



UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA | INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

A EXECUÇÃO DE TAREFAS SIMULTÂNEAS EM PORTADORES DE DOENÇA DE ALZHEIMER

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa para obtenção do grau de mestre em Neuropsicologia

Por

Ana Sofia Nunes de Freitas

Lisboa - 2011



UNIVERSIDADE
CATÓLICA | INSTITUTO DE
PORTUGUESA | CIÊNCIAS DA SAÚDE

A EXECUÇÃO DE TAREFAS SIMULTÂNEAS EM PORTADORES DE DOENÇA DE ALZHEIMER

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa para
obtenção do grau de mestre em Neuropsicologia

Por

Ana Sofia Nunes de Freitas

Sob a orientação de Professor Doutor Alexandre Castro Caldas e co-
orientação da Professora Doutora Maria Vânia Nunes

Lisboa - 2011

Resumo

Este estudo visa explorar a capacidade de resposta dos indivíduos com Demência de Alzheimer (DA) a tarefas que se apresentam simultaneamente. É objectivado averiguar, de forma mais precisa, se a performance dos doentes sofre alterações em função do tipo de tarefas combinadas e do *load* associado às mesmas. Verificar se a execução de uma tarefa motora simultânea a uma cognitiva, afecta de forma distintiva a resposta dos indivíduos com DA, a duas tarefas motoras. Objectivou-se ainda realizar uma análise detalhada aos padrões de resposta dos doentes, considerando a presença de possíveis estratégias compensatórias na DA.

A tarefa permanente à qual serão adicionadas tarefas secundárias, é a marcha, na medida em que, facilmente se combinam, no dia-a-dia, diferentes desafios ao padrão de andamento humano.

Os resultados indicam que, a resposta ao paradigma *dual-task* (DT), sofre penalizações quando comparada ao desempenho individualizado das tarefas. Verifica-se a existência de uma reacção ao *load* dos desafios propostos, tanto quando as tarefas surgem isoladas, como quando combinadas. Os resultados indicam também, que a combinação de duas tarefas motoras, provocam efeitos mais penalizantes sobre a performance dos doentes, do que a combinação de duas tarefas divergentes. Ou seja, a resposta a uma tarefa motora simultânea à marcha, provoca uma performance mais deteriorada do que a resposta a uma tarefa cognitiva simultânea à locomoção.

Importa ainda referir que em DT, a marcha sofre penalizações superiores à tarefa secundária, contrariando a hipótese “posture-first”, o que torna os indivíduos com DA um grupo de risco, tanto ao sofrimento de quedas como a outro tipo de penalizações que comprometam a sua integridade física.

Palavras-Chave: Demência de Alzheimer, paradigma *dual-task*, marcha, cognição.

Abstract

The main goal of this study is to analyse the dual-task (DT) performance of people with Alzheimer's disease (AD) and to accurately assess whether the AD patient's capacity is affected by the types of combined tasks and corresponding loads. More specifically, the aim is to assess whether the execution of a motor task concurrently with a cognitive task results in different performance levels than the execution of two simultaneous motor tasks. An analysis of the patient's response patterns is conducted, taking into account the possible existence of compensatory strategies.

In the study, gait is the permanent task to which secondary tasks are added. This approach is selected due to the fact that it corresponds to a common daily challenge that AD patients face.

The results, as predicted, show that the DT performance is worse than the single-task performance and that the load of the proposed challenges affects the performance of the concurrent tasks as well as the performance of each single task executed separately. Results also suggest that patients present a higher level of impairment when carrying out a combination of two motor tasks as compared with the combination of two dissimilar tasks (one motor and one cognitive). In other words, the response to a motor task executed concurrently to a walking task is poorer than the response to a cognitive task performed simultaneously to locomotion.

It is also important to highlight the fact that during the dual-task tests, the locomotion task presented higher impairments than the secondary tasks, which contradicts the hypothesis of 'posture first' proposed by some early DT studies. This may suggest that AD patients are exposed to an increased risk of falling or other types of postural control impairments.

Keywords: Alzheimer's disease, dual-task paradigm, load, gait, cognitive function.

AGRADECIMENTOS

Um agradecimento aos orientadores deste projecto, Professor Doutor Alexandre Castro Caldas e a Professora Doutora Maria Vânia Nunes, pelo trabalho e tempo investidos.

À equipa da Universidade Católica Portuguesa de Lisboa, em particular ao Enf.º Miguel Luís e à Dra. Débora Oliveira.

Às Instituições envolvidas, elementos fulcrais na potenciação do contacto com os doentes portadores de Doença de Alzheimer, nomeadamente a Santa Casa da Misericórdia de Machico e a Delegação da Região Autónoma da Madeira (RAM) da Associação Portuguesa de Alzheimer.

Em especial ao Director Clínico da Santa Casa da Misericórdia de Machico, o Dr. Miguel Homem da Costa, ao responsável pelo Sector Social da Valência Lar Agostinho Cupertino da Câmara, o Dr. Nuno Patrício, e à responsável pela Valência Residência Sénior Quinta Cova do Milho, Dra. Joana Pão, pela extraordinária receptividade. Saliento a equipa de enfermagem da mesma Instituição, pela disponibilização do seu espaço de trabalho no período de selecção de doentes, e, em particular, um especial agradecimento à Enf.ª Ilda Costa Gomes e ao Enf.º Roberto Santos e restante equipa de profissionais com quem tive a oportunidade de contactar.

À equipa da Sede da Associação Portuguesa de Alzheimer da RAM. Um particular agradecimento à Enf.ª Maria Lúcia Silva Dias pela aprovação do Projecto proposto à Associação, à Dr.ª. Lucília Nóbrega, Amarina Reis, e à Enf.ª Dina Cardoso pelo apoio, disponibilidade e a extraordinária motivação transmitida no período de recolha da amostra.

Inevitável é o agradecimento a todos os participantes e respectivos familiares. A colaboração das famílias é louvável, e reveste-se de uma sensibilidade e importância de grandes dimensões, sendo um humilde, mas decisivo incentivo à investigação.

Por último o permanente agradecimento à minha família e amigos.

INDÍCE

INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1 - REVISÃO DE LITERATURA	
1.1. LIMITAÇÕES HUMANAS EM <i>DUAL-TASK</i>	3
1.2. ABORDAGENS TEÓRICAS E EXPERIMENTAIS QUE EXPLICAM O FUNCIONAMENTO NORMAL EM <i>DUAL-TASK</i>	4
1.3. DISSOCIAÇÃO ENTRE O ENVELHECIMENTO SAUDÁVEL E A DOENÇA DE ALZHEIMER NA EXECUÇÃO DE TAREFAS SIMULTÂNEAS	10
1.4. A DOENÇA DE ALZHEIMER NA RESPOSTA A TAREFAS SIMULTÂNEAS	12
1.5. MOBILIDADE FUNCIONAL E LOCOMOÇÃO	15
1.6. DOENÇA DE ALZHEIMER, MARCHA E <i>DUAL-TASK</i>	21
CAPÍTULO 2 – PROBLEMAS EM ESTUDO	
2.1. OBJECTIVOS	23
2.2. HIPÓTESES	24
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA	
3.1. TIPO DE ESTUDO	25
3.2. PARTICIPANTES	25
3.3. PROCESSO DE AMOSTRAGEM	26
3.4. INSTRUMENTOS DE COLHEITA DE DADOS	26
3.5. PROCEDIMENTOS DE RECOLHA	27
3.6. PROTOCOLO EXPERIMENTAL	
3.6.1. <i>Caracterização da Amostra</i>	27
3.6.2. <i>Procedimentos de Exclusão</i>	28
3.6.3. <i>Tarefas Aleatórias do Protocolo Experimental</i>	28
3.6.4. <i>Condições Experimentais</i>	33
3.6.5. <i>Análise de Erros</i>	34
3.7. RECOLHA E ANÁLISE	35
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS	37
CAPÍTULO 5 – DISCUSSÃO	57
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

INDÍCE DE FIGURAS E GRÁFICOS

FIGURA 1: SEQUÊNCIA DE FASES HIPOTETICAMENTE ASSOCIADAS AO EFEITO PRP NO MODELO MAIS GENERALIZADO DO CENTRAL BOTTLENECK.	8
FIGURA 2: CENÁRIOS EXPERIMENTAIS QUE LIMITAM O ESPAÇO PARA MARCHA.....	30
GRÁFICO 1: PERCENTAGEM DE PARTICIPANTES QUE NÃO CUMPRIU COM A EXECUÇÃO DAS TAREFAS SECUNDÁRIAS NA SC.	45

INDÍCE DE TABELAS

TABELA 1: <i>MEDIDAS DE TENDÊNCIA CENTRAL E DE DISPERSÃO OBTIDAS NO MMSE</i>	25
TABELA 2: <i>REGISTO DE QUEDAS NO ÚLTIMO MÊS E NO ÚLTIMO ANO (FREQUÊNCIAS E PERCENTAGENS)</i>	26
TABELA 3: <i>EXECUÇÃO DAS TAREFAS SECUNDÁRIAS PROPOSTAS EM SC (FREQUÊNCIAS E PERCENTAGENS)</i>	37
TABELA 4: <i>NÚMERO DE INDIVÍDUOS CAPAZES DE RESPONDER À COMBINAÇÃO DAS TAREFAS COGNITIVAS COM OS CENÁRIOS DA MARCHA EM DT (FREQUÊNCIAS E PERCENTAGENS)</i>	40
TABELA 5: <i>NÚMERO DE INDIVÍDUOS CAPAZES DE RESPONDER À COMBINAÇÃO DAS TAREFAS MOTORAS SECUNDÁRIAS COM OS CENÁRIOS DE MARCHA EM DT (FREQUÊNCIAS E PERCENTAGENS)</i>	40
TABELA 6: <i>DIFERENÇAS OBTIDAS NO NÚMERO MÉDIO DE PASSOS AO PERCORRER A VIA DA SP1, EM FUNÇÃO DA ADIÇÃO DAS TAREFAS DE MENOR LOAD DE AMBOS OS GRUPOS SECUNDÁRIOS</i>	41
TABELA 7: <i>DIFERENÇAS OBTIDAS NO NÚMERO MÉDIO DE PASSOS AO PERCORRER A VIA DA SP2, EM FUNÇÃO DA ADIÇÃO DAS TAREFAS DE MENOR LOAD DE AMBOS OS GRUPOS SECUNDÁRIOS</i>	43
TABELA 8: <i>DIFERENÇAS OBTIDAS NO NÚMERO MÉDIO DE PASSOS AO PERCORRER A VIA DA SP3, EM FUNÇÃO DA ADIÇÃO DAS TAREFAS DE MENOR LOAD DE AMBOS OS GRUPOS SECUNDÁRIOS</i>	44
TABELA 9: <i>DADOS ESTATISTICAMENTE SIGNIFICATIVOS NA COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO ENTRE SC E DT (COMBINAÇÃO DOS CENÁRIOS DE MARCHA COM C1)</i>	46
TABELA 10: <i>DADOS ESTATISTICAMENTE SIGNIFICATIVOS NA COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO ENTRE SC E DT (SP1 COM C2)</i>	47
TABELA 11: <i>DADOS ESTATISTICAMENTE SIGNIFICATIVOS NA COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO ENTRE SC E DT (SP2 COM C2)</i>	47
TABELA 12: <i>DADOS ESTATISTICAMENTE SIGNIFICATIVOS NA COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO ENTRE SC E DT (SP3 COM C2)</i>	48
TABELA 13: <i>DADOS ESTATISTICAMENTE SIGNIFICATIVOS NA COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO ENTRE SC E DT (SP1 COM M1)</i>	49
TABELA 14: <i>DADOS ESTATISTICAMENTE SIGNIFICATIVOS NA COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO ENTRE SC E DT (SP1 COM M2)</i>	49

TABELA 15: <i>DADOS ESTATISTICAMENTE SIGNIFICATIVOS NA COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO EM SC E DT (SP2 COM M1)</i>	50
TABELA 16: <i>DADOS ESTATISTICAMENTE SIGNIFICATIVOS NA COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO ENTRE SC E DT (SP3 COM M1)</i>	50
TABELA 17: <i>DADOS ESTATISTICAMENTE SIGNIFICATIVOS NA COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO EM SC E DT (SP3 COM M2)</i>	51
TABELA 18: <i>TIPO DE ERROS NA EXECUÇÃO DAS TAREFAS C1, C2 E C3 EM SC</i>	53
TABELA 19: <i>TIPO DE ERROS NA EXECUÇÃO DAS TAREFAS M1, M2 E M3 EM SC</i>	53
TABELA 20: <i>CORRELAÇÃO ENTRE A CAPACIDADE DE RESPOSTA ÀS TAREFAS SECUNDÁRIAS EM DT, E O FACTOR IDADE</i>	54
TABELA 21: <i>CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS MAIS PENALIZADOS EM DT (QUANDO COMPARADOS À PERFORMANCE NA SC) COM OS VALORES DO MMSE, A IDADE E OS ANOS DE ESCOLARIDADE</i>	55

LISTA DE SIGLAS

ASM – Área Suplementar Motora

C1 – Tarefa Cognitiva 1

C2 – Tarefa Cognitiva 2

C3 – Tarefa Cognitiva 3

DA – Doença de Alzheimer

DT – Dual-Task

MMSE – Mini Mental State Examination

M1 – Tarefa Motora 1

M2 – Tarefa Motora 2

M3 – Tarefa Motora 3

SC – Situação Controlo

PET – *Positron Emission Tomography*

PRP – Período Refractário Psicológico

RAM – Região Autónoma da Madeira

SP1 – Situação Permanente 1

SP2 – Situação Permanente 2

SP3 – Situação Permanente 3

INTRODUÇÃO

Este estudo visa analisar, na (DA), a capacidade de processamento dual através da resposta a tarefas simultâneas. Focaliza-se sobre a exploração dos efeitos associados à combinação de tarefas divergentes com diferentes *loads*. Objectiva-se, de forma mais precisa, conhecer a performance dos doentes na resposta ao desempenho simultâneo de duas tarefas motoras, e na resposta à combinação de uma tarefa motora com uma tarefa cognitiva, explorando a existência de possíveis efeitos diferenciais.

A capacidade de desempenho de tarefas simultâneas assume particular importância quando verificamos que os mais banais rituais da nossa espécie expõem o indivíduo à execução de vários desafios que se combinam temporalmente, sejam, transportar um objecto enquanto circulamos num espaço, ou enquanto estabelecemos um diálogo, entre um variado leque de opções. A aptidão para responder a processamentos duais parece estar particularmente comprometida em situações de maior vulnerabilidade cognitiva, como é o caso da DA (Della Sala, *et al.*, 2010; Logie, Della Sala, Cocchini & Baddeley, 2004). Importa clarificar se os défices em *dual-task* dependem ou não do tipo de tarefas combinadas e respectivo *load* associado, ou se, a patologia incapacita qualquer resposta a desafios simultâneos.

Quando os défices cognitivos afectam a resposta a tarefas duais, frequentemente emergentes enquanto o ser humano deambula, a funcionalidade dos indivíduos e o risco de comprometimento da sua integridade física por quedas ou negligência, pode agravar-se (Sheridan & Hausdorff, 2007). Esta vulnerabilidade tem implicações particularmente alarmantes quando constatamos que, nas fases precoces de desenvolvimento demencial, mesmo com manifestações clínicas validadas, os défices raramente se assumem como elementos impeditivos da permanência dos doentes no seu domicílio, pelo que, com frequência, indivíduos com o diagnóstico de DA habitam em suas casas sem acompanhamento, apoio ou supervisão. Esta é uma preocupação que se complexifica numa sociedade envelhecida e num grupo patológico, cuja terapêutica adoptada, se aproxima muito mais do atraso dos sintomas, do que da regeneração celular,

recuperação cognitiva e funcional (Bookheimer, *et al.*, 2000). Neste seguimento, o estudo do padrão de resposta a duplas tarefas, permite explorar algumas limitações impostas pelo quadro demencial e riscos envolvidos na performance dos doentes, com implicações importantes na sua independência e mobilidade funcionais.

Este trabalho é então iniciado com uma revisão bibliográfica sobre o tema, que permitiu orientar todo o trabalho exploratório desenvolvido à *posteriori*. Segue-se a caracterização dos problemas em estudo e a exposição da metodologia inerente. Posteriormente são apresentados os resultados obtidos, seguidos por uma discussão e conclusão complementar dos mesmos.

CAPÍTULO 1 - REVISÃO DE LITERATURA

1.1. LIMITAÇÕES HUMANAS EM *DUAL-TASK*

O estudo da execução de múltiplas tarefas tem sido um tópico de particular interesse nas últimas décadas, auxiliador do conhecimento das limitações da cognição humana (Pashler, 1994). A capacidade de desempenho de tarefas simultâneas, que se apresentam com frequência na rotina da nossa espécie, parece colocar em evidência algumas vulnerabilidades do funcionamento cognitivo. Trata-se de um fenómeno que se reveste de particular complexidade por requerer uma coordenação do funcionamento executivo apurada e intacta, envolvendo a capacidade de sequenciação, julgamento, organização e distribuição permanente do foco atencional por diferentes estímulos (Shumway-Cook & Woollacott, 2000; Bell-McGinty, Podell, Franzen, Baird & Williams, 2002).

A mobilidade funcional é um dos parâmetros que assume destaque no domínio do processamento dual, na medida em que, a aptidão para executar um padrão de marcha seguro e autónomo, e, simultaneamente, responder às exigências do meio como é exemplo a capacidade de manter uma conversa ou transportar um objecto aquando da deslocação pela casa, é necessária no suporte das actividades quotidianas da nossa espécie. O estudo da capacidade de resposta a tarefas que se combinam temporalmente estabelece então, relação estreita com o grau de funcionalidade dos indivíduos e risco de quedas, particularmente quando uma das tarefas em estudo é a marcha (Faulker, *et al.*, 2007).

Para que se torne possível a execução de uma resposta adequada a todos os estímulos que se apresentam a um indivíduo, é fundamental que exista uma interacção entre diversos mecanismos neuronais. Essa interacção deve permitir, não apenas o controlo da postura na locomoção, necessário ao suporte da mobilidade funcional, como também, a eficácia na execução das tarefas que se fazem combinar ao padrão de andamento humano. Foi neste domínio que se desenvolveram estudos apoiados no

paradigma *dual-task*, capazes de fornecer novos *insights* sobre o tipo de interação que se estabelece entre o controlo locomotor e a cognição. Nos últimos anos, a investigação científica tem investido então, no desenvolvimento de estudos que procuram compreender qual o tipo de relação estabelecida entre a execução de tarefas motoras como o andar, e tarefas cognitivas adicionais, impulsionadora do abandono da perspectiva que dominou algumas décadas, caracterizadora da marcha como uma tarefa mecânica e automatizada, desprovida do controlo superior complexo (e.g. Yogev-Seligmann, Hausdorff & Giladi, 2007).

1.2. ABORDAGENS TEÓRICAS E EXPERIMENTAIS QUE EXPLICAM O FUNCIONAMENTO NORMAL EM *DUAL-TASK*

As últimas décadas de investigação científica, focalizadas sobre a influência dos recursos atencionais sobre a marcha, suportaram-se de forma clara nos paradigmas *dual-task*. Perante a dificuldade associada à manutenção de duas ou mais tarefas em simultâneo, foram desenvolvidas teorias neuropsicológicas explicativas desse fenómeno, sendo as classes teóricas mais influentes as seguintes: *capacity sharing*, teoria dos recursos múltiplos, e a teoria *bottleneck* (Pashler, 1994).

A *Capacity Sharing* defende a existência de um carácter exíguo ao nível dos recursos atencionais. Este pressuposto teórico, considerando os recursos atencionais limitados, justifica que, perante a necessidade de executar duas tarefas simultâneas, pelo menos uma delas será penalizada. Pressupõem à partida que, vários recursos poderão ser partilhados por várias tarefas ou estímulos, no entanto, quantos mais recursos cerebrais estiverem entregues a uma tarefa, menos restarão para as restantes (Pashler & Johnston, 1998).

Destaca-se então, com a *capacity sharing*, uma redução na eficácia do processamento dual, aquando da necessidade de divisão de recursos por diferentes tarefas. A deterioração da performance torna-se particularmente detectável e agravada,

quando o tempo de apresentação das duas tarefas é diminuído, provocando, inversamente, o aumento do tempo de resposta às mesmas (Tombu & Jolicoeur, 2003).

