention. In: L. L'Abate & D. Palmer (Eds.) *Handbook of Technology in Psychology, Psychiatry, and Neurology: Theory, Research, and Practice*. Nova Science Publishers, (pp. 277- 318), Hauppauge, NY.
- Rizzo, A. A., Schultheis, M., Kerns, K. a, & Mateer, C. (2004). Analysis of assets for virtual reality applications in neuropsychology Analysis of assets for virtual reality applications in neuropsychology. *Neuropsychological Rehabilitation*, 14(1), 207-239. Retrieved from <http://www.taylorandfrancis.com/>; [arizzo@usc.edu](mailto:arizzo@usc.edu); <http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=psyh&an=2004-12058-010&loginpage=Login.asp>
- Robertson, I. H., Manly, T., Andrade, J., Baddeley, B. T., & Yiend, J. (1997). "Oops!": performance correlates of everyday attentional failures in traumatic brain injured and normal subjects. *Neuropsychologia*, 35(6), 747-758.
- Ropper, A. H. (1987). Severe dysarthria with right hemisphere stroke. *Neurology*, 37(6), 1061-1063.

- Rose, F. D. (1996). Virtual reality in rehabilitation following traumatic brain injury. *1st Euro. Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech* (pp. 5-12). ECDVRAT and University of Reading. Retrieved from [http://www.icdvrat.reading.ac.uk/1996/papers/1996\\_02.pdf](http://www.icdvrat.reading.ac.uk/1996/papers/1996_02.pdf)
- Rose, F. D., Brooks, B. M., & Rizzo, A. A. (2005). Virtual reality in brain damage rehabilitation: review. *Cyberpsychology & behavior: the impact of the Internet, multimedia and virtual reality on behavior and society*, 8(3), 241-262; discussion 263-271.
- Rothbaum, B. O., Rizzo, A. A., & Difede, J. (2010). Virtual reality exposure therapy for combat-related posttraumatic stress disorder. *Annals of the New York Academy of Sciences*.
- Rovegno, M., Soto, P. A., Sáez, J. C., & Von Bernhardi, R. (2011). Biological mechanisms involved in the spread of traumatic brain damage. *Medicina intensiva Sociedad Espanola de Medicina Intensiva y Unidades Coronarias*, 36(1), 37-44. SEGO. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/219032>
- Rubia, K. (2011). "Cool" inferior frontostriatal dysfunction in attention-deficit/hyperactivity disorder versus "hot" ventromedial orbitofrontal-limbic dysfunction in conduct disorder: A review. *Biological Psychiatry* 69: e69–e87. doi: 10.1016/j.biopsych.2010.09.023.
- Rushby, J., McDonald, S., & Sousa, A. de. (2012). Changes in emotional empathy, affective responsivity, and behavior following severe traumatic brain injury. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*.
- Salminen, T., Strobach, T., & Schubert, T. (2012). On the impacts of working memory training on executive functioning. *Frontiers in Human Neuroscience*.
- Sánchez-Cubillo, I., Periáñez, J. A., Adrover-Roig, D., Rodríguez-Sánchez, J. M., Ríos-Lago, M., Tirapu, J., & Barceló, F. (2009). Construct validity of the Trail Making Test: role of task-switching, working memory, inhibition/interference control, and visuomotor abilities. *Journal of the International Neuropsychological Society : JINS*, 15(3), 438-450.
- Sbordone, R. J., Saul, R. E., & Purisch, A. D. (2007). *Neuropsychology for psychologists, health care professionals, and attorneys (3rd ed.)*. CRC Press.
- Schultheis, M. T., Himelstein, J., & Rizzo, A. A. (2002). Virtual reality and neuropsychology: upgrading the current tools. *The Journal of head trauma rehabilitation*, 17(5), 378-394. Aspen. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12802250>
- Sela-Kaufman, M., Rassovsky, Y., Agranov, E., Levi, Y., & Vakil, E. (2013). Premorbid personality characteristics and attachment style moderate the effect of injury severity on occupational outcome in traumatic brain injury: Another aspect of reserve. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 35(6), 584-95. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23701271>
- Seniów, J. (2012). Executive dysfunctions and frontal syndromes. *Frontiers of neurology and neuroscience*, 30, 50-3. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22377862>
- Seraglia, B., Gamberini, L., Priftis, K., Scatturin, P., Martinelli, M., & Cutini, S. (2011). An exploratory fNIRS study with immersive virtual reality: a new method for technical implementation. *Frontiers in human neuroscience*, 5(December),176. doi:10.3389/fnhum.2011.00176
- Shipstead, Z., Redick, T. S., & Engle, R. W. (2010). Does working memory training generalize? Zach SHIPSTEAD, Thomas S. REDICK, & Randall W. ENGLE. *Psychologica Belgica*, 3, 245-276. Retrieved from <http://www.ingentaconnect.com/content/acad/psyb/2010/00000050/F0020003/art00007>
- Simms, D. C., Donnell, S. O., & Molyneaux, H. (2009). The Use of Virtual Reality in the Treatment of Posttraumatic Stress Disorder ( PTSD ). (R. Shumaker, Ed.)*Proceedings of the 3rd International Conference on Virtual and Mixed Reality Held as Part of HCI International 2009*, 9(6), 615-624. Springer.

