Universidade de São Paulo Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto-SP Departamento de Psicologia

Jeanny Joana Rodrigues Alves de Santana

A função executiva de atualização de informações na memória de trabalho para a ordem serial de eventos visuais e espaciais

JEANNY JOANA RODRIGUES ALVES DE SANTANA

A função executiva de atualização de informações

na memória de trabalho para a ordem serial de eventos visuais e espaciais

Tese apresentada ao Departamento Psicologia da Faculdade de Filosofia, Ciências

e Letras de Ribeirão Preto, SP - USP, como

parte dos requisitos para obtenção do título de

Doutor.

Área de concentração: Psicobiologia

Orientador: Prof. Dr. César Galera

Ribeirão Preto, SP

2013

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Santana, Jeanny Joana Rodrigues Alves de

A função executiva de atualização de informações na memória de trabalho para a ordem serial de eventos visuais e espaciais. Ribeirão Preto, 2013.

p.153: il.; 30cm

Tese de Doutorado, apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Psicobiologia.

Orientador: Galera, César Alexis.

1. Memória de trabalho. 2. Ordem serial. 3. Funções executivas. 4. Atualização da informação. 5. Memória visual. 6. Memória espacial.

Nome: Santana, Jeanny Joana Rodrigues Alves de

Título: A função executiva de atualização de informações na memória de trabalho para a ordem serial de eventos visuais e espaciais

Tese apresentada ao Departamento de Psicologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, SP - USP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor.

A	pr	O١	/a	da	em	:
---	----	----	----	----	----	---

Banca Examinadora

Prof Dr		
PIOI. DI		
Instituição:	Assinatura:	
Prof. Dr.		
	Assinatura:	
Prof. Dr.		
	Assinatura:	
Prof. Dr.		
	Assinatura:	
Prof. Dr		
Instituição:		

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. César Galera,

Aos Professores membros da banca julgadora,

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior,

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP,

À Universidade de São Paulo, ao Programa de Pós-graduação em Psicobiologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto-SP,

Aos participantes dos experimentos,

À minha mãe Eva, à minha irmã Evânia, e ao meu companheiro Fernando,

Aos meus colegas Juliana, Paola, Mariana, Hugo, Ricardo, Rafael e Laís.

não fosse isso e era menos não fosse tanto e era quase

Paulo Leminski

RESUMO

No modelo dos multicomponentes da memória de trabalho o problema do armazenamento da ordem serial de eventos visuais e espaciais ainda é muito discutido. A literatura sugere que recursos do executivo central (o sistema de controle atencional da memória de trabalho) são utilizados para manter a representação da posição serial dos estímulos visuais e espaciais na memória. Mais precisamente, é proposto que a função executiva de atualização de informações esteja envolvida com este processo. Esta função promoveria a modificação contínua da representação mental conforme a entrada de novas informações no sistema cognitivo. Entretanto, não está esclarecido se ocorre uma dissociação visual e espacial no uso de recursos da função executiva de atualização de informações para o registro da ordem serial. O objetivo do presente estudo foi verificar o envolvimento da função executiva de atualização da informação na memória para a ordem de eventos visuais e espaciais. Os participantes foram estudantes universitários (n = 71) que realizaram as tarefas de memória delineadas segundo o paradigma de tarefas duplas. Neste procedimento as tarefas primárias de memória visual e espacial foram combinadas a tarefas secundárias executivas de tempo de reação de escolha (CRT) e tarefas que exigiam recursos de atualização da informação (tarefa de tempo de reação de escolha para um item anterior – CRT-1). Na tarefa CRT o participante deveria julgar dois tons auditivos como sendo de alta ou baixa frequência. Na tarefa CRT-1 esta resposta deveria ser atrasada em um item, ou seja, a resposta ao estímulo n só deveria ser dada quando o estímulo n + 1 fosse apresentado. As tarefas secundárias eram realizadas durante a apresentação dos estímulos e no intervalo de retenção das tarefas primárias. No primeiro experimento a capacidade máxima de armazenamento espacial e visual (span) de cada participante foi estabelecida em sessão préteste, e no segundo experimento o participante memorizou sequências de três a sete itens. Os resultados mostraram que, de modo geral, o desempenho dos participantes nas tarefas primárias foi prejudicado mediante a interferência na função de atualização de informações. As semelhanças entre a memória serial visual e a memória serial espacial foram: curvas de posição serial caracterizadas por primazia e recência; predominância de erros de transposição de deslocamento em um item da posição correta; efeito prejudicial do aumento do tamanho da sequência; queda do desempenho quando recursos executivos são reduzidos, principalmente os designados a sustentar a função executiva de atualização da informação. As diferenças entre os dois tipos de representação serial em geral foram: menor capacidade e precisão na representação de itens na memória visual em comparação à espacial; a memória visual é mais susceptível ao aumento da quantidade de itens para retenção e para este tipo de armazenamento não há uma diferenciação clara entre os efeitos dos dois tipos de interferência executiva (CRT e CRT-1), como pôde ser determinado para a tarefa espacial. Conclui-se que recursos executivos de atualização da informação participam dos mecanismos envolvidos com o registro da ordem serial dos eventos visuais e espaciais de maneira integrada aos recursos específicos do armazenador visuoespacial. Sugere-se que a memória visual conta com um mecanismo de registro da ordem serial semelhante à memória espacial, sendo que as diferenças entre os dois padrões de desempenho são atribuídas às especificidades no registro da identidade dos itens, e não na manutenção da ordem serial dos mesmos. Implicações para a compreensão da interação funcional entre recursos de armazenamento e processamento da informação na memória de trabalho são discutidos.

Palavras-chave: memória de trabalho; ordem serial; funções executivas; atualização da informação; memória visual; memória espacial

ABSTRACT

In the multicomponent model of working memory is still unclear how the serial order of visual and spatial events is retained in memory. The literature suggests that the central executive resources (the attentional control system of working memory) are used to maintain the representation of serial position. More precisely, it is proposed that the executive function of updating information is involved with this process. This function makes continuous modification of mental representation to accommodate new information in the cognitive system. However, until now had not yet been determined whether there is a visual-spatial dissociation in use of executive function of updating information for the registration of serial order. The aim of this study was to investigate the involvement of the executive function of updating information in memory for the order of visual and spatial events. Participants were undergraduate students (n = 71) who performed memory tasks designed under the paradigm of dual-tasks. In this procedure the primary tasks of visual and spatial memory were combined with secondary executive tasks of choice reaction time (CRT) and tasks that occupied resources required to update the information (oneback choice reaction time - CRT-1). In the CRT task the participant should judge two auditory tones as high or low frequency. In CRT-1 task this response should be delayed in one item, that is, the response to the n stimulus should only be given when the n + 1 stimulus was presented. The secondary tasks were performed during the presentation of the stimuli and the retention interval of the primary tasks. In the first experiment the capacity (span) to retain spatial and visual information was established in pre-test session, and in the second experiment the participants memorized sequences of three to seven items. The results showed that, overall, participants' performance on primary tasks was impaired by interference on the updating information. The similarities between visual and spatial serial memory were: primacy and recency in serial position curves; most frequent serial position error of transposition in one item; detrimental effect of increasing the size of the sequence, performance impaired by the interference in the executive resources, especially those designed to support the executive function of updating information. The differences between the two types of serial representation, in general, were: smaller capacity and precision in the representation of visual items as compared to the spatial characteristics; the vulnerability of visual memory to the increasing the amount of items is bigger than in spatial memory, and for visual memory there is not a clear differentiation between the effects of two types of executive interference (CRT and CRT-1) as could be determined for the spatial task. We conclude that executive resources of updating information are part of the mechanisms involved in the registration of the serial order of visual and spatial events, and they work in an integrated manner to specific visuospatial resources. The data suggests that visual memory has a mechanism for registration of serial order like spatial memory, and the differences between the two patterns of performance are attributed to the maintenance of identity of the items, and not the maintenance of serial order. Implications for understanding the functional interaction between storage resources and processing of information in working memory are discussed.

Keywords: working memory; serial order; executive functions; updating information; visual memory; spatial memory

LISTA DE FIGURAS

Figura	1. Modelo dos multicomponentes da memória de trabalho (Baddeley, 2012) e questões de pesquisa sobre o armazenamento da ordem serial visuoespacial
Figura	2. Conceito de função executiva de atualização de informações e exemplos de tarefas30
Figura	3. Exemplos de paradigmas experimentais utilizados para pesquisar a memória para a ordem serial visual e espacial34
Figura	4. Modelo da fila competitiva sobre a memória para a ordem serial de uma sequência de estímulos verbais
Figura	5. Representação do grau de ativação em um modelo de primazia da memória para a ordem serial
Figura	6. Sequência de eventos das tarefas comportamentais nos experimentos 1 e 272
Figura	7. Estímulos da tarefa de memória visual77
Figura	8. Localização dos estímulos da tarefa visual na tela do computador77
Figura	9. Representação das posições dos estímulos da tarefa espacial na tela do computador
Figura	10. Porcentagem média de respostas corretas nas tarefas primárias de memória segundo as tarefas secundárias no experimento 1
Figura	11. Porcentagem média de respostas corretas nas tarefas primárias de memória segundo os tipos de tarefas secundárias no experimento 188
Figura	12. Porcentagem média de respostas corretas nas tarefas primárias de memória em função da posição serial do estímulo memorizado e das tarefas secundárias no experimento 1
Figura	13. Porcentagem média de respostas erradas de recordação da posição serial nas tarefas primárias de memória em função das tarefas secundárias no experimento 1
Figura	14. Porcentagem média de respostas corretas e tempo de reação médio (ms) nas tarefas CRT e CRT-1 em função do tipo de tarefa primária de memória no experimento 1
Figura	15. Porcentagem média de respostas corretas nas tarefas primárias de memória em função da quantidade de itens para memorização (3-7) e segundo as tarefas secundárias no experimento 2

Figura	16. Diferença de desempenho nas tarefas de memória (visual, espacial) entre as tarefas realizadas sob interferência (CRT e CRT-1) e as tarefas controle, em função do tamanho da sequência apresentada para memorização107
Figura	17. Porcentagem média de respostas corretas nas tarefas primárias de memória em função da posição serial do estímulo memorizado, do tamanho da sequência (n) e das tarefas secundárias no experimento 2
Figura	18. Porcentagem média de respostas erradas de recordação da posição serial nas tarefas primárias de memória em função do tamanho da sequência (n) e das tarefas secundárias no experimento 2
Figura	19. Porcentagem média de respostas corretas e tempo de reação médio (ms) nas tarefas CRT e CRT-1 em função do tipo de tarefa primária de memória no experimento 2

LISTA DE TABELAS

Tabela	1. Resumo do delineamento experimental e das principais conclusões de alguns estudos sobre a ordem serial visual e espacial60
Tabela	2 - Quantidade de provas válidas (e provas-treino) no experimento 1, distribuídas segundo os seis blocos do delineamento80
Tabela	3 - Parâmetros do cálculo da capacidade individual de armazenamento dos estímulos visuais e espaciais na fase inicial do experimento 182
Tabela	4 - Frequência absoluta de participantes que apresentaram desempenho nas posições seriais das tarefas primárias de memória do experimento 189
Tabela	5 - Quantidade de provas válidas (e provas-treino) no experimento 2, distribuídas segundo os blocos do delineamento experimental102
Tabela	6 - Capacidade média de armazenamento (e erro padrão da média) identificada em cada uma das condições das tarefas de memória do experimento 2
Tabela	7 - Parâmetros das análises de variância para as taxas de acertos em cada tamanho de sequência nas tarefas de memória em função da tarefa primária, da tarefa secundária e da posição serial no experimento 2110
Tabela	8 - Parâmetros das análises de variância para as taxas de acertos em cada posição serial nas tarefas de memória em função da tarefa primária, da tarefa secundária e do tamanho da sequência no experimento 2

SUMÁRIO

1. Introdução	14
1.1 Memória para ordem serial e o modelo dos multicomponente de trabalho	
1.2 Memória para ordem serial e a função executiva de atualização	o21
1.3 Tarefas comportamentais e medidas de avaliação da memóri serial	
1.4 Memória visual	35
1.4.1 Influência do paradigma experimental no padrão em tarefas de memória serial visual	
1.4.2 A separação item-ordem para a memória visual um sistema de ordem serial de livre-domínio	
1.5 Memória espacial	44
1.5.1 Fatores atencionais na manutenção da ordem se	rial espacial45
1.5.2 O armazenamento espacial em termos da d (configuração espacial) e ativa (ordem serial)	•
1.5.3 A organização perceptual e a representação espacial	
1.5.4 Mecanismos de recitação da ordem serial espa perceptual e movimentos oculares	•
1.6 Modelos teóricos sobre a memória para ordem serial	63
1.7 Questões de pesquisa do estudo	67
2. Objetivos	68
2.1 Objetivo Geral	69
2.2 Objetivos Específicos	69
3. Delineamento experimental	70
4. Experimento 1	74
4.1 Método	76
4.1.1 Participantes	76
4.1.2 Materiais	76
4.1.3 Procedimento	80
4.2 Resultados e Discussão	84
4.2.1 Tarefas primárias	84
4.2.2 Tarefas secundárias	96

5. Experimento 2	99
5.1 Método	100
5.1.1 Participantes	100
5.1.2 Materiais	100
5.1.3 Procedimento	101
5.2 Resultados e Discussão	103
5.2.1 Tarefas primárias	103
5.2.2 Tarefas secundárias	119
6. Discussão Geral	122
6.1 Visão geral do estudo	123
6.2 Comparação entre a representação da ordem serial visual e a orde espacial	
6.3 Modelos teóricos sobre a memória para a ordem serial de eventos espaciais	
6.4 A atualização de informações e a memória para ordem serial	134
6.5 Implicações do estudo	136
Referências	138
ANEXOS	147
Anexo A - Protocolo de aprovação do estudo no Comitê de Ética	148
Anexo B - Termo de consentimento	149
Anexo C - Instruções dos experimentos	150
Anexo D - Esquemas ilustrativos das tarefas apresentados aos partidurante as instruções	
Anexo E - Pôster-resumo dos principais aspectos do estudo	152



1.1 Memória para ordem serial e o modelo dos multicomponentes da memória de trabalho

No nosso cotidiano lidamos frequentemente com situações em que os estímulos são ligados ao momento em que ocorreram. Metáforas espaciais que se referem ao tempo são usadas por nós para representar os acontecimentos, como, por exemplo, "Minhas férias estão chegando...", ou "Como o tempo passa!". Estudos mostram que nestas metáforas uma dimensão espacial (distância/proximidade) é automaticamente referenciada à dimensão temporal, e que este processo psicológico tem sua importância na organização do comportamento (Gentner, Imai, & Boroditsky, 2002). Esta relação espaço-tempo é vastamente pesquisada na memória de longo prazo, no campo da memória episódica (Tulving, 2001). Entretanto, em curto prazo, ainda não está claro como ocorre esta representação.

O processo cognitivo de manter uma sequência de itens visuoespaciais novos (não familiares), e em seguida recordá-los na ordem serial correta em que foram apresentados está presente na expressão de muitos comportamentos complexos. A literatura mostra evidências de que a memória para a ordem serial é necessária para o aprendizado motor, proporcionado pela imitação de sequências de ações dos outros (Agam, Galperin, Gold & Sekuler, 2007). A navegação espacial, principalmente se nos referirmos à exploração de novos ambientes, também é uma habilidade complexa que depende da atualização constante da ordem serial de objetos integrados às localizações espaciais na memória de trabalho (Baumann, Skilleter & Mattingley, 2011). A recordação de ações planejadas e, mais precisamente a execução de um comportamento baseado em uma ação que acabou de ser realizada (memória prospectiva) também depende da capacidade de reter uma dimensão temporal, na forma de ordem serial dos eventos na memória de trabalho (Logie, Maylor, Della Sala & Smith, 2004).

Um dos estudos pioneiros em psicologia experimental sobre a memória para ordem serial foi apresentado por Ebbinghaus (1885/1913). Através de observações do cotidiano Ebbinghaus elaborou perguntas de pesquisa, como por exemplo, "De que maneira o esquecimento das informações em sequência depende da passagem temporal e do quanto nos dedicamos à repetição dos estímulos?", e também, "Existem diferentes níveis de esquecimento, conforme a experiência pessoal de elaboração do conteúdo?". O pesquisador descreveu o processo de esquecimento

das informações e demonstrou a limitação da memória em termos da passagem temporal. Ebbinghaus situou o problema do esquecimento em termos da disponibilidade e do acesso às informações na memória e destacou a importância de um processo de aprendizagem (repetição, ou recitação) para evitar a perda das informações. Estes dados serviram de argumentos para a abordagem da memória para ordem serial em termos da formação de associações entre os itens, sendo que a estratégia de repetição serviria para fortalecer estas associações. Nesta abordagem um item serviria de dica para a recordação de outro item.

Este mecanismo na forma de cadeia, ou corrente associativa (associative chaining) foi posteriormente estudado por Lashley (1951). Ele argumentou que o problema do sequenciamento das ações não pode ser explicado exclusivamente em termos da sucessão de estímulos externos, que funcionam como "gatilhos" para a recordação de outros estímulos. Lashley explicou que a memória para a ordem serial depende de um processo de controle do objetivo da ação. A partir deste objetivo o comportamento seria organizado hierarquicamente, em grupos ordenados de ação. A abordagem de Lashley mantém a noção de "associação entre itens", que é ampliada para uma perspectiva de um "programa de controle" da representação de sequências. Estas noções teóricas serviram para investigações posteriores, principalmente no que diz respeito à aprendizagem de sequências de movimentos (Rosenbaum, Cohen, Jax, Weiss, & van der Wel, 2007). Apesar de muitas evidências posteriores aos estudos de Ebbinghaus e Lashley terem superado algumas hipóteses sobre o mecanismo de manutenção da ordem serial, os argumentos sobre a associação entre itens e do item com a posição serial foram aprimorados em modelos teóricos atuais (Hurlstone, 2010).

Os estudos contemporâneos sobre a memória de trabalho salientam que as pesquisas sobre como a ordem dos eventos é mantida na memória são de fundamental importância para, por exemplo, o conhecimento dos limites da memória. Segundo Baddeley (2012) o fato de a capacidade da memória ser restrita a poucos itens pode ser decorrente não especificamente da dificuldade em reter a identidade destes eventos, mas da limitação em manter a ordem serial destes estímulos. A representação da ordem serial tem sido pesquisada principalmente segundo o modelo dos multicomponentes da memória de trabalho (Baddeley, 2007), no qual há uma subdivisão da memória em subsistemas de armazenamento verbal (laço fonológico), visuoespacial (esboço visuoespacial), da informação integrada (buffer

episódico) e um sistema atencional (executivo central). Os estudos que investigam a memória para a ordem serial consideram esta arquitetura da memória de trabalho, entretanto, há um descompasso sobre o que se sabe acerca da memória serial verbal em comparação à memória serial visuoespacial. Há um volume maior de estudos e teorias sobre como as sequências verbais são mantidas na memória (Hurlstone, 2010) (*Figura 1*).