O modelo de recursos múltiplos apresenta duas perspectivas. Uma delas indica o seguinte, a resposta a tarefas simultâneas não sofrerá influência, se as mesmas não partilharem recursos cerebrais comuns. A título de exemplo e clarificação, se considerarmos uma das tarefas duais a marcha, esta não sofrerá penalizações se a tarefa adicional for cognitiva, no entanto, se se tratar de uma tarefa motora que necessite de recursos cerebrais semelhantes aos usados na locomoção, torna-se expectável a presença de penalizações na performance do indivíduo (Sharon, 1997 cf. Yogeve-Seligmann, Hausdorff & Giladi, 2007). Esta última perspectiva defende então que, o efeito provocado pela combinação de tarefas torna-se evidente quando os recursos usados no processamento de ambas são partilhados.

Outra perspectiva, na teoria dos recursos múltiplos, defende que, pelo contrário, duas tarefas que necessitem dos mesmos recursos cerebrais não exercerão perturbações uma sobre a outra (Pashler, 1994; Pashler & Johnston, 1998), e apenas a carga associada às tarefas ditará os custos do efeito *dual-task* (Yogeve-Seligmann, Hausdorff & Giladi, 2007). Algumas evidências permitiram confirmar esse efeito através da observação de limitações na capacidade de processamento, proporcionalmente correspondentes ao aumento da carga associada às tarefas (Pashler & Johnston, 1998).

Outra teoria definida como *bottleneck*, defende que o processamento da informação de duas tarefas combinadas pode sofrer uma espécie de estrangulamento, ficando, uma das duas pendente até que existam recursos disponíveis para o seu processamento, pós concretização da primeira tarefa (Pashler, 1994; Yogeve-Seligmann, Hausdorff & Giladi, 2007).

Esta última teoria procura explicar que, algumas operações mentais são processadas de forma sequencial, como se houvesse apenas um canal de processamento da informação.

Com o efeito *bottleneck*, duas operações mentais, mesmo que sustentadas por diferentes mecanismos neuronais, podem inibir-se uma à outra, na medida em que, terão sempre de ser processadas uma de cada vez. A ideia subjacente é a de que, o cérebro possui apenas um dispositivo de processamento capaz de suportar as operações que têm de ser concretizadas. O fenómeno *bottleneck* dependerá não apenas do tipo de operação

mental necessário para o processamento dual, mas também do tipo de material a ser processado e o grau de prática associado ao desempenho das tarefas (Pashler & Johnston, 1998).

Apesar das várias perspectivas, parece que a interferência exercida entre as tarefas é maior quando ambas envolvem a mesma modalidade sensorial, ao contrário de *inputs* apresentados em modalidades diferentes (exemplo: visão e audição). Quando não se registam grandes interferências em termos de modalidade de *input* e/ou *output*, investigações laboratoriais têm permitido verificar que os sujeitos saudáveis conseguem, em termos gerais, concretizar tarefas simultâneas, com pequenas perdas em termos de performance (Pashler & Johnston, 1998). São dados que parecem fortalecer a existência de uma partilha de recursos, mais do que um processamento sequencial (Duncan, Ward & Shapiro, 1994; Miller & Bonnel, 1994).

O primeiro investigador a analisar as alterações ao nível do tempo de resposta para duas tarefas apresentadas simultaneamente mas com intervalos de apresentação distintos, parece ter sido Telford no ano de 1931. O autor verificou que o tempo de resposta aos estímulos é maior, quando o intervalo entre a apresentação dos mesmos diminui. O registo do aumento do tempo de resposta ao segundo estímulo, em consequência da diminuição do intervalo entre estímulos, foi designada pelo autor como, Período Refractário Psicológico (PRP) (Pashler, 1994).

As experiências de exploração do PRP constavam no seguinte: os indivíduos teriam de processar duas tarefas, respondendo a dois estímulos distintos. O intervalo de tempo entre a exposição de ambos os estímulos – *stimulus onset asynchrony SOA* – podia variar entre intervalos muito curtos a intervalos mais longos, de forma a medir o efeito provocado pelas diversas variações. Foi neste contexto que Telford e muitos outros que o seguiram, verificaram que quanto mais curto o intervalo entre a apresentação dos estímulos, maior o atraso na resposta à segunda tarefa, como se o indivíduo fosse incapaz de processar o segundo estímulo até conclusão do primeiro. Este tipo de resultados verificou-se em quase todo o tipo de tarefas envolvendo a selecção de estímulos e tempos de reacção (Pashler & Johnston, 1998).

Os tempos de reacção para a segunda tarefa diferem então em função do intervalo entre a apresentação dos dois estímulos, com tempos de reacção maiores quando o intervalo entre ambos é mais curto, no entanto, o tipo de erros não aumenta da

mesma forma. Relativamente ao tempo de reacção à primeira tarefa, este parece sofrer menos influência por efeito do processamento dual, no entanto, também sofre um atraso quando comparado ao desempenho dessa mesma, isoladamente (Pashler & Johnston, 1998). Parece que, mesmo perante uma diversidade de pares de tarefas, exigindo um complexo leque de respostas, e diferentes modalidades de *input*, verifica-se o efeito PRP (Pashler, 1994).

A designação ‘Período Refractário Psicológico’, surgiu por comparação entre o atraso na capacidade de resposta aos segundos estímulos adicionados a uma tarefa primária e o período refractário dos neurónios, no entanto, o atraso comportamental é muito superior a esse período de inibição dos neurónios, mantendo-se apesar da divergência, essa identificação – PRP (Pashler & Johnston, 1998).

Foi com base no desenvolvimento do trabalho de Telford, que se considerou que a mente humana, em alguns momentos ou para algum tipo de fenómenos, parece possuir um único canal de tratamento da informação. Esta perspectiva permite contextualizar o previamente identificado, fenómeno de *bottleneck*.

Segundo um dos impulsionadores da teoria *bottleneck*, Welford (1952, 1980, cf. Pashler & Johnston, 1998), esse efeito, gerado pela existência de um único canal de processamento, revela a suas fragilidades em etapas centrais do processo, as quais receberam a designação de ‘*stimulus-response translation*’.

Qualquer fase que antecede e é posterior ao período central de processamento, representadas esquematicamente na Figura 1 (fases A e C), é independente do que está a acontecer com a tarefa concorrente, no entanto, há uma fase em que, as tarefas têm de ser processadas, uma de cada vez, de forma independente (fase B – Figura 1).

O efeito *bottleneck* não resulta de nenhum tipo de incapacidade ao nível da interpretação das instruções associadas às tarefas. Verifica-se pelo impacto exercido pela tarefa 1 sobre o tempo de reacção à tarefa 2, com propagações que se manifestam em aumentos de milissegundos, com intervalos entre estímulos muito reduzidos, ou, quando o grau de complexidade da segunda tarefa, é acentuado.

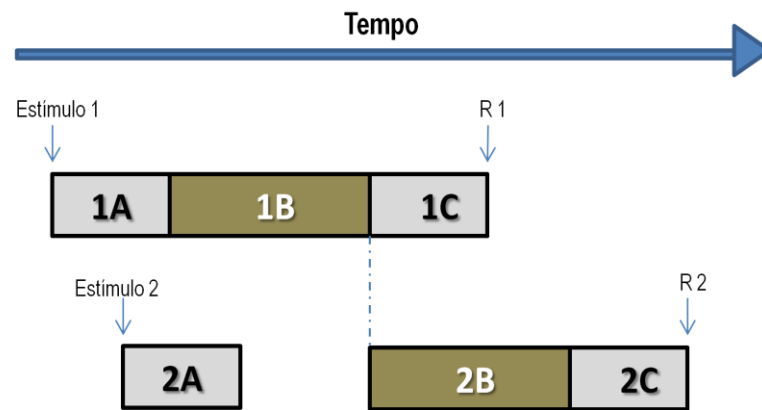


Figura 1: Sequência de fases hipoteticamente associadas ao efeito PRP no modelo mais generalizado do Central Bottleneck. Todas as fases 1 (A, B e C) são correspondentes à primeira tarefa, e as fases 2 (A, B e C), correspondentes à segunda tarefa. A fase 2B não é executada até dar-se por terminada a fase 1B.

No estudo do efeito *bottleneck* central, foi procurado verificar se os recursos envolvidos na selecção perceptiva dos estímulos a processar, poderiam ser os mesmos envolvidos no processamento dual, limitando a capacidade de resposta a tarefas simultâneas. Se os recursos que permitem deslocar a atenção por diferentes tarefas fossem os mesmos responsáveis pela selecção das respostas aos desafios impostos, podia justificar-se o efeito *bottleneck* relacionando-o com a distribuição dos recursos atencionais. Pashler (1991), verificou que a distribuição do foco atencional e a resposta ao processamento dual ocorrem em paralelo, logo o efeito *bottleneck* não é provocado pela deslocação da atenção visual. A atenção para os *inputs* é direccionada para os mesmos, independentemente de existir uma atenção central dedicada ao processamento de uma tarefa. Desde 1995, autores como Johnston, McCann e Remington defenderam as seguintes terminologias distintivas “input attention” e “central attention”, com estudos que permitiram verificar que, por exemplo a identificação de letras (estímulo) requer uma atenção espacial totalmente independente dos mecanismos subjacentes ao *bottleneck* central.

Podem ser percebidas exceções ao PRP, as quais permitem supor que é possível contornar o efeito *central bottleneck*, nomeadamente quando se verifica que, conflitos perceptivos e de resposta são evitados (na presença de modalidades de *input* e *output* distintas), e quando duas tarefas são muito simples. Contrariamente, sempre que os níveis de processamento superiores forem necessários tanto no fenómeno de ‘autorização’ e ‘acompanhamento’ das respostas às tarefas propostas, ou seja, percorrerem o mapeamento Estímulo - Resposta, o efeito PRP deve ser produzido (Pashler & Johnston, 1998).

Bottleneck por vários motivos. Uma interpretação possível remete-se para a suposição de que o cérebro possui apenas um mecanismo capaz de assumir determinadas operações (selecção de resposta, recuperação, tomada de decisões, etc.) e que quando saturado, conduz a esse efeito.

Outra interpretação está directamente associada à ideia de o cérebro, apesar de possuir diferentes áreas especializadas pelo processamento de determinados tipos de informação, elas estão, interligadas, logo, diferentes operações mentais podem exercer efeitos inibidores umas sobre as outras. Efeito este que pode registar-se como uma espécie de mecanismo protector contra episódios de interferência e confusão, de forma a evitar que os indivíduos executem, por exemplo, diferentes tarefas motoras incompatíveis, com efeitos prejudiciais. No entanto, quanto a esta ideia, tarefas experimentais permitiram verificar que os sujeitos conseguem realmente, colocar em prática diferentes tarefas motoras ao mesmo tempo, mesmo que prejudiciais. Perante essas evidências, o que parece provocar o bloqueio, é o planeamento de duas tarefas em simultâneo, e não a execução das mesmas, neste caso, as respostas motoras, não sendo fácil justificar a ‘intenção’ protectora desse efeito *bottleneck* (Pashler & Johnston, 1998).

Segundo foi possível constatar, as opções teóricas associadas à explicação do fenómeno de processamento de tarefas concorrentes são várias e divergentes. No entanto, importa considerar que, apesar das claras distinções, as diversas correntes são capazes de se cruzar num tópico confluyente que nos indica que, desde que combinadas duas tarefas, a performance dos indivíduos sofre uma deterioração, quando comparada ao seu processamento individualizado.

1.3. DISSOCIAÇÃO ENTRE O ENVELHECIMENTO SAUDÁVEL E A DOENÇA DE ALZHEIMER NA EXECUÇÃO DE TAREFAS SIMULTÂNEAS

São vários os estudos realizados com o intuito de medir as limitações associadas ao desempenho de múltiplas tarefas, em indivíduos adultos e idosos saudáveis. Alguns dos resultados desses trabalhos, entram em congruência nas suas conclusões experimentais. Quando esses estudos integram a marcha no grupo de tarefas combinadas em *dual-task*, os custos do processamento simultâneo de tarefas traduzem-se, numa redução ao nível da velocidade da marcha, e em alguns casos, num aumento do tempo de resposta à tarefa secundária (Schrodt, *et al.*, 2003; Srygley, *et al.*, 2009; Yogev-Seligmann, *et al.*, 2010). Outras variabilidades associadas à performance são raramente percebidas, particularmente no que diz respeito ao padrão de andamento dos participantes saudáveis em estudo.

Outro aspecto a considerar é o facto de, os mecanismos de superação das limitações impostas pela complexidade de um processamento dual revelarem-se estratégias compensatórias eficazes. As dificuldades aumentam com a idade, segundo o que os estudos permitem apurar, no entanto não se estendem além dos dados já descritos, de adopção de estratégias normais em resposta à dificuldade imposta pelo fenómeno *dual-task* (Yogev-Seligmann, Hausdorff & Giladi, 2007).

Num estudo de análise da performance de jovens adultos na resposta ao paradigma *dual-task*, em que a marcha complexifica com a adição de obstáculos à via para circulação, permitiu verificar que, os participantes fortalecem a hipótese “posture first”, não apresentando variabilidades ao nível do padrão de andamento enquanto cumprem os desafios duais propostos (Siu, *et al.*, 2008).

Na execução do paradigma *dual-task*, é importante considerar um fenómeno de marcada importância na manutenção da funcionalidade dos indivíduos, uma das tarefas envolvidas será privilegiada e executada de forma mais cuidada do que outra. O processo de ‘selecção’ ou valoração, de uma em detrimento de outra segue algumas linhas padrão no estudo do comportamento humano. Posto isto, na ausência de instruções que exijam a focalização do sujeito numa tarefa em específico, a literatura

sugere a tendência para seleccionar tarefas que propiciem prazer ou que não transportem riscos à integridade física do sujeito (Bloem, *et al.*, 2001; Williams, 2006). Estes dados são claros no estudo de populações saudáveis, mas menos precisos no estudo da performance dos doentes com DA.

Outro estudo de Chen e colaboradores (1996) permitiu verificar que, os indivíduos idosos, saudáveis, apresentam capacidades biomédicas necessárias para responder ao contorno de obstáculos no decorrer de uma via, numa situação de resposta a outro estímulo concorrente.

Van Iersel, e colaboradores (2008) foram alguns dos autores que detectaram alterações mais variadas sobre o padrão de marcha, nomeadamente no comprimento da passada e na manutenção do equilíbrio. No entanto, esse estudo incidiu sobre uma população idosa comunitariamente integrada, sem diferenciação ou exclusão de quadros patológicos, pelo que, destaca-se uma variabilidade de factores envolventes que podem interferir nos resultados.

Revisões teóricas detalhadas concluem a inexistência de consenso na interpretação do funcionamento cerebral em resposta a duas tarefas concorrentes, pelo que, a análise dos custos associados ao paradigma da dupla tarefa, deixa algumas questões por esclarecer. A falta de consenso deve-se em grande medida ao tipo de procedimento experimental adoptado pelos diversos grupos de investigadores. O tipo de tarefas é frequentemente divergente, e o grau de complexidade das mesmas também (Yogev-Seligmann, Hausdorff & Giladi, 2007; Woollacott, Shumway-Cook, 2002; Pashler & Johnston, 1998).

Numa revisão bibliográfica efectuada por Yogev-Seligmann, Hausdorff e Giladi (2007), foi possível constatar que os estudos neste domínio que integram populações clínicas, são menores. A doença de Parkinson é dos grupos patológicos mais estudados, o que não acontece tão claramente com a demência de Alzheimer e outras patologias, como é o caso de doentes vítimas de Acidentes Vasculares Cerebrais. A influência dos défices cognitivos presentes na DA sobre a performance em *dual-task*, envolve algumas dimensões que continuam por clarificar.

Apesar das divergências teóricas foi demonstrado que, a divisão dos recursos atencionais por vários estímulos, como é frequente verificar-se na execução de duplas tarefas, pode ser um forte indicador de risco de quedas (Verghese, *et al.*, 2002), pelo

que, a capacidade de processamento dual deve ser bem explorada, considerada e integrada na promoção da qualidade de vida em faixas etárias avançadas.

Os grupos demenciais manifestam um aumento da frequência de desequilíbrios no decorrer da marcha, tornando-os, claramente, um grupo de risco. Os défices atencionais e no funcionamento executivo, que acompanham, por exemplo, a DA (Albert, 1996), acarretam modificações no padrão de marcha, tornando-a menos automatizada e vulnerabilizada (O'keeffe, *et al.*, 1996). O padrão de marcha torna-se portanto mais susceptível a modificações quando comparado a grupos saudáveis equiparados (Verhese, *et al.*, 2007). Quando os dados são agrupados à evidência de que, pelo menos 44% dos doentes com distúrbios da marcha, sofrem riscos de quedas (O'keeffe, *et al.*, 1996), a DA reveste-se de contornos de maior impacto, que carecem de análises detalhadas no sentido de orientar estratégias e mecanismos de sustentação ao quotidiano dos doentes. Além disso foi já demonstrada uma dissociação na performance em *dual-task*, entre a DA, o envelhecimento saudável e indivíduos com depressão crónica, havendo um efeito específico sobre o grupo demencial (Kaschel, Logie, Kazén & Della Salla, 2009).

1.4. A DOENÇA DE ALZHEIMER NA RESPOSTA A TAREFAS SIMULTÂNEAS

Verifica-se que, em termos fisiológicos e estruturais, o cérebro na DA sofre modificações com implicações directas sobre um vasto leque de funções cognitivas. Analisando com especificidade o perfil patológico da doença, é conhecido e aceite que o défice de memória é um dos primordialmente manifestos, mais especificamente, a memória episódica (Dubois, *et al.*, 2007).

Há uma íntima relação entre os depósitos neurofibrilares, as placas senis e as perdas sinápticas, ou seja os marcadores patológicos, e as alterações cognitivas características da doença (Masliah, *et al.*, 2001). O sistema límbico é dos precocemente

afectados, com o córtex entorrinal a registar uma perda neuronal que pode oscilar entre uma percentagem de 30% a 60% (Gómez-Isla, *et al.*, 1996).

A integração da análise da influência desses défices cognitivos no estudo da execução de tarefas simultâneas começa por ser apresentada num trabalho pioneiro de Baddeley, Logie, Bressi, Della Salla e Spinnler realizado no ano de 1986, que descreve, na DA, a dificuldade de resposta a tarefas duais. Os autores afirmam que, nos doentes com DA, há uma limitação na capacidade de resposta a tarefas concorrentes, que é distintiva e independente do impacto que a doença provoca no desempenho das mesmas tarefas quando processadas de forma isolada.

Com a combinação desses dados pioneiros e os resultados de trabalhos que se seguiram no mesmo domínio científico, surgiu a hipótese de que, na DA, há um determinado padrão de alterações cognitivas que impedem o desempenho de tarefas simultâneas, que é invariável face ao grau de complexidade associado às mesmas. Se as tarefas forem processadas individualmente, há uma reacção à carga associada a cada tarefa, o que assume contornos divergentes quando as tarefas surgem combinadas (Logie, Della Sala, Cocchini, Baddeley, 2004).

Apesar dos esforços reunidos no seio da exploração da resposta da DA ao processamento dual, a caracterização do tipo de performance dos doentes, apresenta alguns parâmetros pouco definidos e pouco claros.

Noutro contexto do presente capítulo de revisão, foi referido que o grupo de factores que parece orientar de forma mais acentuada o fenómeno de valorização de tarefas simultâneas é, a procura de tarefas que propiciem prazer e a protecção da integridade física dos indivíduos (Bloem, *et al.*, 2001; Williams, 2006). Outro factor importante no fenómeno selectivo, é o impacto que as tarefas acarretam socialmente. Num estudo que recorreu à aplicação de uma tarefa de *tracking* visual e outra, *digit recall*, a doentes com DA, os investigadores constataram que a tarefa penalizada foi aquela cujo desempenho ficava ‘silenciosamente’ registado. Como no *digit recall*, o desempenho dos sujeitos é avaliado pela sua prestação em voz alta, esta tarefa foi a privilegiada por todo o grupo de doentes. Na perspectiva dos investigadores, o facto de os participantes estarem nas fases iniciais do desenvolvimento patológico, permitia-lhes que se apercebessem dos défices cognitivos que os acompanhavam. Neste seguimento, surge a natural necessidade de provar aos experimentadores e familiares, a capacidade

de concretização das tarefas solicitadas, mesmo que num nível de desempenho diminuído, atribuindo, inevitavelmente, especial atenção à prova desempenhada pela via verbal (Logie, Della Sala, Cocchini, Baddeley, 2004).

Acontece que, apesar de no grupo de factores selectivos constar a manutenção da integridade física, quando o estudo da performance dos doentes com DA em *dual-task* integra a marcha, a capacidade de detecção e evitamento de riscos que possam implicar quedas para os doentes, parece estar comprometida por défices associados aos recursos atencionais (Fulker, *et al.*, 2007).