- Simões-Franklin, C., Hester, R., Shpaner, M., Foxe, J. J., & Garavan, H. (2010). Executive function and error detection: The effect of motivation on cingulate and ventral striatum activity. *Human brain mapping, 31*(3), 458-469.
- Sohlberg, M. M., Mateer, C. A., & Stuss, D. T. (1993). Contemporary approaches to the management of executive control dysfunction. *Journal of Head Trauma Rehabilitation, 8*(1), 45-58.
- Sohlberg, M.M. & Mateer, C.A. (2001). *Cognitive Rehabilitation: An integrative neuropsychological approach*. New York: Guilford Press.
- Sowndararajan, A., Wang, R., & Bowman, D. (2008). Quantifying the benefits of immersion for procedural training. *Proceedings of the 2008 workshop on Immersive projection technologies/Emerging display technologies - IPT/EDT '08, 1*. ACM Press. Retrieved from <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1394669.1394672>
- Sporns, O., Kötter, R. (2004) Motifs in Brain Networks. *PLoS Biol 2*(11): e369. doi:10.1371/journal.pbio.0020369
- Steinbüchel, N. von, Wilson, L., Gibbons, H., Hawthorne, G., Höfer, S., Schmidt, S., Bullinger, M., et al. (2010). Quality of Life after Brain Injury (QOLIBRI): scale validity and correlates of quality of life. *Journal of neurotrauma, 27*(7), 1157-1165.
- Steinmetz, J.-P., & Houssemand, C. (2011). What about inhibition in the Wisconsin Card Sorting Test? *The Clinical neuropsychologist, 25*(4), 652-669.
- Strauss, E., Sherman, E. M. S., & Spreen, O. (2006). *Acheivement tests. A Compendium of Neuropsychological Tests: Administration,, Norms and Commentary* (p. 363). Oxford University Press.
- Stuss, D. T. (2006). Frontal lobes and attention: processes and networks, fractionation and integration. *Journal of the International Neuropsychological Society : JINS, 12*(2), 261-271.
- Stuss, D. T., & Alexander, M. P. (2007). Is there a dysexecutive syndrome? *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences, 362*(1481), 901-915.
- Stuss, D. T., Alexander, M. P., Hamer, L., Palumbo, C., Dempster, R., Binns, M., Levine, B., et al. (1998). The effects of focal anterior and posterior brain lesions on verbal fluency. *Journal of the International Neuropsychological Society : JINS*.
- Stuss, D. T., Levine, B., Alexander, M. P., Hong, J., Palumbo, C., Hamer, L., Murphy, K. J., et al. (2000). Wisconsin Card Sorting Test performance in patients with focal frontal and posterior brain damage: Effects of lesion location and test structure on separable cognitive processes. *Neuropsychologia, 38*(4), 388-402.
- Stuss, D.T., Benson, D.F., 1986. *The Frontal Lobes*. Raven Press, New York.
- Szentágotai, A., Opreș, D., & David, D. (2010). Virtual Reality in Evidence - Based Psychotherapy. *Virtual Reality* (pp. 445-468). Retrieved from <http://www.intechopen.com/articles/show/title/virtual-reality-in-evidence-based-psychotherapy>
- Takeuchi, H., Sekiguchi, A., Taki, Y., Yokoyama, S., Yomogida, Y., Komuro, N., Yamanouchi, T., et al. (2010). Training of working memory impacts structural connectivity. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience, 30*(9), 3297-3303.
- Tam, S. F., Wong, C.-M., Sze, P.-C., Chan, Y.-P., & Man, D. W.-K. (2005). Evaluation of a Computer-Assisted, 2-D Virtual Reality System for Training People With Intellectual Disabilities on How to Shop. *Rehabilitation Psychology*.
- Toglia, J., & Kirk, U. (2000). Understanding awareness deficits following brain injury. *NeuroRehabilitation, 15*(1), 57-70. Retrieved from [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=11455082](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=11455082)