Assim, tomando como ponto de partida o modelo dos multicomponentes da memória de trabalho, de que maneira a característica visual (ou espacial) é agrupada à dimensão temporal para posterior recordação dos eventos na ordem correta em que foram observados? A representação da ordem serial seria mantida apenas com recursos específicos do armazenador visuoespacial ou contaria com o auxílio de recursos do executivo central? A hipótese de que a ordem serial é mantida apenas com recursos específicos do subsistema de armazenamento não parece plausível, já que o registro de sequências é uma tarefa complexa, de integração de episódios de informação, que somente os recursos de armazenamento não seriam suficientes (Baddeley, 2012). A hipótese de que recursos executivos são empregados na memória para ordem serial não explica de que maneira ocorreria a combinação de recursos específicos e gerais e onde o produto desta combinação seria mantido. Neste caso seria necessário recorrer a uma outra suposição, na qual a representação da sequência poderia ser mantida na forma de conjuntos de informação (chunks) e ficar disponível à consciência no buffer episódico (Rossi-Arnaud, Pieroni, & Baddeley, 2006). De outra forma, a codificação da ordem serial poderia ocorrer por meio do foco da atenção à memória de longo prazo episódica (Cowan, 2005; Vandierendonck & Szmalec, 2011). Sendo assim, outra pergunta de pesquisa pode ser feita. Haveria diferenças na demanda por recursos gerais em função da modalidade de estímulo que está sendo mantido – visual ou espacial?

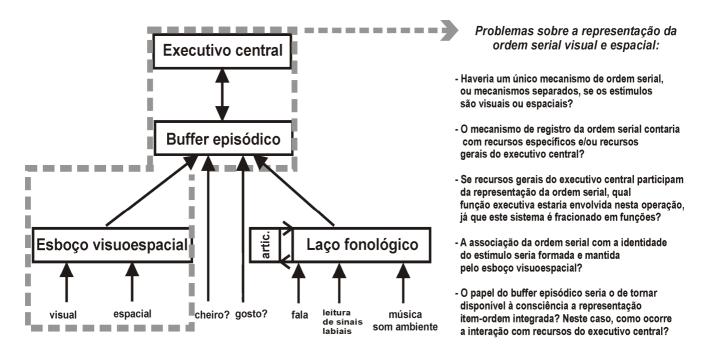


Figura 1. Modelo dos multicomponentes da memória de trabalho (Baddeley, 2012) e questões de pesquisa sobre o armazenamento da ordem serial visuoespacial (figura adaptada de Baddeley, 2012).

O debate científico sobre a memória serial na abordagem do modelo dos multicomponentes envolve comparações entre a representação da ordem serial verbal e visuoespacial (Ward, Avons, & Melling, 2005; Gmeindl, Walsh, & Courtney, 2011) e, também, um paralelo entre o registro visual e espacial (Logie & Pearson, 1997; Santana & Galera, s. d, Klauer & Zhao, 2004). Uma vez que a representação da identidade de estímulos visuais e espaciais é dissociada na memória, o mesmo processo é válido para a armazenagem da informação sobre a ordem dos eventos visuais e espaciais em uma sequência? O modelo do esboço visuoespacial entendido como um subsistema específico para o armazenamento da identidade dos estímulos tem a desvantagem de não explicar como as sequências visuoespaciais são armazenadas. Há necessidade de explicações adicionais, que talvez incluíssem a participação de outros subsistemas para tornar claro como são representadas as sequências de informações.

O registro da ordem serial foi elemento mencionado, mas não explorado, nos estudos que tiveram como objetivo demonstrar a dissociação visual-espacial na memória (Logie, 1995; 2003). Logie e Pearson (1997), por exemplo, usaram tarefas visuais e espaciais nas versões de reconhecimento e recordação (na recordação a demanda pela ordem serial é subjacente à tarefa), comparando-as em grupos de

crianças de diferentes idades. Os dados mostraram a dissociação visual-espacial, indicando que o desenvolvimento para estes sistemas ocorre em diferentes taxas. Os resultados indicam que a memória para padrões visuais se desenvolve muito mais rapidamente que a memória para as localizações espaciais. As análises mostraram ainda alta correlação entre as tarefas de reconhecimento e recordação na tarefa visual, embora este resultado não tenha sido muito claro para a tarefa espacial. Isto quer dizer que, para o conteúdo visual, as duas tarefas comportamentais (de reconhecimento e recordação) apresentaram mesma validade, o que não ocorreu com o conteúdo espacial. É provável que esta discrepância entre as demandas das tarefas de reconhecimento e recordação para as duas dimensões seja explicada por diferenças no registro da ordem serial, mas esta questão não foi diretamente testada no estudo. Os dados de Della Sala, Gray, Baddeley, Allamano e Wilson (1999) também demonstraram uma dissociação visual-espacial, mas os autores não descartaram a possibilidade de o registro da ordem serial ser uma explicação alternativa para os resultados.

O objetivo de investigar a dissociação visual-espacial também estava presente no estudo de Darling, Della Sala e Logie (2009). Eles analisaram o desempenho de tarefas de memória visual e espacial realizadas mediante interferências específicas visuais e espaciais. Neste estudo havia dois modos de apresentação dos estímulos: simultâneo e sequencial. Os dados mostraram o fracionamento visual-espacial, mas este fator não interagiu com o modo de apresentação das informações. Este dado sugere que a dissociação visual e espacial ocorre seja quando a informação é codificada simultaneamente ou como uma sequência de itens. Os autores presumiram que esta ausência de interação é explicada pelo fato de os participantes não serem instruídos diretamente a armazenar a ordem serial.

A demanda explícita pela representação da ordem de eventos foi estudada por Depoorter e Vandierendonck (2009). Duas tarefas de reconhecimento foram delineadas. Em um delas um conjunto de itens visuoespaciais (quadrados ou linhas na tela) eram apresentados sequencialmente, seguidos por um intervalo de retenção e uma sequência-teste. Em outro tipo de tarefa os itens para memorização eram simultaneamente observados, e, após o intervalo de retenção todos os itens eram apresentados simultaneamente, em uma tela de teste. Nas duas tarefas o participante deveria dizer se a fase teste era igual à fase memorizada quanto à

ordem dos itens (sequência-teste) ou quanto à identidade dos estímulos (tela-teste). A inserção de uma tarefa interferente no intervalo de retenção que continha um componente de ordem (seja visuoespacial ou verbal) prejudicou o desempenho para a ordem serial, independentemente do tipo de estímulo memorizado (quadrados ou linhas). Quando as demandas das tarefas principais e secundárias não envolviam o processamento da ordem, o prejuízo da realização concomitante destas tarefas foi menor. Segundo os autores estes dados indicam que a demanda pela ordem requer recursos do executivo central, independentemente da modalidade do estímulo a ser memorizado.

Santana e Galera (s. d.) tiveram como objetivo avaliar a conjunção incidental da ordem serial aos eventos visuais e espaciais. Os autores avaliaram a memória visual e espacial em tarefas de reconhecimento de sequências, de modo semelhante à Depoorter e Vandierendonck (2009). Nas tarefas comportamentais a dimensão relevante era visual (forma de letras) ou espacial (localização espacial de pontos na tela) e a dimensão irrelevante para a tarefa era a ordem serial dos itens apresentados. Os resultados mostraram que ocorreu um prejuízo na recuperação das dimensões relevantes quando apenas a ordem dos eventos era modificada na sequência teste. Sugere-se que, mesmo sendo irrelevante para o desempenho da tarefa, a ordem dos eventos foi codificada de maneira integrada aos itens memorizados, divergindo da conclusão de que para codificar a ordem é preciso esforço atencional. Entretanto, em estudo anterior, Santana e Galera (2012) mostraram que a memória para a ordem serial da informação visual integrada à localização espacial depende de recursos do executivo central. Além da demanda pela integração de informações, o procedimento de recuperação em comparação ao de reconhecimento podem ser elementos que justifiquem a diferença nos resultados.

Klauer e Zhao (2004) mencionaram a possibilidade de o componente visual e o espacial diferirem quanto às exigências por recursos executivos em tarefas de alta demanda, como no registro de sequências de informações. Embora os autores não tenham testado diretamente esta hipótese, ela foi enunciada porque em tarefas de baixa demanda (reconhecimento de item) a interferência nos recursos da atenção afetou a memória visual e espacial. Entretanto, este efeito não interferiu na dupla dissociação, ou seja, a interferência atencional afetou menos a memória visual e espacial do que as interferências específicas visuais e espaciais. Para os autores este resultado pode ser diferente se a demanda pela ordem fizer parte da tarefa, ou

seja, a interferência executiva ocasionará maior prejuízo nas tarefas visuais e espaciais do que as interferências específicas.

1.2 Memória para ordem serial e a função executiva de atualização

Dos estudos que foram dedicados à investigação da memória para ordem serial das dimensões visuais e espaciais alguns resultados sugerem a participação de recursos executivos na manutenção da sequência visuoespacial (Rudkin, Pearson & Logie, 2007; Szmalec, Vandierendonck & Kemps, 2005; Santana & Galera, 2012). Entretanto, existe certa dificuldade na avaliação destes recursos, situada na caracterização, em termos teóricos e metodológicos, do executivo central (Klauer & Zhao, 2004; Szmalec, 2005).

O executivo central foi um conceito que surgiu do modelo de atenção controlada de Norman e Shallice (1986). Nele os autores distinguem processos automáticos dos controlados, sendo o primeiro aquele em que a atenção é automaticamente guiada para os eventos, e o segundo o comportamento é guiado por intenções ou objetivos. O executivo central seria, portanto, o sistema de atenção controlada encarregado de distribuir recursos pelos subsistemas para manter e manipular as informações, mas que não teria a propriedade de armazenar informações, ou seja, sua natureza seria amodal (Baddeley, 2002).

Existem evidências de que o executivo central não é um sistema unitário, mas que pode ser fracionado em funções diferentes. Estas funções refletiriam um mesmo mecanismo de funcionamento direcionado à representação do objetivo da ação e ao controle da atenção em função das informações do contexto (Miyake et al., 2000). A análise fatorial do estudo de Miyake e colaboradores (2000) indicou que as funções executivas estudadas por eles são correlacionadas, porém claramente distintas entre si, o que caracteriza a unidade e a diversidade das funções executivas. Shallice e Burgess (1996) se apoiaram em estudos neurofuncionais para argumentar que existe um processo geral comum, no qual diferentes funções são organizadas de maneira relacionada. Szmalec (2005) sintetizou estes argumentos afirmando que o comportamento controlado é resultado tanto da capacidade de manter o objetivo da ação ativo na memória e de detectar diferenças entre este objetivo e o resultado das ações. Então, para este autor o conceito de controle

executivo envolve um mecanismo avaliativo e um regulador. As funções executivas seriam, portanto, resultado de um destes mecanismos.

O estudo das funções executivas é difícil pela falta de consenso na literatura sobre a natureza destas funções, mesmo que se tenha clareza de sua importância para o comportamento adaptativo humano (Szmalec, 2005). Além disto, é complicado delinear uma tarefa executiva pura no sentido de não sobrecarregar, ao mesmo tempo, recursos não-executivos de outros subsistemas de memória. Outro problema metodológico no estudo das funções executivas refere-se à probabilidade de uma tarefa tornar-se automática pelo treino ao longo do experimento.

Alguns estudos que foram bem sucedidos em controlar os fatores mencionados dão indícios de que uma função que poderia estar relacionada à memória para ordem serial é a atualização das informações (Fisk & Sharp, 2003; Szmalec, 2005). É certo de que em função dos limites temporais e de capacidade da memória, é preciso que o conteúdo na memória de trabalho visuoespacial seja constantemente atualizado (Brockmole, Davioli & Cronin, 2012).

A função de atualização consiste em modificar continuamente o conteúdo da memória conforme a entrada de novas informações no sistema cognitivo (Collette & Van der Linden, 2002). Esta operação requer o monitoramento das informações registradas e o controle da codificação de novas informações (Morris & Jones, 1990), ou seja, é uma função que vai além da manutenção das informações, pois requer uma manipulação dinâmica do conteúdo da memória (Miyake et al., 2000). Mais precisamente, este mecanismo diz respeito ao processo de representação do *input* visual que está constantemente mudando com os movimentos do corpo e com as mudanças ambientais, estando intimamente envolvido com processos cognitivos vitais como ativação da representação, seleção e planejamento da ação (Palladino, Cornoldi, De Beni & Pazzaglia, 2001; Gorgoraptis, Catalao, Bays, & Husain, 2011).

Os estudos que se dedicaram a investigar a função executiva de atualização de informações, segundo o modelo dos multicomponentes da memória de trabalho ressaltam evidências da relação entre esta função executiva e o comportamento complexo como a aprendizagem escolar e o desempenho acadêmico, e até mesmo a regulação das emoções, e, por consequência, as interações sociais (Clair-Thompson & Gathercole, 2010; Hofmann, Schmeichel, & Baddeley, 2012)

O processo geral de atualização parte do pressuposto de que existe um recurso unitário que é distribuído entre os estímulos conforme eles são codificados

na memória. A recordação dos itens será menos precisa quanto mais itens são adicionados ao sistema. Entretanto, existe uma flexibilidade na distribuição destes recursos, que pode variar conforme a saliência dos eventos, a duração de exposição dos itens ou dicas atencionais que facilitem o processamento dos estímulos (Bays, Gorgoraptis, Wee, Marshall, & Husain, 2011). Outros autores descrevem este mecanismo em termos de três operações: descartar itens antigos da memória de trabalho, reordenar os itens que fazem parte do objetivo da ação e adicionar novos itens à representação (ZhenZhu, Ming, & XiaoLin, 2008). Assim, pode ser estabelecida a hipótese de que exista uma relação direta entre a função de atualização e a memória para a ordem serial, já que a representação da posição serial dos itens é uma das operações de atualização da informação.

Considerando a possibilidade de haver uma interdependência entre a função de atualização e a memória para ordem serial, existiria um padrão de distribuição dos recursos executivos pelas modalidades de estímulo, assumindo a natureza amodal do executivo central? O estudo da correlação de tarefas de memória de trabalho espacial com tarefas executivas e com tarefas de habilidades espaciais indicou que não há dissociação clara entre estas categorias (Miyake, Friedman, Rettinger, Shah, & Hegarty, 2001). Este dado foi interpretado como uma evidência de que o esboço visuoespacial está intimamente ligado ao executivo central, em termos tanto do armazenamento quanto da manipulação de informações, pois a correlação com o controle executivo se estabeleceu em tarefas que mediam a capacidade da memória, como em tarefas que exigiam rotação mental e visualização espacial. Assim, apesar de estar consolidado que o executivo central é mobilizado em tarefas de memória espacial, ainda não existe clareza sobre o comparativo com a memória visual. Em função do processo de atualização ocorrer em termos de seleção baseada no item (Nee et al., 2013), existiria uma divergência no desempenho da memória para ordem serial visual e espacial? A literatura aponta uma interdependência espaço-temporal (Farrand, Parmentier, & Jones, 2001; Avons & Oswald, 2008; Parmentier, Maybery, & Jones, 2004; Pearson & Sahraie, 2003), embora a relação visual-temporal não seja muito explorada (Ninokura, Mushiake, & Tanji, 2004).

A função de atualização do conteúdo tem sido estudada predominantemente por meio dos paradigmas experimentais de "running memory" e "tarefas *n-back*" (Collette & Van der Linden, 2002) (*Figura 2*, pág. 30). No paradigma "running

memory", uma sequência de itens de tamanho desconhecido para o participante do estudo é apresentada, e então ele deve recuperar de maneira serial os itens mais recentes (a quantidade dependerá dos objetivos do experimentador). Esta é uma tarefa que requer considerável flexibilidade do processamento da informação e demanda deslocamento progressivo da atenção, descartando alguns itens como relevantes enquanto registra novos estímulos. No paradigma de tarefas "n-back" itens são apresentados sequencialmente e o participante deve avaliar se um itemteste é similar a um item apresentado previamente em uma posição serial "n". Esta tarefa requer codificação, manutenção temporária, recitação, rastreamento da ordem serial, comparação e seleção da resposta (Smith, Jonides, & Koeppe, 1996; Druzgal & D'Esposito, 2001; Owen, McMillan, Laird, & Bullmore, 2005; Jaeggi et al., 2003).

A função de atualização foi estudada por ZhenZhu et al. (2008) utilizando o paradigma "running memory" com estímulos espaciais (experimento 3). Os participantes deste estudo deveriam observar localizações espaciais sinalizadas por flashes de luzes dispersos aleatoriamente na tela do computador, apresentadas sequencialmente. No final da apresentação o participante deveria recordar na ordem direta os três últimos itens apresentados tocando-os na tela. Entretanto, uma vez que o tamanho da sequência era desconhecido para o participante, ele foi instruído a continuamente substituir os itens na medida em que novos eventos fossem apresentados. Desta forma, em uma sequência de quatro itens, o que fora anteriormente considerado primeiro da lista deveria ser descartado, e, por isto, o segundo passaria a ser o primeiro, e assim por diante (Figura 2, pág. 30). A quantidade de vezes que a tarefa deveria ser atualizada (mais itens substituídos) foi considerada o fator de manipulação da carga no executivo central. Esta tarefa foi realizada com ou sem a interferência de uma tarefa dupla espacial, no qual durante a memorização dos itens o participante deveria tocar as teclas das extremidades do teclado numérico do computador, em um movimento espacial sequencial (tarefa denominada "tapping espacial"). A pergunta de pesquisa era se a atualização de informações (tarefa principal) usa recursos específicos espaciais (limitados pela tarefa secundária de tapping). Os resultados mostraram que o aumento na carga de atualização (indicada pelo número de vezes em que os itens deveriam ser substituídos) prejudicou o desempenho na tarefa principal, independentemente da presença ou não da tarefa secundária de tapping. Entretanto, quando não havia necessidade de atualizar as informações (a quantidade de itens apresentada era a mesma que deveria ser recordada) a presença da tarefa secundária prejudicou muito o desempenho em comparação à condição em que a tarefa principal era realizada sem interferência.

ZhenZhu et al. (2008) interpretaram seus dados considerando que recursos gerais do executivo central e recursos específicos do esboço visuoespacial estão envolvidos com a realização da tarefa de atualização espacial. Entretanto, apenas o esboço visuoespacial participa do registro da memória serial. O argumento dos autores é o de que uma "etiqueta de ordem" é acrescentada à representação dos itens (associação item-ordem) e que na tarefa de atualização esta "etiqueta" é constantemente atualizada. Nesta perspectiva, recursos do esboço visuoespacial seriam suficientes para manter a associação item-ordem, mas, para atualizar este representação, estes recursos seriam adicionados aos recursos gerais do executivo central. Esta conclusão converge com os argumentos de Miyake et al. (2001) sobre a interação entre recursos do esboço visuoespacial e o executivo central, e da natureza indissociável dos recursos gerais da atenção em tarefas de memória espacial. Portanto, o limite de capacidade de armazenamento de sequências visuoespaciais estaria ligado, necessariamente, aos limites dos recursos executivos.

No estudo de Fisk e Sharp (2003) também foi adotado o paradigma running memory para avaliar o mecanismo de distribuição de recursos de atualização em tarefas de memória para sequências espaciais. Sequências espaciais deveriam ser memorizadas, sendo que apenas os quatro últimos itens deveriam ser posteriormente recordados. Uma tarefa de interferência executiva foi inserida durante a memorização dos itens. Nesta tarefa o participante deveria gerar aleatoriamente uma sequência de letras, evitando formular séries estereotipadas (sequências alfabéticas ou repetições). Neste estudo foram comparadas provas em que o participante conhecia ou não a quantidade de itens para memorização na tarefa primária espacial. Os resultados mostraram que quando o tamanho da sequência era desconhecido a tarefa secundária executiva prejudicou o desempenho tanto em sequências longas quanto curtas. Os dados foram interpretados como evidência de que recursos executivos participam do desempenho da tarefa de recordação da ordem serial, mas não há evidências claras quanto ao envolvimento do processo de atualização neste tipo de representação (quando o participante não sabia quantos itens deveriam ser codificados). Destes resultados é possível inferir que os recursos executivos de atualização são recrutados apenas quando a capacidade do armazenador é ultrapassada.