A DA, sendo uma doença neurodegenerativa faz-se caracterizar por um padrão de défices que não se limita aos anteriormente referidos. Uma variedade de défices pode manifestar-se desde as fases mais precoces da patologia, e o seu carácter degenerativo e progressivo, responsabiliza-se por, a longo prazo, comprometer as restantes funções cognitivas do doente, sejam ao nível da memória, da atenção, funcionamento executivo, linguagem e afins. Esta deterioração acarreta consequências a longo prazo bem conhecidas, que a ciência muito tem procurado contornar, mas que na actualidade ainda se revelam fatais (Afifi & Bergman, 2008). Observações clínicas do quadro têm permitido constatar que, a DA acarreta grandes limitações e dificuldades no desempenho das actividades de vida diária, desde as fases iniciais da doença (Perry & Hodges, 1999). Tanto as funções executivas como a atenção apresentam-se como factores importantes, embora não exclusivos, na mediação da performance nessas mesmas actividades e na capacidade de resposta a duplas tarefas (Holtzer, Stern & Rakitin, 2005).

Os défices atencionais são notórios em todas as fases de evolução demencial, podendo por isso interferir nas limitações associadas à detecção e evitamento de riscos pessoais. Um estudo focalizado sobre a penalização dessa função cognitiva, em fases iniciais e mediais da patologia supracitada, permitiu constatar que, a atenção selectiva é uma das componentes atencionais particularmente afectadas, seguindo-se ao défice de memória episódica (Perry & Hodges, 1999; Perry, Watson & Hodges, 2000).

A atenção define-se como uma função que torna o indivíduo receptivo ao mais variado tipo de estímulos (Lezak, Howieson & Loring, 2004), podendo ser classificada em diversos subtipos, sendo a atenção dividida a que, de forma mais marcada apresenta um papel importante em situações que envolvam a marcha e o desempenho de outras

tarefas. O seu papel reveste-se de particular impacto em situações que se caracterizam por um perfil não rotineiro, novo ao indivíduo, e desafiante (Yogev-Seligmann, Hausdorff & Giladi, 2007). Importa clarificar que, sendo a atenção uma função complexa, nem todos os componentes são afectados em simultâneo ao longo da progressão demencial (Perry & Hodges, 1999).

A correcta distribuição dos recursos atencionais pelas diversas tarefas é necessária para a manutenção de uma independência funcional nas actividades de vida diária (Schrodt, *et al.*, 2003). Na base de sustentação e habilidade de regulação dessas mesmas actividades, surgem as funções executivas, desde há muito relacionadas com a funcionalidade do comportamento humano (Patterson, Mack, Geldmacher & Whitehouse, 1996). A atenção e o funcionamento executivo são então dois domínios que assumem um lugar junto das funções mais precocemente afectadas na DA, seguindo-se à memória e antecedendo por exemplo, parâmetros linguísticos (Perry & Hodges, 1999; Perry, Watson & Hodges, 2000).

Estando essas funções altamente relacionadas com a independência funcional dos indivíduos, torna-se pertinente conhecer qual o seu papel na regulação do padrão motor humano, particularmente pelo facto da relação entre recursos cognitivos e funcionalidade no desempenho de tarefas múltiplas, se vulnerabilizar na DA (Sheridan & Hausdorff, 2007).

1.5. MOBILIDADE FUNCIONAL E LOCOMOÇÃO

Quando consideramos a frequência com que o ser humano se depara com a necessidade de circular e, ao mesmo tempo, desviar de objectos no chão, contornar poças de água, reagir a uma voz, responder a tarefas imprevisíveis, a integridade de algumas funções cognitivas revela-se imprescindível para a manutenção da funcionalidade na resposta a todos os desafios. A confrontação com este grupo de cenários permite verificar que as redes neuronais necessárias para a manutenção de uma mobilidade funcional remetem-se não apenas para as que controlam a vertente

automatizada da marcha. Estão envolvidas outras associadas à distribuição da atenção por informações externas e internas ao indivíduo, e à regulação comportamental. Os recursos cerebrais envolvidos nos processos de planeamento são então, uma ferramenta também muito importante. A sua eficácia permite responder adequadamente às propostas do meio que circunda o indivíduo, bem como a apresentação de uma conduta adequada na execução das mesmas (Perry & Hodges, 1999).

O funcionamento executivo integra uma vasta rede de funções cognitivas ao serviço da nossa espécie, e parece encontrar-se em íntima relação com a capacidade de deambular e responder às propostas do meio. Actuam num nível de processamento que permite direccionar as acções para um fim específico e os recursos atencionais pelos vários componentes do comportamento humano (Springer, *et al.*, 2006). A sua integridade parece então ser crítica em tarefas motoras complexas que envolvam a marcha, contribuindo, entre várias funções, para a manutenção do equilíbrio em situação de resposta a múltiplos desafios (Van Iersel, *et al.*, 2008).

Essa relação foi proposta em vários contextos, um deles integrando o estudo do paradigma *dual-task*, e a aplicação de provas de avaliação do funcionamento executivo, mais especificamente, o *Trail Making Test* (TMT). Coppin e colaboradores (2006), interessados na análise da relação entre cognição e desempenho físico, verificaram que baixos desempenhos no TMT se associam à diminuição da eficácia da marcha, relação que é particularmente notória em situações que sobrecarregam o sistema neuronal. Esta ligação proposta pelos autores, assume-se quando os participantes deambulam e transportam um objecto ou contornam obstáculos, o que não se verificou no processo de marcha aquando do estabelecimento de um diálogo. Há aqui uma ligação entre o desempenho e a complexidade da tarefa imposta, que pode ser transposta e expansiva ao quotidiano dos indivíduos, no entanto os resultados não integram as influências de um quadro demencial, já que se encontram focalizados sobre grupos não patológicos (Coppin, *et al.*, 2006).

Outro leque de processos mentais como a memória, percepção e todos os que permitam ao indivíduo reagir sem que se registre um comprometimento da sua integridade física, tornam-se igualmente indispensáveis. Esta complexa integração de níveis de funcionamento cerebrais, apresentam a marcha como uma tarefa dependente

do funcionamento complexo superior, distante da vertente simplista da automatização, sem custos cognitivos adicionais (Hausdorff, *et al.*, 2005).

No padrão de marcha humana, combinam-se movimentos que permitem a manutenção da postura erecta, simultâneos à alternância motora das pernas na execução dos passos. Surge implicada uma coordenação bilateral (exceptuando em situações de ‘pé-coxinho’), que envolve projecções cruzadas e espinais que permitem a coordenação faseada do movimento dos membros. Na junção da protuberância e do mesencéfalo encontram-se os núcleos pedúnculo-pônticos que formam o centro executivo da locomoção, a região mesencefálica locomotora. Esta não é responsável pelo processamento de padrões dinâmicos, o seu papel remete-se essencialmente, para a iniciação de um programa voluntário integrado num contexto motivacional influente. A velocidade da marcha reage proporcionalmente ao aumento do ritmo da descarga dos neurónios que se regista nesse centro executivo (Mackay, 2009).

A locomoção envolve um nível de pré-programação que é responsável pela organização das sequências que irão operar no próprio córtex motor (Mackay, 2009).

Para a iniciação da marcha, há uma série de informações sensoriais que devem ser processadas em diversos níveis ascendentes de informação que percorrem a espinal medula, tronco, gânglios basais e áreas talâmicas (Dietz, 1997).

O córtex pré-motor apresenta-se como um receptor de informação sensorial multimodal. Na região posterior do córtex desencadeia-se a informação sensorial, como é exemplo, a detecção de alvos motores em relação ao corpo, processada pelo lobo parietal, que serve de base à programação da região frontal. A identificação do alvo, propriamente dita, deve, por sua vez, efectuar-se na região do lobo temporal inferior. A conexão entre as regiões sensitivas e motoras, bem como as áreas pré-motoras e parietal posterior, através de interacções contínuas, potenciam a movimentação dos membros (Dietz, 1997; Mackay, 2009).

Especificamente no grupo de regiões pré-motoras integram-se a área suplementar motora (ASM) e a área motora cingulada (Dietz, 1997; Mackay, 2009).

A primeira, ASM, associa-se grandemente ao movimento voluntário, actuando como “interface entre o efluxo motor e as regiões límbico-motivacionais do cérebro.” (Mackay, 2009, pp. 181). É uma área muito activa no controlo motor bimanual, permitindo padrões sofisticados do movimento (Mackay, 2009).

Os movimentos sobre aprendidos, como a deslocação em andamento, tornam-se marcados pela participação activa da mesma (ASM), de áreas motoras primárias, cerebelo, gânglios basais, centros do tronco cerebral e espinal medula, todos associados a um perfil predominantemente automatizado (Dietz, 1997; Wu, Chan & Hallet, 2008).

Os gânglios da base parecem ser particularmente importantes no controlo de movimentos repetitivos (Ianssek, *et al.*, 1995), enquanto o cerebelo, assume várias funções, como a de manter um padrão de andamento seguro, coordenando movimentos e planeando trajetórias (Morton & Bastian, 2004; Wu, Chan & Hallet, 2008).

Quando, subjacente aos movimentos, há uma intenção motora consciente, as áreas envolvidas são, essencialmente, o córtex dorso-lateral pré-frontal esquerdo, a circunvolução posterior parietal, as circunvoluções temporais mediana e superior, e a circunvolução cingulada anterior (Passingham, 1996; Gopher, 1996). Importa compreender que toda a informação perceptiva estará a transmitir, permanentemente, informação moduladora sobre a marcha, auxiliando assim a manutenção do equilíbrio e da postura. Inerente à marcha, há então a integração de parâmetros voluntários, conscientes, que se associam simultaneamente a outros componentes inconscientes envolvidos da acção (Dietz, 1997).

Todas as áreas devem projectar-se no córtex motor. Essas projecções responsabilizam-se pela produção de sinergias específicas e adequadas, embora também se projectem na substância reticular e espinal medula. Esta última participa na programação dos ciclos de marcha de cada membro, estando o complexo vestibular e a substância reticular envolvidas na programação da coordenação global e dos movimentos compensatórios do tronco (Mackay, 2009).

De forma resumida, a organização cerebral em torno da marcha integra a participação do córtex dorso-lateral pré-frontal esquerdo na delineação do plano motor da acção, a participação da ASM na integração do *input* das áreas de associação parietais posteriores, e a circunvolução temporal superior estipulando a sequência de movimentos a executar (Passingham, 1996; Gopher, 1996). As regiões hipocampal e parahipocampal são importantes na organização da informação espacial, e na utilização da memória de trabalho, particularmente no que diz respeito à informação sensorial recebida e na detecção de novos estímulos. Esse plano será transferido para o córtex motor em simultâneo a um processamento assumido pelo cerebelo no controlo dos

movimentos, e pelos gânglios da base que suportam o armazenamento a longo prazo de programas motores. Posteriormente, é transmitida informação à espinal medula. Esta por sua vez responsabiliza-se pelo controlo e regulação dos padrões de disparos associados neurónios motores e aos movimentos dos músculos. Na regulação desta vasta rede, a informação espacial e o *feedback* fornecido pelo sistema sensorial, revelam-se uma fonte de comunicação imprescindível (Knight, 1996; Passingham, 1996; Dietz, 1997; Zarah, *et al.*, 2005).

Apesar do suporte neuronal ao padrão de andamento humano se encontrar distribuído por um vasto território cerebral, indivíduos com registo de declínio mental generalizado tornam-se, aparentemente, mais vulneráveis quando é exigido um distanciamento dos recursos cognitivos em relação à regulação motora da marcha do sujeito, para se direccionarem a outras tarefas, outros estímulos (Snidjers, Verstappen, Munneke & Bloem, 2007).

No estudo da relação marcha e cognição, embora os grupos em análise possam distinguir-se grandemente ao longo das investigações, é descrito que, quando as situações experimentais apresentadas pelos estudos se revelam desafiantes, as vulnerabilidades associadas ao funcionamento cognitivo necessário na regulação de uma boa performance, tornam-se particularmente notórias. É quando, em andamento, um indivíduo tem de processar outro tipo de informação externa à sua própria deslocação, que se regista uma situação carecida de maior número de recursos cerebrais (Yogev-Seligmann, Hausdorff, & Giladi, 2007). Neste campo, intuitivamente, a DA assume alguma vulnerabilidade.

Na DA, desde as fases iniciais, é importante contar com a influência dos défices cognitivos já descritos. O declínio no funcionamento executivo, importante na manutenção de um padrão de marcha seguro e adequado, relaciona-se grandemente com as vulnerabilidades da substância cerebral branca dos lobos frontais, e com alterações na actividade dopaminérgica da mesma região. O padrão de défices é variável em termos de magnitude, e importa respeitar que sofre modificações que se interligam com os contextos sociais e educacionais altamente individualizados (Buckner, 2004).

As fases iniciais de desenvolvimento patológico, não acarretam alterações cerebrais estruturais muito marcadas sobre a região frontal do cérebro, o que pode sugerir a desvalorização dos défices executivos nas fases precoces da patologia

(Masliah, *et al.*, 2001), dados que, no entanto, não implicam a não penalização dessas funções por acção indirecta de afecção de outras redes neuronais associadas. Acontece que, mesmo assumindo a reduzida penalização das funções executivas imprescindíveis na mobilidade funcional, estudos revelam um importante papel do hipocampo na regulação motora, estrutura desde cedo afectada na DA. Esta área, e a região parahipocampal de forma menos acentuada, são essenciais na manutenção da informação espacial e memória de trabalho, de alguma forma envolvidas na manutenção da marcha, mais especificamente, na integração perceptiva motora e na monitorização dos *inputs* sensoriais. Estudos não só com humanos como com animais, permitiram detectar uma constante oscilação rítmica da actividade hipocampal, integrada em movimentos motores, de forma proeminente, na locomoção (Knight, 1996; Zarahn, *et al.*, 2005). Outros, suportados em técnicas de tomografia computadorizada, detectaram o aumento das activações hipocampais em tarefas motoras complexas como andar e contornar obstáculos (Malouin, *et al.*, 2003).

Em detrimento da influência de deteriorações focais na DA sobre estruturas envolvidas no desempenho de tarefas simultâneas, como estão identificados o córtex cingulado anterior e áreas pré-frontais (Dreher & Grafaman, 2003; Colete, *et al.*, 2005), podemos especular que, em *dual-task* seja necessária uma complexa rede neuroanatômica, que, estando minimamente afectada por um quadro demencial, conduz a uma performance geral deficitária, como apresentaram Logie, Della Salla, Cocchini e Baddeley (2004).

1.6. DOENÇA DE ALZHEIMER, MARCHA E DUAL-TASK

Os défices cognitivos inerentes ao desenvolvimento da DA acarretam efeitos negativos sobre todos os parâmetros envolvidos na locomoção, controlo da postura e tempo de circulação como foi possível constatar anteriormente. Para um doente com

DA, a instabilidade no processamento dos estímulos provindos do meio que limitam a vertente automatizada da marcha, enquadra-se na dificuldade de integração perceptual motora, que sofre penalizações face às alterações cerebrais estruturais características da patologia (Hausdorff, *et al.*, 2005; Sheridan & Hausdorff, 2007).

Contornando os aprofundamentos teóricos envolvidos na interpretação do fenómeno de processamento presente nos paradigmas *dual-task*, todas as teorias justificativas das limitações da cognição humana, permitem, num grupo de combinação de tarefas secundárias à marcha, rejeitar a automatização dos procedimentos motores, valorizando a influência dos recursos cognitivos sobre a manutenção da mobilidade funcional. As vulnerabilidades da DA na execução de um padrão de marcha seguro e autónomo reforçam essa influência cognitiva superior, permitindo explorar o impacto dos défices cognitivos sobre esse padrão (Verghese, *et al.*, 2007; Sheridan & Hausdorff, 2007; Yogev-Seligmann, Hausdorff & Giladi, 2007).

Se a marcha se caracterizasse como uma tarefa meramente automática e sem a necessidade da componente atencional, a sua execução em simultâneo com outras tarefas, não comprometeria a performance dos sujeitos. Se em indivíduos saudáveis os custos dessa combinação se assinalam em tarefas de marcada complexidade, é preocupante pensar sobre as consequências de vivências isoladas e solitárias de indivíduos com quadros demenciais a desempenhar as suas actividades quotidianas, muitas vezes sem supervisão.

Com base nas teorias de processamento de informação envolvidas na resposta a duplas tarefas, segundo a *Capacity Sharing* (Pashler, 1994), e considerando um cenário especulativo de interacção de diferentes estímulos com o recorrente padrão de marcha de um indivíduo, é possível supor que, no seguimento do fundamento teórico identificado, a marcha, a tarefa adicional, ou ambas devem sofrer algum tipo de penalização quando desempenhadas em simultâneo.

No que diz respeito à perspectiva teórica que defende uma degradação da performance, em *dual-task*, dependente do conteúdo (teoria de ‘recursos múltiplos’), quando transposta para o cenário anteriormente descrito, permite especular que, os indivíduos com DA sofrem penalizações por acção directa do tipo de tarefas combinadas, ou do *load* associado às mesmas (Pashler, 1994, 1998).

Segundo a teoria *bottleneck*, e procurando transpô-la para o cenário hipoteticamente criado, quando a marcha for executada em simultâneo a uma tarefa secundária, a segunda ficará pendente e só poderá ser executada, após conclusão da primeira (Pashler, 1994, 1998).

O esclarecimento de alguns tópicos defendidos por esses grupos teóricos, poderá ser possível com a exploração de algumas lacunas identificadas por grupos de autores inteirados da investigação neste domínio científico. Alguns estudos propuseram colmatar lacunas na análise do efeito produzido por diferentes *loads* associados aos desafios propostos, e pelo tipo de tarefas combinadas em *dual-task*. Perry e Hodges (1996), são um exemplo de autores que sensibilizaram para a pertinência de, os estudos neste campo, recorrerem à combinação de tarefas que possam e não, competir por diferentes recursos cerebrais, podendo enriquecer a interpretação dos custos produzidos pelo paradigma *dual-task* sobre a DA.

Outros autores afirmaram que, na DA, os resultados associados aos paradigmas de tarefas duais, são robustos e pouco concisos muito devido à fraca complexidade atribuída a algumas tarefas, como por exemplo, a contagem a partir do número 1 ordenadamente e em sentido crescente, enquanto os sujeitos circulam normalmente. Camicioli, Bouchard e Licis (2006), sugeriram então a produção de estudos capazes de integrar tarefas com diferentes graus de complexidade, escalões ligeiros, medianos e superiores, no sentido de aprimorar as conclusões quanto à capacidade de desempenho de múltiplas tarefas na DA, aspectos que foram considerados neste estudo.

CAPÍTULO 2 – PROBLEMAS EM ESTUDO

2.1. OBJECTIVOS

Geral: perante a revisão bibliográfica anteriormente apresentada, o objectivo geral que move este estudo, é a análise da influência do *load* cognitivo e da combinação de diferentes pares de tarefas em *dual-task*, na DA.

Objectivos Específicos:

- (1) Averiguar se indivíduos com DA reagem aos diferentes *loads* associados às tarefas, tanto quando as tarefas são desempenhadas isoladamente, como quando combinadas, traduzindo os custos do aumento da complexidade das tarefas.
- (2) Averiguar se os custos da combinação de tarefas sobre a performance dos doentes dependem ou não do tipo de tarefas combinadas. Mais especificamente, verificar se o efeito da combinação de duas tarefas motoras, é divergente do efeito da junção de uma tarefa motora com uma cognitiva.
- (3) Explorar se, na combinação de tarefas, a marcha é a tarefa privilegiada, sofrendo menos deterioração do que as tarefas adicionais, em relação ao seu desempenho isolado.
- (4) Explorar se o padrão de performance dos participantes traduz estratégias compensatórias face ao aumento da complexidade dos desafios propostos, como é exemplo, uma correlação entre o reduzido número de erros detectado nas tarefas secundárias e o aumento do número de paragens na marcha.

2.2. HIPÓTESES

Face à revisão teórica que suporta o presente trabalho, é expectável que se verifiquem alguns resultados que serão caracterizados em hipóteses de estudo.

Hipótese 1: como primeira hipótese, é esperado que a performance dos doentes dependa da complexidade das tarefas combinadas, uma vez que neste estudo serão integradas tarefas com aumento progressivo do *load* (Camicioli, Bouchard & Licis, 2006).