- Toyokura, M., Nishimura, Y., Akutsu, I., Mizuno, R., & Watanabe, F. (2012). Selective deficit of divided attention following traumatic brain injury: case reports. *Tokai J Exp Clin Med*, 37(1), 19-24. Retrieved from [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=22488559](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=22488559)
- Tsirlin, I., Dupierrixx, E., Chokron, S., Coquillart, S., & Ohlmann, T. (2009). Uses of virtual reality for diagnosis, rehabilitation and study of unilateral spatial neglect: review and analysis. *Cyberpsychology and Behavior*, 12(2), 175-181. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19361298>
- Wainer, A. L., & Ingersoll, B. R. (2011). The use of innovative computer technology for teaching social communication to individuals with autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5(1), 96-107. Elsevier. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S175094671000125X>
- Wang, M., & Reid, D. (2011). Virtual reality in pediatric neurorehabilitation: attention deficit hyperactivity disorder, autism and cerebral palsy. *Neuroepidemiology*, 36(1), 2-18. Karger Publishers. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21088430>
- Werner, P., Rabinowitz, S., Klinger, E., Korczyn, A. D., & Josman, N. (2009). Use of the virtual action planning supermarket for the diagnosis of mild cognitive impairment: a preliminary study. *Dementia and geriatric cognitive disorders*, 27(4), 301-309.
- Westerberg, H., Jacobaeus, H., Hirvikoski, T., Clevberger, P., Ostensson, M.-L., Bartfai, A., & Klingberg, T. (2007). Computerized working memory training after stroke--a pilot study. *Brain injury BI*, 21(1), 21-29. Informa UK Ltd UK. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17364516>
- Westling, D. L., Floyd, J., & Carr, D. (1990). Effect of single setting versus multiple setting training on learning to shop in a department store. *American journal of mental retardation : AJMR*, 94(6), 616-624.
- Willcutt, E. G., Doyle, A. E., Nigg, J. T., Faraone, S. V., & Pennington, B. F. (2005). Validity of the executive function theory of attention-deficit/hyperactivity disorder: a meta-analytic review. *Biol psychiatry*, 57(11), 1336-1346. Retrieved from [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=15950006](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=15950006)
- Wong, G. K. C., Ngai, K., Lam, S. W., Wong, A., Mok, V., & Poon, W. S. (2013). Validity of the Montreal Cognitive Assessment for traumatic brain injury patients with intracranial haemorrhage. *Brain injury : [BI]*, 27(4), 394-8. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23473067>
- Woo, B.H. & Thoidis, G. (2000) Epidemiology of traumatic brain injury. In B. Woo & S. Nesathurai (Eds.). *The rehabilitation of people with traumatic brain injury* (pp.13-17). Malden, MA: Blackwell Science.
- Yang, X., Hamann, B., & Aurich, J. C. (2011). Virtual Reality supported Visualization and Evaluation of Noise Levels in Manufacturing, 1-12.
- Yip, B. C. B., & Man, D. W. K. (2013). Virtual reality-based prospective memory training program for people with acquired brain injury. *NeuroRehabilitation*, 32(1), 103-115. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23422463>
- Zelazo, P. D., & Müller, U. (2002). Executive Function in Typical and Atypical Development. In U. Goswami (Ed.), *Handbook of Childhood Cognitive Development* (pp. 445-469). Blackwell.
- Zhang, L., Abreu, B. C., Seale, G. S., Masel, B., Christiansen, C. H. & Ottenbacher, K. J. (2002). A virtual reality environment for evaluation of a daily living skill in brain injury rehabilitation: Reliability and validity. *Archives of Physical and Medicine Rehabilitation*, 84, 1118-1124.