Palladino e Jarrold (2008) questionaram o método de investigação e as conclusões de Fisk e Sharp (2003) alertando que neste estudo os participantes não atualizaram ativamente as informações e podem ter ignorado passivamente os itens do começo da lista, porque o tamanho da lista apresentada não era tão maior do que a quantidade de itens solicitados para recordação. No estudo de Palladino e Jarrold (2008) foram comparadas tarefas de memória e tarefas de atualização, ambas nas modalidades verbal e visuoespacial. Havia dois blocos de provas, um de memória serial e outro de atualização. Nos dois casos o tamanho da sequência poderia ser de quatro a nove itens, e nas tarefas de atualização também foram manipulados os níveis de atualização (0, 1, 2 ou 3 itens). Por exemplo, quando o participante deveria recordar os cinco últimos itens eram apresentadas sequências de tamanho 5, 6, 7 e 8 itens. Nas tarefas que diferiam apenas com relação ao contexto (memória vs. 0 de atualização), ou seja, em que o participante observava e recordava a mesma quantidade de itens nos dois blocos, foi identificado melhor desempenho na tarefa de memória serial em comparação à tarefa de atualização. Isto indicou que os participantes atualizaram a representação, mantendo ativos os itens mais recentes e descartando ativamente os itens iniciais da lista. O custo desta tarefa foi evidenciado pelas diferenças de desempenho com a tarefa de memória. Esta não foi a interpretação dos autores, que preferiram argumentar sobre o efeito de incerteza para a resposta (efeito do setting da tarefa), embora afirmem a necessidade de outras pesquisas para esclarecer a questão.

Os estudos que utilizam as tarefas *n-back* (*Figura* 2, pág. 30) – tendem a indicar um padrão típico de prejuízo no desempenho conforme ocorre um aumento na carga executiva (Druzgal & D'Esposito, 2001; Jaeggi et al., 2003). Jaeggi e colaboradores (2003), por exemplo, demonstraram que nas tarefas em que o participante deveria indicar a correspondência de um item-teste em relação a um item imediatamente anterior não houve diferenças na porcentagem de acertos nem no tempo de reação entre a tarefa controle e a tarefa dupla (quando outra tarefa verbal *n-back* deveria ser realizada concorrentemente). Entretanto, os participantes cometeram mais erros de reconhecimento de item e demoraram mais tempo para responder quando deveriam indicar se um item-teste correspondia a um estímulo apresentado em uma, duas ou três posições seriais anteriores na condição de tarefa

dupla. Por meio de neuroimagens os autores concluíram que a sobrecarga no executivo central (tarefa dupla associada à alta carga de atualização) diminui a ativação de áreas cerebrais envolvidas com o processo de atualização da informação, rompendo, assim, a cadeia de recordação.

Em uma meta-análise dos estudos que adotaram o paradigma *n-back* Owen et al. (2005) identificaram um padrão de ativação cerebral decorrente da execução da tarefa *n-back* similar para as modalidades da informação verbal e não-verbal (memória para o objeto e para a localização espacial). As áreas cerebrais envolvidas com o funcionamento do executivo central são ativadas de maneira coordenada com áreas cerebrais destinadas à representação das informações. Este dado foi interpretado pelos autores como evidência de que o executivo central participa do processo de organização das informações na memória de trabalho em termos de episódios ou "*chunks*" (conjuntos) de informação. Uma implicação disto para hipóteses sobre o armazenamento da ordem serial é a possibilidade de que este mecanismo de organização da informação facilitaria a memorização dos itens, aumentando, assim, a capacidade da memória. Desta maneira, poderia ser abordada a hipótese de uma ligação entre a função executiva de atualização e a memória para ordem serial em termos da formação de grupos de informação (*chunks*) organizados em função da posição serial do item.

Por meio do emprego de tarefas *n-back* foi demonstrado, também, que há uma variação no desempenho destas tarefas em função da faixa etária (De Nardi et al., 2013). Ocorre um aumento na acurácia das respostas na transição entre a infância e adolescência, e, também, há um incremento no desempenho na vida adulta, seguido por um declínio no desempenho na população de idosos. Estes dados suscitam questionamentos sobre as diferenças entre as faixas etárias no que diz respeito à habilidade de manter sequências de informações visuoespaciais na memória, já que é sugerida uma relação entre funções executivas de atualização da informação e a manutenção da ordem serial dos eventos. Esta pode ser uma questão a ser estudada em pesquisas futuras.

Se há uma ligação entre atualização da informação e memória para ordem serial, existiriam diferenças na interação destes recursos, conforme a modalidade do estímulo? Em uma comparação do processo de atualização verbal e espacial Smith et al. (1996) mostraram por meio de tarefas *n-back* (experimento 2) que diferentes áreas cerebrais foram ativadas quando a informação a ser atualizada era espacial

ou verbal. Os dados foram interpretados como uma dissociação entre a memória verbal e a não verbal. O que não é possível concluir destes dados é se a dissociação ocorreu apenas no nível do armazenamento das informações ou, também, no controle executivo da tarefa de atualização. Esta possibilidade fomenta a discussão sobre a dissociação de recursos executivos de atualização da informação visual e espacial, tema do presente estudo.

A relação entre a função de atualização das informações e memória para sequências foi sugerida no estudo de Ogden, Salominaite, Jones, Fisk e Montgomery (2011). Por meio de um paradigma de tarefas duplas, a memória para a informação temporal foi testada sob interferência nas funções executivas de alternar a atenção entre tarefas, inibir processos automáticos, acessar a memória de longo prazo e atualizar a informação (nesta o participante deveria monitorar o tempo decorrido desde a última vez em que uma tecla foi pressionada). Os resultados mostraram queda no desempenho da tarefa principal realizada em concomitância às tarefas executivas, entretanto, a interferência bidirecional ocorreu apenas entre a tarefa principal e a tarefa de atualização de informações. Os autores concluíram que o processamento da informação temporal usa recursos executivos de atualização da informação.

Szmalec e Vandierendonck (2007) propuseram uma tarefa de avaliação da função executiva de atualização de informações que pode ser utilizada no paradigma de tarefas duplas. A tarefa proposta foi a tarefa de tempo de reação de escolha para um item anterior (em inglês, *one-back choice reaction time*, ou CRT-1) (*Figura 2*, pág. 30), que em tese é uma variação da tarefa *n-back*. Nela o participante deve julgar um estímulo entre duas categorias, mas deve fazê-lo atrasando a sua resposta até que o próximo estímulo ocorra. No intervalo entre os itens o participante deve manter ativa a representação do item enquanto processa o próximo, e assim que responde, a representação deve ser atualizada. Desta forma, a informação relevante para a tarefa deve ser mantida ativa e constantemente atualizada na memória.

A tarefa de tempo de reação de escolha para um item anterior foi testada em uma sequência de estudos comportamentais e eletrofisiológicos que demonstraram a robustez desta tarefa na avaliação da função executiva de atualização da informação (Szmalec, 2005). Os estudos mostraram independência de recursos específicos verbais e visuoespaciais (Szmalec & Vandierendonck, 2007). Além disto,

foram identificados os mecanismos cognitivos subjacentes ao desempenho, como resolução do conflito e seleção da resposta (Szmalec, Demanet, Vandierendonck, & Verbruggen, 2009). Szmalec e colaboradores concluem que a atualização de informações envolve monitoramento ativo da entrada de informações e supressão de estímulos não mais relevantes para o objetivo da tarefa.

O emprego da tarefa de tempo de reação de escolha para um item anterior como tarefa secundária à memorização de uma sequência visuoespacial mostrou que a memória para a ordem dos eventos foi prejudicada quando a função executiva de atualização de informações estava suprimida (Szmalec & Vandierendonck, 2007). Entretanto, no estudo de Szmalec e Vandierendonck (2007) a tarefa de memória foi delineada com base em uma representação visuoespacial integrada, ou seja, não foi considerada a dissociação visual-espacial massivamente comprovada na literatura (Klauer & Zhao, 2004). Ainda não são conhecidos os efeitos da tarefa CRT-1 na memória serial visual e na memória serial espacial. Não se sabe se a supressão de recursos de atualização por meio da tarefa CRT-1 afetaria de maneira desigual a representação da ordem serial visual e da ordem serial espacial. Esta lacuna de pesquisa pode estar relacionada não só com a dificuldade teórica e metodológica em definir e mensurar esta função executiva, mas também, na variedade de métodos que os estudos adotam para analisar a memória para ordem serial, impedindo uma síntese final da relação entre estas propriedades. Alguns destes métodos serão relatados a seguir.

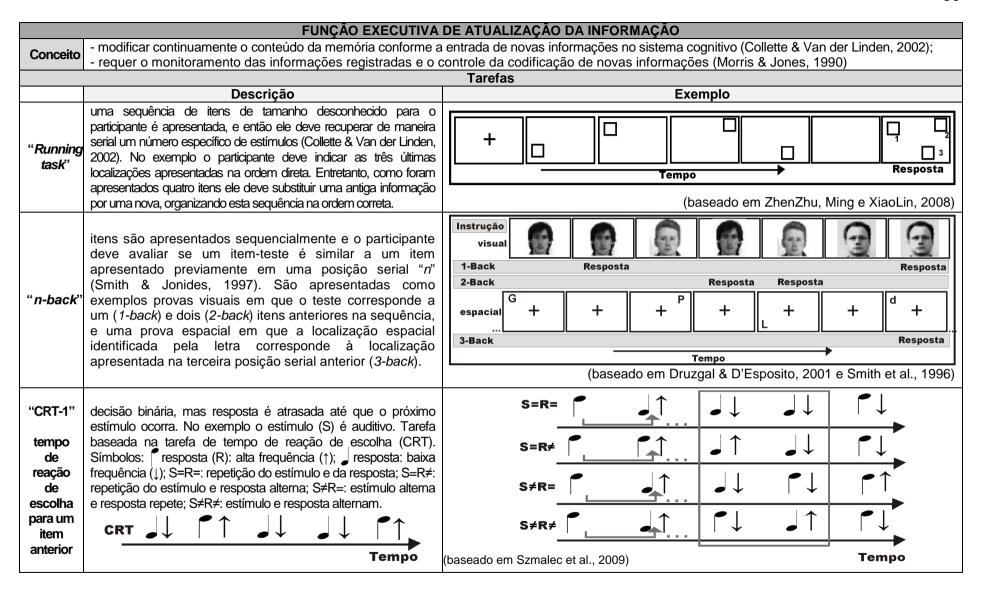


Figura 2. Conceito de função executiva de atualização de informações e exemplos de tarefas

1.3 Tarefas comportamentais e medidas de avaliação da memória para ordem serial

Uma das técnicas empregadas para estudar a memória para ordem serial é a detecção da mudança, na qual os itens são serialmente apresentados e depois um estímulo-teste é visualizado para processo de decisão um binária. correspondência da ordem do estímulo teste com o conjunto apresentado previamente é a medida de análise da memória serial (Marshuetz, 2005). Entretanto, Gorgoraptis et al. (2011) afirmam que neste tipo de tarefa o pressuposto básico é o de que cada objeto na sequência é armazenado completamente ou esquecido em sua totalidade. Entretanto, estes autores salientam a possibilidade do sistema cognitivo distribuir recursos pelos itens e representá-los com maior ou menor fidelidade, conforme as demandas da tarefa. Para estes autores existe um limite de memorização atrelado ao limite de processamento da informação que as tarefas de detecção da mudança não consequem indicar com precisão. Por isto, a tarefa de recordação, na qual após a apresentação da sequência os itens são reapresentados e pede-se para que o participante aponte a ordem em que eles ocorreram parece ser mais adequada para o estudo da relação entre o executivo central e a memória para ordem serial.

Os pesquisadores normalmente nomeiam a tarefa de recordação da ordem serial de estímulos visuais como uma tarefa de "reconstrução serial" (reconstruction), diferente do termo usado para estímulos verbais e espaciais, que é "recuperação serial" (recall) (Jones, Farrand, Stuart, & Morris, 1995). Isto porque a recuperação serial ocorre quando a resposta é produzida naturalmente, por exemplo, no domínio verbal é possível produzir a resposta falando, escrevendo ou digitando no teclado do computador. No domínio espacial basta que o participante do estudo aponte a localização em que o item ocorreu, não sendo necessário que o estímulo que indicou a localização espacial seja reapresentado (Saint-Aubin, Tremblay, & Jalbert, 2007) (Figura 3). Para o domínio visual a produção da resposta não é natural (Hurlstone, Hitch, & Baddeley, s. d.) e não ocorre sem que os estímulos sejam reapresentados de alguma forma (Avons, 1998). Para isto, uma ação paralela deveria ser realizada, por exemplo, pelo movimento, desenhando os itens (Van der Meulen, Logie, & Della Sala, 2009); ou pela fala, através da nomeação dos

estímulos, ou outro método que poderia claramente tornar-se uma variável interveniente nos resultados (Avons & Mason, 1999).

A partir do emprego de tarefas de reconstrução visuoespacial alguns pesquisadores se envolveram no estudo dos limites da memória, através do método do "span" ou da extensão da memória. Neste paradigma o participante deve recordar sequências de estímulos visuoespaciais de tamanho crescente, iniciando com dois itens, passando para três, e assim por diante, até que a capacidade do participante para responder à tarefa seja exaurida a ponto de não mais atingir um desempenho acima do acaso. A quantidade máxima de itens que o participante conseguiu memorizar antes do desempenho entrar em colapso é tomada como a capacidade de armazenamento do participante para aquele tipo de material (Luck & Vogel, 1997; Della Sala et al., 1999). Os estudos sobre a memória para ordem visuoespacial utilizam este método para compreender melhor o mecanismo de registro de sequências, mas, também, realizar um paralelo com as pesquisas sobre a memória verbal, buscando analogias no funcionamento destes subsistemas (Cornoldi & Mammarella, 2008).

Um problema em adotar a medida de capacidade é que sozinha ela não diz muito sobre os mecanismos de registro da ordem serial. A prova é considerada correta se todos os itens foram recuperados na ordem correta (Smyth & Scholey, 1994; Klauer & Stegmaier, 1997; Vandierendonck, Kemps, Fastame, & Szmalec, 2004). Neste caso, é difícil distinguir se o padrão de erros verificado nos estudos é decorrente de falhas no registro das características dos estímulos ou de interferências no armazenamento da ordem dos eventos na sequência (Ward et al., 2005). Assim, é preciso associar a medida de *span* (proporção de acertos, independentemente da posição serial) com uma medida de posição serial (proporção de itens corretamente posicionados). Neste caso, como consequência têm-se um problema adicional que diz respeito à normalização da distribuição, uma vez que se trata de dois escores baseados em proporções (Vandierendonck et al., 2004). Então, para obter mais informações sobre como a ordem serial é registrada são adotadas análises paralelas, dos efeitos de recência, primazia e dos erros de posição serial, descritos a seguir.

A porcentagem de acertos em função de cada posição serial é representada graficamente na chamada curva de posição serial (*Figura 3*). Nesta curva uma maior porcentagem de acertos para itens do começo da lista é denominada como efeito

primazia. A maior porcentagem de acertos para itens do fim da lista é chamada de efeito recência. A partir desta curva os efeitos de primazia e recência são interpretados com base nos modelos teóricos existentes sobre o assunto (Oberauer, 2003; Smyth, Hay, Hitch, & Horton, 2005).

Alguns critérios de análise da recência podem ser adotados. Na recência absoluta apresenta-se a proporção de acertos para o último item. Na recência relativa é estudada a recordação da última posição serial em relação ao penúltimo item apresentado na lista. Na recência normalizada compara-se o desempenho do último item com a proporção média de acertos de todos os itens anteriores na lista. O emprego destas medidas é importante em estudos que fazem comparações entre diferentes modalidades de estímulo, pois pode elucidar se existem diferentes mecanismos de registro do item e da ordem serial conforme a natureza do estímulo (Parmenter, Tremblay, & Jones, 2004; Tremblay, Parmentier, Guérard, Nicholls, & Jones, 2006; Guérard, Tremblay, & Saint-Aubin, 2009).

A análise dos erros de recordação da ordem serial também é habitual no paradigma de reconstrução serial. O tipo de medida que pode indicar falha na representação temporal da informação é a distribuição dos erros em função da distância para a posição correta, também chamada de migração temporal ou erros de transposição (Parmentier et al., 2004) (*Figura 3*). Neste caso é gerado um gráfico, que representa uma curva denominada gradiente de transposição. Nela são apontados os erros de adiantar e atrasar a resposta de posição serial. Por exemplo, em uma situação na qual um determinado estímulo é apresentado na quinta posição, se o participante indica que o estímulo apareceu na quarta posição serial, ocorreu um erro de adiantamento da resposta. Se, de outra forma, o participante relata que o estímulo apareceu na sexta posição serial, ocorreu um erro de atraso. Nos dois casos ocorreu o deslocamento em um item da posição serial correta (Parmentier, Andrés, Elford, & Jones, 2006; Smyth et al., 2005).

Muitas informações sobre o registro da ordem serial também são obtidas por meio da análise de outros tipos de erros. As omissões, por exemplo, ocorrem quando nenhum item é recuperado para uma dada posição serial e as intrusões ocorrem quando um item que não foi apresentado é recuperado pelo participante. Surprenant, Kelley, Farley, e Neath (2005) e Hurlstone (2010) estudaram um tipo de erro bem específico, chamado de erro condicional (*Figura 3*). É o erro que ocorre após um erro inicial de posição no qual um item na posição serial *n* é recordado na

posição n-1. Se o participante recorda um item n-1 após o erro inicial, ele está cometendo o erro do tipo "fill-in". Se o próximo item recordado for n+1, então o participante cometeu o erro do tipo "infill". Por exemplo, "na série ABC o participante começa a recordação pelo item B (cometeu um erro do tipo n-1). Em seguida, ele indica o item A como sendo o que apareceu em segundo lugar na lista, cometendo, assim, o erro "fill-in", pois ele atrasou a resposta para este estímulo (deveria ser recordado como primeiro, mas figurou como segundo). Entretanto, após ele indicar o estímulo B como primeiro da lista, o participante poderia ter recuperado como o próximo da lista o item C. Neste caso, ele estaria cometendo um erro do tipo "in-fill", pois antecipou a recordação do item C, indicando-o como sendo o segundo quando na verdade ele foi apresentado como terceiro na lista" (Hurlstone, 2010, p. 267). Em conjunto, estes erros são interpretados a partir de diferentes modelos teóricos, como os que defendem a formação de associações entre itens, entre os itens e o contexto, ou a ocorrência de interferências em um sinal temporal que mantém registrada a posição serial dos eventos (Guérard & Tremblay, 2008).

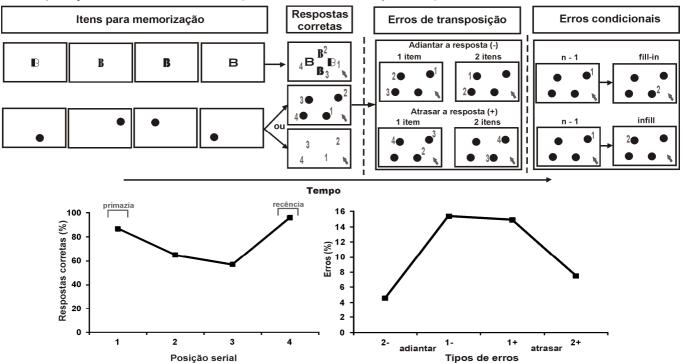


Figura 3. Exemplos de paradigmas experimentais utilizados para pesquisar a memória para a ordem serial visual e espacial. O esquema mostra as tarefas com as respectivas respostas corretas, e tipos de erros de posição serial em uma tarefa espacial (parte superior da figura). Na parte inferior da figura são apresentados exemplos de curvas de posição serial para respostas corretas e da porcentagem de erros de transposição.