Hipótese 2: prevê-se que duas tarefas motoras, quando combinadas, se comprometam mutuamente em maior grau, do que uma tarefa motora (a marcha) e outra tarefa cognitiva (de controlo mental) (e.g. Pashler & Johnston, 1998; Duncan, Ward & Shapiro, 1994; Miller & Bonnel, 1994).

Hipótese 3: especula-se que a tarefa menos afectada pelo efeito *dual-task*, seja a motora permanente à qual se combinarão as restantes, neste estudo, a marcha, reforçando a hipótese “posture-first” apresentada por Shumway-Cook e colaboradores em 1997.

Hipótese 4: mecanismos compensatórios de suporte aos custos *dual-task*, e à integridade física dos doentes devem, apesar dos défices cognitivos da DA, estar presentes (e.g. Verghese, *et al.*, 2007).

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

3.1. TIPO DE ESTUDO

O presente trabalho, apresenta um desenho de estudo, do tipo quasi-experimental, por não haver seleção aleatória dos sujeitos, e por contar com apenas um grupo experimental (Vaz Freixo, 2011).

3.2. PARTICIPANTES

Este estudo engloba uma amostra de 15 portadores de Demência do Tipo Alzheimer, com idades compreendidas entre os 63 e os 88 anos ($M = 80,40$ anos; $DP = 6,642$) e o nível de escolaridade a variar entre o analfabetismo, e os 4 anos de escolaridade ($M = 3,33$; $DP = 1,397$). Em termos de género, a distribuição da amostra conta com 13 participantes do sexo feminino, e 2 do sexo masculino, todos dextros.

Os participantes do estudo encontram-se sob efeito de medicação para o quadro demencial, e a caracterização dos resultados obtidos no *Mini Mental State Examination* (MMSE) segue na Tabela 1.

Não há, na amostra abrangida pelo estudo, registo de acidentes vasculares cerebrais, de consumo crónico de drogas lícitas e/ou ilícitas, doenças motoras ou ortopédicas associadas, problemas de visão ou audição não corrigidos, nem a presença de outras doenças neurológicas ou psiquiátricas.

A informação relativa ao registo de quedas apresentadas pelos participantes, no último mês e no último ano, segue descrita na Tabela 2.

Tabela 1: Medidas de tendência central e de dispersão obtidas no MMSE

	<i>M</i>	<i>DP</i>	<i>Mediana</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
MMSE	18,60	2,324	18,00	14	22

Nota. $N=15$

Tabela 2: Registo de quedas no último mês e no último ano (Frequências e Percentagens)

	<i>n</i>	%
Número de quedas no último mês		
0	15	100
Número de quedas no último ano		
0	10	66,7
1	3	20,0
2	2	13,3

3.3. PROCESSO DE AMOSTRAGEM

Os indivíduos em estudo caracterizam uma amostragem objectiva e de conveniência (Hill & Hill, 2005; Maroco, 2010), de selecção de indivíduos com DA, sem outras doenças neurológicas, psiquiátricas, sensoriais e/ou ortopédicas, associadas.

Foram recolhidos participantes com diagnóstico provável já estabelecido por neurologistas, junto de Instituições que lidam directamente com a população em estudo.

3.4. INSTRUMENTOS DE COLHEITA DE DADOS

Os dados foram recolhidos com base na aplicação de um protocolo experimental desenhado especificamente para a concretização deste estudo, ao qual se adicionou a aplicação de um instrumento de rastreio cognitivo breve, para análise comparativa dos resultados, o MMSE (Guerreiro, *et al.*, 1994), e uma versão reduzida do Teste de Token para avaliar a capacidade de compreensão auditivo-verbal.

3.5. PRECEDIMENTOS DE RECOLHA

Foram solicitados apoios formais a diversas instituições públicas e privadas do País, identificando devidamente o projecto. Como Instituições colaborantes apresentaram-se, a Sede da Região Autónoma da Madeira da Associação Portuguesa de Alzheimer, e a Santa Casa da Misericórdia de Machico, tendo ambas apresentado um grande investimento no progresso do presente trabalho.

Foram devidamente esclarecidos os objectivos do estudo, procedimentos associados, instrumentos aplicados, tempo aproximado de recolha dos dados e necessidade de solicitação de um *setting* expansível a todas as aplicações, suficientemente capaz de salvaguardar a confidencialidade dos participantes e eliminar influências ruidosas.

Alguns participantes foram recolhidos também de forma independente, sem apoio institucional.

Todos os voluntários foram submetidos ao protocolo experimental criado no seio desta investigação, e só à *posteriori*, os que não abrangiam as características requeridas para integração no estudo, foram eliminados, cumprindo um total de 5 excluídos, de um grupo de 20 voluntários.

3.6. PROTOCOLO EXPERIMENTAL

3.6.1. Caracterização da Amostra

Para caracterização da amostra, foi requerida informação relativa à identificação pessoal dos participantes junto de informantes qualificados, agrupando o género, a idade, anos de escolaridade e lateralidade. Posteriormente, explorou-se a existência ou não de quedas tanto no último mês como no último ano, bem como o tipo de medicação à qual os doentes estavam submetidos, no sentido de confirmar a presença de fármacos associados à terapêutica da DA.

Para caracterização do estado de deterioração cognitivo dos doentes, foi aplicado o MMSE.

3.6.2. Procedimentos de Exclusão

A entrevista clínica realizada aos informantes qualificados, permitiu averiguar a presença de dados capazes de preencher os critérios de exclusão definidos para este estudo, nomeadamente, o registo de ocorrência de AVC, de consumo abusivo de drogas (tabaco, álcool e drogas ilícitas), a presença de doenças ortopédicas ou défices motores, problemas de visão ou audição não corrigidos, outras doenças neurológicas associadas (como Parkinson ou Huntigton, por exemplo), ou ainda, doenças psiquiátricas.

Foi aplicado também, uma versão reduzida do Teste de Token no sentido de excluir os indivíduos com défices de compreensão auditivo-verbal, procurando assegurar a capacidade de compreensão das instruções associadas às tarefas propostas no protocolo.

3.6.3. Tarefas Aleatórias do Protocolo Experimental

Foram desenhados três grupos de tarefas para este estudo: tarefas associadas à marcha (tarefa motora permanente), e dois tipos de tarefas secundárias, nomeadamente cognitivas e motoras de sequências manuais. Dentro de cada grupo de tarefas, existem diferentes *loads*, nomeadamente um reduzido, outro médio, e um elevado

- ***Tarefa Motora Permanente: A Marcha***

Para desempenho da marcha, foram criados três cenários experimentais que sugerem modificações no padrão de marcha, com diferentes graus de exigência associados.

O cenário de marcha 1, identificado como a **situação permanente 1 (SP1)**, caracteriza uma via a percorrer com uma largura limitada mas ampla. A largura da via é definida com a adição de 10cm aos 50% da largura da cintura pélvica de cada participante.

O cenário de marcha 2, identificado como **situação permanente 2 (SP2)**, corresponde à mesma via apresentada em SP1, mas que neste cenário se faz acompanhar pela presença de obstáculos posicionados de forma padronizada ao longo do percurso. Os obstáculos caracterizam-se por três caixas de cartão, com rigidez suficiente para se manterem hirtas, mas insuficiente para resistirem a uma força mecânica, de forma a não incitar o risco de quedas. Os obstáculos além de bem assinalados, são facilmente móveis por estarem sujeitos a choques físicos e não poderem, face a essa possibilidade, representar riscos de acidentes.

O cenário de marcha 3, identificado como **situação permanente 3 (SP3)**, caracteriza-se pelo percorrer de um espaço limitado com 25% da largura da cintura pélvica de cada participante.

O apoio no tamanho da cintura pélvica como medida orientadora da delimitação do espaço a percorrer, foi sugerido num estudo de Kelly, Schragger, Price, Ferruci e Shumway-Cook (2008). O uso dessa medida como referência para a delimitação do espaço a percorrer por cada participante, integrou-se na necessidade de adoptar um espaço o mais equiparado possível a todos os participantes, respeitando variabilidades pessoais em termos de espaço corporal. Na adopção de uma largura padrão, preveja-se 90 centímetros, factores como a altura e o peso, variáveis entre participantes, poderiam interferir de diferentes formas em prova, facilitando a performance de uns indivíduos e dificultando outros. O objectivo é procurar, apesar da impossibilidade de controlar todas as variáveis intervenientes, homogeneizar todas as condições experimentais, minimizando a influência de forças externas ao protocolo.

A todos os participantes, é solicitado que andem a um passo normal, o mais aproximado possível da sua velocidade de andamento habitual, como sugerido, por exemplo por Camicioli, Bouchard e Licis (2006). Esta instrução enquadra-se, não só na necessidade de obter o registo de um ritmo de marcha o mais representativo possível da condição pessoal de cada participante que caracteriza e acompanha as suas tarefas diárias, como na reconhecida impossibilidade de exigir a adopção de uma velocidade padrão a todos os participantes, pelo menos, nos moldes experimentais aqui propostos.

O doente é, em todos os cenários, acompanhado lado a lado por um experimentador. É procurado, desta forma, assegurar a protecção dos doentes em casos de desequilíbrios agravados que possam comprometer a sua integridade física. Esta preocupação integra-se na evidência de que, as dificuldades no controlo postural aumentam proporcionalmente em relação às exigências associadas à dinâmica da marcha (Lajoie, Teasdale, Bard, Fluery, 1993).

Todas as condições experimentais anteriormente descritas serão simbolicamente representadas na Figura 2, com base em fotografias tiradas no cenário experimental onde foi aplicado o protocolo.

As três vias apresentam o mesmo cumprimento, 4 metros que podem ser percorridos as vezes que fossem necessárias dependendo da velocidade dos participantes.

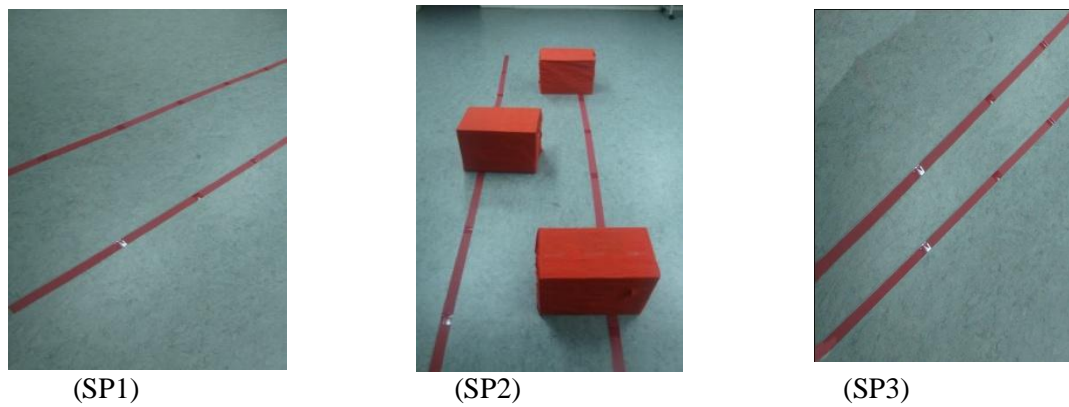


Figura 2: Cenários experimentais que limitam o espaço para a marcha.

Cenários experimentais que limitam o espaço para a marcha. A SP1 caracteriza uma via limitada mas ampla (50% da largura da cintura pélvica do participante, com 10 centímetros adicionais). A SP2 assume a mesma largura do percurso anterior, acrescido por três obstáculos posicionados à mesma distância, e a SP3 caracteriza uma via com 25% da largura da cintura pélvica do participante.

- ***Tarefas Secundárias Cognitivas***

No grupo de tarefas secundárias cognitivas, foram usadas duas tarefas de controlo mental e uma de subtração, marcando os níveis crescentes do *load* associado.

Tarefa Cognitiva 1 (C1): contagem sequencial e cíclica de 1 até 10.

Tarefa Cognitiva 2 (C2): contagem sequencial e cíclica de 10 até 1.

Tarefa Cognitiva 3 (C3): contagem de 40 para trás, de 2 em 2.

As tarefas cognitivas secundárias culminam numa tarefa de maior complexidade, que necessita de mecanismos associados à memória de trabalho e habilidades matemáticas para o seu cumprimento (Srygley, *et al.*, 2009), uma tarefa de subtração. Esta é uma tarefa mental que requer o eficaz funcionamento da atenção sustentada, de forma a tornar possível a contagem em função dos números já produzidos (Lezak, Howieson & Loring, 2004).

Uma das tarefas de contagem de subtração mais usadas, é a contagem de 7 em 7, para trás, no entanto essa surge essencialmente em estudos com indivíduos saudáveis (Springer, *et al.*, 2006; Al-Yhaya, *et al.*, 2009) pelo que, no nosso, adoptamos uma contagem mais facilitada. É sugerido, aquando das apreciações sobre o tipo de metodologias adoptadas na aplicação dos paradigmas de tarefas múltiplas, que as tarefas possuam carga suficiente para carregar o sistema cerebral, sem fomentar o stress ou a ansiedade face ao desafio proposto, como propõem Yogev-Seligmann, Hausdorff e Giladi (2007).

- ***Tarefas Secundárias Motoras Manuais***

No grupo de tarefas secundárias motoras, são propostos três padrões de sequências manuais com crescentes níveis de complexidade.

Tarefa Motora 1 (M1): séries repetidas de abertura e fecho dos punhos com as duas mãos a executarem os movimentos em simultâneo.

Tarefa Motora 2 (M2): séries repetidas de abertura e fecho dos punhos com as duas mãos a executarem os movimentos alternados.

Tarefa Motora 3 (M3): séries repetidas de fecho e abertura dos punhos com as duas mãos a executarem os movimentos em simultâneo, separados com o bater das palmas.

Informação relativa à construção e definição das tarefas do protocolo experimental

O protocolo foi primeiramente aplicado a dois voluntários idosos saudáveis e a dois indivíduos com DA, para testar a reacção aos tempos de aplicação das tarefas e capacidade de adesão às mesmas.

Numa primeira fase, perspectivou-se que todas as tarefas fossem desempenhadas num intervalo de tempo de 60 segundos. Perante o carácter repetitivo inerente ao tipo de tarefas propostas, constatou-se que, os indivíduos com DA dispersavam a atenção antes do término dos objectivos propostos, mesmo tendo conhecimento da durabilidade das tarefas.

Os idosos saudáveis relataram alguma fadiga face à durabilidade das tarefas.

Face a essa primeira aplicação, o tempo de duração das tarefas, foi reduzido para 45 segundos, não tendo gerado dificuldades acentuadas na sua execução.

3.6.4. Condições Experimentais

Todas as tarefas anteriormente apresentadas, desde o grupo da marcha, até as tarefas secundárias, cognitivas e motoras manuais, serão desempenhadas em duas condições experimentais: a situação controlo (SC) e a fase *dual-task* (DT).

Condição I: SITUAÇÃO CONTROLO

Nesta condição experimental, as tarefas devem ser desempenhadas de forma individualizada, uma a uma.

Nos cenários da marcha, os doentes devem percorrer as vias correspondentes, com uma velocidade de andamento normal.

No que diz respeito às tarefas secundárias, serão desempenhadas na posição de sentado. Trata-se de uma posição que exige a presença de menos recursos atencionais do que a posição de pé, tanto em equilíbrio dinâmico como estático. Foi a posição seleccionada para caracterizar a SC, com o intuito de minimizar os efeitos gerados pela necessidade de manter o equilíbrio em prova, e assim, isolar efeitos de controlo motor acrescido ao cumprimento das próprias tarefas. (Lajoie, Teasdale, Bard, Fluery, 1993).

Condição II: *DUAL-TASK*

Nesta condição experimental, todas as tarefas secundárias de ambos os grupos (cognitivo e motor), serão combinadas ao desempenho do padrão de marcha nos três cenários permanentes já identificados.

Deverá combinar-se então:

- A SP1 com a execução simultânea de C1, C2, C3 e de M1, M2 e M3;
- A SP2 com a execução simultânea de C1, C2, C3 e de M1, M2 e M3;
- A SP3 com a execução simultânea de C1, C2, C3 e de M1, M2 e M3.

A combinação das tarefas, em DT, não segue o formato de ordenação aqui apresentado. Todas são combinadas de forma aleatória, não havendo uma ordem de apresentação rígida ou padronizada das mesmas, objectivando-se assim, contornar efeitos associados à ordenação das tarefas, nomeadamente, facilitação por repetição das mesmas em fase controlo e fase dual. Alguns estudos com apoio na neuroimagem apresentam que, a repetição de tarefas pode torna-las automatizadas com reduções claras nas activações cerebrais. Wu, Chan e Hallet (2008) são alguns dos autores que estudaram esse efeito, em indivíduos saudáveis, descrevendo que a automatização de uma tarefa pode revelar-se após 10 a 20 minutos de treino da mesma.

Bherer e colaboradores (2005) foram outro grupo de investigadores que, verificaram que indivíduos jovens e idosos saudáveis, beneficiam do efeito de treino sobre a performance de tarefas tanto desempenhadas de forma isolada, como em *dual-task*.

No presente estudo as tarefas não são repetidas em intervalos de tempo tão longos, além de ser importante considerar que é um trabalho direccionado para uma população patológica (com DA), de qualquer forma, a possibilidade de ocorrência do efeito facilitador da repetição, não foi ignorada. Foi procurado ainda contornar possíveis efeitos gerados pelo cansaço. Foi estipulado inclusive que, as próprias condições experimentais (SC e DT) surgem combinadas de forma aleatória.

3.6.5. Análise de Erros

- ***Tarefa Motora Permanente: A Marcha***

A performance dos doentes é caracterizada com base no número de passos e de desvios ao espaço definido para circulação, identificados pela fuga dos pés à linha limite de delimitação do espaço a percorrer. É considerado também o número de desequilíbrios, identificados pelas alterações claras e facilmente perceptíveis da postura. Mais precisamente, a detecção de reacções de contrabalanço que se revelam necessárias na manutenção da estabilidade corporal enquanto os participantes executam determinados movimentos, como proposto por Mackay (2009).

Alguns estudos recorrem à utilização de artefactos de medição computadorizada da postura no decorrer da marcha (e.g. Montero-Odasso, *et al.*, 2009), os quais não são aqui integrados dado o agravamento da validade ecológica envolvida em tarefas experimentais desse nível. Van Iersel e colaboradores (2008) recorreram à sua utilização e atribuem ao tapete de medição de parâmetros da marcha, um factor limitativo. Além desses factos, é pretendido averiguar a influência da combinação de tarefas simultâneas, em termos práticos e de funcionalidade. Modificações milimétricas na posição do pé, ou no desvio de um membro que representem mecanismos de compensação na manutenção da postura, não serão integrados na análise, uma vez que representam a conservação da funcionalidade em prova.

O número de paragens na marcha é também registado e integrado na caracterização da performance dos participantes, bem como o número de toques nos obstáculos (quando se verifica).

- ***Tarefas Secundárias Cognitivas***

O desempenho dos participantes nas três tarefas secundárias cognitivas foi analisado com base no número total de sequências apresentado, o número de paragens (pausas ou silêncios), e o número e padrão de erros. Neste último critério de análise, foi apurada a capacidade ou incapacidade de respeitar a sequência cíclica das contagens; o número de rectificações/ intervenções por parte do examinador necessárias para corrigir o ciclo; a repetição consecutiva do mesmo número ou padrão de números (respostas perseverantes); a introdução de números que quebram momentaneamente a sequência; as omissões; e por fim, as alterações/ inversões repentinas da ordem.

- ***Tarefas Secundárias Motoras Manuais***

Neste grupo de tarefas, serão considerados os seguintes critérios de análise: número de sequências correctas, número de pausas, e o número de erros. Os erros a considerar são: a introdução de um gesto numa sequência correcta; a repetição consecutiva de um gesto ou padrão de gestos (respostas perseverantes); a alteração repentina da ordem da sequência gestual manual; as omissões de gestos necessários ao cumprimento das sequências manuais padronizadas.

3.7. RECOLHA E ANÁLISE

A performance dos participantes é registada em formato vídeo e áudio para facilitar a posterior observação e caracterização da performance dos participantes, em todos os parâmetros previamente estipulados. O registo é cumprido tanto na SC como na fase DT.

Importa clarificar que, em DT, são apresentadas as instruções para desempenho das tarefas sem solicitar que os participantes privilegiem uma, em detrimento de outra.

Quando as instruções impõem a focalização da atenção sobre uma tarefa, parecem ser responsáveis pela optimização dessa mesma tarefa e penalização da concorrente (Kelly, Janke & Shumway-Cook, 2010; Yogev-Seligmann, *et al.*, 2010) pelo que, houve o cuidado de apresentar instruções neutras, de forma a verificar qual a tarefa que, espontaneamente, é desempenhada com maior eficácia.