ANEXOS

---

# ANEXO I

## Características Sociodemográficas e Clínicas da Amostra

**Tabela 4.1.** Comparação das características sociodemográfica de ambos os grupos da amostra.

Características sociodemográficas	GE (n = 5)		GC (n = 5)		u-Mann Whitney	
	M	DP	M	DP	U	p
<b>Idade</b>	28,20	6,22	30,80	9,73	9,00	,463
<b>Sexo</b>	<i>n<sub>i</sub></i>	%	<i>n<sub>i</sub></i>	%	-	
Masculino	5	100	3	60	-	
Feminino	0	0	2	40	-	
<b>Anos de escolaridade</b>	11,20	4,55	9,20	4,09	9,00	,439

Notas: M - Média; DP - Desvio Padrão; *n<sub>i</sub>* - frequência absoluta; % - percentagem; u-Mann Whitney - teste de comparação de médias para amostras pareadas, esta tística Z e respetivo valor de significância p.

\*  $p < .05$

**Tabela 4.2.** Comparação das características clínicas de ambos os grupos da amostra.

Características clínicas	GE (n=5)		GC (n=5)		u-Mann Whitney	
	M	DP	M	DP	U	p
<b>Tempo de evolução da lesão - meses</b>	15,80	11,90	9,40	10,02	5,50	,142
<b>Tempo de coma - dias</b>	17,40	10,02	16,40	8,36	11,00	,750
<b>Escala de Coma de Glasgow</b>	3,80	0,84	5,00	1,87	8,00	,324
<b>Localização da lesão</b>	<i>n<sub>i</sub></i>	%	<i>n<sub>i</sub></i>	%		
Frontal	1	20	1	20	-	
Fronto-Temporal	2	40	3	60	-	
Temporo-Parietal	1	20	0	0	-	
Fronto-Parieto-Temporal	1	20	1	20	-	
<b>Lateralização da lesão</b>	<i>n<sub>i</sub></i>	%	<i>n<sub>i</sub></i>	%		
Direita	3	60	3	60	-	
Esquerda	1	20	0	0	-	
Direita + Esquerda	1	20	2	40	-	

<b>Presença de hemorragia</b>	<b><math>n_i</math></b>	<b>%</b>	<b><math>n_i</math></b>	<b>%</b>	-
Subdural	5	100	3	60	-
Intraventricular	-	-	1	20	-
Epidural	-	-	1	20	-
<b>Medicação atual</b>	<b><math>n_i</math></b>	<b>%</b>	<b><math>n_i</math></b>	<b>%</b>	-
Ansiolítico	1	20	0	0	-
Ansiolítico + Antidepressivo	1	20	1	20	-
Antipsicótico + Ansiolítico + Antidepressivo	3	60	3	60	-
Antipsicótico + Ansiolítico	0	0	1	20	-

---

Notas: M - Média; DP - Desvio Padrão;  $n_i$  - frequência absoluta; % - porcentagem; u-Mann Whitney - teste de comparação de médias para amostras pareadas, estatística Z e respectivo valor de significância  $p$ .