Outras variações destas medidas também podem ser realizadas, conforme os objetivos do estudo. É interessante notar que o estudo destas medidas ocorre em pesquisas isoladas, sendo raras as comparações entre medidas nas análises de recordação das modalidades visual e espacial (Hurlstone, 2010). Dadas as limitações metodológicas citadas, as linhas de pesquisa sobre a ordem serial visual e a ordem serial espacial são, geralmente, conduzidas em paralelo, direcionadas por pressupostos teóricos distintos. A **Tabela 1**, pág. 60 apresenta um resumo destas divergências teóricas e metodológicas. Por um lado, o objetivo dos pesquisadores sobre a memória visual é identificar mecanismos da codificação que justifiquem um padrão de resultados, como a similaridade dos estímulos, ou um processo geral de codificação da ordem serial (Ward et al., 2005). Por outro, as pesquisas sobre a ordem serial espacial são direcionadas pela identificação do lócus de um mecanismo de representação, seja na codificação da informação serial ou na recitação dos itens durante a manutenção da sequência (Vandierendonck et al., 2004). Neste âmbito, há mais dados de análises diretas sobre o papel do executivo central na memória serial espacial que na memória serial visual. A seguir serão apresentados os resultados de estudos que analisaram separadamente os efeitos de ordem serial visual e espacial, com ênfase nas pesquisas sobre a participação do executivo central na representação serial. Em seguida, estes dados serão discutidos a partir de alguns modelos teóricos.

1.4 Memória visual

1.4.1 Influência do paradigma experimental no padrão de desempenho em tarefas de memória serial visual

Nos estudos que empregam tarefas de reconstrução serial visual são utilizadas figuras de faces humanas como estímulos (Ward et al., 2005; Smyth et al., 2005; Hay, Smyth, Hitch, & Horton, 2007); padrões visuais ou matrizes (Avons, 1998; Avons & Mason, 1999; Logie & Pearson, 1997); cores (Jalbert, Saint-Aubin, & Tremblay, 2008; Guérard, Neath, Surprenant, & Tremblay, 2010); objetos familiares (Poirier, Saint-Aubin, Musselwhite, Mohanadas, & Mahammed, 2007), letras (Logie, Della Sala, Wynn & Baddeley, 2000; Darling et al., 2009; Logie & Van der Meulen, 2009; Bost, Niven & Logie, 2012), caracteres japoneses (Saito, Logie, Morita & Law,

2008), entre outros. Geralmente são apresentados estímulos novos para memorização (não familiares), ou, quando isto não é possível, utiliza-se a supressão articulatória para evitar que a informação seja recodificada verbalmente, ou seja, que os participantes usem espontaneamente a estratégia de nomear e recitar as figuras. Entretanto, o tipo de estímulo utilizado na tarefa não implica que o subsistema visual será, necessariamente, o único componente recrutado na tarefa. No estudo de Andrade, Kemps, Werniers, May e Szmalec (2002), por exemplo, foi demonstrado que na recordação de matrizes visuais recursos espaciais também foram recrutados. Isto foi demonstrado pelo dado de que uma tarefa de interferência espacial (tapping espacial) prejudicou o desempenho da tarefa de recordação de matrizes (experimento 3). Por este motivo, posteriormente os autores adotaram o paradigma de reconhecimento de item (experimento 5) para o estudo da memória serial visual. Com base no dado de que o padrão de desempenho nesta tarefa foi caracterizado por um efeito de recência, os autores concluíram que o paradigma de reconhecimento é uma tarefa mais adequada para estudar a memória de sequências de matrizes, ao invés de recordação. Mediante isto, muitos estudos sobre a ordem serial visual tomam o cuidado metodológico de comparar diferentes paradigmas para evitar confusão na síntese dos dados, como citado anteriormente.

Avons (1998) estudou a memória serial visual empregando como estímulos matrizes de 6 x 6 células, nas quais metade destas células era preenchida na cor preta. Os padrões eram gerados aleatoriamente entre provas, e a quantidade de matrizes apresentadas para memorização poderia ser de 3, 4, 5 e 6 itens. Após um intervalo, todos os itens foram reapresentados em localizações semi-aleatórias. A ordem serial em que apareceram previamente deveria ser indicada utilizando o mouse do computador. O autor também adotou em alguns experimentos o paradigma do reconhecimento de item, no qual o participante julgava se uma matriz teste pertencia ou não à sequência apresentada previamente. A análise da curva de posição serial na tarefa de recordação indicou que para listas longas é gerada uma curva na forma de arco, com primazia e recência, diferentemente da curva de reconhecimento, que é plana, sendo o último item recordado de maneira pior que os demais. O erro mais frequente de recordação foi o deslocamento em um item da posição correta, sendo interpretado como evidência de falha no registro da informação para ordem serial. Em conclusão, o autor defende que este padrão de

resultados só ocorre nos experimentos em que há exigência explícita por indicar a ordem dos eventos, como é o caso da tarefa de reconstrução serial.

Segundo a hipótese de Avons (1998), o padrão de desempenho encontrado nos estudos ocorre em função das demandas da tarefa pelo registro da ordem serial, e não em virtude das diferenças nos mecanismos de armazenamento dos tipos de modalidades da informação. Acompanhando este pressuposto, Avons e Mason (1999) adotaram testes de recordação serial e de reconhecimento de matrizes, comparando matrizes similares e dissimilares. Os autores verificaram que os participantes apresentaram pior desempenho em indicar a ordem dos eventos similares. Esta sensibilidade à similaridade dos estímulos não ocorre quando a resposta deve ser dada somente em relação ao item, e não à ordem. O efeito de similaridade visual na recordação serial foi posteriormente replicado no estudo de Jalbert et al. (2008). Eles apresentaram uma sequência de cores similares e dissimilares para memorização Os dados mostraram que a similaridade visual interferiu na porcentagem de acertos para a ordem serial e, também, para a localização espacial dos eventos. Este efeito se manteve mesmo quando a nomeação verbal foi prevenida pela realização da supressão articulatória (participantes deveriam repetir uma palavra em voz alta). Os autores sugeriram que as dimensões temporal e espacial dos estímulos são processadas e mantidas por um mesmo mecanismo ou sistema de armazenamento.

O efeito de similaridade visual também foi verificado em um estudo (Logie et al., 2000, exp. 2 e 3) no qual sequências de letras de identidades diferentes foram apresentadas. As letras apresentadas poderiam ser similares ou dissimilares quanto à forma visual das versões maiúsculas e minúsculas das letras (p. ex., Ww ou Rr). A supressão articulatória estava presente em metade das provas. O participante deveria recordar a sequência na ordem correta em que os itens foram apresentados, no formato em que apareceram, escrevendo em um papel as respostas. Os dados mostraram que a similaridade visual dos itens prejudicou o desempenho da memória para a sequência, mesmo quando a recitação verbal era evitada pela presença da supressão articulatória. Ocorreu efeito de posição serial, com primazia, mas sem interação com o fator "similaridade visual dos itens". Estes dados sugerem que a aparência dos estímulos foi mantida na memória, assim como a ordem serial, mas as evidências mostram que estes registros são subjacentes a processos cognitivos distintos.

Como o material apresentado no estudo de Logie et al. (2000) para memorização eram letras apresentadas visualmente, é possível que além da influência da similaridade visual, tenha ocorrido influência da similaridade fonológica dos estímulos no desempenho, apesar da presença da supressão articulatória. Além disto, é possível que o código visual tenha sido utilizado na ausência de disponibilidade de código fonológico para armazenar as informações (em função da supressão articulatória). Para manipular ao mesmo tempo a similaridade visual e a fonológica, Saito et al. (2008) estudaram a memória para caracteres japoneses em falantes nativos do japonês. Neste estudo a similaridade visual dos itens foi combinada à similaridade fonológica em condições de supressão articulatória, ou em silêncio. A resposta era data na forma escrita. Os dados mostraram que a supressão articulatória eliminou o efeito da similaridade fonológica, como era de se esperar. Por outro lado, as sequências dissimilares visualmente foram melhor recordadas que as similares, sendo este efeito marcante para a correta indicação da ordem serial dos eventos, e ocorreu independentemente da presença da supressão articulatória. O efeito de primazia foi interpretado pelos autores como uma característica geral do armazenamento da ordem serial, na comparação com outros estudos com material verbal. Assim, Saito et al. (2008) concluem que a ordem serial é produto da memorização da identidade dos estímulos apresentados sequencialmente, ou seja, é um tipo de registro que ocorre com recursos específicos do armazenador.

Posteriormente, empregando o mesmo tipo de estímulo adotado no estudo de Logie e colaboradores (2000) Van der Meulen et al. (2009) investigaram a memória para a ordem serial visual em tarefas em que havia, ou não, interferências visuais e espaciais. Os participantes foram orientados a memorizar a forma das letras (se maiúsculas ou minúsculas), e não os nomes das letras, e havia a supressão articulatória para evitar a recodificação verbal dos itens. Além da condição controle, foram apresentadas para um grupo de participantes figuras irrelevantes (interferência visual), e para outro grupo havia a demanda pela realização de uma interferência espacial (*tapping*), na qual os participantes tocavam uma sequência de teclas do teclado numérico. As duas condições de interferência ocorriam no intervalo de retenção da tarefa de memória para as letras. Para responder, os participantes deveriam escrever em um papel a sequência memorizada, indicando a ordem e a forma das letras apresentadas (se eram maiúsculas ou minúsculas). Os dados mostraram que a retenção das letras

apresentadas visualmente foi mais afetada pela interferência espacial, sendo este efeito mais claro para as medidas de identidade da letra (qual) e da forma (maiúscula/minúscula) do que para a ordem serial (quando ocorreram).

Do estudo de Van der Meulen et al. (2009) conclui-se que, de alguma forma, a informação visual estava sendo mantida com recursos de um sistema espacial, que foram drenados pela tarefa de interferência espacial (*tapping*). Entretanto, ainda permanece o debate se recursos específicos ou gerais estavam mantendo a ordem serial, já que não ocorreu interferência das tarefas visuais e espaciais na memória para a posição serial dos itens.

Em estudo posterior, Borst et al. (2012, experimento 1) empregaram o mesmo método adotado no estudo de Van der Meulen et al. (2009). Foram delineadas tarefas nas quais uma série de letras foi apresentada visualmente. Os participantes deveriam memorizar a identidade (qual), forma (maiúscula e minúscula) e ordem serial (quando) das letras. Em metade das provas havia uma interferência, que poderia ser visual (estímulos visuais irrelevantes) ou espacial (*tapping*). A interferência foi manipulada entre grupos. Semelhante ao estudo anterior, os resultados mostraram que a interferência espacial prejudicou a memória para a forma das letras e não para a ordem serial dos itens. Em conjunto, estes estudos podem ser interpretados pela perspectiva na qual a configuração espacial do *tapping*, formada pela trajetória sequencial dos toques, formando um padrão em "oito" foi armazenada no sistema visual, afetando a memória para a aparência visual. De modo complementar, é possível que a ordem serial tenha sido armazenada, mas não afetada pela interferência específica do *tapping*.

Baseando-se na perspectiva amodal de armazenamento serial, Poirier et al., (2007) testaram a similaridade visual de objetos nomeáveis (exp. 1, 2 e 4) e matrizes (exp. 3). Após a apresentação dos itens (na condição em silêncio ou mediante realização de supressão articulatória), eles eram todos reapresentados simultaneamente e os participantes deveriam indicar a ordem serial destes objetos (exp. 1, 2 e 3), ou a ordem serial dos rótulos verbais associados aos objetos (exp. 3 e 4). Os dados mostraram que a similaridade visual dos estímulos afetou o desempenho dos participantes na memória para ordem serial, mesmo quando a resposta deveria ser baseada apenas nos rótulos verbais das figuras. A interferência entre modalidades diferentes foi interpretada pelos autores como evidência de que

um único armazenador é responsável pelo registro das sequências de informações, independentemente da modalidade do estímulo.

Ward et al. (2005) adotaram as hipóteses de Avons (1998) sobre a analogia entre a memória serial verbal e visuoespacial. Os autores compararam a memória para faces não-familiares e pseudopalavras apresentadas auditivamente em dois paradigmas experimentais: em um a ordem dos itens deveria ser indicada (reconstrução serial) e em outro o teste de reconhecimento adotado foi o de escolha forçada entre dois itens (dentre os dois itens testados, um deles poderia pertencer ao conjunto memorizado, mas o outro não). Os resultados mostraram que as curvas verbal e visual na tarefa de reconstrução foram semelhantes entre si, ou seja, foi gerada uma curva na forma de arco para os dois tipos de estímulo. Na tarefa de reconhecimento também ocorreram semelhanças entre as modalidades de estímulo, com curva plana ao longo das posições seriais, mas com recência restrita ao último item. Os autores concordaram com Avons (1998) e interpretaram os dados como evidência de que é a demanda pela ordem que ocasiona o desempenho da memória com efeitos característicos de recência e primazia, independentemente da modalidade do estímulo.

Para descartar a explicação alternativa de que as demandas de produção da resposta das duas tarefas - de recordação e de reconhecimento - são muito distintas, ocasionando os resultados apresentados, Avons, Ward e Melling (2004) propuseram um paradigma em que a topografia da resposta para o item e para a ordem fosse semelhante, ou seja, para ambas as tarefas a resposta deveria ser dada por uma decisão binária (pressionando uma tecla entre duas alternativas). Após a apresentação dos estímulos para memorização (matrizes), dois estímulos eram observados na fase de teste. Nas tarefas de reconhecimento para o item um dos estímulos-teste pertencia ao conjunto memorizado, mas o outro não (distrator), e o participante indicava qual deles foi apresentado previamente. Nas tarefas de reconhecimento para a ordem os dois itens-teste foram apresentados previamente, e o participante indicava qual deles foi apresentado mais recentemente (julgamento de recência relativa). Os dados mostraram que nestas condições as curvas nos dois paradigmas foram muito semelhantes, com efeito marcante de recência. Este efeito é exacerbado com o aumento do tamanho da lista. Este resultado indica uma dissociação item-ordem na memória visual e salienta que os efeitos de posição

serial dependem do paradigma experimental mais do que da modalidade do estímulo a ser memorizado.

1.4.2 A separação item-ordem para a memória visual e a proposta de um sistema de ordem serial de livre-domínio

A distinção item-ordem na memória visual também foi demonstrada no estudo de Frick (1985). Ele estudou a memória visual manipulando o modo de apresentação dos estímulos (sequencial vs. simultâneo) e identificando o impacto desta manipulação no reconhecimento de um item-teste. Os dados mostraram mais erros de confusão visual na condição simultânea em relação ao acaso do que na condição sequencial. Foi verificado, também, que interferências verbais de diferentes naturezas (escritas ou faladas) ocorridas previamente à apresentação dos estímulos afeta diferencialmente a memória, se os itens para memorização foram observados simultânea ou sequencialmente. Frick (1985) sugeriu que o sistema de armazenamento da identidade dos eventos visuais é dissociado daquele que representa a posição serial dos estímulos. A manutenção da informação visual simultânea é automática, embora o mesmo não ocorra para a informação sequencial.

Em síntese, os resultados das pesquisas de Avons e colaboradores (Avons, 1998; Avons & Mason, 1999; Avons et al., 2004; Ward et al., 2005) e Frick (1985) levaram estes autores a concluir que o armazenamento visual é análogo ao verbal em três fatores: padrão da curva de posição serial; sensibilidade à similaridade dos estímulos (com exceção para os dados de Logie e colaboradores, veja Saito et al., 2008) e dissociação item—ordem na memória. Com base nisto, foi sugerida a existência de um processo básico de armazenamento serial para as informações, o que dispensaria a divisão da memória em componentes de armazenamento.

Entretanto, outros pesquisadores interpretam de maneira diversa os resultados dos estudos mencionados. Baddeley (2012) propõe que exista um sistema de armazenamento da ordem serial, comum às diferentes modalidades de estímulo, ou então, que exista um sistema de manutenção da ordem paralelo aos subcomponentes, mas que funcione de maneira semelhante para todos os tipos de estímulo, uma vez que a demanda pelo registro da ordem é compartilhada nas diferentes tarefas. Nesta perspectiva, os dados de Poirier et al. (2007), por exemplo,

podem ser interpretados na visão de que um mesmo mecanismo de memória para ordem tenha sido recrutado para recuperar a informação sequencial. Este mecanismo seria sensível aos efeitos de similaridade entre estímulos (ocasionada, talvez, por um viés atencional na codificação).

Smyth et al. (2005) compartilham da possibilidade de um sistema de ordem serial de livre-domínio, comum às modalidades visual e verbal. Eles estudaram tarefas de reconstrução serial de faces similares e dissimilares. A memorização foi realizada sem interferência, ou mediante interferência espacial (*tapping*: os participantes utilizavam o dedo indicador para tocar uma sequência de teclas em um quadrado) ou a supressão articulatória (repetição de uma palavra). A curva de posição serial gerada neste estudo foi similar ao que foi encontrado para o material verbal em outros estudos, e não houve interação com a supressão articulatória, ou seja, a memorização das faces não contou com recursos específicos verbais para ser mantida. Assim, os autores concordam com a divisão da memória em multicomponentes (verbal separado do visuoespacial) e sugerem um sistema comum de armazenamento da ordem serial, ou então, sistemas paralelos de ordem serial que são governados pelas mesmas regras de funcionamento.

Foi desafiando a ideia de que os efeitos de ordem serial encontrados nos estudos explicam mais sobre as diferenças entre os paradigmas experimentais do que sobre o funcionamento da memória em si (Ward et al., 2005) que Johnson e Miles (2009) propuseram um estudo no qual a memória serial para odores, faces não familiares e tons auditivos foi testada em um mesmo paradigma, o reconhecimento de item. Após a apresentação dos estímulos, o participante deveria julgar se um item teste fazia parte ou não da sequência memorizada. Os dados mostraram que para faces ocorreram efeitos de primazia e recência, a memória para tons auditivos produziu efeito de recência e para odores não ocorreu um efeito característico de posição serial, ou seja, a porcentagem de acertos não variou em função das posições seriais. A distribuição dos erros foi idêntica para as três modalidades, com frequência maior de erros para posições seriais adjacentes à posição correta.

Johnson e Miles (2009) acreditaram que os resultados de seu estudo são explicados pela existência de multicomponentes da memória, especializados conforme a modalidade do estímulo, mas admitem que um mesmo mecanismo de ordem tenha sido utilizado, e que este tenha sido vulnerável às estratégias de

codificação. Este mecanismo seria gerido pela distintividade psicológica dos estímulos, ou seja, aqueles mais distintos seriam melhor lembrados (pelas características perceptuais ou pela familiaridade com o item). Desta forma, assim como Hay et al. (2007) apontaram, as faces seriam mais distintas por serem mais frequentes e cotidianas, em comparação aos tons e odores. Este fato seria o responsável pela mobilização de diferentes estratégias para memorização das sequências, ocasionando primazia e recência para faces, recência para tons e uma função plana para os odores, por serem estímulos menos distintos entre si.