Para efeitos da análise quantitativa, foi utilizado o programa de análise estatística com a versão 18 do SPSS (*Statistic Package for the Social Sciences*). Foi realizada a análise da normalidade das distribuições e da homogeneidade das variáveis que caracterizam este estudo, através do teste Shapiro-Wilk, por ser um teste preferencialmente adequado para amostras inferiores a 30 participantes (Maroco, 2010), como se verifica no presente trabalho. A análise da normalidade foi considerada com base no *p-value* apresentado pelo teste anteriormente identificado.

Foi realizada uma análise estatística descritiva e inferencial, recorrendo a diferentes testes estatísticos, em função do tipo de análise pretendida.

Uma vez que o objectivo principal foi proceder à comparação do desempenho dos participantes em duas fases de execução das mesmas tarefas, primeiramente isoladas e posteriormente executadas em simultâneo, recorreu-se ao *Paired-Samples T Test* e ao Wilcoxon para comparar desempenhos entre a SC e a fase DT.

Foram realizadas também análises correlacionais através dos Testes de Pearson e Spearman, em função do tipo de variáveis em estudo. A análise da força das correlações foi baseada nas interpretações propostas por Pestana e Gageiro (2005).

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS

Primeiramente serão apresentados os resultados do efeito provocado pelo aumento do *load*, sobre a performance dos participantes na fase controlo. Na Tabela 3 surgem identificadas as percentagens de indivíduos capazes de cumprir com as tarefas propostas, no que diz respeito às tarefas secundárias quando executadas de forma isolada (em SC).

As percentagens relativas ao número de indivíduos capazes de percorrer os três cenários de marcha, na condição controlo, não surgem aqui caracterizados pelo facto de todos os participantes terem executado com sucesso o percurso das três vias.

Tabela 3: *Execução das tarefas secundárias propostas em SC (Frequências e Percentagens)*

Tarefas Adicionais	<i>n</i>	%
Tarefa Cognitiva de menor <i>load</i> (C1)	15	100%
Tarefa Cognitiva de médio <i>load</i> (C2)	13	86,7%
Tarefa Cognitiva de maior <i>load</i> (C3)	5	33,3%
Tarefa Motora de menor <i>load</i> (M1)	15	100%
Tarefa Motora de médio <i>load</i> (M2)	13	86,7%
Tarefa Motora de maior <i>load</i> (M3)	4	26,7%

Os custos do aumento do aumento do *load* traduzem-se, primeiramente, num crescimento do número de desistentes na execução das tarefas propostas. É importante referir que, estes resultados não surgem por motivos de fadiga ou por efeitos de ordenação das tarefas, já que estas foram apresentadas de forma aleatória, inclusivamente combinadas com a condição experimental DT.

Na análise do impacto do *load*, foi procurado analisar também se, o número médio de sequências correctamente executadas dentro de cada grupo de tarefas secundárias (cognitivas e motoras) sofre modificações por acção do *load*.

No grupo das tarefas cognitivas, esse tipo de análise só faz sentido concretizar-se sobre C1 e C2 na medida em que, a tarefa C3, é de carácter divergente, ou seja, de contagem contínua e não cíclica (de 40 para trás, de dois em dois, até o 0). Posto isto, através de uma análise comparativa da média de sequências registadas nas tarefas cognitivas C1 e C2, os resultados permitem verificar que há uma diferença estatisticamente significativa entre ambas ($Z = -2,956$; $p = 0,003$), com um número inferior de sequências na tarefa de *load* superior. O mesmo se verifica nas sequências motoras manuais das tarefas motoras adicionais.

A análise inferencial apresenta, relativamente às sequências motoras manuais registadas em SC, a presença de diferenças estatisticamente significativas face ao aumento do *load* de M1 para M2 ($t(12) = -4,829$; $p = 0,000$), com o menor número de sequências conseguidas em M2.

Procurou-se também explorar os custos produzidos pelo aumento do *load*, sobre o número médio de erros das mesmas tarefas, ainda na SC. É possível afirmar a existência de uma diferença estatisticamente significativa entre o número médio de erros presentes nas tarefas motoras adicionais M1 e M2 ($t(12) = -3,191$; $p = 0,008$), sendo superiores na segunda.

Os custos associados ao aumento do *load* são claros na performance dos doentes com DA, aquando do desempenho das tarefas isoladas, revertendo-se numa diminuição média do número de sequências de contagens cíclicas nas tarefas de controlo mental, e de sequências gestuais manuais nas tarefas motoras adicionais. A divergência em termos de erros, não é estatisticamente significativa no grupo cognitivo em fase controlo, embora seja no grupo motor secundário, como anteriormente apresentado.

Com a análise estatística inferencial, foi procurado estabelecer uma relação entre os dados anteriormente descritos e os resultados obtidos no MMSE, o nível de escolaridade, e idade dos participantes, não havendo, através dos estudos correlacionais, resultados estatisticamente significativos.

A título de confirmação do crescente *load* associado aos cenários para desempenho da marcha, na SC, detectou-se uma divergência estatisticamente

significativa ($p= 0,007$) entre o número médio de passos apresentados no cenário menos exigente (SP1) ($M= 37,93$; $SD= 6,262$), e no cenário de escalão máximo de exigência (SP3) ($M= 31,60$; $SD= 9,840$).

Dos diversos parâmetros de caracterização da marcha definidos neste estudo, o número médio de alterações claras na postura registados no decorrer do padrão de andamento dos doentes (desequilíbrios) em SP2 e em SP3 na fase controlo, correlacionam-se com os valores obtidos no MMSE, indicando que, quantos menores os valores no MMSE maior o número de desequilíbrios (SP2: $r= -0,578$; $p= 0,024$) (SP3: $r= -0,575$; $p= 0,025$).

Os valores obtidos no teste de rastreio cognitivo breve também se correlacionam com o número médio de toques nos obstáculos no cenário 2 (SP2), seguindo a mesma distribuição ($r= -0,569$; $p= 0,027$), número médio de paragens nesse mesmo cenário ($r= -0,625$; $p= 0,013$), e o número médio de paragens apresentadas no cenário de maior complexidade (SP3) ($r= -0,625$; $p= 0,013$).

Os factores idade e escolaridade, também se apresentam correlacionados com alguns parâmetros de caracterização da marcha, correlação mais notória com o aumento da exigência associada às vias para a marcha. A idade correlaciona-se então com o número médio de desequilíbrios em SP2 ($r_s = 0,593$; $p= 0,20$), e SP3 ($r_s= 5,92$; $p= 0,20$), com o número médio de toques nos obstáculos ($r_s = 0,587$; $p= 0,21$) e com o número de paragens apresentadas nesse mesmo cenário de marcha (SP3) ($r_s =0,600$; $p= 0,21$). Estas correlações indicam que com o aumento da idade, essas alterações sobre o padrão de marcha dos doentes aumentam também.

O factor escolaridade correlaciona-se com o desempenho motor em SC, apenas na via de circulação mais estreita (SP3), nomeadamente com o número médio de desequilíbrios ($r_s =-0,704$; $p= 0,003$), desvios ($r_s =-0,536$; $p=0,039$) e paragens ($r_s = -0,530$; $p= 0,042$). Esta correlação é inversa à anteriormente descrita, indicando que, quanto menores os anos de escolaridade dos doentes, maior o número de desequilíbrios, desvios e paragens registados.

Analisando agora a performance em fase DT, mais uma vez, será útil considerar a percentagem de participantes que cumprem cada combinação de tarefas propostas, estando os dados relativos à combinação da marcha com as tarefas C1, C2 e C3, na Tabela 4, e à combinação da marcha com as tarefas M1, M2 e M3, na Tabela 5.

Tabela 4: *Número de indivíduos capazes de responder à combinação das tarefas cognitivas com os cenários da marcha em DT (Frequências e Percentagens)*

	SP1	SP2	SP3
C1	n= 13 86,7%	n= 12 80,0%	n= 12 80,0%
C2	n= 8 53,3%	n= 7 46,7%	n= 6 40,0%
C3	n = 4 26,7%	n= 3 20,0%	n= 3 20,0%

Tabela 5: *Número de indivíduos capazes de responder à combinação das tarefas motoras secundárias com os cenários de marcha em DT (Frequências e Percentagens)*

	SP1	SP2	SP3
M1	n= 12 80,0%	n= 12 80,0%	n= 10 66,7%
M2	n= 8 53,3%	n= 7 46,7%	n= 7 46,7%
M3	n = 3 20,0%	n= 3 20,0%	n= 1 6,7%

Os doentes com DA são capazes de desempenhar tarefas combinadas simultaneamente, embora essa capacidade diminuía em relação ao aumento da complexidade dos desafios impostos. A combinação das tarefas, cognitiva adicional e motora adicional de máximo *load*, ao cenário de marcha mais complexo, podem ser

representativos do fenómeno de sobrecarga do sistema, apresentando uma reduzida percentagem de indivíduos capazes de responder aos desafios propostos.

A percentagem de desistências acompanha o aumento progressivo de dificuldade que marca cada situação experimental, seguindo aqui (DT) uma distribuição semelhante à constatada na fase controlo.

Importa agora considerar se a performance em DT sofre influência directa do tipo de tarefas que se fazem combinar, nomeadamente, uma motora e uma cognitiva, quando adicionadas as de controlo mental e de subtracção às três vias da marcha, ou duas motoras, quando a essas vias se adicionam tarefas de sequências motoras manuais.

Para analisar a evolução das performances nos parâmetros ‘número de passos’, ‘desequilíbrios’ ‘desvios’, ‘paragens’ e ‘toques nos obstáculos’, foi feita uma comparação entre as médias de desempenho obtidas nos vários cenários de marcha, quando combinados às diferentes tarefas secundárias.

Os efeitos das tarefas adicionais de menor *load*, de ambos os grupos secundários, sobre o número médio de passos em SP1 são estatisticamente divergentes e significativos, estando descritos na Tabela 6.

Tabela 6: Diferenças obtidas no número médio de passos ao percorrer a via SP1, em função da adição das tarefas de menor *load*, de ambos os grupos secundários

	C1a		M1b		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
	M	DP	M	DP			
Nº de passos - SP1	34,13	6,556	30,20	6,026	13,100	14	0,000

na = 13; nb = 12

O número de desequilíbrios em SP1 sofre também penalizações distintivas por acção das diferentes tarefas secundárias, apresentando uma média de 0,08 desequilíbrios com a combinação de C1 (*DP*= 0,277), e de 0,92 (*DP*= 0,669) com a combinação de

M1 ($z = -2,640$; $p = 0,008$). No que diz respeito ao número de desvios, esse não é estatisticamente divergente, no entanto o número médio de paragens volta a sofrer um efeito diferencial por ação do tipo de tarefas combinadas em DT. A adição de M1 ao cenário de marcha 1 produz um número médio de paragens superior ($M = 1,06$; $DP = 0,515$) do que na combinação de C1 à mesma via ($M = 0,46$; $DP = 0,519$) ($z = -2,11$; $p = 0,035$).

Constata-se então que, no cenário motor menos exigente, a tarefa secundária que exerce dificuldades superiores sobre a marcha, é a tarefa motora e não a tarefa cognitiva de *load* correspondente.

Com o aumento da complexidade das tarefas adicionais sobre a via SP1, os resultados mantêm-se com a mesma progressão. A tarefa motora revela uma ação mais deficitária sobre os parâmetros de caracterização da marcha, do que a tarefa cognitiva. A divergência estatisticamente significativa no número médio de passos volta a verificar-se quando adicionada a tarefa C2, à via SP1 ($M = 28,57$; $DP = 6,901$) e quando adicionada a tarefa M2 ao mesmo circuito de marcha ($M = 21,43$; $DP = 3,994$) ($t(6) = 5,148$; $p = 0,002$). Este efeito diferencial é também assinalável sobre o número de desequilíbrios, maior aquando da combinação de duas tarefas motoras (SP1 combinada com M2) ($z = -2,121$; $p = 0,034$), não se estendendo ao número de desvios (inexistentes), ou ao número de paragens.

Quando à via menos desafiante, se combina o *load* máximo de ambos os grupos de tarefas secundárias, obtêm-se em termos de análise qualitativa da performance dos doentes, a mesma tendência até aqui verificada, no entanto, as diferenças não são estatisticamente significativas, dado o reduzido número de indivíduos que é capaz de responder ao desafio proposto, e de forma muito dificultada.

No cenário de marcha 2, que dá forma à via para circulação SP2, os efeitos provocados pelas diferentes tarefas secundárias também se traduzem em padrões de locomoção estatisticamente divergentes, a confirmar-se o efeito mais penalizante da combinação de duas tarefas motoras. O efeito sobre o número médio de passos surge descrito na Tabela 7.

Tabela 7: Diferenças obtidas no número médio de passos ao percorrer a via SP2, em função da adição das tarefas de menor *load*, de ambos os grupos secundários

	C1 a		M1 b		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
	M	DP	M	DP			
Nº de passos - SP2	31,00	5,495	25,64	4,105	8,074	10	0,000

na = 13; nb = 12

Na SP2, o baixo *load* das tarefas secundárias não produz diferenças estatisticamente significativas sobre o número médio de alterações na postura indicativas de desequilíbrios, número de desvios, ou número de toques nos obstáculos presentes, mas sim, no número de paragens. Este valor sofre um aumento perante a combinação da tarefa secundária motora à marcha, superior ao efeito da tarefa cognitiva ($z = -2,235$; $p = 0,025$).

Aumentando o grau de exigência das tarefas secundárias em DT, verifica-se, mais uma vez, uma diminuição do número médio de passos em SP2, superior por efeito da combinação de M2 quando comparado ao efeito de C2 ($t(4) = 5,715$; $p = 0,005$). Os parâmetros de caracterização da marcha ‘desvios’ e ‘toques nos obstáculos’ não sofrem efeitos estatisticamente significativos. Já o número de paragens em prova, mais uma vez, é sensível ao efeito diferencial de ambas as tarefas secundárias, sendo superior por adição de M2 quando comparado a C2 ($z = -2,121$; $p = 0,034$).

No cenário caracterizado pelos obstáculos, o efeito provocado pelo máximo *load* das tarefas adicionais, não produz, novamente, resultados estatisticamente significativos, dado o reduzido número de participantes capazes de responder ao desafio imposto.

Já com a combinação das tarefas adicionais de baixo *load* à via mais complexa, o cenário de marcha 3, os efeitos sobre o número médio de passos, surgem descritos na Tabela 8. Nesta combinação de tarefas, os dados estatisticamente significativos que importam destacar correspondem ao aumento do número de desvios face ao efeito diferencial da tarefa motora secundária de menor *load*, superior em relação à

correspondente cognitiva ($z = -2,584$; $p = 0,010$). O número de paragens também difere, superior por acção de M1 em relação a C1 ($z = -2,092$; $p = 0,036$).

Tabela 8: *Diferenças obtidas no número médio de passos ao percorrer a via SP3, em função da adição das tarefas de menor load, de ambos os grupos secundários*

	C1 a		M1 b		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
	M	DP	M	DP			
Nº de passos - SP3	28,64	4,567	23,18	4,687	5,486	10	0,000

$n_a = 13$; $n_b = 12$

Aumentando a complexidade das tarefas secundárias adicionadas à marcha em SP3, o número de passos sofre o mesmo efeito até aqui descrito. Detectam-se divergências estatisticamente significativas resultantes do efeito de M2, que produz uma diminuição mais acentuada do que o efeito da adição de C2 ($z = -1,826$; $p = 0,068$).

A análise das fugas à via, dos desequilíbrios e paragens, não é estatisticamente significativa, dado o baixo número de indivíduos com DA capazes de cumprirem com o desafio proposto. Esse valor (número de participantes) volta a diminuir no nível máximo de complexidade em DT proposto pela combinação de SP3 com C3 e M3, com performances muito debilitadas.

Como é possível constatar, pela análise dos resultados anteriormente descritos, é notório o efeito diferencial do tipo de tarefas secundárias combinadas com o padrão de marcha dos participantes em DT, respondendo assim ao objectivo específico (2) deste estudo.

Quando a tarefa executada simultaneamente à locomoção é uma tarefa motora, os doentes apresentam uma dificuldade acrescida, quando comparada ao efeito da combinação de uma tarefa secundária cognitiva.

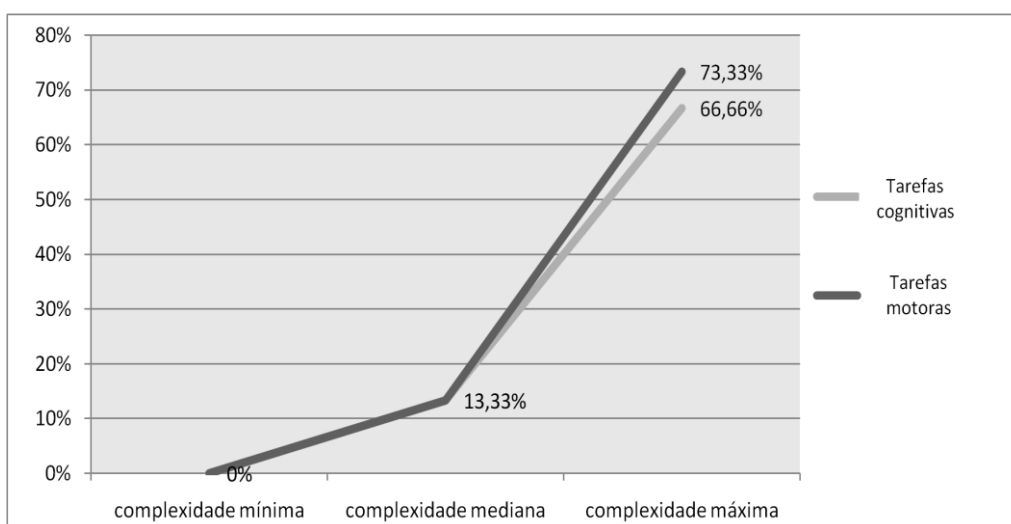
Procurando cumprir com uma análise comparativa entre os custos do tipo de tarefas secundárias usadas em DT, é pertinente clarificar a grande dificuldade inerente à equiparação do grau de exigência de tarefas que se distinguem grandemente. No

entanto, no Gráfico 1, é possível verificar que a percentagem de incapacidade de resposta face ao aumento progressivo do *load* das tarefas em SC, é muito semelhante entre ambos os grupos secundários. Esta distribuição permite afirmar que, apesar de serem muito distintas, encontram-se em níveis de dificuldade aproximados, o que facilita a sua comparação.

Há apenas uma divergência entre as tarefas, no nível máximo de complexidade de ambos os grupos (C3 e M3), com a tarefa de sequências gestuais manuais a denunciar uma percentagem de desistências superior em 6,67% em relação à cognitiva.

Posto isto, e como é possível constatar, a complexidade das tarefas parece aproximar-se grandemente entre grupos cognitivo e motor secundário, no entanto, os efeitos de ambos sobre a marcha em DT, não se verificam de forma equivalente, como já foi descrito.

Gráfico 1: Percentagem de participantes que não cumpriu com a execução das tarefas secundárias em SC.



Legenda: Percentagem de participantes que não cumpriu com as tarefas secundárias (cognitivas e motoras) em SC, ao longo dos três níveis de exigência associados a cada grupo: nível mínimo, mediano e máximo.

Para averiguar qual das tarefas, em DT, é maioritariamente afectada em relação à fase controlo, se as adicionais ou a marcha, será feita uma comparação entre a performance registada nas duas condições experimentais, ao longo das várias tarefas que caracterizam o protocolo. Aqui será possível averiguar se os indivíduos com DA, privilegiam a sua segurança física, sofrendo a marcha menos variabilidades do que as tarefas adicionais em DT, quando comparada essa fase e a performance em SC.

Os resultados começam por indicar que, a combinação de C1 aos vários cenários para desempenho da marcha, não produz, sobre C1, modificações estatisticamente significativas em termos de aumento do número de erros registados. No entanto, a adição de C1 às três vias de marcha, provoca alterações estatisticamente significativas sobre o padrão de marcha em DT, quando comparado a SC, que se encontram descritos na Tabela 9.