\*  $p < .05$

# ANEXO II

---

## Questionário Sociodemográfico

1. **Nome** - \_\_\_\_\_

3. **Idade** - \_\_\_\_\_ 3. **Sexo** - M \_\_\_\_\_ F \_\_\_\_\_

4. **Estado Civil** - Solteiro (a) \_\_\_\_\_

- Casado (a) \_\_\_\_\_

- União de Facto \_\_\_\_\_

- Divorciado (a) \_\_\_\_\_

- Viúvo (a) \_\_\_\_\_

5. **Nacionalidade** - Portuguesa \_\_\_\_\_ Estrangeira \_\_\_\_\_

6. **Escolaridade** – Iltrado \_\_\_\_\_ 1.º - 4.º ano \_\_\_\_\_ 12.º ano \_\_\_\_\_

5.º - 6.º ano \_\_\_\_\_ 7.º - 9.º ano \_\_\_\_\_ 10.º - 11.º ano \_\_\_\_\_

Mestrado Licenciatura \_\_\_\_\_ Doutoramento \_\_\_\_\_

7. **Profissão** - \_\_\_\_\_

8. **Lateralidade** – Dextro \_\_\_\_\_ Esquerdino \_\_\_\_\_ Ambidextro \_\_\_\_\_

9. **Visão** – Normal \_\_\_\_\_ Corrigida \_\_\_\_\_

**Alterações visuo-percetivas** - \_\_\_\_\_

10. **Audição** – Normal \_\_\_\_\_ Corrigida \_\_\_\_\_

**Alterações auditivas** - \_\_\_\_\_

11. **História de psicopatologia** – Sim \_\_\_\_\_ Não \_\_\_\_\_ Atual \_\_\_\_\_

12. **História de doença neurológica** – Sim \_\_\_\_\_ Não \_\_\_\_\_ Atual \_\_\_\_\_

13. **Medicação atual** –

- Antipsicótico \_\_\_\_\_ - Antidepressivo \_\_\_\_\_ - Estimulante cognitivo \_\_\_\_\_

- Ansiolítico \_\_\_\_\_ - Hipnótico \_\_\_\_\_

14. **Data da lesão** – \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

15. **Tempo decorrido após a lesão** – \_\_\_\_\_

16. **Tempo de coma** - \_\_\_\_\_

17. **Tipo de TCE** - - Aberto \_\_\_\_\_ - Fechado \_\_\_\_\_

17.1. **Presença de Hemorragia** - - Subaracnóide \_\_\_\_\_

- Intraventricular \_\_\_\_\_

- Intracerebral \_\_\_\_\_

- Subdural \_\_\_\_\_

18. **Localização da lesão** – - Frontal \_\_\_\_\_ - Temporal \_\_\_\_\_

- Parietal \_\_\_\_\_ - Occipital \_\_\_\_\_

- Subcortical \_\_\_\_\_

19. Escala de Glasgow – \_\_\_\_\_

20. Classificação do TCE – - Grave \_\_\_\_\_ - Moderado \_\_\_\_\_ - Ligeiro \_\_\_\_\_

21. Causa da lesão -

- Acidente de viação \_\_\_\_\_ - Acidente de trabalho \_\_\_\_\_ - Acidente doméstico \_\_\_\_\_

- Outra \_\_\_\_\_ Especifique - \_\_\_\_\_

## ANEXO III

Resultados de ambos os grupos no questionário HADS e no Teste Token

**Tabela 4.1.** Comparação dos resultados obtidos por ambos os grupos na prova HADS e no Teste Token no momento Pré-Teste

INSTRUMENTOS	GE		GC		Mann-Whitney U Test	
	M	DP	M	DP	U	p
HADS - RB	6,80	1,92	5,40	2,07	7,50	,289
Token Test - RB	161,20	2,49	157,80	5,72	8,50	,382

\*  $p < .05$

Notas: M - Média; DP - Desvio Padrão; magnitude da diferença ( $d$  de Cohen) e teste de comparação de médias para amostras independentes (estatística  $U$  e respectivo valor de significância  $p$ ).