Uma hipótese alternativa para os dados citados é a de que o mecanismo de ordem, comum aos diferentes sistemas de armazenamento seja gerido por recursos do executivo central. Gorgoraptis et al. (2011) estudaram o envolvimento da função executiva de atualização da informação com a memória visuoespacial (conjunção visual-espacial) utilizando um método no qual o participante deveria recordar a orientação de barras coloridas apresentadas simultânea ou sequencialmente. Os participantes deveriam indicar a inclinação de uma barra-teste, de modo a que o resultado fosse idêntico à combinação cor-orientação desta barra apresentada previamente. Se a recordação fosse mais prejudicada na condição sequencial em comparação à simultânea, seria evidência de que os recursos executivos de atualização foram distribuídos pelos estímulos ao longo do tempo, prejudicando a fidelidade da representação dos itens na memória. Esta hipótese foi confirmada, e, adicionalmente, foi demonstrado maior custo em responder em relação aos itens iniciais da lista. Na medida em que aumentava a quantidade de itens, ocorriam mais erros de conjunção cor-orientação. Estes efeitos não foram ocasionados pelo decaimento temporal, mas sim, pela interferência dos itens subsequentes da lista, comprovando, assim, o aspecto de limitação na distribuição de recursos atencionais ao longo da apresentação dos itens.

As investigações com neuroimagens também foram importantes para a compreensão da memória para ordem serial visual. No estudo de Amiez e Petrides (2007), por exemplo, os participantes observavam uma sequência de itens e, posteriormente, eram apresentados a dois itens. Deveria ser escolhido para a resposta aquele item que fora apresentado primeiro na lista (tarefa de reconhecimento da ordem relativa). Havia, também, provas nas quais um item-teste não fazia parte do conteúdo memorizado (reconhecimento de item). Os dados foram analisados em termos da taxa de acertos e do tempo de resposta para a posição

serial relativa dos itens (itens testados que apareceram no começo, no meio e no fim da lista). Além destes dados, também foram coletadas imagens cerebrais (ressonância magnética funcional) durante a realização das provas. Os dados indicaram que a memória para os itens que apareceram nas posições seriais mais recentes foi melhor em comparação aos demais estímulos (taxas mais altas de acertos e rapidez na resposta). Entretanto, este resultado ocorreu apenas quando a resposta deveria ser baseada na ordem. Quando a resposta deveria ser baseada no item, não ocorreu efeito de posição serial. As áreas cerebrais consagradas na literatura como substrato neural do controle executivo foram ativadas nas tarefas em que os participantes deveriam recuperar a ordem de estímulos, e mais intensamente quando a posição serial a ser recordada era mais difícil em termos de memória para ordem (itens do meio da lista). Estes dados foram interpretados como evidência de que o registro da ordem serial visual está ligado com a mobilização de recursos executivos, de controle atencional.

Em conjunto, os estudos citados sobre a memória para a ordem visual apontam para a conclusão de que existe um mecanismo padrão de registro da ordem serial que pode estar relacionado com a mobilização de recursos executivos. Entretanto, ainda não foram esclarecidos que recursos (ou funções) são estes. Além disto, como estes recursos interagem com os recursos específicos de armazenamento e a diferença deste processo com a representação da ordem serial espacial ainda não são conhecidos.

1.5 Memória espacial

O papel de recursos executivos na memória para ordem serial espacial tem sido tratado nos estudos a partir de uma perspectiva geral, na qual o executivo central é um sistema unitário de processamento e distribuição de recursos atencionais (Smyth & Scholey, 1994, 1996; Klauer & Stegmaier, 1997; Rudkin et al., 2007). Entretanto, algumas recentes tentativas (Szmalec & Vandierendonck, 2007) têm sido feitas no intuito de caracterizar melhor o envolvimento destes recursos, empregando tarefas que analisem algumas funções executivas específicas que, em hipótese, estão relacionadas com a representação de sequências. Além disto, a preocupação de alguns estudos é situar o lócus de interferência dos recursos executivos na memória, para descrever melhor se o padrão de desempenho na

representação da ordem serial é decorrente do emprego destes recursos na codificação ou na manutenção da sequência (Parmentier & Andrés, 2006; Guérard et al., 2009).

1.5.1 Fatores atencionais na manutenção da ordem serial espacial

Os estudos sobre a memória serial espacial comumente adotam a tarefa dos Blocos Corsi, utilizada para avaliar a capacidade da memória espacial, de maneira análoga à tarefa de *span* de dígitos, empregada para avaliar a capacidade verbal. Na tarefa dos Blocos Corsi um conjunto de nove blocos dispostos irregularmente em um tabuleiro é apresentado ao sujeito, o experimentador toca uma sequência de blocos e o participante deve repetir a mesma sequência de toques. Inicialmente o participante é testado em sequências curtas (dois ou três itens), mas a quantidade de itens para memorização é aumentada, conforme o desempenho do participante. O experimento é interrompido quando o desempenho do participante é muito baixo, indicando, assim, que ele atingiu a sua capacidade máxima de armazenamento de estímulos espaciais. As versões computadorizadas da tarefa aumentam a precisão na apresentação da sequência, no registro e na análise das respostas (Vandierendonck et al., 2004).

Smyth e Scholey (1994) utilizaram a tarefa computadorizada dos Blocos Corsi para verificar a hipótese de que o registro serial espacial depende do deslocamento da atenção espacial. Durante o intervalo de retenção os participantes realizavam tarefas de interferência visuais, auditivas e espaciais, com ou sem atividade motora. A memória para as localizações espaciais na ordem serial em que foram apresentadas foi prejudicada quando os participantes observavam alvos visuais ou ouviam tons de diferentes localizações. Este efeito aumentou quando a resposta à tarefa secundária era motora (apontar a direção) ou quando deveria ser categorizada verbalmente como "direita" ou "esquerda". Os autores concluíram que para manter uma sequência espacial na memória recursos da atenção espacial devem ser mobilizados.

Para ampliar a análise da memória espacial serial Smyth e Scholey (1996) estudaram a memória para blocos Corsi e para localizações espaciais identificadas por retângulos apresentados sequencialmente na tela do computador. Nesta, o participante primeiro julgava se o item havia aparecido e, em caso afirmativo,

indicava a posição serial em que ele foi mostrado anteriormente. Na tarefa de blocos Corsi foram adotadas como medidas a extensão da memória (capacidade ou *span*) e os erros de posição serial. Na tarefa dos retângulos foi analisada a proporção de acertos pela posição serial do item apresentado. Os resultados indicaram que houve menos erros para as primeiras e últimas localizações memorizadas. Além disto, tanto para blocos Corsi quanto para memória da localização dos retângulos os erros mais frequentes ocorreram para posições seriais adjacentes às corretas. Em síntese, os autores concluíram que existe um componente de atenção espacial para armazenar a ordem serial espacial, e que ocorrem semelhanças entre a memória serial espacial e a verbal (em uma comparação com estudos anteriores). Estes dados não significam que um único sistema de memória seja encarregado do registro das informações, mas, sim, que o mecanismo de memória para ordem serial seja similar entre os diferentes domínios da informação.

De modo semelhante à Smyth e Scholey (1994) Klauer e Stegmaier (1997) também estudaram a memória para uma sequência espacial utilizando a tarefa dos Blocos Corsi. No intervalo de retenção dos itens o participante deveria realizar tarefas interferentes auditivas, verbais, espaciais e executivas, sendo estas últimas do tipo "decisão binária" quanto à identidade de um alvo apresentado. Os resultados mostraram que a capacidade da memória foi reduzida na presença das tarefas auditivas de decisão binária (esquerda/direita; alta/baixa frequência; alto/baixo volume), sem diferenças entre estas tarefas. Klauer e Stegmaier concluíram que a decisão binária, ou seja, um processo de recurso atencional geral, e não o exatamente o julgamento da direção do alvo (mecanismo espacial) afetou o desempenho.

Klauer e Stegmaier (1997) sugeriram que o mecanismo de manutenção da sequência espacial (recitação) depende de recursos gerais da atenção advindos do executivo central, e não de recursos da atenção espacial como sugeriram Smyth e Scholey (1994). Adicionalmente, os autores são contrários à perspectiva amodal da memória. Isto porque os dados do estudo não mostraram interferência verbal na memória espacial, mesmo quando ocorriam mudanças de estado na tarefa de interferência verbal. Por exemplo, quando os tons auditivos originados de diferentes direções deveriam ser apenas ouvidos ou quando as palavras de diferentes frequências deveriam ser repetidas no intervalo de retenção da recordação espacial serial. A sugestão dos autores é a de que os recursos do executivo central são

recrutados na tarefa espacial apenas quando a ordem serial deve ser mantida, e não quando a representação passiva é o suficiente para evocar a resposta (Klauer & Stegmaier, 1997).

Rudkin et al. (2007) também estudaram a memória para uma sequência espacial utilizando a técnica dos Blocos Corsi. Esta tarefa foi realizada isoladamente ou sob interferência de uma tarefa que sobrecarrega os recursos executivos (gerar verbalmente números entre 1 e 10, da forma mais aleatória possível, sem respostas estereotipadas do tipo enunciações de três em três, etc.). Os resultados mostraram que a condição de tarefa dupla ocasionou uma queda no desempenho em comparação à condição controle. Em outro experimento a memória para posições espaciais foi estudada comparando-se a apresentação simultânea e sequencial dos estímulos. Estas tarefas foram realizadas mediante interferência de uma tarefa que sobrecarrega o executivo central, mas que não continha um componente serial de processamento (ouvir e responder a tons apresentados em intervalos aleatórios). Os resultados replicaram os dados anteriores a respeito do envolvimento do executivo central no registro de uma sequência.

Evidências recentes também mostram que o registro de sequências espaciais demanda mais recursos executivos do que a manutenção de localizações espaciais apresentadas simultaneamente. No estudo de Burke, Allen e Gonzalez (2012) a recordação de blocos identificados por cores ou formas foi estudada em função da apresentação simultânea ou sequencial. O intervalo de retenção (0, 5 ou 10 segundos) e o número de localizações apresentadas (2 – 5) também foram manipulados. Os dados mostraram que os participantes acertaram menos e fixaram o olhar por mais tempo nas posições durante a recordação, quando estas foram apresentadas sequencialmente para memorização, indicando, assim, um esforço extra para a recuperação de sequências.

Para alguns autores a análise da direção de recordação da lista de Blocos Corsi pode explicar muito sobre como a representação de informações visuoespaciais sequenciais ocorre (Vandierendonck et al., 2004; Mammarella & Cornoldi, 2005). Na recordação direta o participante indica a posição serial dos itens que apareceram no começo da lista para o fim da sequência. Na recordação inversa a recordação é iniciada pelos itens que apareceram por último e, posteriormente, para o começo da lista. Vandierendonck e Szmalec (2003-2004) demonstraram que a interferência espacial específica durante a retenção da sequência acarreta um

efeito prejudicial no desempenho apenas da recordação direta quando a ordem é uma demanda da tarefa. Este efeito não acontece quando apenas o item é exigido para memorização.

Para aprofundar a análise dos fatores envolvidos na memória para os Blocos Corsi Vandierendonck et al. (2004) compararam a recordação direta e inversa em condições de interferência verbal, espacial e do executivo central durante a codificação da informação de sequências de diferentes tamanhos. A vantagem na capacidade da memória para recordação direta sobre a inversa é anulada quando a recordação inversa é praticada (efeito de treino). Os resultados mostraram ainda que um efeito da interferência verbal na recordação inversa sugere que a recordação direta é uma tarefa mais adequada para avaliar o esboço visuoespacial, pois não conta com o auxílio extra de recursos verbais. Esta observação vale, principalmente para estudos no contexto clínico (população com déficits de aprendizagem ou demências). Os dados mostraram, também, que a interferência espacial prejudicou o desempenho de modo geral, mas a interferência no executivo central prejudicou apenas sequências de tamanho intermediário e longo. Os autores concluem que para recuperar os itens espaciais na ordem em que apareceram os recursos específicos são suficientes para gerar a evocação. Entretanto, quando a capacidade de armazenamento do subsistema é ultrapassada recursos extras do executivo central são requisitados.

Vandierendonck et al. (2004) utilizaram a tarefa de geração do intervalo randômico como tarefa de interferência no executivo central. Nela o participante deveria pressionar uma tecla formando uma sequência imprevisível de intervalos entre os toques. Para os autores esta tarefa de interferência atencional está relacionada com as funções executivas de alternar entre processos e atualizar a informação. É provável que este seja um fator que tenha influenciado diretamente os efeitos da memória para ordem serial mencionados anteriormente.

Em estudo posterior, Szmalec et al. (2005) mostraram que o padrão de interferência de tarefas executivas na memória serial espacial não ocorre no nível do subsistema de armazenamento, mas sim diretamente no executivo central. Esta conclusão veio do resultado de que enquanto a supressão espacial (*tapping*) afetou mais a recordação direta do que a inversa, a supressão dos recursos executivos de seleção da resposta (tarefa de tempo de reação de escolha) afetou os dois tipos de

recordação da mesma maneira. Ou seja, o efeito de interferência espacial foi dissociado (diferente) do efeito de interferência no executivo central.

Szmalec e Vandierendonck (2007) obtiveram resultado semelhante aos dados anteriores (Szmalec et al., 2005) sobre a interferência executiva na memória serial espacial, mas agora se tratando de uma tarefa de interferência na atualização da representação — a tarefa de tempo de reação de escolha para um item anterior, ou como dito anteriormente, *one-back choice reaction time* (CRT-1). O participante deveria julgar se um tom auditivo era de alta ou baixa frequência, entretanto, deveria atrasar sua resposta em um item. Os autores sugeriram que a interferência na função executiva de atualização da informação atrapalha o acesso aos recursos do executivo central que fazem o "escaneamento" da representação sequencial espacial, prejudicando, assim, o desempenho da memória principalmente quando a capacidade de armazenamento do subsistema é ultrapassada. Esta questão não foi testada pelos autores para o material visual.

1.5.2 O armazenamento espacial em termos da dimensão passiva (configuração espacial) e ativa (ordem serial)

Vandierendonck e colaboradores (2004) sugeriram que a recordação inversa dos Blocos Corsi não é um bom procedimento para avaliação da memória serial, principalmente se utilizado em populações clínicas que demonstram déficits cognitivos gerais, pois poderá haver confusão de resultados. Apesar destas observações, Cornoldi e colaboradores (Mammarella & Cornoldi, 2005; Cornoldi e Mammarella, 2008; Mammarella et al., 2013) desenvolveram uma linha de pesquisa fundamentada em estudos com este tipo de tarefa comportamental. Por exemplo, Mammarella e Cornoldi (2005) investigaram a recordação direta e inversa dos Blocos Corsi em crianças com déficits de aprendizagem relacionada às habilidades visuoespaciais gerais e crianças com desenvolvimento típico. Os autores verificaram que o desempenho na recordação inversa é inferior ao da recordação direta para o primeiro grupo de crianças, concluindo, assim, que as duas versões da tarefa de Blocos Corsi não demandam os mesmos tipos de recursos. Para os autores o executivo central não participa da recordação inversa (porque a diferença direta vs inversa não foi verificada no grupo controle), mas recursos específicos espaciais influenciam o desempenho. Estes recursos podem estar comprometidos nas crianças com déficits na aprendizagem não-verbal, que têm dificuldade em reter um padrão espacial da sequência (representação da configuração global) (Garcia, Mammarella, Tripodi, & Cornoldi, submetido). No estudo de Cornoldi e Mammarella (2008), no qual foi feita uma análise comparativa de dois grupos de crianças, sendo um com baixas e outro com altas habilidades visuoespaciais, as hipóteses acerca de um prejuízo em manter um padrão espacial foram confirmadas. Os autores situaram o problema em termos do componente específico de armazenamento espacial, ao invés de influência do executivo central.

No estudo de Garcia et al. (submetido) foi utilizado um delineamento idêntico ao estudo de Mammarella e Cornoldi (2005), exceto pela substituição das tarefas de blocos Corsi pela recordação direta e inversa de localizações, cores e da conjunção localização-cor de uma sequência de informações. Neste estudo foram comparados o desempenho nas tarefas realizadas por crianças com desenvolvimento típico e crianças com déficits cognitivos (dislexia e déficits em habilidades não-verbais). Os resultados mostraram que as crianças com déficits em habilidades não-verbais apresentaram pior desempenho na recordação inversa de localizações, mas as diferenças entre grupos desaparecem nas tarefas de conjunção visuoespacial, o que denota algum nível de nomeação e recitação dos estímulos. Como mencionado anteriormente, é preciso analisar estes dados com ressalvas, pois, como mencionou Baddeley (2012), a avaliação de grupos com déficits neuropsicológicos que não sejam específicos é problemática, pois os dados podem ser explicados por falhas no cognitivo não descritas processamento ou mensuradas pelas tarefas comportamentais do estudo.

Em outro estudo Mammarella et al. (2006) buscaram identificar que elementos justificavam as diferenças de desempenho das crianças com déficits na memória visuoespacial. Através de um protocolo de testes de avaliação da memória de trabalho e de avaliações do desempenho escolar, os autores identificaram uma dupla-dissociação no processamento sequencial e simultâneo de informações espaciais, apontada pelo prejuízo seletivo em dois grupos de crianças. Em um grupo as crianças que demonstravam dificuldades em armazenar a ordem serial em que os itens foram apresentados não indicavam prejuízos em manter a posição de um item em uma configuração espacial apresentada simultaneamente. Em outro grupo de crianças o padrão de armazenamento era o inverso. Este resultado serviu para

fortalecer a hipótese de fracionamento do sistema visuoespacial em componentes, no sentido de dividir a memória visual entre um componente passivo e outro ativo.

Cornoldi e Mammarella (2008) interpretaram seus dados considerando uma nova formulação da arquitetura da memória de trabalho visuoespacial. Para estes autores a memória visuoespacial é dividida em subcomponentes, sendo que um deles seria passivo, e outro estaria relacionado com as tarefas mais complexas, que exigem controle da informação visuoespacial, ou seja, este componente possui propriedades de armazenamento (específicas) e de processamento (gerais, da atenção). Esta porção da memória relacionada a altas habilidades na memória sequencial poderia estar prejudicada nas crianças que obtiveram resultado inferior na tarefa de recordação inversa.

O estudo da divisão da memória visuoespacial em subcomponentes foi aprofundado em uma avaliação de uma amostra de adultos que realizaram versões simples e complexas de tarefas visuoespaciais (Mammarella, Borella, Pastore, & Pazzaglia, 2013). Através da análise da correlação entre as tarefas foi identificado um modelo teórico que melhor explicava a combinação de fatores. Foi sugerida uma divisão da memória em componentes, especializados nas seguintes informações: visual, espacial-simultânea, espacial-sequencial e visuoespacial complexa. Este último componente seria destinado à execução de tarefas que envolvem armazenamento e um processamento adicional de manipulação da representação. Os autores comentam que estes sistemas de memória dependeriam do envolvimento de recursos atencionais na tarefa e, também, do modo de apresentação dos itens.

Cornoldi e Mammarella (2011) defendem que a memória de trabalho visuoespacial é melhor caracterizada por um *continuum* de processos ao invés de entidades discretas para armazenamento de informações. Nesta perspectiva existem duas dimensões de informações. Na dimensão horizontal estão situados os processos de armazenamento passivo das informações verbais, visuais, espaciais e táteis. Em uma dimensão vertical estariam os processos ativos como os exigidos em tarefas complexas de capacidade (*complex span tasks*) que requerem a manutenção e processamento da informação. Na abordagem de Cornoldi e Mammarella (2011) a tarefa de memória para ordem serial poderia se encaixar na categoria "passiva", se apenas a ordem direta fosse demanda da tarefa. Entretanto, se for exigido um processo complexo, como a manipulação do conteúdo apresentado, modificando-o

continuamente (tarefa de atualização, por exemplo), esta seria uma tarefa espacial da categoria ativa.