Tabela 9: *Dados estatisticamente significativos na comparação do desempenho entre SC e DT (combinação dos cenários de marcha com C1)*

	SC		DT		z	p
	M	DP	M	DP		
SP1: paragens	0,07	0,258	0,46	0,519	-2,236	0,025
SP2: paragens	0,20	0,414	0,75	0,452	-2,646	0,008
SP3: desequilíbrios	0,13	0,352	1,23	0,439	-3,276	0,001
SP3: paragens	0,20	0,414	1,00	0,913	-2,414	0,016

Quando a tarefa C2 é simultaneamente desempenhada com a marcha, sofre uma penalização estatisticamente significativa ao nível do número médio de erros detectados, em relação à fase controlo. Alguns dos parâmetros que caracterizam a marcha, apresentam também divergências em DT, por efeito da combinação de C2. Todos os dados estatisticamente significativos em resultado dos custos de combinação

de C2 com SP1, surgem descritos na Tabela 10. Os custos da combinação de C2 com a via para marcha 2 (SP2), surgem na Tabela 11, e com o cenário permanente 3, na Tabela 12.

Combinando a tarefa C3 com as três vias para locomoção propostas pelo protocolo, é possível constatar que aqui, não existem diferenças estatisticamente significativas o que pode dever-se ao número reduzido de participantes capazes de executar a tarefa C3.

Tabela 10: *Dados estatisticamente significativos na comparação do desempenho entre SC e DT (SP1 com C2)*

	SC		DT		z	p
	M	DP	M	DP		
C2: erros	0,33	0,900	1,50	1,069	-2,060	0,039
SP1: desequilíbrios	0,07	0,258	0,50	0,535	-2,000	0,046
SP1: paragens	0,07	0,258	1,38	0,744	-2,428	0,015

Tabela 11: *Dados estatisticamente significativos na comparação do desempenho entre SC e DT (SP2 com C2)*

	SC		DT		z	p
	M	DP	M	DP		
C2: erros	0,54	0,660	2,00	1,000	-2,232	0,026
SP2: desequilíbrios	0,13	0,316	2,43	0,535	-2,428	0,015
SP2: paragens	0,20	0,414	2,43	0,535	-2,428	0,015

Tabela 12: *Dados estatisticamente significativos na comparação do desempenho entre SC e DT (SP3 com C2)*

	SC		DT		z	p
	M	DP	M	DP		
C2: erros	0,33	0,900	1,31	1,377	-2,220	0,026
SP3: desequilíbrios	0,13	0,352	2,17	0,408	-2,333	0,020
SP3: desvios	1,00	1,254	2,33	1,033	-2,232	0,026
SP3: paragens	0,20	0,414	2,83	0,983	-2,232	0,026

Outro dado relativo à análise da performance na SC e em DT, deve ser considerado. Aquando da execução das tarefas secundárias, é contabilizado o número de pausas dos participantes, pelo que, procedeu-se a uma comparação desse mesmo número registado em ambas as condições experimentais (SC e DT). A análise estatística apresentou alterações significativas, que indicam que o número de pausas em DT é superior em relação à SC, quando combinada a tarefa C1 ($z = -2,131$; $p = 0,033$) ao cenário de marcha 2 (SP2), e ao cenário de marcha 3 ($z = -2,271$; $p = 0,023$).

Analisando agora o efeito das tarefas motoras secundárias sobre a marcha em DT, comparativamente ao desempenho em SC, detectaram-se alguns resultados que importam destacar. Quando a via para locomoção em DT, é a menos exigente, a tarefa motora secundária M1 sofre um aumento estatisticamente significativo do número de erros em relação ao seu desempenho em SC. O efeito que se reflecte sobre a marcha atinge, essencialmente, o número de alterações posturais indicativas de desequilíbrios, ambos os dados são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13: *Dados estatisticamente significativos na comparação do desempenho entre SC e DT (SP1 com M1)*

	SC ^a		DT ^b		z	p
	M	DP	M	DP		
M1: erros	0	0,000	1,83	2,368	-2,226	0,026
SP1: desequilíbrios	0,07	0,258	0,92	0,669	-2,640	0,008

na = 15; nb = 15

Quando a via que caracteriza a SP1, se combina com a tarefa M2, esta última não apresenta sinais de deterioração significativos, em comparação a SC, no entanto a marcha vulnerabiliza-se, havendo um aumento do número de desequilíbrios e paragens (Tabela 14). O efeito de adição de M3 à mesma via, não se traduz em divergências entre DT e SC estatisticamente validadas, muito devido ao baixo número de participantes a cumprirem com a tarefa motora secundária de máximo *load*.

Tabela 14: *Dados estatisticamente significativos na comparação do desempenho entre SC e DT (SP1 com M1)*

	SC ^a		DT ^b		z	p
	M	DP	M	DP		
SP1: desequilíbrios	0,07	0,258	1,38	0,518	-2,598	0,009
SP1: paragens	0,07	0,258	2,00	0,535	-2,588	0,010

na = 15; nb = 12

Com a subida no grau de exigência dos cenários de marcha, para SP2, constata-se que a combinação com M1 se traduz numa alteração da média de erros nas sequências motoras manuais, em relação à fase controlo, com uma subida estatisticamente significativa ($t(11) = -5,014$; $p = 0,000$). Os efeitos sobre a marcha,

neste cenário, surgem descritos na Tabela 15. A adição de M2 não permite registrar alterações estatisticamente significativas em nenhum dos parâmetros de análise.

Tabela 15: *Dados estatisticamente significativos na comparação do desempenho em SC e DT (SP2 com M1)*

	SC ^a		DT ^b		z	p
	M	DP	M	DP		
SP2: desequilíbrios	0,13	0,516	1,42	0,793	-1,677	0,093
SP2: paragens	0,20	0,414	1,75	1,288	-2,701	0,007

na = 15 ; nb = 12

Com a combinação de M1 à via para marcha mais exigente, verifica-se uma deterioração da performance em todos os parâmetros considerados na análise de desempenho (Tabela 16).

Tabela 16: *Dados estatisticamente significativos na comparação do desempenho entre SC e DT (SP3 com M1)*

	SC ^a		DT ^b		z	p
	M	DP	M	DP		
M1: erros	0	0,000	2,45	2,067	-2,533	0,011
SP3: desequilíbrios	1,63	0,744	2,00	0,447	-3,127	0,002
SP3: desvios	1,00	1,254	2,18	1,168	-2,599	0,009
SP3: paragens	0,20	0,414	2,00	1,260	-2,844	0,004

na = 15 ; nb = 10

Relativamente ao efeito da combinação de M2 com a SP3, os dados estatísticos significativos organizam-se na Tabela 17.

Importa acrescentar que a adição de M3 a esta via conta com uma baixa percentagem de participantes podendo justificar a ausência de dados estatisticamente validados.

Tabela 17: *Dados estatisticamente significativos na comparação do desempenho em SC e DT (SP3 com M2)*

	SC ^a		DT ^b		z	p
	M	DP	M	DP		
SP3: desequilíbrios	1,63	0,744	1,63	0,744	-2,460	0,014
SP3: paragens	0,20	0,414	2,75	0,886	-2,565	0,010

$n_a = 15$; $n_b = 7$

Analisando agora a evolução do número de pausas na tarefa motora secundária, apresentadas tanto na SC como em DT, verifica-se a existência de alguns dados estatisticamente significativos. A combinação da SP2 em DT, produz um aumento do número médio de pausas sobre M1 ($z = -2,662$; $p = 0,008$), e sobre M2 ($z = -2,041$; $p = 0,041$). No cenário de combinação da via da SP3 à tarefa M1, os resultados também são estatisticamente validados, registando-se um aumento do número médio de pausas em relação a SC ($z = -2,836$; $p = 0,005$).

Face à análise anteriormente realizada, é evidente o efeito mais acentuado dos custos de DT sobre a marcha, sendo esta a tarefa que sofre mais penalizações pela execução de tarefas simultâneas. O número de desequilíbrios aquando do processamento dual, sofre quase invariavelmente, um aumento estatisticamente significativo, quando comparado à fase controlo. A acompanhar esse aumento, surge também o crescente número de paragens, as quais se seguem, muitas vezes, a esses episódios de desequilíbrio, o que se traduz numa positiva reacção à perturbação da marcha. Embora o número de desvios também sofra uma modificação, em alguns

cenários assinalável, quando comparado DT à SC, o aumento do número médio de paragens é permanente, o que indica que, mesmo num padrão de desempenho deficitário, alguns mecanismos de suporte à integridade e estabilidade física subsistem na DA. Num ambiente supervisionado, não se registaram comprometimentos físicos prejudiciais à integridade física dos doentes, dada a compensação sustentada pela diminuição do número de passos, anteriormente identificada, e esse aumento sobre o número de paragens no período de locomoção.

No entanto, os doentes com DA apresentam-se como um grupo de risco, particularmente quando constatamos que o número de erros e pausas nas tarefas secundárias, não são superiores às modificações registadas na tarefa motora permanente.

Na exploração do pressuposto associado ao objectivo específico (4) deste trabalho, foi realizada ainda uma análise correlacional entre o número de erros apresentados nas tarefas adicionais em DT, e o número médio de paragens no decorrer da marcha. Não foi possível estabelecer correlações estatisticamente significativas. Se face à diminuição do número de erros, se detectasse um aumento do número de paragens na marcha, esta podia ser definida como uma estratégia compensatória eficaz adoptada na DA, no entanto, esta hipótese não se verifica.

Na caracterização cuidada da performance no desempenho das tarefas secundárias de ambos os grupos (cognitivo e motor), foi analisada a percentagem de todos os tipos de erros registados em prova. Averiguou-se então, no grupo de erros possíveis, aqueles que se apresentavam com maior frequência, tanto na SC como em DT, procurando explorar a presença de divergências entre ambas as condições experimentais. A média dos tipos de erros associados à caracterização da performance de todas as tarefas secundárias cognitivas, segue na Tabela 18, e a média dos erros registados na caracterização das tarefas secundárias motoras, segue na Tabela 19.

Verifica-se que, em alguns momentos, a tarefa de maior *load* faz-se acompanhar de um número de erros inferior quando comparado às tarefas menos exigentes (C1 e C2), no entanto, importa aqui manter presente que o número de participantes capazes de responder às situações mais complexas é significativamente menor, e que a contabilização dos erros surge integrada nessa evidência. Menores participantes a executarem os desafios propostos, tendem a produzir uma média de erros inferior, o que justifica alguns dos valores registados.

Considerando o desempenho nos vários cenários da condição experimental DT, apenas alguns tipos de erros sofrem alterações estatisticamente significativas quando comparados à fase controlo, sendo tendencialmente superiores em DT.

Tabela 18: *Tipo de erros na execução das tarefas C1, C2 e C3 em SC*

	C1 ^a		C2 ^b		C3 ^c	
	M	DP	M	DP	M	DP
1 Rectificação	1,93	0,258	2,00	0	2,00	0
2 Rectificações	1,93	0,258	2,00	0	2,00	0
3 ou mais Rectificações	2,00	0	2,30	0,030	1,80	0,447
Resposta Perseverante	0	0	0,08	0,277	0,40	0,894
Introdução de números	0	0	0,15	0,376	0	0
Omissões	0	0	0,85	2,478	0,40	0,894
Alteração repentina da ordem	0,7	0,258	0,15	0,376	0	0

na = 15; nb =13; nc =5

Tabela 19: *Tipo de erros na execução das tarefas M1, M2 e M3 em SC*

	M1 ^a		M2 ^b		M3 ^c	
	M	DP	M	DP	M	DP
Respostas perseverantes	0	0	1,62	2,815	0	0
Introdução de gesto(s)	0	0	0,23	0,439	0,25	0,500
Omissões	0	0	0,85	1,463	0,50	0,577
Alteração repentina da ordem	0	0	0,23	0,439	0	0

na =15 ; nb =13; nc =4

Quando a análise recai sobre as tarefas cognitivas, não existem dados estatisticamente significativos a referir. Quando exploramos os padrões de erros nas

tarefas motoras secundárias em DT, constata-se que, há um aumento no número de respostas perseverantes em M1, com repetições de gestos não integrados na sequência proposta, quando combinada essa tarefa secundária com a via da SP1 ($z = -2,121$; $p = 0,034$), a via da SP2 ($z = -2,207$; $p = 0,027$) e a via da SP3 ($z = -2,546$; $p = 0,011$).

Na execução da tarefa M2, há efeitos estatisticamente validados quanto ao aumento do número de omissões nas sequências gestuais propostas, ao percorrer a via de menor complexidade (SP1) ($z = -2,357$; $p = 0,015$).

Averiguou-se, posteriormente, se a capacidade de execução das tarefas secundárias em DT, se correlaciona com os resultados obtidos no MMSE, com o factor idade e/ou o nível de escolaridade dos participantes. Os resultados indicaram que o único factor em correlação com a capacidade de resposta às tarefas secundárias quando combinadas com a marcha, é a idade.

A análise dos resultados estatísticos permite verificar que, quanto mais idosos os participantes, pior o desempenho na execução das tarefas propostas em DT, o que é possível verificar na apresentação feita na Tabela 20.

Tabela 20: *Correlação entre a capacidade de resposta às tarefas secundárias em DT, e o factor idade*

	Idade
Execução de C2 em SP2	-.651**
Execução de C2 em SP3	-.695**
Execução de C3 em SP1	-.525*
Execução de C3 em SP3	-.580*
Execução de M1 em SP3	-.53*
Execução de M3 em SP3	-.531*

* $p < .05$

** $p < .01$

Segue-se uma análise correlacional entre os mesmos factores anteriormente apresentados e todos os parâmetros de caracterização da performance em DT, que sofreram deteriorações estatisticamente significativas quando comparados à fase controlo. Não só a marcha, como o desempenho nas tarefas adicionais, parecem correlacionar-se com os factores idade, escolaridade e desempenho no MMSE (Tabela 21), ao contrário do que foi possível constatar na SC, onde apenas a tarefa motora permanente se correlacionava com os mesmos.

Tabela 21: *Correlação entre os parâmetros mais penalizados em DT (quando comparados à performance na SC) com os valores do MMSE, a idade e os anos de escolaridade*

	MMSE	Idade	Escolaridade
C1: Pausas (com SP3)	-.704**		
C2: Pausas (com SP2)		-.642*	
C2: Erros (com SP2)	-.794**	.729**	
M1: Pausas (com SP2)	.953 **		
M2: Pausas (com SP2)		.600*	
M2: Erros (com SP3)			-.738*
SP1: Paragens (com C1)	-.685 *		-.702*
SP3: Paragens (com M2)			-.808*
SP1: Desequilíbrios (com M2)		.840 *	
SP3: Paragens (com M2)	-.87 **		

*p<.05

**p<.01

Seguidamente, foram explorados os níveis de correlação entre o registo de quedas dos participantes, e os diversos parâmetros de caracterização da locomoção, tanto em SC como DT. A análise correlacional não foi significativa. No entanto importa

considerar que o número de quedas que caracteriza a amostra deste estudo é muito reduzido, não chegando a haver registo de quedas no mês prévio à aplicação do protocolo.

Especula-se ainda que, se o número de indivíduos capazes de responder aos cenários mais exigentes em DT, fosse superior, podia ser possível registarem-se correlações estatisticamente significativas, na medida em que essas parecem surgir em cenários mais complexos, carecidos de mais recursos cognitivos e de controlo motor para o seu desempenho. Situações mais desafiantes vulnerabilizam a mobilidade funcional dos indivíduos saudáveis, particularmente quando há registo de quedas (Springer, *et al.*, 2006), dados que se podem agravar em grupos caracterizados pela presença de quedas mais frequentes do que as que caracterizam esta amostra e com a patologia em estudo.

CAPÍTULO 5 – DISCUSSÃO

Os custos associados à variação do *load* traduzem-se, numa perspectiva simplista, numa crescente diminuição do número de indivíduos capazes de responder às tarefas à medida que o grau de exigência e complexidade das mesmas aumenta. Essa reacção à complexidade, é constatada tanto quando as tarefas são desempenhadas individualmente, como quando combinadas e, DT.

Os indivíduos com DA apresentam uma performance reactiva ao *load* dos desafios propostos, sendo que, quanto maior o grau de complexidade associado, pior o desempenho dos doentes. Estes resultados confirmam então a **hipótese 1** do estudo, sendo discordantes dos apresentados por Logie, Della Salla, Cocchini e Baddeley (2004), autores que defendem que os indivíduos com DA apresentam uma limitação na capacidade de execução de duas tarefas simultâneas, que é independente do *load* inerente a cada uma delas.

Alguns estudos apresentam que, a DA impossibilita a capacidade de processamento dual, impossibilitando a resposta a duplas tarefas (e.g. Logie, Della Salla, Cocchini & Baddeley, 2004; Kaschel, Logie, Kazén & Della Salla, 2009). No nosso estudo constatamos que essa incapacidade não é linear. Uma análise fina dos resultados permite identificar a existência de uma capacidade de resposta a tarefas que se combinam temporalmente, embora essa resposta se apresente deteriorada quando comparada ao desempenho isolado das mesmas.

A total incapacidade de execução das combinações propostas em DT é detectada, no nosso estudo, apenas em momentos de sobrecarga do sistema. Um episódio de sobrecarga pode traduzir-se num total bloqueio da execução de uma ou ambas as tarefas de máximo *load*, como é exemplo neste estudo, a combinação da SP3 com a tarefa M3.

Estudos prévios com apoio em técnicas de imagiologia cerebral, permitiram verificar que o aumento da exigência das actividades cognitivas, provoca um aumento nas activações cerebrais, tanto em termos de magnitude como de extensão espacial (Grady, *et al.*, 1994), resultados fortalecidos por Bookheimer e colaboradores (2000), pelo que, quanto maior a dificuldade das tarefas, mais recursos cerebrais são

necessários. Quando a combinação das tarefas excede os recursos possíveis para o seu cumprimento, o que neste estudo se verifica na confrontação com os níveis máximos de exigência que marcam alguns dos cenários experimentais, os doentes tentam iniciar as tarefas, mas não conseguem concluir com os objectivos propostos, dirigindo o discurso e a atenção para outros estímulos após a confrontação com a incapacidade.

Os doentes com DA apresentam limitações notórias em DT, pela necessidade de dividir recursos cognitivos por vários estímulos, como reportaram Perry e Hodges (1999).

Importa considerar o seguinte, no estudo comparativo anteriormente apresentado, de Logie, Della Salla, Cocchini e Baddeley (2004), além das tarefas utilizadas pelos autores, serem muito distintas das que caracterizam o presente estudo (*eye tracking* e *digit recall*), os autores assumem como incapacidade de resposta em DT, a presença de erros na performance de qualquer uma das tarefas combinadas, o que se assume como uma análise superficial. Neste ponto é possível concordarmos com os autores, realmente, em DT, a performance torna-se marcada pela presença de erros, que não aparecem referidos em estudos com normais, e que pode ser tradutora dos défices resultantes da DA. No entanto, importa considerar um outro ponto importante na interpretação destes resultados. A presença de erros no decorrer da performance, regista-se também na condição controlo do presente estudo, fase em que as tarefas carecem de muito menos recursos para o seu desempenho.

Constatamos então que em DT a resposta dos doentes não é totalmente impossibilitada e apresenta níveis de incapacidade gradualmente aumentados em função do aumento do *load* associado aos desafios experimentais. O aumento do número de erros nas tarefas secundárias em DT é assinalável, mas não tradutor da impossibilidade de resposta, dados concordantes com os de um estudo de Maquet e colaboradores (2010), com fases precoces de DA, numa tarefa de contagem de subtracção associada à marcha.

O desempenho em DT parece estar particularmente dificultado por penalizações do foro executivo, essencialmente por ser necessária uma capacidade de monitorização, adaptação e adequação da performance dos doentes com DA, a todas as situações que se apresentam. Os frequentes défices apresentados pelos doentes, nos paradigmas de dupla

tarefa, como os constatados neste estudo, são descritos em co-dependência com défices no funcionamento executivo, segundo Yogev-Seligmann, Hausdorff e Giladi (2007).

Masliah e colaboradores (2001) estudaram a relação estabelecida entre as alterações sinápticas na região cerebral frontal, que, embora seja uma área precocemente poupada aos depósitos neurofibrilares e às placas senis, está em relação com alguns dos défices que acompanham a DA e o fenómeno de envelhecimento. Os autores verificaram que as modificações sinápticas manifestam-se desde as fases iniciais da doença. As primeiras fases de desenvolvimento demencial podem revelar a presença aumentada da sinaptogamina, uma proteína de ligação ao Ca^{2+} que desempenham um papel importante na fusão das vesículas à membrana sináptica, o que se revela um mecanismo compensatório impossível com a progressão da patologia.

Um estudo procurou explorar, o efeito dos inibidores da acetilcolinesterase, associados à eficácia do funcionamento executivo, sobre a marcha de um grupo de nove indivíduos com DA. A terapêutica farmacológica com galantamina revelou melhorias sobre a performance em DT, após vinte e quatro semanas de tratamento (Assal, *et al.*, 2008).