**Tabela 4.2.** Comparação dos resultados obtidos por ambos os grupos na prova HADS e no Teste Token no momento Pós-Teste

INSTRUMENTOS	GE		GC		Mann-Whitney U Test	
	M	DP	M	DP	U	p
HADS - RB	5,20	0,84	6,20	0,84	5,00	,100
Token Test - RB	162,60	0,89	162,80	0,447	12,00	,881

Notas: M - Média; DP - Desvio Padrão; magnitude da diferença ( $d$  de Cohen) e teste de comparação de médias para amostras independentes (estatística  $U$  e respectivo valor de significância  $p$ ).

\*  $p < .05$

# ANEXO IV

---

## Consentimento Informado

### **CONSENTIMENTO INFORMADO, LIVRE E ESCLARECIDO PARA PARTICIPAÇÃO EM INVESTIGAÇÃO**

**de acordo com a Declaração de Helsínquia<sup>1</sup> e a Convenção de Oviedo<sup>2</sup>**

*Por favor, leia com atenção a seguinte informação. Se achar que algo está incorreto ou que não está claro, não hesite em solicitar mais informações. Se concorda com a proposta que lhe foi feita, queira assinar este documento.*

#### **Título do estudo:**

Utilização de técnicas de realidade virtual não-imersiva em contexto de reabilitação de indivíduos com traumatismo crânio-encefálico grave.

#### **Enquadramento:**

Este estudo irá realizar-se no âmbito do Mestrado em Neurociências Cognitivas e Neuropsicologia da Universidade do Algarve.

#### **Explicação do estudo:**

O principal objetivo do estudo consiste em demonstrar a aplicabilidade e avaliar a eficácia da utilização de um sistema de realidade virtual não-imersivo (o *Neurohome*) em contexto de reabilitação de indivíduos com traumatismo crânio-encefálico grave. Concretamente, pretende explorar o contributo destes sistemas para o tratamento de défices ao nível das funções executivas, e comparar os resultados com aqueles obtidos a partir de um programa de reabilitação neuropsicológica convencional.

#### **Procedimentos:**

Num primeiro momento será realizada uma recolha de dados que irá envolver a avaliação neuropsicológica de cada participante da amostra. Posteriormente serão constituídos dois grupos, um grupo experimental e um grupo de controlo. Os participantes do grupo experimental serão expostos a um programa de intervenção com base numa plataforma virtual não-imersiva – o *Neurohome*, um supermercado virtual no qual os participantes serão convidados a navegar e a

realizar tarefas que envolvem a compra de produtos que constam numa lista de supermercado. Por sua vez, os participantes do GC irão realizar um programa de reabilitação cognitiva convencional. Após a intervenção, a qual irá decorrer ao longo de dois meses, será aplicado um pós-teste de forma a avaliar a eficácia de ambos os métodos de tratamentos.

### **Condições e financiamento**

Não é atribuída qualquer contrapartida financeira aos colaboradores do estudo ou aos investigadores.

### **Condições de Participação**

A participação neste estudo é totalmente voluntária, pelo que lhe é concedida a possibilidade de desistir a qualquer momento. Nenhuma consequência decorrerá desse facto.

### **Confidencialidade**

Toda a informação que fôr dada será tratada de forma rigorosamente sigilosa, pelo que apenas a investigadora e os responsáveis pela sua orientação poderão ter acesso a ela. Em caso algum a sua identificação será revelada, nem tão pouco alguma característica que vos possa ser associada, sendo que a ser necessário fazer-se referência, far-se-á, utilizando as letras iniciais dos nomes.

Agradeço desde já a sua colaboração no estudo,

Inês Pires

Aluna do Mestrado em Neurociências Cognitivas e Neuropsicologia  
Faculdade de Ciências Humanas e Sociais, Universidade do Algarve

**Assinatura:** \_\_\_\_\_

### **Contactos**

Para qualquer esclarecimento adicional poderão contactar a investigadora:

Inês Isabel Ferreira Pires

Mestranda da Faculdade de Ciências Humanas e Sociais da Universidade do Algarve

936252661

[in.f.pires@hotmail.com](mailto:in.f.pires@hotmail.com)

-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-

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

Nome: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_