Apesar de ser uma abordagem fundamentada em uma longa investigação sobre diferenças individuais, esta perspectiva é criticada por ser um modelo análogo ao modelo dos multicomponentes de Baddeley, pois no que tange à dimensão passiva, também divide a memória conforme a modalidade da informação (Quinn, 2012). Além disto, Cornoldi e Mammarella (2008, 2011) atribuem um status modal às instâncias superiores da cognição (processos executivos), mas estas sempre foram consideradas como independentes das características dos estímulos (Miyake et al., 2001; Quinn, 2012). Segundo Zimmer e Liesefeld (2011) a perspectiva de Cornoldi e Mammarella (2011) tem mais utilidade em termos de uma descrição minuciosa das características das tarefas em função da dependência de recursos executivos do que exatamente uma nova proposta para o conhecimento da arquitetura funcional da memória de trabalho.

A polêmica sobre o envolvimento de recursos executivos na memória serial espacial nos estudos que utilizam a recordação direta e inversa dos Blocos Corsi ainda não está resolvida. Se por um lado um grupo de pesquisadores sugere a participação de recursos executivos na memória para ordem serial espacial (Vandierendonck et al., 2004), por outro há pesquisadores que sugerem a divisão do componente visuoespacial em subcomponentes, sendo armazenamento da ordem serial (Mammarella et al., 2013). Os dados são inconclusivos, principalmente se considerar que algumas observações foram obtidas com procedimentos não recomendados para populações clínicas, que podem apresentar outros déficits - verbais, por exemplo, que não foram analisados nos estudos, mas que podem estar diretamente relacionados com a execução da tarefa (Vandierendonck et al., 2004). Além disto, como Hurlstone et al. (s.d.) comentaram, é possível que na recuperação inversa a recuperação dos últimos itens conte com um processo automático de recuperação, e a recuperação dos demais itens da lista dependa de um processo baseado em sucessivas recuperações diretas. Por isto, este método de recuperação inversa realmente não é um método confiável para o estudo da ordem serial.

1.5.3 A organização perceptual e a representação da ordem serial espacial

Além das ressalvas indicadas por Vandierendonck et al. (2004) a tarefa de blocos Corsi é frequentemente criticada como um método de avaliação da ordem serial por alguns motivos importantes. Em primeiro lugar, pode haver algum benefício de dicas perceptuais durante a observação da sequência, uma vez que todos os itens são visualizados durante a apresentação da lista. Além disto, o limite máximo de nove estímulos pode facilitar alguma nomeação dos blocos ao longo do experimento, ou mesmo um aprendizado de longo prazo da disposição destes itens no tabuleiro/tela, ou problemas de análise das repetições quando a sequência ultrapassa nove itens (Hurlstone et al., s.d.). Outra observação importante é que na tarefa de Blocos Corsi existe pouco controle das características espaciais das sequências apresentadas para memorização, o que implica em um viés na interpretação dos mediadores da representação da ordem serial espacial (Parmentier, Elford, & Maybery, 2005). Como Zimmer e Liesefeld (2011) afirmaram, o tipo de processamento depende do estímulo externo e, também da maneira como o participante mentalmente codifica a informação em termos espaciais, que pode ser em termos de configurações espaciais ou localizações absolutas. Logie (2011, p. 21) também compartilha deste argumento afirmando que "o que é importante na tarefa de memória é a natureza do processamento requerido para executar a tarefa, e não a modalidade de entrada (input) ou de resposta para a tarefa (output)".

Em função das dificuldades mencionadas em relação à tarefa de Blocos Corsi o emprego de diferentes tarefas para avaliar a questão da relação do executivo central com a memória serial espacial pode ser esclarecedor. A apresentação sequencial de pontos é para alguns pesquisadores uma tarefa mais versátil e adequada para avaliar a ordem serial do que a tarefa de Corsi (Hurlstone et al., s. d.). Neste procedimento pontos de determinada cor e tamanho são apresentados um por vez na tela, em localizações aleatórias, e após o último ponto ocorre um intervalo em que a tela permanece em branco. Neste momento o participante deve aguardar até que a tela de teste seja apresentada. Nela todos os itens reaparecem simultaneamente e o participante deve indicar a ordem que os pontos foram apresentados tocando-os em uma tela sensível ao toque ou por meio do ponteiro do mouse. Esta tarefa envolve diferentes configurações espaciais entre

as provas, impedindo nomeação arbitrária dos itens, como ocorre nos Blocos Corsi (Jones et al., 1995).

Farrand et al. (2001) identificaram em seu estudo com o emprego da tarefa de recuperação serial de pontos espaciais que na medida em que aumenta a quantidade de pontos para memorização há uma queda no desempenho, gerando mais erros de posição serial. Entretanto, o último item da lista é sempre resistente a esta queda de desempenho, gerando o efeito de recência tanto em listas curtas como longas, quando a demanda pela tarefa é a ordem serial ou apenas a localização espacial. A inserção de um item irrelevante no final da apresentação da sequência a ser memorizada eliminou o efeito de recência, seja quando este item irrelevante dividia ou não características perceptuais com os itens da sequência (mesma cor dos itens apresentados, ou não). Este efeito foi chamado de "efeito do sufixo" (Parmentier et al., 2004).

A hipótese explicativa mais razoável para o efeito do sufixo tratada por Parmentier et al. (2004) é a do deslocamento da atenção espacial. A atenção foi deslocada para o item irrelevante, fazendo com que ele fosse agrupado aos relevantes. Como o processo de recitação seria baseado na relação espacial entre os pontos apresentados, o desempenho da memória para o último item foi prejudicado, porque o sufixo foi recitado de modo integrado aos outros itens. Este efeito foi semelhante ao encontrado nos estudos de Smyth e Scholey (1994). O dado foi usado para corroborar a hipótese de que a organização perceptual, ou seja, o modo como os estímulos estão dispostos para codificação – diz mais sobre as diferenças de desempenho do que a distinção da memória em componentes de armazenamento (Parmentier et al., 2004).

A mesma conclusão a respeito de fatores atencionais e de organização perceptual foi afirmada por Tremblay, Nicholls, Parmentier e Jones (2005). Neste estudo estímulos irrelevantes foram intercalados com os itens que deveriam ser memorizados. Os dados mostraram um prejuízo na memória para todas as posições seriais (o chamado efeito sanduíche). Entretanto, houve diminuição deste prejuízo quando os itens irrelevantes eram mais distintos dos itens a serem memorizados em termos perceptuais (cores e formas diferentes). Os autores concluíram que a memória visual é suscetível à percepção, pois itens irrelevantes afetaram o registro de informações relevantes. Além disto, eles destacam o papel relevante da organização perceptual na representação da sequência espacial.

Parmentier et al. (2005) ampliaram o estudo dos fatores de organização perceptual envolvidos na memória para ordem serial ao identificarem que o cruzamento da trajetória formada pela apresentação sequencial dos pontos, o ângulo entre estes pontos e o tamanho desta trajetória são elementos críticos para o registro serial. Quanto mais complexa é a estrutura da sequência (mais cruzamentos, trajetórias maiores e ângulos pequenos formados entre pontos sequenciais) mais difícil é a tarefa. Ao invés de explicar estes dados com base em um processo de escaneamento da recitação, no qual sequências mais complexas são mais difíceis de serem atualizadas, os autores preferem defender uma hipótese explicativa em termos do processo de codificação. A tarefa que é mais complexa leva mais tempo para ser processada (codificada), ou seja, o deslocamento da atenção espacial entre uma localização e outra é maior (tamanho da trajetória) e o cruzamento da trajetória seria elemento adicional para tornar as localizações mais difíceis de serem distintas entre si.

A hipótese da organização da informação relacionada à codificação e não na recitação foi confirmada em estudo posterior (Parmentier & Andrés, 2006). Neste estudo o processo na codificação foi comparado ao que ocorre na recitação analisando a recuperação imediata (sem intervalo de retenção) e a atrasada (quando é forçado um processo de recitação) e nas condições de controle e de interferência espacial (quando se supõe haver uma interferência na recitação espacial). Os fatores de complexidade da sequência citados anteriormente afetaram o desempenho imediato da mesma forma que o desempenho atrasado. Além disto, os efeitos de cruzamento da trajetória foram idênticos na condição controle e de interferência espacial. Os autores interpretaram os resultados como evidência de que o padrão de desempenho da memória serial depende do processo de codificação e não na recitação das informações.

Ainda discutindo o desempenho da memória serial em termos de processos de codificação, Parmentier et al. (2006) estudaram a distância entre os pontos sequenciais em termos temporais e espaciais. Este delineamento foi inspirado nos dados de De Lillo (2004) que mostraram que o registro da sequência espacial conta com uma estratégia de organização hierárquica das informações baseada na proximidade espacial. Parmentier et al. (2006) indicaram que o tamanho da trajetória formada pela apresentação sequencial afeta o desempenho da memória serial e, adicionalmente identificaram um efeito de agrupamento espacial e temporal. Foi

sugerido que as listas são representadas na memória de maneira hierárquica, conforme grupos de categorias de informação. Nas condições experimentais por eles estudadas uma unidade superior seria representada por grupos espaciais, e dentro destes grupos os itens estariam aglomerados conforme a ordem temporal de apresentação. Este modo de representação foi identificado através da análise dos erros e das latências de resposta de recordação.

1.5.4 Mecanismos de recitação da ordem serial espacial: organização perceptual e movimentos oculares

Diferentemente de Parmentier et al. (2006), Tremblay, Saint-Aubin e Jalbert (2006) preferiram discutir o tema da organização dos estímulos em termos de processos de recitação, ao invés de situar o fenômeno como exclusivamente da codificação. Os movimentos oculares dos participantes deste estudo foram monitorados durante o intervalo de retenção de pontos apresentados sequencialmente. Os resultados indicaram que a probabilidade de respostas corretas de recordação em função da posição serial aumentou na medida em que aumentava a quantidade de fixações oculares nos estímulos, sugerindo aos autores que a ordem serial estava sendo recitada através dos movimentos oculares. A forma da curva serial (recência e primazia) não variou em função dos diferentes tipos de movimentos oculares (fixação em um, dois ou mais pares de estímulos). O desempenho da memória serial foi melhor quando os movimentos oculares eram restritos a apenas um dos pares apresentados em comparação à condição em que os movimentos oculares eram livres. O padrão geral da curva de posição serial foi idêntico para as condições de movimento ocular fixo e livre (recência e primazia marcantes). Os autores concluem que o movimento ocular participa da manutenção da sequência, embora não seja o único mecanismo responsável pela representação serial, já que o padrão da curva serial foi idêntico nas diferentes manipulações do movimento ocular.

Para esclarecer a influência dos movimentos oculares na codificação dos estímulos, em estudo posterior Saint-Aubin et al. (2007) monitoraram os movimentos oculares durante a apresentação da sequência de pontos a serem memorizados. Após o intervalo de retenção o participante clicava na tela em branco nas localizações em que julgava que os estímulos foram apresentados. Assim que

clicava na tela, um ponto aparecia indicando a localização apontada pelo participante. Além de isolar os efeitos de duração de fixação e duração de apresentação, os autores separaram as análises da memória para o item e para a ordem serial. A imposição de uma duração constante de fixação ocular para todas as posições seriais ocasionou um impacto benéfico no desempenho para a memória para o item, mas não para a ordem serial. Os dados mostraram, ainda, que quando o participante era livre para movimentar os olhos houve maior tempo de fixação nas localizações ocupadas por pontos previamente apresentados, em relação às localizações seguintes. Os autores concluíram que a dissociação item-ordem encontrada nos estudos com estímulos verbais também é verificada para material espacial. Há indícios de que o processo de recitação esteja relacionado à revisão encoberta dos itens. Em síntese, é sugerido que o tempo de fixação nos estímulos, bem como o padrão de desempenho característico de primazia ocorrem como subproduto do processo de armazenamento da sequência espacial.

Em estudo posterior Guérard et al. (2009) monitoraram os movimentos oculares no registro de uma sequência espacial adotando o procedimento de restrição destes movimentos durante a codificação e manutenção dos itens, bem como inserindo uma interferência verbal (supressão articulatória). Os dados mostraram que na condição controle (sem interferência) houve melhor recordação de sequências que formavam uma trajetória curta em comparação à longa. A restrição de movimentos oculares prejudicou igualmente o desempenho dos dois tipos de trajetória, independentemente se esta interferência ocorreu na codificação ou manutenção dos itens. Apesar de a supressão articulatória afetar de um modo geral a memória, ela não interferiu no efeito do tamanho da trajetória, que é a melhor recordação de trajetórias curtas em comparação às longas. Os autores interpretaram as evidências em termos de um processo de recitação, que ocorre, também, durante a apresentação dos itens. Para não ocorrer o esquecimento de um item que acabou de ser observado, ele deve ser imediatamente recitado. Estas afirmações estão alinhadas com o modelo de memória de trabalho, que conceitua a recitação como um processo de atualizar os itens mantidos na memória. Quanto mais tempo leva para "escanear" esta representação (espacial absoluta ou relativa), mais rápido será o decaimento representado na taxa de recordação.

Ratificando a questão de que o desempenho da memória serial espacial depende tanto de processos de codificação (organização perceptual) como de

recitação, Guérard et al. (2010) realizaram um procedimento no qual foram manipuladas a identidade dos estímulos, bem como a distância temporal entre eles. Ao destacar um item no tempo (aumentando a duração do intervalo entre um item e outro) ocorre uma facilitação da memória, melhorando o desempenho em comparação à quando os intervalos são aleatórios. Ao tornar o estímulo mais distinto quanto à sua identidade visual (cor e forma) em relação aos demais itens é ocasionada uma melhora na porcentagem de acertos para os itens do começo e do fim da lista, alterando, assim o perfil da curva de posição serial.

Apesar das diferenças entre os estudos quanto às interpretações dos dados, as pesquisas convergem para uma explicação das evidências sobre a memória serial espacial em termos de um mecanismo de representação da ordem serial. Este mecanismo dependeria das propriedades dos estímulos ou como eles são organizados na percepção (Parmentier, 2011), mas, seria gerido com recursos gerais da atenção (Klauer & Stegmaier, 1997; Rudkin et al., 2007; Guérard et al., 2009). Esta hipótese do uso de recursos executivos na memória para ordem serial espacial foi estudada por Davis, Rane e Hiscock (2013). Os autores compararam a recordação de localizações espaciais com a recordação de nomes. Estas tarefas foram realizadas mediante interferências espaciais e verbais. A análise mostrou similaridades nas curvas de posição serial entre as modalidades (recência e primazia), e evidentes efeitos de dissociação verbal-espacial identificados pelas interferências específicas das tarefas duplas: a tarefa espacial foi mais afetada pela interferência espacial do que verbal, e a tarefa verbal mais afetada pela interferência verbal do que espacial. Os autores interpretaram as semelhanças nas curvas de posição serial como evidência de que a ordem serial espacial é retida com recursos de domínio geral, e que, a priori, esta informação para ordem serial não faz parte de nenhum armazenador. Entretanto, ao ser formado um aglomerado de informação entre o item e a ordem serial (chunk), este conjunto está sujeito aos limites de capacidade daquele armazenador em específico, que no caso do estudo era espacial ou verbal.

As semelhanças no registro da ordem serial entre os componentes verbal e espacial não foram identificadas no estudo de Gmeindl et al. (2011). Os participantes deveriam recordar uma sequência espacial (blocos de Corsi) ou uma sequência de dígitos, na ordem em que foram apresentados, ou em qualquer ordem. Os dados mostraram que a exigência pela recordação da ordem afetou mais o desempenho na

tarefa espacial do que a tarefa verbal. Duas hipóteses foram abordadas pelos autores. O registro da ordem de eventos espaciais requer mais recursos executivos do que o registro da ordem serial verbal, ou existem mecanismos distintos para a manutenção da ordem espacial e verbal. Não é possível obter uma conclusão clara sobre estas hipóteses porque alguns fatores não foram padronizados, como por exemplo, a saliência dos estímulos verbais em comparação aos espaciais, e possíveis diferenças nos estímulos que pudessem guiar diferencialmente os recursos atencionais durante a codificação, manutenção ou recordação das informações.

Há uma tendência dos estudos citados em indicar um mecanismo geral de armazenamento da ordem serial espacial dependente de recursos executivos, embora ainda não haja clareza da especificidade destes recursos. O mecanismo de armazenamento da ordem serial no esboço visuoespacial não é bem especificado porque poucos estudos fizeram a comparação entre a representação sequencial visual e espacial.

Síntese

A Tabela 1 apresenta um resumo de alguns estudos sobre a memória para ordem serial visual e espacial. É possível identificar que os autores seguem pressupostos teóricos contrastantes, utilizam diferentes paradigmas experimentais e se baseiam em diferentes medidas para estudar a ordem serial visual e espacial, o que inviabiliza uma comparação precisa dos mecanismos de registro de ordem serial para estes dois tipos de informações. Seria útil a convergência de paradigmas para identificar que processos cognitivos são compartilhados para o armazenamento de sequências visuais e espaciais.

Tabela 1. Resumo do delineamento experimental e das principais conclusões de alguns estudos sobre a ordem serial visual e espacial

ESTUDO	ESTÍMULO	DELINEAM.	MEDIDA	EFEITOS	CONCLUSÕES			
VISUAL								
Andrade et al., 2002	Matrizes	Recordação e reconhecimento	Acertos e tempo de resposta serial	Recência no reconhecimento	O efeito de recência foi utilizado para ratificar que a tarefa empregada no estudo era tipicamente visual			
Avons, 1998	Matrizes	Recordação e reconhecimento	Acertos e erros (probl. condicional-pos. serial)	Recordação: recência e primazia/Reconhecimento: recência negativa	Curva de posição serial na forma de arco é obtida quando a ordem é demanda da tarefa			
Avons e Mason, 1999	Matrizes (similarid.)	Record./reconhecimento	Erros por posição serial	Similaridade afeta ordem	Mecanismo único para memória para ordem serial.			
Jalbert et al., 2008	Cores (similarid.)	Recordação da ordem e da localização das cores	Acertos por posição serial. Erros (distância da posição correta)	Similaridade visual prejudica memória para ordem e localização dos estímulos. Distribuição dos erros de ordem serial é diferente de localização espacial	A dimensão temporal e espacial parecem dividir as mesmas características, entretanto, o registro da ordem serial pode contar, também, com outros recursos além dos específicos de armazenamento			
Poirier et al., 2007	Objetos e matrizes (similarid.)	Tarefa dupla verbal	Acertos por posição serial	Similaridade afeta a memória para ordem	Codificação de múltiplos atributos dos estímulos na memória			
Logie et al., 2000 (exp.3,4)	Letras (similaridade)	Recordação através da produção escrita	Acertos por posição serial	Similaridade visual ocorre independentemente da posição serial	O registro do item é diferente do registro da ordem.			
Saito et al., 2008	Caracteres (similaridade)	Recordação através da produção escrita	Acertos para item e ordem serial.	Silimaridade visual afeta a ordem serial.	Item e ordem são armazenados pelo mesmo sistema, mas sustentados por processos distintos.			
Ward et al., 2005	Faces e pseudopalavras	Recordação e reconhecimento	Acertos por posição serial	Recordação: recência e primazia. Reconhecimento: recência. Efeitos ocorrem independentemente do tipo de estímulo	Diferenças nas curvas de posição serial justificadas por diferenças nos paradigmas experimentais ao invés de multicomponentes de memória			
Avons et al., 2004	Matrizes	Reconhecimento do item e da ordem	Acertos por posição serial	Recência acentuada pelo aumento da quantidade de itens	Modelos de ordem serial: (a) vetores; (b) discriminabilidade; (c) sinal temporal; (d) primazia			
Frick (1985)	Letras (seq. ou simult.)	Recordação	Erros de confusão visual das letras	Diferenças dos tipos de erros conforme o modo de apresentação dos itens.	Conclui pela separação item-ordem na memória visual.			
Smyth et al., 2005	Faces (similaridad.)	Recordação ordem serial	Acertos por posição serial	Recência e primazia	Mecanismo comum de registro de ordem serial			
Johnson e Miles, 2009	Odores, faces e tons auditivos	Reconhecimento de item	Acertos por posição serial, erros	Efeito do tipo de estímulo. Erros de posição serial semelhantes entre os estímulos	Concluem por um mecanismo comum de ordem serial para os diferentes estímulos			
Gorgoraptis et al., 2011	Barras coloridas (seq. ou simult.)	Recordação da orientação espacial das barras	Erros (desvio angular em relação ao último item apresentado)	Maior custo da resposta para apresentação sequencial, mais erros para itens iniciais e quando há aumento da quantidade de itens.	Atualização da conjunção de características			
Amiez e Petrides (2007)	Desenhos abstratos	Reconhecimento de item e da ordem relativa	Acertos e tempo de resposta. Imagem cerebral	Efeito de recência. Ativação áreas do substrato neural da atenção	A memória para ordem serial visuoespacial depende de recursos executivos			
Van der Meulen et al. 2009	Letras	Recordação. Tarefas duplas.	Proporção de acertos por prova (item e ordem)	Memória para forma das letras, e não para a ordem, é afetada por tapping	Há um sistema recitador espacial que atualiza a sequência visual, mas não mantém a ordem serial			
Borst et al., 2012 (exp. 1)	Letras	Recordação. Tarefas duplas	Proporção de sequências corretamente recordadas	Memória para forma das letras, e não para a ordem, é afetada por tapping	A configuração espacial do tapping foi armazenada no sistema visual, afetando a memória para a aparência.			