Importa então reter que, desde as fases iniciais da instalação da DA, as alterações neuroquímicas são assinaláveis, e podem interferir directamente com o eficaz funcionamento executivo e atencional, importante na regulação das respostas em DT.

No que diz respeito aos custos de DT sobre a marcha, esses traduzem-se numa clara diminuição do número de passos no percurso da via, um aumento no número de alterações posturais indicativas de desequilíbrios rapidamente recuperados, aumento do número de desvios em alguns cenários experimentais, e aumento claro e quase sempre presente do número de paragens. Estes resultados são semelhantes aos descritos por outros autores dedicados ao estudo da DA e o desempenho em DT, que fazem referência à diminuição da velocidade da marcha e à irregularidade associada ao padrão de locomoção dos doentes (Maquet, *et al.*, 2010; Gillain, *et al.*, 2009).

Os resultados deste estudo, permitem ainda confirmar em DT, o efeito diferencial do tipo de tarefas combinadas, sobre a performance dos doentes. Este efeito foi proposto na **hipótese 2** deste trabalho.

As tarefas secundárias cognitivas, não devem ser consideradas puramente ‘cognitivas’ na medida em que, requerem um controlo motor da respiração e articulação

(Al-Yahya, *et al.*, 2002) o que as poderia aproximar das tarefas motoras secundárias. No entanto confirma-se que o efeito da acção de ambas sobre a performance dos doentes em DT é, segundo os resultados deste estudo, distintivo. A tarefa motora secundária quando combinada com a marcha, produz o registo de performances mais deterioradas quando comparada à acção das tarefas cognitivas secundárias.

Importa considerar que, apesar do claro efeito diferencial do tipo de tarefas usadas em DT, o *load* associado a cada uma delas assume-se novamente como um factor importante. Clarificando, uma tarefa secundária cognitiva de elevado *load* deve provocar um efeito mais deficitário sobre a performance em DT quando comparado ao efeito da adição de uma tarefa motora de reduzido *load* à marcha. É quando os níveis de complexidade, entre modalidades, se encontram equiparados, que, a combinação de duas tarefas motoras compromete em maior grau a performance dos doentes. Estes resultados são divergentes dos obtidos com indivíduos com a doença de Parkinson, onde tarefas cognitivas em DT se revelam mais penalizantes do que, a combinação de duas tarefas motoras (Rochester, *et al.*, 2004).

Procedendo à integração das teorias de processamento de informação mais recorrentes, no âmbito da interpretação das limitações em DT, os dados obtidos neste estudo são concordantes e discordantes de alguns dos tópicos teóricos propostos em *capacity sharing*, na teoria dos recursos múltiplos, e nos argumentos do efeito *bottleneck*.

Relativamente à primeira teoria, os dados deste estudo parecem defender, em certa medida, o perfil limitativo das redes cognitivas que sustentam o processamento dual. Esta interpretação enquadra-se num dos pressupostos da *capacity sharing*, que afirma que, quando duas tarefas se combinam temporalmente, pelo menos uma deverá ser penalizada, o que se confirmou. Não apenas uma, como as duas tarefas, desde que combinadas na condição experimental DT, sofrem uma deterioração no desempenho dos doentes com DA. Considerando o estado de deterioração cognitivo que caracteriza a patologia em estudo, estes são resultados que parecem reforçar a vulnerabilidade de funções cognitivas como a atenção e o funcionamento executivo no processamento de tarefas simultâneas.

Em relação à corrente teórica que defende que é a partilha de recursos cerebrais comuns que define a influência e os custos do processamento dual, há uma série de

resultados neste estudo, que a podem confirmar. A degradação da performance, nesta corrente teórica, é dependente do conteúdo a processar (Pashler, 1994). Especula-se então que, realmente, recursos cerebrais comuns partilhados entre tarefas, se penalizem em maior escala do que, em situações em que os recursos cerebrais envolvidos se distanciam. Esta especulação integra-se na já descrita evidência de que, duas tarefas motoras comprometem em maior escala a resposta dos indivíduos com DA na condição experimental DT, do que a combinação de duas tarefas de perfil divergente (motora e cognitiva). No entanto, importa clarificar que os custos DT não dependem exclusivamente do tipo de tarefas combinadas.

Na DA, qualquer combinação de tarefas, provoca penalizações sobre a performance dos doentes. Embora a acção de redes intimamente ligadas, na resposta em DT, se prejudique em maior escala, a teoria dos recursos múltiplos não é aqui protegida na íntegra.

Relativamente à teoria *bottleneck*, em que uma das tarefas deve ficar pendente até conclusão da primeira, os resultados que neste estudo parecem aproximar-se desse enquadramento teórico, emergem nos escalões máximos de complexidade do protocolo experimental aqui utilizado. Os doentes iniciam por exemplo, na combinação SP3 M3, a sequência motora manual e bloqueiam a marcha, sendo incapazes de prosseguir, até desistirem da sua concretização. Neste tipo de cenários pode ser evidente um processamento de carácter sequencial, no entanto, por outro lado, dado o carácter sequencial inerente ao efeito *bottleneck*, as tarefas, mais tarde ou mais cedo deveriam ser cumpridas e concluídas, o que não se verifica quando se dá a sobrecarga do sistema na DA.

Constata-se que, quando as tarefas apresentam um *load* passível de ser executado, há a capacidade de distribuir os recursos por várias tarefas na fase central de processamento, embora esses se tornem limitados com a crescente complexificação dos desafios propostos, como descreveram também Tombu e Jolicoeur (2005).

O presente trabalho parece defender, de forma mais precisa, os pressupostos da *capacity sharing*, como demonstraram já outros autores (Ducan, Ward & Shapiro, 1994; Miller & Bonnel, 1994), embora seja importante manter presente que este enquadramento de resultados é feito em teorias de processamento dual definidas em estudos normais.

Este estudo fortalece ainda a importância e o impacto agravado da combinação de tarefas que se apoiam em redes de cerebrais comuns, factor particularmente penalizante.

Quando constatamos que duas tarefas motoras comprometem a performance em DT em maior escala, é importante conhecer alguns fenómenos cerebrais que possam estar envolvidos na regulação da actividade motora.

Desde há várias décadas que o funcionamento motor eficiente foi descrito em estreita relação com a actividade do neurotransmissor ‘dopamina’ (McEntee, Mair & Langlais, 1987). Essa relação foi reforçada ao longo dos anos, particularmente com o desenvolvimento das técnicas de imagiologia, tendo sido demonstrado, recentemente, que a via estriada dopaminérgica se encontra fortemente associada ao controlo motor e à marcha funcional, como apresentaram, por exemplo, Cham e colaboradores (2009). Acontece que, a actividade dessa via, sofre, com o avançar da idade, um declínio na transmissão da substância neuroquímica que a caracteriza, o qual se repercute em défices no desempenho motor mesmo na ausência de diagnósticos sintomáticos patológicos como a doença de Parkinson (Volkow, *et al.*, 2000; Vallone, Picetti & Borrelli, 2000).

A dopamina além de exercer influência sobre a regulação motora, actua também sobre as funções cognitivas superiores como afirmam, por exemplo, Volkow e colaboradores (1998). Estes autores acrescentam, com base em estudos realizados, que embora o declínio da actividade dopaminérgica no envelhecimento saudável seja assintomático, é suficiente para afectar a performance dos indivíduos em determinadas actividades tanto motoras como cognitivas. O *finger tapping* parece ser uma das tarefas que evidencia de forma clara, as consequências do declínio dopaminérgico na regulação do comportamento motor, mesmo quando esse decréscimo é reduzido. No que diz respeito às tarefas cognitivas, as que se apresentam particularmente vulneráveis à penalização dopaminérgica, são as de avaliação do funcionamento executivo (Volkow, *et al.*, 1998). Em concordância com estes resultados, existem estudos que demonstram uma redução do metabolismo frontal dopaminérgico com o avançar da idade (Moeller, *et al.*, 1996).

A realização de estudos com PET permitiu estabelecer também uma relação entre performances deterioradas em provas de velocidade de processamento e de

memória episódica, e os decréscimos na ligação de alguns receptores dopaminérgicos com o envelhecimento (Backman, *et al.*, 2000; Vallone, Picetti & Borrelli, 2000), reforçando assim a sua importância nas funções cognitivas complexas.

Há portanto, face a várias evidências, uma penalização da actividade dopaminérgica que acompanha o fenómeno de envelhecimento e que afecta a regulação de tarefas motoras e cognitivas como anteriormente descrito. As projecções dopaminérgicas responsáveis por essa regulação, dão forma a algumas vias cerebrais neuroquímicas distintas, nomeadamente a nigroestriatal, a mesocortical, a mesolímbica e a tuberoinfundibular (Waxman, 2000; Martin, 2003; Afifi & Bergman, 2008).

A primeira via, com origem na *substantia nigra pars compacta* e com projecções para o estriado, é a via que se encontra particularmente implicada no controlo motor (Martin, 2003; Afifi & Bergman, 2008; Mackay, 2009).

A via mesocortical, com origem na região tegmental ventral, projecta-se para várias áreas do córtex frontal, e encontra-se muito associada a fenómenos de aprendizagem e mnésicos (Feldman, Meyer & Quenzer, 1997). A mesolímbica, por sua vez, também originária na região tegmental ventral, propaga-se para o núcleo *accumbens*, partes do sistema límbico e tubérculo olfactivo, estando fortemente implicada no comportamento motivacional (e.g. Koob, 1992). Por último, a via tuberoinfundibular, com origem em células da região periventricular, hipotálamo e núcleo arqueado é transportada para a pituitária anterior, estando muito envolvida, e de forma sucinta, na produção de prolactina (e.g. Saiardi, *et al.*, 1997).

Verifica-se então que a execução de duas tarefas motoras, conta com uma acção marcada da primeira via, fortemente relacionada com o controlo motor, enquanto as segundas vias serão as que suportam a execução das tarefas cognitivas. Embora na DA, a dopamina não seja a substância neuroquímica mais afectada, apresenta-se diminuída pelo complexo fenómeno de envelhecimento que acompanha também as faixas etárias características da manifestação da DA, uma patologia do envelhecimento (Nunes, 2005). Face a esta constatação, os resultados obtidos neste estudo, da acção particularmente penalizante da combinação de duas tarefas motoras na DA, parece sugerir uma limitação associada à actividade dopaminérgica da via nigroestriada. Enquanto a combinação de uma tarefa motora com uma cognitiva permite uma

compensação paralela da actividade das vias dopaminérgicas que sustentam as diferentes tarefas envolvidas. A execução de duas tarefas motoras deve ser suportada, simultaneamente, pela mesma via que actua sobre o padrão motor. Especula-se então que, quando o desempenho em DT é suportado, entre diversos mecanismos neuronais, por vias cerebrais divergentes, os indivíduos apresentam-se capazes de produzir uma performance que, embora debilitada, se revela menos afectada quando comparada à combinação de tarefas que se suportam dos mesmo mecanismos cerebrais.

Outra análise que importa cumprir remete-se para o seguinte. Os custos da resposta a duplas tarefas, não só se traduzem na competição por recursos cerebrais, como desafiam o indivíduo a atribuir prioridades e maior valoração a uma tarefa em detrimento de outra. Esse fenómeno, quando desprovido de instruções que solicitem a focalização sobre uma tarefa em específico, parece, em indivíduos saudáveis, potenciar a protecção da marcha (quando se aplica) assegurando a segurança física dos indivíduos (Bloem, *et al.*, 2001). Este fenómeno parece não estar totalmente salvaguardado nos quadros patológicos como descreveram numa revisão bibliográfica Yogev-Seligmann, Hausdorff e Giladi (2007) dados reforçados neste estudo.

No estudo do desempenho em DT, quando uma das tarefas envolvidas é a marcha, compreende-se que, devido ao seu perfil automatizado com movimentos altamente pré-programados, o seu desempenho careça de menos recursos cerebrais do que tarefas secundárias não rotineiras.

É expectável assistir-se a uma maior distribuição dos recursos cognitivos sobre as tarefas secundárias, como é exemplo neste estudo, o movimento dos braços, das mãos, e os exercícios de controlo mental. Os movimentos das extremidades, sendo considerados não automatizados, necessitam de recursos atencionais mais significativos, orientação visual e *feedback* somatossensitivo que permita controlar e regular a performance do indivíduo (O'Shea, Morris & Iansek, 2002). Não descurando o necessário suporte das funções nervosas superiores no desempenho das tarefas secundárias, o carácter automatizado da locomoção podia ser suficiente para que indivíduos com DA poupassem a marcha em DT, tarefa suportada pelo controlo dos circuitos basais, do tronco cerebral, espinal medula e cerebelo. No entanto, a protecção da marcha em DT, não se verifica nos resultados deste trabalho.

Já tinha sido reportado, na demência de Parkinson, a tendência para esse grupo de doentes atribuir prioridade à tarefa cognitiva quando combinada com a marcha, na ausência de instruções que solicitassem a focalização da atenção sobre qualquer uma das tarefas, provocando um aumento do risco de sofrimento de quedas (Bloem, Grimbergen & Munneke, 2006). Neste estudo, com doentes com DA, confirma-se a mesma tendência, não sendo defendida a hipótese “posture first” que é, por exemplo, assegurada na população normal (Siu, *et al.*, 2008), o que contraria a **hipótese 3** deste estudo.

O padrão de resposta em DT, nos indivíduos com DA, pode revelar-se prejudicial à independência funcional e protecção pessoal dos doentes com essa patologia. As restrições associadas aos recursos atencionais presentes na DA podem reflectir-se em défices na capacidade de detecção e evitamento de riscos associados à sua integridade pessoal, bem como na capacidade de apresentar estratégias compensatórias à manutenção da postura (Faulker, *et al.*, 2007). Por outro lado, estes resultados podem não ser, necessariamente, tradutores de uma dificuldade de detecção do perigo, mas sim contextualizarem-se numa outra perspectiva.

Perante a necessidade de responder adequadamente a uma tarefa nova, totalmente dependente da acção consciente (as tarefas secundárias), os doentes tendem a focalizar os recursos cognitivos sobre essas mesmas tarefas.

As tarefas secundárias além de, à partida, serem pouco recorrentes no quotidiano dos participantes, são solicitadas em ambiente experimental. O ambiente experimental pode sugerir uma forte acção do factor ‘impacto social’, na medida em que apresenta aos indivíduos, a necessidade de desempenho eficaz de tarefas que são especificamente propostas por experimentadores, e que se revestem de um perfil avaliativo. Este perfil tende a aumentar o impacto das tarefas consideradas ‘mais complexas’, e, quase inevitavelmente, a minimizar a valoração da tarefa automatizada e portanto mais simples (a marcha) com a qual se sentem capazes de lidar, efeito anteriormente descrito por Logie, Della Sala, Cocchini, Baddeley, 2004. Gillain e colaboradores (2009), num estudo com DA e indivíduos com défice cognitivo ligeiro, constaram este mesmo padrão de resposta, em que as tarefas cognitivas de contagem são privilegiadas e não a marcha.

Estes dados são divergentes dos defendidos em estudos com populações saudáveis, em que, quase não são detectadas variabilidades sobre o padrão de marcha, e onde a superação das limitações impostas pelo processamento dual, suporta-se no uso de estratégias compensatórias eficazes (Yogev-Seligmann, Hausdorff & Giladi, 2007).

Na análise da presença de possíveis estratégias compensatórias de suporte à complexidade imposta pela combinação de tarefas, pode ser pertinente referir que, como foi constatado com a análise dos resultados, não é estabelecido qualquer tipo de relação entre o aumento de paragens no decorrer da marcha, e a diminuição do número de erros nas tarefas secundárias, dado que poderia ser tradutor de uma boa estratégia de suporte em reacção à complexidade proposta em DT, neste caso ausente na DA. No entanto, outro tipo de estratégias de manutenção da integridade física pode ser referido.

Apesar da marcha não ser a tarefa privilegiada no processamento dual, os doentes apresentam algumas reacções compensatórias à complexificação dos desafios propostos, que se traduzem num aumento da lentidão em prova, nomeadamente, o aumento do número de paragens e diminuição do número de passos.

Um dado preocupante é o aumento quase invariável do número de desequilíbrios em DT. A postura erecta mantém-se pela utilização de três modalidades sensitivas que se definem como visual, proprioceptiva e vestibular. A interacção que se estabelece entre as três é potenciadora da manutenção da segurança postural face à variabilidade de condições ambientais. Neste seguimento a postura pode caracterizar-se pela “manutenção dos ângulos articulares, com a finalidade de manter o corpo estacionário contra a influência de forças perturbadoras” (Mackay, 2009), a qual se revela facilmente alterada nos doentes que integram este estudo.

Esses resultados tornam os indivíduos com DA num grupo de risco altamente vulnerabilizado, tendo já sido demonstrado que a divisão dos recursos atencionais por várias tarefas pode ser um forte indicador do sofrimento de quedas (Verghese, *et al.*, 2002). A manutenção do equilíbrio e do controlo postural é essencial na resposta a todas as tarefas que se apresentam no quotidiano, neste sentido, quando o processamento dual complexifica, a necessidade de distribuir recursos atencionais para o suporte do equilíbrio dinâmico, aumenta (Sheridan, & Hausdorff, 2007).

Os dados anteriormente apresentados, respondem de forma pouco precisa à **hipótese 4** do nosso estudo. Algumas reacções ao fenómeno *dual-task* podem revelar-se

estratégias compensatórias protectoras, no entanto, quando integrados todos os dados, os indivíduos com DA, tornam-se claramente um grupo de risco, sofrendo vulnerabilidades na manutenção da sua mobilidade funcional em DT.

A ausência de relação entre o registo de quedas e os défices em DT, no nosso estudo, pode depender em grande medida, do número reduzido de quedas registadas no grupo de participantes envolvidos nesta investigação.

Lajoie e colaboradores (1993) enfatizam que, o controlo postural de um indivíduo enquanto deambula, não é meramente automático, apresentando cargas oscilantes para o nível de funcionamento cognitivo superior. Torna-se uma situação desafiante que exige a integração e regulação permanentes de *inputs* sensoriais, processamento que se encontra altamente dependente da integridade dos sistemas periféricos e dos desafios externos que possam interferir com o equilíbrio. Para um doente com DA, a resposta aos estímulos provindos do meio, tende a interferir com a vertente automatizada da marcha, por requerer uma integração perceptual e motora que sofre penalizações face à influência das alterações cerebrais estimuladas pela patologia (Lajoie, Teasdale, Bard & Fleury, 1993; Sheridan & Hausdorff, 2007).

Confirma-se então que, os défices cognitivos inerentes ao desenvolvimento da DA acarretam efeitos negativos sobre todos os parâmetros envolvidos na locomoção, controlo postural e tempo de circulação. Verifica-se também, que a marcha se apresenta como uma tarefa menos automatizada quando combinada com o desempenho de tarefas simultâneas, efeito já percebido por O'keeffe e colaboradores (1996) e particularmente notório, ainda segundo os autores, na presença de défices no funcionamento executivo e distribuição do foco atencional.

Relativamente ao número de toques nos obstáculos, no cenário de marcha 2 (SP2), estes não sofreram grandes efeitos dos custos da combinação de tarefas. Constatou-se então que, os doentes não denunciaram riscos alarmantes de choque físico contra obstáculos presentes na via de circulação. Estes dados são positivos, na medida em que demonstram que na DA há uma capacidade de resposta eficaz à presença de objectos, no entanto, é importante considerar um outro aspecto. Alguns autores afirmam que, caminhar na direcção de alvos ou objectos, de pequenas dimensões, é uma tarefa que requer, claramente, mais recursos atencionais, do que em direcção a alvos grandes (Bardy & Laurent, 1991, cf. Lajoie, Teasdale, Bard & Fleury, 1993). No nosso estudo,

os objectos são de dimensões que os tornam facilmente percebidos, além de estarem bem assinalados com uma cor destacável. Este foi então um cenário capaz de induzir deteriorações na performance dos doentes em DT, mas, simultaneamente, capaz de orientar os doentes na eficaz performance motora em resposta à via que se apresentava. É importante constatar que, este tipo de procedimentos, como tornar perceptíveis os obstáculos que possam constar no espaço onde deambulam indivíduos com DA, pode auxiliar a manutenção de uma resposta eficaz ao meio externo e na manutenção da mobilidade funcional dos doentes.