... continuação

ESTUDO	ESTÍMULO	DELINEAM.	MEDIDA	EFEITOS	CONCLUSÕES				
ESPACIAL									
Smyth e Scholey, 1994	Blocos Corsi	Tarefas duplas	Capacidade	Pior desempenho quando na tarefa secundária deveria ser indicada a direção de um estímulo	Concluem pelo fator "atenção espacial" na memória serial				
Smyth e Scholey, 1996	Blocos Corsi e retângulos	Recordação da ordem serial	Acertos e erros por posição serial e capac.	Recência e primazia. Erros de posição serial semelhantes entre as modalidades	Concluem por um mesmo mecanismo de memória para ordem serial				
Klauer e Stegmaier, 1997	Blocos Corsi	Tarefas duplas	Capacidade	Tarefas de decisão binária afetam o desempenho	Concluem pela participação de recursos executivos na memória serial				
Rudkin et al., 2007	Blocos Corsi (seq. ou simult.)	Tarefas duplas executivas	Capacidade	A divisão de recursos executivos afeta o desempenho da memória para ordem serial (apresentação sequencial)	As tarefas de memória para a ordem serial visuoespacial demandam recursos do executivo central				
Burke et al., 2012	Blocos identificados por cores ou formas (seq. ou simult.)	3	Acertos e tempo de fixação do olhar na recordação	Menor taxa de acertos e maior tempo de fixação nas posições quando a apresentação foi sequencial	A natureza do estímulo e o modo como ele é representado determinam o desempenho da memória (fatores atencionais e de manutenção afetando o desempenho)				
Vandierendonck e Szmalec , 2003- 2004	Blocos Corsi	Recordação de item e da ordem direta vs. inversa. Tarefa dupla espacial	Capacidade (maior tamanho de sequência de acertos de ordem serial em duas de três provas)	Recordação da ordem serial é mais afetada na condição de tarefa dupla, recordação direta	O esboço visuoespacial faz e mantém a conjunção item-ordem				
Vandierendonck et al., 2004	Blocos Corsi	Recordação da ordem direta vs. inversa. Tarefas duplas	Capacidade (acertos: quando no mínimo duas das quatro sequências daquele tamanho foram recordadas corretamente)	Efeito de interferência verbal na recordação inversa (uso de código verbal). Interferência espacial afeta memória em geral. Interferência executiva prejudica sequências de tamanho intermediário e longo	Quando a capacidade do armazenador é extrapolada, recursos do executivo central são recrutados para manter a ordem serial dos eventos espaciais				
Szmalec et al., 2005, exp. 2	Blocos Corsi	Recordação da ordem direta vs. inversa. Tarefas duplas	Capacidade (proporção de estímulos recuperados na ordem relativa correta: coeficiente tau)	A interferência espacial afetou mais a recordação direta que inversa e a executiva prejudicou igualmente os dois tipos de recordação	A interferência executiva dividiu os recursos de seleção da resposta, afetando o desempenho, ou seja, a interferência verificada ocorreu no nível do executivo central				
Szmalec e Vandierendonck, 2007, exp 3	Blocos Corsi	Recordação da ordem direta vs. inversa. Tarefas duplas	Capacidade (proporção de estímulos recuperados na ordem relativa correta: coeficiente tau)	A interferência espacial afeta mais recordação direta que inversa. A interferência na função de atualização (tar. dupla CRT-1) afeta recordação direta e inversa da mesma maneira	A tarefa de tempo de reação de escolha para um item anterior é uma tarefa que interfere na função executiva de atualização de informações, e não ocupa recursos específicos espaciais, e sim do executivo central				
Mammarella & Cornoldi, 2005	Blocos Corsi	Recordação da ordem direta vs. inversa	Capacidade	Crianças com déficits em habilidades não- verbais apresentam prejuízos no desempenho da recordação espacial inversa em comparação ao grupo controle	Record. direta e inversa não medem os mesmos processos. A inversa requer um processamento espacial-simultâneo que é prejudicado em crianças com déficits em habilidades não verbais				
Garcia et al.,submetido	Cores	Rec.direta e inversa. Caract. isoladas e integradas	Porcentagem geral de respostas corretas	Crianças com déficits desempenham pior na memória inversa. Sem diferenças entre grupos para conjunção cor-localização	Diferentes processos na recordação espacial direta e inversa, e na memória para isoladas vs. integradas				

... continuação

ESTUDO	ESTÍMULO	DELINEAM	MEDIDA	EEEITOS	CONCLUSÕES				
ESTUDO	ESTIMULO	DELINEAM.	MEDIDA	EFEITOS	CONCLUSUES				
ESPACIAL									
Farrand et al., 2001	Pontos	Recordação do item e da ordem serial	Acertos por posição serial	O aumento do tamanho da sequência ocasiona queda no desempenho. Efeito de recência	O paradigma experimental direciona o desempenho. Único mecanismo de ordem				
Parmentier et al., 2004	Pontos	Item irrelevante após apresentação da sequência	Acertos por posição serial	Efeito sufixo: item irrelevante no final da lista elimina o efeito recência	O agrupamento de informações codificadas em uma sequência é um processo comum às diferentes modalidades de informação				
Tremblay et al., 2005	Pontos coloridos	Estímulos irrelevantes intercalados com relevantes	Acertos por posição serial	Efeito sanduíche: decréscimo no desempenho para todas as posições seriais intercaladas por itens irrelevantes em comparação ao controle. Prejuízo diminui com aumento distintividade	Tanto fatores atencionais quanto a organização perceptual influenciam a recordação da ordem de eventos visuoespaciais				
Parmentier et al., 2005	Pontos	Manipulação das características da trajetória espacial	Acertos por posição serial e tempo de resposta	Quanto mais complexa é a estrutura da sequência, mais difícil é a tarefa	A informação transicional (aspectos resultantes da apresentação sequencial) é mediadora da memória para ordem serial				
Parmentier & Andrés, 2006	Pontos	Recuperação imediata, atrasada. Interferência espacial	Respostas corretas	Interferências afetaram da mesma maneira a recordação imediata e atrasada	Concluem pela importância dos fatores perceptuais (codificação) no armazenamento da ordem serial espacial				
Parmentier et al., 2006	Pontos	Distância temporal e espacial entre estímulos	Acertos por posição serial. Erros de posição serial	Efeito de agrupamento temporal e espacial	Organização hierárquica da informação serial				
Tremblay et al., 2006	Pontos	Monitoramento dos movimentos oculares	Acertos por posição serial	Efeito benéfico do tempo de fixação nos estímulos. Recência e primazia não variam em função do padrão de movimentos oculares	Os movimentos oculares são utilizados para recitar a informação espacial serial (recitação encoberta das informações)				
Saint-Aubin et al., 2007	Pontos	Restrição dos movimentos oculares durante a codificação	Acertos e erros por posição serial e duração da fixação do olhar por posição serial	Impor duração constante de fixação ocular ocasionou um impacto benéfico no desempenho para a memória para o item, mas não para a ordem serial	Dissociação item-ordem. Os movimentos oculares recitam as características dos estímulos, e não as propriedades referentes ao armazenamento da ordem serial				
Guérard et al., 2009	Pontos	Restrição dos movimentos oculares. Interferência verbal	Respostas corretas	Não há diferença no padrão de desempenho entre restringir os movimentos oculares na codificação ou manutenção	Recitação espacial através de movimentos oculares ocorre na codificação e manutenção				
Guérard et al., 2010	Pontos pretos e em escala de cinza	Isolamento temporal e da percepção de características	Acertos por posição serial	Tanto isolamento temporal quanto tornar o item mais distinto dos demais estímulos ocasiona melhora no desempenho	Itens são associados a um sinal do contexto. Quanto mais distintos os itens são, melhor são recuperados				
Davis et al., 2013	Nomes e localizações	Interferências espaciais e verbais	Capacidade. Acertos por posição serial	Similaridades entre as curvas de posição serial dos estímulos (recência e primazia)	Dissociação verbal-espacial				
Gmeindl et al., 2011	Dígitos e Blocos Corsi	Recordação dos itens ou da ordem	Capacidade. Acertos por posição serial. Erros de posição serial	A exigência pela recordação da ordem afetou mais o desempenho na tarefa espacial do que a tarefa verbal	A conjunção item-ordem ocorre de maneira dissociada para a informação espacial e verbal. Diferentes tipos de conjunção				

1.6 Modelos teóricos sobre a memória para ordem serial

Hurlstone (2010) realizou uma série de estudos de modelagem computacional e comportamentais para comparar a recordação de sequências visuais e espaciais. O objetivo deste estudo era elucidar os princípios subjacentes à representação da ordem serial visual e espacial na memória de trabalho. Com base nas semelhanças do padrão de erros nas tarefas visuais e espaciais e nas simulações computacionais realizadas, Hurlstone (2010) sugeriu que a combinação dos seguintes mecanismos seria a abordagem mais adequada para a representação de sequências não-verbais: fila competitiva, marcador de posição, gradiente de primazia, supressão da resposta e a interferência da evocação.

No modelo da fila competitiva (Figura 4) duas camadas de representação operam em interação: uma de planejamento paralelo e outra de escolha competitiva, sendo que em cada uma existem pontos nodais ("nós") que representam cada item do conjunto. Na recuperação da sequência ocorre a ativação dos itens na camada de planejamento. Todos os elementos são ativados em paralelo, entretanto, haverá diferença no nível relativo de ativação destes pontos. Aquele item que tiver maior força de ativação terá maior prioridade na etapa seguinte. Em uma segunda etapa os pontos nodais da camada anterior projetam-se para a segunda camada (da escolha competitiva) onde ocorrerá um processo no qual cada ponto produzirá uma auto-ativação e inibição dos pontos competidores da mesma camada. O resultado é que o "nó" que tiver maior ativação será escolhido para recordação. Após isto, haverá um sinal de feedback que inibirá a representação correspondente deste "nó" escolhido na camada anterior (de planejamento). Este processo de seleção e inibição continua repetidas vezes até que todos os itens sejam escolhidos. O resultado será a recuperação dos itens em função da ordem de ativação (gradiente) que ocorreu na camada de planejamento (Figura 4). Os erros de recordação ocorrem pela perturbação em alguma das etapas deste mecanismo. Como exemplo, em listas longas é muito provável a ocorrência de erros concentrados no final da lista, porque o grau de ativação destes itens é menor em comparação aos demais da lista (Bullock & Rhodes, 2003).

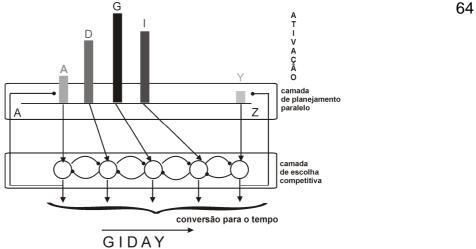


Figura 4. Modelo da fila competitiva sobre a memória para a ordem serial de uma sequência de estímulos verbais. Os traços que terminam em setas representam a ativação de itens e os traços que terminam em pontos significam inibição do sinal dos itens adjacentes aos que foram ativados. As barras em tons de cinza representam o grau de ativação de cada item (adaptado de Bullock, 2004)

Muitos modelos teóricos são derivados desta premissa da fila competitiva, mas discordam, em geral, em dois aspectos. Primeiramente, sobre o modo de ativação dos itens. Pode ser gerada uma única ativação, que tem como resultado correspondente melhor recordação dos itens iniciais da lista (gradiente de primazia). Por outro lado, a ativação pode ser modulada por um sinal temporal que indica as posições seriais (marcador de posição). Em segundo lugar, há discordância sobre o processo de seleção dos itens, mais precisamente de como ocorre a dinâmica de seleção e inibição dos itens na produção da resposta (supressão da resposta) (Hurlstone, 2010).

Hurlstone et al. (s.d.) sugerem que o mecanismo da fila competitiva tem correspondência com o funcionamento dos componentes de armazenamento verbal (laço fonológico) e visual (esboço visuoespacial) e está subjacente a todas as tarefas de representação e aprendizagem sequencial. Esta afirmação advém das evidências de similaridades nos efeitos de recordação de sequências das diferentes modalidades, que geram curvas de posição serial com recência e primazia características, além de padrão de erros similares (Ward et al., 2005). Os pontos em comum entre os sistemas de armazenamento e o uso geral de recursos executivos não necessariamente revelam a existência de um único componente de armazenamento, mas, sim que o problema da ordem serial é resolvido da mesma maneira para os diferentes subsistemas (Hurlstone et al., s. d.). Para Baddeley (2012) esta última hipótese seria uma explicação mais plausível para a memória serial, pois, em termos evolutivos um mesmo tipo de mecanismo serviria a diferentes armazenadores. Bullock e Rhodes (2003) já haviam mencionado o valor adaptativo de um mecanismo de ordem serial, que foi posteriormente descrito em termos das redes neurais envolvidas no processamento de sequências (Bullock, 2004).

A perspectiva na qual a representação dos itens na sequência é ativada em paralelo e esta representação é convertida em resposta serial (recordação) por seleções consecutivas dos itens mais ativos ao longo do tempo se adéqua ao modelo dos multicomponentes da memória de trabalho, pois admite a distinção entre o armazenamento das características dos estímulos e o registro da posição serial destes itens na sequência. Além disto, admite um mecanismo ativo de recordação da ordem serial. Assim, há correspondência do mecanismo de fila competitiva com os conceitos de subcomponentes de armazenamento e a relação funcional destes com o executivo central (Hurlstone, 2010).

A função de atualização de informações do executivo central – definida como o processo de modificar continuamente a representação na memória, conforme a entrada de novas informações no sistema cognitivo – poderia subsidiar o processo de ativação e de escolha dos itens no mecanismo de fila competitiva? Em outras palavras, a função de atualização seria o elemento de controle subjacente ao mecanismo de fila competitiva? Através das afirmações de Bullock e Rodhes (2003) pode-se supor que esta hipótese seja conveniente. Segundo os autores, o mecanismo de fila competitiva seria, sim, governado pela atenção, uma vez que, através de um mapeamento da saliência dos estímulos o item mais ativo é recordado em primeiro lugar. Em seguida, a atenção é direcionada para o próximo item mais ativo e suprime o item recordado da fila de recordação. Desta forma, o estudo da relação entre a função de atualização das informações e o mecanismo de recordação da ordem serial visuoespacial é justificado pelo conjunto de evidências que sugerem uma convergência no funcionamento destes elementos na memória de trabalho e, como consequência, pela importância em conhecer o modo de funcionamento destes mecanismos e a relação destes com o comportamento complexo.

Na abordagem do marcador de posição os itens seriam associados a alguma representação contextual da posição serial. Uma vez que esta representação é aproximada, a representação de itens vizinhos pode se sobrepor, gerando, por isto, erros de recordação da ordem serial. Este código da posição serial

pode ser considerado em um sinal absoluto, relativo ou temporal, ou seja, "este tipo de modelo compreende um mecanismo de ordem dinâmico, que modula a ativação ao longo do tempo (Hurlstone et al., s.d., p. 31). O sinal absoluto diz respeito à vetores que indicam a posição do item em um *continuum*, com estes vetores sendo apontados para o começo ou fim da sequência. Este sinal muda constantemente, à medida que novos itens são adicionados à sequência. No sinal relativo os itens são codificados com base a um marcador do começo da lista e outro do final da lista, e, como consequência, as posições do meio da lista possuem menor força de ativação. O sinal temporal refere-se à uma oscilação no contexto que tem um valor específico, ou seja, cada item da sequência será identificado por uma frequência específica de oscilação deste sinal (Hurstone, 2010).

Na perspectiva do gradiente de primazia (*Figura 5*) o mecanismo de ordem é estático, gerando apenas um gradiente de ativação ao longo da lista. O primeiro item tem mais força de ativação, e esta decresce ao longo da apresentação dos itens (Page & Norris, 1998). A maioria dos modelos de memória para ordem serial admite um gradiente de primazia. No modelo de fila competitiva, por exemplo, a recordação dos itens seguiria este nível de ativação em função do primeiro item da lista, e assim que é recordado, este estímulo é suprimido na resposta para não interferir na recordação dos demais eventos.



Figura 5. Representação do grau de ativação em um modelo de primazia da memória para a ordem serial (adaptado de Page e Norris, 1998)

A noção de supressão da resposta é baseada em um sinal de *feedback* que é direcionado para a camada de ativação dos itens, suprimindo o item recordado, ou seja, é um mecanismo de inibição contingente à resposta. Este processo contribuiria com o efeito de recência, porque a supressão dos itens da lista depende da proporção de itens que já foram recordados. Nos estudos comportamentais a supressão da resposta é verificada através da dificuldade em recordar um item que foi apresentado mais de uma vez na sequência. Sugere-se que esta supressão da

resposta não está sob controle voluntário, ou seja, ela ocorreria de maneira automática (Hurlstone, 2010).

A interferência da evocação (*output interference*) ocorre porque a ação de recordar um item interfere na representação dos itens que ainda não foram recordados. O efeito de primazia seria parcialmente explicado por este mecanismo.

Hurlstone (2010) demonstrou que uma combinação destes mecanismos seria a melhor forma para explicar como a ordem serial de itens visuais e espaciais é mantida na memória. Ele demonstrou, também, a correspondência desta interpretação teórica com o modelo dos multicomponentes da memória de trabalho de Baddeley (2007). Sugere-se que o problema da ordem serial seja resolvido da mesma maneira para todos os subcomponentes de armazenamento. Os recursos executivos estariam relacionados com um processo de ativação da sequência e de produção da resposta. Entretanto, é preciso especificar a natureza destes recursos executivos, admitindo que eles sejam fracionados em funções. A hipótese é a de que a função de atualização de informações teria um papel fundamental neste processo.