Dada a complexidade envolta do controlo da performance motora associado à marcha, aquando da combinação de tarefas adicionais, reforça-se com o presente estudo, a já solidificada perspectiva de que o acto de andar não se encontra desprovido da acção do processamento cognitivo superior. Exige uma integração e regulação dos *inputs* sensoriais que impõe a combinação de diferentes níveis de organização necessários a um ajustamento optimizado da marcha, com foi já defendido por, por exemplo, Lajoie e colaboradores em 1993. São dados concordantes com a constatação de que, a relação entre a marcha e os recursos atencionais, se torna particularmente evidente quando a tarefa secundária se torna mais complexa (Allall, Muelen & Assal, 2010).

Essa relação marcha - cognição, é reforçada também pela correlação estabelecida entre factores como os resultados no MMSE, os anos de escolaridade, e a resposta a situações mais desafiantes no processamento dual. Maquet e colaboradores (2010) já tinham reportado uma correlação entre desempenho físico e resultados obtidos no MMSE em doentes com défice cognitivo ligeiro, análise que, segundo os autores, permite sugerir que, quanto mais elevado o desempenho global cognitivo, mais rápida a marcha.

Springer e colaboradores (2006) defenderam, em relação ao envelhecimento saudável, que durante a locomoção deve ser evitado responder a outros estímulos ou tarefas concorrente que se possam apresentar na rotina diária. Essa informação merece ser reforçada na presença de quadros demenciais, mantendo subjacente a preocupação de reduzir o risco de quedas e estimular a independência funcional dos doentes.

Este estudo apresenta a limitação de possuir uma amostra reduzida, e consequentemente, pouco rica nas características que a definem. Pode ser útil, em estudos futuros, explorar o efeito de diferentes níveis de escolaridade sobre o

desempenho em DT, com uma amostra mais diversificada, na medida em que esse é um factor que se correlaciona com a performance dos doentes quando os cenários se tornam particularmente desafiantes.

Integrar doentes com registos de quedas recentes e explorar essa relação com o desempenho em paradigmas *dual-task*, uma vez que no nosso estudo, além de haver um registo reduzido de quedas, nenhuma das registadas correspondia ao último mês pré aplicação do protocolo.

Explorar também, se na DA, a atribuição de instruções que impliquem a focalização sobre a tarefa motora permanente, a marcha, contribuem para melhorar a performance da mesma, ou se os défices patológicos não permitem reter, manter e executar essa instrução. Este dado pode ser importante no sentido de auxiliar a orientação quotidiana das tarefas desses doentes quando institucionalizados e/ou entregues à rotina domiciliária.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo permitem confirmar uma reacção ao crescente *load* inerente aos desafios propostos na DA. Essa reacção verifica-se não só quando as tarefas são desempenhadas de forma isolada, como quando combinadas em DT.

Há uma clara acção diferencial das tarefas secundárias combinadas em DT, sobre a performance dos doentes. A combinação de duas tarefas motoras, provoca então, uma maior penalização da performance, do que a combinação da marcha com uma tarefa cognitiva, quando em níveis de complexidade equiparados.

Importa reter que os dados deste estudo indicam que, na DA, a hipótese ‘postur-first’, não é de todo defendida e salvaguardada, sendo a marcha a tarefa que sofre os maiores custos do efeito *dual-task*. Os dados indicam-nos que, de forma não direccionada, a performance física, face à combinação de uma tarefa secundária à marcha, não é poupada.

Pode ser útil identificar devidamente os obstáculos que caracterizam os espaços habituais de circulação dos indivíduos com DA, desbloqueando e amplificando as vias de circulação bípede. Proporcionar uma rotina sequencial e altamente organizada, contrariando as limitações impostas por desafios concorrentes e não rotineiros. Estas estratégias de actuação sobre o meio podem revelar-se particularmente úteis, quando verificamos que, na DA, não existem recursos que permitam assegurar a manutenção de estratégias compensatórias eficazes na resposta a DT, pelo menos em ambiente experimental. Embora se registre uma diminuição clara do número de passos em DT e um aumento do número de paragens, também se constata um aumento do número de desequilíbrios quase sempre presente desde que adicionadas tarefas secundárias à marcha. Os dados definem então os indivíduos com DA, como um grupo de risco.

Apresenta-se, para finalizar, a sugestão de que o estudo da marcha deveria integrar as rotineiras avaliações clínicas ao funcionamento do estado cognitivo. A execução de um padrão de marcha simultâneo ao desempenho de uma outra tarefa secundária, pode ser uma ferramenta útil no diagnóstico precoce de quadros demenciais, se bem explorado e valorizado, como alguns estudos no campo têm procurado reforçar (e.g. Bottiggi & Harrison, 2008).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Afifi, A. K. & Bergman, R. A. (2008). Neuroanatomia funcional: texto e atlas. (2.^a ed.). (L. Cândido, Trad.). São Paulo: Editora Roca. (Livro original publicado em 2005).

Albert, M. S. (1996). Cognitive and neurobiologic markers of early Alzheimer disease. *Proc Natl. Acad Sci*, 93, 13547 – 13551.

Al-Yahaya, E. *et al.* (2009). Gait adaptations to simultaneous cognitive and mechanical constraints. *Exp Brain Res*, 199, 39 – 48.

Assal, F. *et al.* (2008). Galantamine improves gait performance in patients with Alzheimer's disease. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56, 946 – 947.

Allali, G., Muelen, M. & Assal, F. (2010). Gait and cognition: the impact of executive function, *Schweizer Arch Neur Psych*, 161, 195 – 199.

Backman, L. *et al.*, (2000): Age-related cognitive deficits mediated by changes in the striatal dopamine system. *American Journal of Psychiatry*, 157, 635 – 637.

Baddeley, A. D., Logie, R., Bressi, S., Della Sala, S. & Spinnler, H. (1986). Senile dementia and working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 38A, 603 – 618.

Bell-McGinty, S., Podell, K., Franzen, M., Baird, A. D. & Williams, M. J. (2002). Standard measures of executive function in predicting instrumental activities of daily living in older adults. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 17, 828-834.

Bherer, *et al.* (2005). Training effects on dual-task performance: are there age-related differences in plasticity of attentional control. *Psychology and aging*, 20, 695 - 709

Bloem, B.R., *et al.*, (2001). The multiple task test: development and normal strategies.

Bookheimer, S. Y., *et al.* (2000). Patterns of Brain Activation in People at Risk for Alzheimer's Disease. *Engl J Med*, 17, 450 – 456.

Bottiggi, K. & Harrison, A. L. (2008). The association between change in motor function and cognition in older adults: a descriptive review. *Physical Therapy Reviews*, 13, 2, 91 – 101.

Buckner, R. L. (2004). Memory and executive function in aging and AS: multiple factors that cause decline and reserve factors that compensate. *Neuron*, 44, 195 – 208.

Camicioli, R., Bouchard, T. & Licis, L. (2006). Dual-tasks and walking fast: Relation to extra-pyramidal signs in advanced Alzheimer's disease. *Journal of the Neurological Sciences*, 248, 205 – 209.

Cham, R., Studenski, S. A., perera, S. & Bohlen, N. I. (2009). Striatal dopaminergic denervation and gait in healthy adults. *Exp Brain Res*, 185, 391 – 398.

Chen, H. *et al.* (1996). Stepping over obstacles: dividing attention impairs performance of old more than young adults. *Journal of Gerontology*, 51A, M116 – M122.

Colette, F., *et al.* (2005). Involvement of both prefrontal and inferior parietal cortex in dual-task performance. *Brain Res Cogn Brain*, 24, 237 – 251.

Coppin, A. K., *et al.* (2006). Association of executive function and performance of dual-task physical tests among older adults:: analyses from the InChianti study. *Age Ageing*, 35, 619 – 624.

Della Sala, S. *et al.* (2010). Dual Task During Encoding, Maintenance, and Retrieval in Alzheimer's Disease. *Journal of Alzheimer's Disease*, 19, 503–515.

Dietz, V. (1997). Neurophysiology of gait disorders: present and future applications. *Electroencephal Clin Neurophysiol*, 103, 333-355.

Dreher, J. C. & Grafman, J. (2003). Dissociating the roles of the rostral anterior cingulate and the lateral prefrontal cortices in performing two tasks simultaneously or successively. *Cereb Cortex*, 13, 329 – 339.

Dubois, B., *et al.* (2007). Research criteria for the diagnosis of Alzheimer's disease: revising the NINCDS-ADRDA criteria. *Lancet Neurol*, 6, 734 – 746.

Duncan, J., Ward, R. & Shapiro, K. (1994). Direct measurement of attentional dwell time in human vision. *Nature*, 369, 313 – 315.

Faulker, K. A., *et al.* (2007). Multitasking: Association Between Poorer Performance and a History of Recurrent Falls. *Journal The American Geriatrics Society*, 55, 570 - 576.

Feldman, R. S., Meyer, J. S. & Quenzer, L. F. (1997). *Principles of neuropsychopharmacology*. Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc, p. 277–344.

Gillain, S., *et al.*, (2009). The value of instrumental gait analysis in elderly healthy, MCI or Alzheimer's disease subjects and a comparison with other clinical tests used in single and dual-task conditions. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* 52, 453–474.

Gómez-Isla, T., *et al.* (1996). Profound loss of layer II entorhinal cortex neurons occurs in very mild Alzheimer's disease. *J. Neurosci*, *16*, 4491 – 4500.

Gopher, D. (1996). Attention control: explorations of the work of an executive controller. *Brain Res*, *5*, 23 – 28.

Grady, C. L. *et al.* (1994). Age-related changes in cortical blood flow activation during visual processing of faces and location. *J. Neurosci*, *1994*, 1450-1462.

Guerreiro, M., *et al.* (1994). Adaptação à População Portuguesa na tradução do “Mini Mental State Examination” (MMSE). *Revista Portuguesa de Neurologia*, *1*, 9.

Hausdorff, J. M., *et al.* (2005). Walking is more like catching than tapping: gait in elderly as a complex cognitive task. *Experimental Brain Research*, *164*, 541- 548.

Hiil, M. M. & Hiil, A. (2005). Investigação por questionário (2.^aed.). Lisboa: Edições Sílabo.

Holtzer, R., Stern, Y. & Rakitin, B. C. (2005). Predicting age-related dual-task effects with individual differences on neuropsychological tests. *Neuropsychology*, *19*, 18 – 27.

Iansek, R. *et al.*, (1995). Interaction of the basal ganglia and supplementary motor área in the elaboration of movement. In D. Glencross & J. P. Piek (Eds.), *Motor control and sensory – motor integration: issues and directions* (pp. 37 - 59). Amesterdão: Elsevier Science.

Johnston, J. C., McCann, R. S. & Remington, R. W. (1995). Chronometric evidence for two types of attention. *Psychological Science*, *6*, 365 – 369.

Kaschel, R., Logie, R. H., Kazén, M. & Della Salla, S. (2009). Alzheimer's disease, but not aging or depression, affects dual-tasking. *J Neurol*, 256, 1860 – 1868.

Kelly, V. E., Schragger, M. A., Price, R., Ferruci, L. & Shumway-Cook, A. (2008). Age-Associated Effects of a Concurrent Cognitive Task on gait Speed and Stability During Narrow-Base Walking. *Journal of Gerontology*, 63A, 1329 – 1334.

Kelly, V. E., Janke, A. A. & Shumway, A. (2010). Effects of instructed focus and task difficulty on concurrent walking and cognitive task performance in healthy young adults. *Exp Brain Res*. 207, 65 – 73.
Gait Posture, 21, 961 – 972.

Knight, R. T. (1996). Contribution of human hippocampal region to novelty detection. *Nature*, 383, 256 – 259.

Koob, G. F. (1992). Drugs of abuse: anatomy, pharmacology and function of reward pathways. *Trends Pharmacol Sci*, 13, 177–84.

Lajoie, Y., Teasdale, N., Bard, C., Fluery, M. (1993). Attentional demands for static and dynamic equilibrium. *Exp Brain Res*, 97, 139 – 144.

Lezak, M., D., Howieson, D., B. & Loring, D. W. (2004). The Neuropsychological Examination: Procedures. In *Neuropsychological Assessment* (4^{ed}). Oxford University Press.

Logie, R. H., Della Sala, S., Cocchini, G. & Baddeley, A. D. (2004). Is There a Specific Executive Capacity for Dual Task Coordination? Evidence From Alzheimer's Disease. *Neuropsychology*, 18:3, 504 – 513.

Mackay, W. A. (2009). *Neurofisiologia Sem Lágrimas* (4.^a ed.). Fundação Calouste Gulbenkian: Lisboa.

Malouin, F., *et al.* (2003). Brain activations during motor imagery of locomotor-related tasks: a PET study. *Hum Brain Mapp*, 19, 47- 62.

Maquet, D., *et al.*, (2010). Gait analysis in elderly adult patients with mild cognitive impairment and patients with mild Alzheimer's disease: simple versus dual task: a preliminary report. *Clin Physiol Funct Imaging*, 30, 51–56.

Maroco, J. (2010). Análise Estatística – Com utilização do SPSS (3.^aed.). McGraw-Hill: United States of America.

Martin, J. H. (2003). *Neuroanatomy: Text and Atlas* (3.^a ed.). McGraw-Hill: United States of America.

Masliah, E., *et al.* (2001). Altered expression of synaptic proteins occurs early during progression of Alzheimer's disease. *Neurology*, 56, 127 – 129.

McEntee, *et al.* (1987). Neurochemical specificity of learning: dopamine and motor learning. *Yale Journal of Biology and Medicine*, 60, 187 – 193.

Miller, J. & Bonnel, M. A. (1994). Switching or sharing in dual task line length discrimination? *Perception and Psychophysics*, 56, 431 – 446.

Moeller, J. R. *et al.* (1996). The metabolic topography of normal aging. *J. Cereb Blood Flow Metab*, 16, 385 – 398.

Montero-Odasso, M., *et al.*, (2009). Quantitative gait analysis under dual-task in older people with mild cognitive impairment: a reliability study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 6, doi:10.1186/1743-0003-6-35.

Montero-Odasso, M., *et al.* (2009). Quantitative analysis under dual-task in older people with mild cognitive impairment: a reliability study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 6, doi:10.1186/1743-0003-6-35.

Morton, S. M. & bastian, A. J. (2004). Cerebellar Contributions to Locomotor Adaptations during Splitbelt Treadmill Walking. *The Journal of Neuroscience*, 16 (36), 9107 – 9116.

Nunes, B. (2005). A Demência em Números. In A. Castro-Caldas & A. Mendonça (Cord.), *A Doença de Alzheimer e Outras Demências em Portugal* (pp. 11 - 26). Lisboa – Porto: LIDEL

O'keeffe, S. T. (1996). Gait disturbance in Alzheimer's disease: a clinical study. *Age and Ageing*, 25, 313 – 316.

O'Shea, S., Morris, M. & Ianssek, R. (2002). Dual task interference during gait in people with parkinson's disease: effects of motor versus cognitive secondary tasks. *Physical Therapy*, 82, 888-897.

Pashler, H. (1991). Shifting visual attention and selection motor responses: Distinct attentional mechanisms. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17, 1023 – 1040.

Pashler, H. (1994). Dual-task interference in simple tasks: data and theory. *Psychological Bulletin*, 116, 220 – 244.

Pashler, H. & Johnston, J. C. (1998). Attentional Limitations in Dual-task Performance. In Pashler, H. (Ed.), *Attention* (pp. 155 - 189). UK: Psychology Press.

Passingham, R. E. (1996). Attention to action. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 351, 1573-1479.

Patterson, M. B., Mack, J. L., Geldmacher, D. S. & Whitehouse, P. J. (1996). Executive functions and Alzheimer's disease: problems and prospects. *Eur J Neurol*, 13, 5 – 15.

Perry, R. J. & Hodges, J. R. (1999). Attention and executive deficits in Alzheimer's disease. A critical review. *Brain*, 122, 383 – 404.

Perry, R. J. Watson, P. & Hodges, J. R. (2000). The nature and staging of attention dysfunction in early (minimal and mild) Alzheimer's disease: relationship to episodic semantic memory impairment. *Neuropsychologia*, 38, 252- 271.

Pestana, M. H. & Gageiro, J.N. (2005). Análise de Dados para Ciências Sociais – A complementaridade do SPSS (4.^a Ed.). Lisboa: Edições Sílabo.

Rochester, L. *et al.* (2004). Attending to the task: interference effects of functional tasks on walking in Parkinson's disease and the roles of cognition, depression, fatigue and balance. *Arch Phys Med Rehabil*, 85, 1578 – 1585.

Saiardi, A., Bozzi, Y., Baik, J. H. & Borrelli, E. (1997). Antiproliferative role of dopamine: loss of D2 receptors causes hormonal dysfunction and pituitary hyperplasia. *Neuron*, 19, 115–26.

Schrodt, L. A. *et al.* (2003). Characteristics of stepping over an obstacle in community dwelling older adults under dual-task conditions. *Gait and Posture*, 19, 279 – 287.

Sheridan, P. L. & Hausdorff, J. M. (2007). The Role of Higher-Level Cognitive Function in Gait: Executive Dysfunction Contributes to Fall Risk in Alzheimer's Disease. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 24, 125 – 137.

Shumway-Cook, A., Woollacott, M., Kerns, K. A. & Baldwin, M. (1997). The effects of two types of cognitive task on postural stability in older adults with and without a history of falls. *J. Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 52, M232 – M 240.

Shumway-Cook, A. & Woollacott, M. (2000). Attentional Demands and Postural Control: The Effect of sensory Context. *Journal of Gerontology*, 55A, M10 – M16.

Siu, K. *et al.* (2008). Effects of a secondary task on obstacle avoidance in healthy young adults. *Exp Brain Res*, 184, 115 – 120.

Snidjers, A. H., Verstappen, C. C., Munneke, M. & Bloem, B. R. (2007). Assessing the interplay between cognition and gait in the clinical setting. *Journal of Neural Transmission*, 114, 1315 - 1321.

Springer, S. *et al.* (2006). Dual-tasking, effects on gait variability: the role of aging, falls, and executive function. *Movement Disorders*, 21, 950 – 957.

Srygley, J. M., *et al.* (2009). When does walking alter thinking? Age and task associated findings. *Brain Research*, 1523, 92 – 99.

Tombu, M. & Jolicoeur, P. (2003). A Central Capacity Sharing Model of Dual-Task Performance. *Journal of Experimental Psychology Human Perception and Performance*, 29, 3–18.

Van Iersel, M. B., *et al.* (2008). Executive function are associated with gait and balance community-living elderly people. *Journal of Gerontology*, 12, 1344 – 1349).

Vaz Freixo, M. J. (2011). Metodologia Científica. Fundamentos Métodos e Técnicas (3.ªed.) Lisboa: Instituto Piaget.

Verghese, J., *et al.* (2002). Validity of divided attention tasks in predicting falls in older individuals: a preliminary study. *The American Geriatric Society*, 50, 1572 – 1576.

Verghese, J., *et al.* (2007). Quantitative gait dysfunction and risk of cognitive decline and dementia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 78, 929 – 935.

Vallone, D., Picetti, R. & Borrelli, E. (2000). Structure and function of dopamine receptors. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 24, 125–132.

Van Iersel, M. B., *et al.* (2008). Executive function are associated with gait and balance community-living elderly people. *Journal of Gerontology*, 12, 1344 – 1349.

Volkow, N. D., *et al.* (1998). Association Between Decline in Brain Dopamine Activity with Age and Cognitive and Motor Impairment in Healthy Individuals. *Am J Psychiatry*, 155, 344 – 349.

Volkow, N. D., *et al.* (2000). Association between age-related decline in brain dopamine activity and impairment in frontal and cingulated metabolism. *American Journal of Psychiatry*, 157, 75 – 80.

Waxman, S. G. (2000). *Correlative Neuroanatomy*. McGraw-Hill: United States of America

Williams, L. M. (2006). Na integrative neuroscience modelo f “significance” processing. *Journal Integr Neurosci*, 5, 1 – 47.

Woollacott, M., Shumway-Cook, A. (2002). Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait and Posture*, 16, 1 – 14.

Wu, T., Chan, P. & Hallet, M. (2011). Modifications of the interactions in the motor networks when a movement becomes automatic. *J Physiol*, 17, 4295 – 4304.

Yogev-Seligmann, G., Hausdorff, J. M. & Giladi, N. (2007). The role of executive function and attention in gait. *Movement Disorders*, 23, 329 – 342.

Yogev-Seligmann, G., *et al.* (2010). How does explicit prioritization alter walking during dual-task performance? Effects of age and sex on gait speed and variability. *Physical Therapy, 90*, 177 – 186.

Zarahn, E., *et al.* (2005). Positive evidence against human hippocampal involvement in working memory maintenance of familiar stimuli. *Cereb Cortex, 15*, 303 – 316.