1.7 Questões de pesquisa do estudo

O envolvimento do executivo central no registro da ordem serial ainda não está completamente esclarecido. Mais especificamente, não é conhecido o papel da função executiva de atualização de informações na memória para ordem serial. Não se sabe de que maneira estes recursos favorecem os mecanismos de representação responsáveis pelos efeitos de primazia, recência e pelo padrão de erros característico das tarefas de memória para ordem serial. Também é preciso identificar possíveis diferenças entre a memória serial espacial e visual no que tange à participação de recursos executivos de atualização da informação, ou seja, é preciso verificar se existe uma dissociação visual-espacial no uso de recursos executivos, seja quando os limites de capacidade de armazenamento são considerados, ou não. O presente estudo se ocupa destas questões de pesquisa.

2. Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Verificar o envolvimento da função executiva de atualização de informações na representação da ordem serial de eventos visuais e espaciais quando o subsistema de armazenamento está operando dentro e fora dos limites da capacidade de armazenamento.

2.2 Objetivos Específicos

- Comparar o desempenho da memória para ordem serial visual com a memória para ordem serial espacial;
- Examinar o envolvimento de recursos do executivo central na representação da ordem serial;
- Analisar o papel da função executiva de atualização de informações na representação da ordem serial visual e espacial;
- Identificar se o envolvimento da função executiva de atualização de informações na memória para ordem serial visual e espacial depende da carga de memória do componente visuoespacial.

3. Delineamento experimental

O estudo foi composto por dois experimentos. O primeiro teve como objetivo avaliar o envolvimento da função executiva de atualização de informações na memória para ordem serial visuoespacial na condição em que o subsistema estivesse operando dentro dos limites da capacidade de armazenamento. No segundo experimento pretendeu-se estudar o desempenho da memória serial quando o sistema estivesse operando fora dos limites de armazenamento.

Para alcançar os objetivos foi adotado um procedimento no qual no primeiro experimento os participantes realizaram uma etapa pré-teste de identificação da capacidade individual de cada participante para representação da ordem serial visual e espacial. Cada participante realizou as provas experimentais memorizando sequências que estivessem de acordo com sua capacidade máxima individual para armazenamento daquele conteúdo (visual e espacial). No segundo experimento todos os participantes recordavam sequências de três, quatro, cinco, seis e sete itens visuais e espaciais. Nas duas condições experimentais o envolvimento da função executiva foi estudado por meio do paradigma de tarefas duplas, em que durante a apresentação e manutenção dos itens visuais e espaciais os participantes realizavam tarefas executivas, ou não. Foram delineadas duas tarefas executivas, sendo uma de natureza inespecífica, e uma destinada a suprimir os recursos de atualização da informação (*Figura 6*).

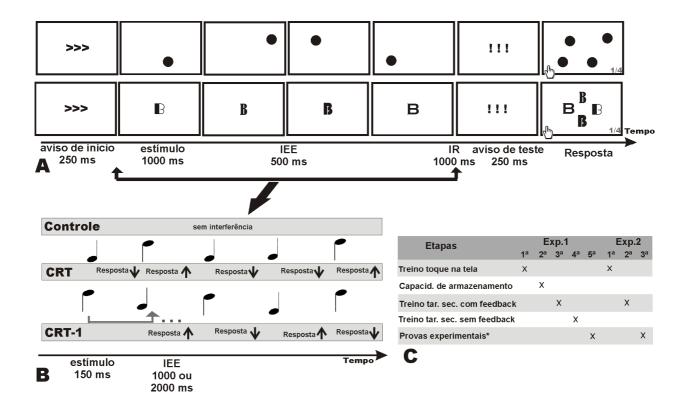


Figura 6. Sequência de eventos das tarefas comportamentais nos experimentos 1 e 2. (A): tarefas primárias de memória; (B): tarefas secundárias; (C): etapas dos experimentos; (IEE): intervalo entre estímulos; (IR): intervalo de retenção; (CRT): tarefa de tempo de reação de escolha; (CRT-1): tarefa de tempo de reação de escolha para um item anterior; (): tom de baixa frequência; (): tom de alta frequência; (\frac{1}{2}): resposta 'baixa frequência'; (\frac{1}{2}): resposta alta frequência; (*): no experimento 1 a quantidade de itens para memorização nas tarefas primárias dependeu da capacidade individual de armazenamento para cada modalidade de estímulo. No experimento 2 os participantes observaram sequências de 3 a 7 itens, nas tarefas visuais e espaciais.

Os dados dos dois experimentos foram analisados por meio das seguintes medidas: porcentagem geral de respostas corretas; porcentagem de respostas corretas em função da posição serial do item; e porcentagem de respostas erradas segundo quatro categorias (adiantar ou atrasar a resposta uma ou duas posições). As tarefas secundárias também foram estudadas segundo a porcentagem geral de acertos e o tempo de reação para as respostas corretas.

A porcentagem de respostas corretas na tarefa principal em função da posição serial gera uma curva de posição serial. Segundo Ward et al. (2005) a curva característica para a recordação de uma sequência visual é de primazia estendida (primeiro e segundo itens mais bem recordados que os itens do meio da lista) e recência restrita a um item (último item mais bem recordado que os itens do meio da

lista), com redução do desempenho com listas longas. A memória para uma sequência espacial apresenta um padrão de curva de posição serial caracterizado por primazia e recência, com queda geral no desempenho conforme a presença de cruzamentos da trajetória formada pela sequência de apresentação dos estímulos espaciais (Parmentier et al., 2005).

Outro modo de acesso à memória para ordem serial é através do estudo dos erros de posição serial cometidos na recordação. Como mencionado anteriormente, estes erros são chamados "erros de transposição" e são as trocas de posição serial que o participante comete na recuperação da informação. Supõe-se que o padrão da curva que expressa o gradiente de transposição durante a realização das provas sob interferência da tarefa CRT-1 seja diverso do observado na condição controle.

A diferença de padrões (taxa de acertos, curva de posição serial e gradiente de transposição) poderá indicar que o registro das sequências visuoespaciais conta com recursos do executivo central (diferença entre controle e CRT), mas que é mais prejudicado quando a função de atualização é suprimida (diferença entre CRT e CRT-1). A comparação das curvas de posição serial quando a tarefa é realizada dentro e fora dos limites de armazenamento do subsistema dará pistas sobre o mecanismo de interação de recursos executivos de atualização e recursos específicos de armazenamento (diferença entre o desempenho CRT-1 e as condições controle e CRT).

4. Experimento 1

O objetivo do primeiro experimento foi verificar o envolvimento dos recursos de atualização da informação na representação da ordem serial visual e espacial, quando o subsistema de armazenamento opera dentro dos limites de capacidade de registro. Uma hipótese do experimento 1 foi que se recursos de atualização da informação advindos do executivo central estivessem envolvidos na memória para ordem serial visual e espacial, seria esperado que a realização de uma tarefa secundária executiva de atualização (CRT-1) interferisse mais na recordação da ordem em que os eventos foram apresentados em uma sequência do que uma tarefa executiva que não envolvesse atualização (CRT) e do que na condição em que não existisse interferência (controle). Adicionalmente, se existisse uma dissociação visuoespacial no uso de recursos do executivo central na memória para ordem serial, a tarefa CRT-1 afetaria diferencialmente o desempenho nas tarefas primárias de memória. A realização da tarefa primária dentro dos limites de capacidade individual garantiu que os resultados foram decorrentes do emprego de recursos específicos do armazenador e não por um acesso prévio a recursos gerais.

Como a capacidade de armazenamento foi controlada no presente experimento, ocorreu uma fase inicial na qual os participantes foram nivelados quanto à sua capacidade individual máxima de armazenamento para os eventos visuais e espaciais apresentados. Para isto, foi adotado uma variação do procedimento empregado por Rudkin et al. (2007), descrito posteriormente.

Todos os procedimentos experimentais foram aprovados por Comitê de Ética da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto,SP, da Universidade de São Paulo (**Anexo A**) e estão em conformidade com as normas do Conselho Nacional de Saúde, conforme Resolução CNS n.º 196 de 10 de outubro de 1996. Antes de realizarem o experimento, todos os participantes assinaram duas vias de um termo de consentimento livre e esclarecido (**Anexo B**), sendo que uma via foi entregue ao participante e outra arquivada pela pesquisadora.

4.1 Método

4.1.1 Participantes

Participaram 23 estudantes universitários (13 mulheres), destros, com visão e audição normais ou corrigidas, média de 24 anos de idade (DP = 4). Todos os participantes foram testados individualmente, e foram ressarcidos em dez reais pela participação.

4.1.2 Materiais

A coleta de dados ocorreu em uma sala equipada com um microcomputador com configuração compatível com a execução do software E-Prime, versão 2.0 (Schneider, Eschman & Zuccolotto, 2009), cujo monitor de vinte e três polegadas era sensível ao toque (marca Acer T230H). Um fone de ouvido da marca Donner DR foi ligado a este computador. O experimento ocorreu em uma sala do laboratório de Psicologia Cognitiva da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto-SP, Universidade de São Paulo, com condições de iluminação e som controladas, sendo a coleta realizada individualmente, sempre na presença da pesquisadora.

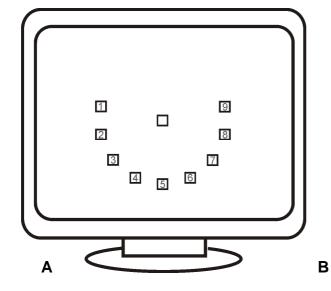
Todos os estímulos foram apresentados na tela do computador, em uma resolução de 1024 x 768 pixels. Estes estímulos foram apresentados em preto (0,92 cd/m²) sobre o fundo branco (70 cd/m²) da tela, a uma distância de cerca de 50 cm do participante.

4.1.2.1 Estímulos visuais

Os estímulos visuais foram 21 letras em 14 diferentes fontes gráficas (padrões visuais com forma) (40 x 40 pixels) (*Figura 7*). Este tipo de estímulo foi escolhido para evitar o acesso semântico-verbal do conteúdo observado (Darling et al. 2009; Santana & Galera, s. d.). Na fase de memorização os estímulos apareciam sempre no centro da tela, um por vez. Na fase teste os estímulos apareciam simultaneamente em localizações pseudo-aleatórias na tela (*Figura 8*).

BCDFGHJKLMNPQRSTVWXYZ

Figura 7. Estímulos da tarefa de memória visual



Sequência	ia Posições ocupadas					
(itens)	pelos estímulos-teste*					
3	4, 5, 6					
4	4, 5, 6, 7					
5	3, 4, 5, 6, 7					
6	3, 4, 5, 6, 7, 8					
7	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8					
8	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9					
9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9					
*coordenadas em	pixels: 1(267,440); 2(267,328);					
3(315,226); 4(404	,155); 5(512,130); 6(622,155);					

7(711,225); 8(760,328); 9(760,439); centro(512,384).

Figura 8. Localização dos estímulos da tarefa visual na tela do computador (A) durante a fase de memorização (representado pelo quadrado centralizado) e durante a fase de recordação (representada pelos quadrados que cercam a posição central). Os contornos nos estímulos não eram visíveis aos participantes, e serviram aqui para representar as posições dos objetos na tela. As posições dos estímulos na fase-tese foram pré-definidas conforme o tamanho da sequência (B), e os itens apresentados aleatoriamente entre estas posições.

4.1.2.2 Estímulos espaciais

Os estímulos espaciais foram pontos pretos (10 pixels de diâmetro) dispersos na tela do computador em uma matriz (5 x 4; de 600 x 500 pixels, com distância de cada ponto de 150 pixels) não disponível à observação do participante durante a codificação e retenção (*Figura 9*). Os números na figura não estavam visíveis ao participante e serviram aqui para indicar as localizações espaciais dos pontos, indicadas pelas seguintes coordenadas em pixels: 1(216,147); 2(362, 147); 3(511,147); 4(661,147); 5(807,147); 6(216,303); 7(362,303); 8(511,303); 9(661,303); 10(807,303); 11(216,464); 12(362,464); 13(511,464); 14(661,464); 15(807,464); 16(216,626); 17(362,626); 18(511,626); 19(661,626); 20(807,626).

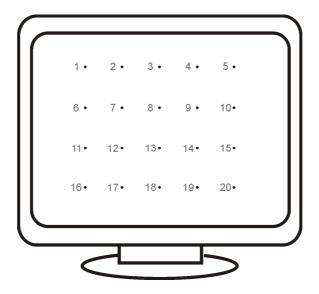


Figura 9. Representação das posições dos estímulos da tarefa espacial na tela do computador.

4.1.2.3 Estímulos auditivos

Os estímulos auditivos da tarefa secundária (dois tons, um de 262 Hz outro de 524 Hz) foram gravados utilizando programa computacional (*Audacity* 1.3 Beta) e foram apresentados em um fone de ouvido, de maneira biauricular.

4.1.2.4 Elaboração das sequências

Os requisitos de apresentação multimodal de estímulos no programa Eprime exigiram que as sequências visuais e espaciais fossem gravadas em vídeo
(formato .avi) e editadas em um software específico (*Camtasia Studio* 7.0). As
sequências espaciais foram criadas segundo parâmetros baseados no estudo de
Parmentier et al. (2005). A trajetória formada da apresentação sequencial dos
estímulos espaciais deveria produzir nenhum (3 itens apresentados) ou um
cruzamento (de 4 a 9 itens) da trajetória. Tanto para a tarefa visual, quanto para a
tarefa espacial foram produzidas 100 provas para cada quantidade de itens (3, 4, 5,
6, 7, 8, 9), ou seja, as provas válidas foram selecionadas de um conjunto de 1400
provas. Este método foi utilizado para diminuir a possibilidade de repetição na
apresentação das provas, diminuindo, assim, a possibilidade do efeito de
aprendizagem.

As sequências de estímulos auditivos também foram criadas segundo parâmetros da literatura (Szmalec et al., 2009). Elas foram estruturadas considerando a possibilidade de sobreposição no processamento de dois estímulos consecutivos na tarefa CRT-1 (o processamento do estímulo n poderia produzir competição ou facilitação do estímulo n − 1). Quatro tipos de provas foram comparados, considerando a natureza do estímulo (S) e da resposta (R): S=R=: estímulo repetido, resposta repetida; S=R≠: estímulo repetido, resposta alternada; S≠R=: estímulo alternado, resposta repetida; S≠R≠: estímulo alternado, resposta alternada (*Figura 2*). Na apresentação da sequência auditiva pelo menos uma combinação de um destes tipos de tarefa ocorria na sequências de tons da prova.

A estrutura das sequências auditivas também dependeu da combinação dos seguintes fatores. Cada tom teve duração de 150 ms, não permitindo mais do que quatro estímulos de mesma natureza apresentados consecutivamente. O intervalo entre estímulos foi aleatoriamente escolhido entre 1000 ms ou 2000 ms (para evitar antecipação da resposta), com a consideração de que não poderia haver mais do que três intervalos consecutivos de igual duração. Além disso, a quantidade de estímulos auditivos apresentados dependeu, também, da quantidade de estímulos visuoespaciais da prova (*Figura 6*). Com estes parâmetros foram criadas trinta sequências auditivas para cada quantidade de estímulos visuoespaciais, totalizando a formatação de 210 provas auditivas.

4.1.3 Procedimento

Foi adotado o procedimento de recordação da ordem serial, no paradigma de tarefas duplas (*Figura 6*). As condições experimentais foram delineadas em seis blocos, conforme a combinação das tarefas primárias com as tarefas secundárias. No bloco controle os participantes realizaram as tarefas primárias sem interferência. Nos blocos de tarefas duplas as tarefas secundárias foram executadas durante a apresentação das sequências visuais e espaciais e no intervalo de retenção. A ordem de realização dos blocos de provas foi contrabalanceada entre participantes e a distribuição dos participantes nos grupos em função desta ordem ocorreu por meio do quadrado Latino. Em cada um dos seis blocos (espacial-controle; espacial-crt; espacial-crt1; visual-controle; visual-crt; visual-crt1) havia 4 provas práticas e 16 provas válidas, totalizando 96 provas válidas (**Tabela 2**). Todo o experimento (que durou cerca de 50 minutos) foi realizado em duas sessões, equivalentes em duração, separadas por um período de descanso de dez minutos. O experimento seguiu um delineamento do tipo 2 (tarefa primária: visual, espacial) x 3 (tarefa secundária: controle, CRT, CRT-1) com medidas repetidas nestes fatores.

Tabela 2 - Quantidade de provas válidas (e provas-treino) no experimento 1, distribuídas segundo os seis blocos do delineamento.

	Espacial	Visual
Controle	16 <i>(4)</i>	16 <i>(4)</i>
CRT	16 <i>(4)</i>	16 <i>(4)</i>
CRT-1	16 <i>(4)</i>	16 <i>(4)</i>
TOTAL	48 (12)	48 (12)
IOIAL	96 (2	24)

Como era uma tarefa em que os participantes deveriam apontar sua resposta tocando na tela sensível ao toque, o primeiro procedimento do experimento foi treinar os participantes nesta tarefa (*Figura 6*). Alguns estímulos foram apresentados na tela e o participante deveria tocá-los, ajustando as habilidades como pressão, duração e localização adequadas do toque na tela. Acertos e erros foram sinalizados com sinais de feedback auditivo.

Antes de realizarem as provas válidas os participantes realizaram provas de nivelamento da capacidade de armazenamento visual e espacial e, em seguida, provas de treino das tarefas secundárias (*Figura 6*). No começo de cada parte do

procedimento experimental instruções foram apresentadas na tela na forma escrita (**Anexo C**) e gráfica (um esquema da sequência de eventos foi disponibilizado ao participante) (**Anexo D**) e na metade da seção ocorreu um intervalo de descanso para todos os participantes.

4.1.3.1 Tarefas primárias de memória

As tarefas primárias de memória compreenderam uma tarefa serial espacial (recordar a ordem serial de localizações espaciais de pontos pretos dispersos na tela) e uma tarefa serial visual (recordar a ordem serial de estímulos visuais consoantes com fontes gráficas diferentes apresentadas no centro da tela) (Figura 6). Para cada prova, um sinal de aviso de início (>>>) aparecia no centro da tela por 250 ms. Os estímulos eram apresentados um por vez na tela do computador (1000 ms na tela com intervalo entre estímulos de 500 ms), seguidos por um intervalo de retenção (1000 ms). Posteriormente, após um sinal de aviso (!!!) (250 ms), os estímulos reapareciam simultaneamente, em posições equidistantes do centro da tela no caso da tarefa visual e nas mesmas localizações espaciais previamente apresentadas na tarefa de memória serial espacial. O participante deveria indicar com o dedo indicador da mão direita a ordem em que os objetos apareceram tocando-os na tela do computador. Ao tocar no estímulo escolhido para a resposta, o participante recebia um feedback auditivo (ouvia um som) e visual de cada resposta. Neste caso, era apresentada no canto inferior direito da tela uma informação sobre as posições seriais que ainda faltavam para serem indicadas. Por exemplo, após clicar no primeiro estímulo dos quatro que deveriam ser indicados, ele imediatamente visualizava a seguinte inscrição na tela: "2/4", indicando que naquele momento, ele deveria apontar qual foi o segundo estímulo que apareceu na sequência de quatro itens observada anteriormente (parâmetros baseados em baseado em Szmalec et al., 2005; De Lillo, 2004) (Figura 6). No fim da etapa de recordação era solicitado ao participante que posicionasse a mão de resposta da tarefa secundária sobre as teclas de resposta correspondentes (teclas 1 e 2 para respostas "agudo" e "grave", respectivamente) e com a outra mão tocasse uma tecla de saída (tecla de "espaço"), e, após dois segundos de intervalo uma nova prova era apresentada.

O procedimento de apresentar um estímulo por vez para memorização, impossibilitando que os estímulos fossem visualizados simultaneamente durante a apresentação restringiu uma estratégia de codificação que poderia facilitar ou dificultar o processamento de uma das tarefas (visual ou espacial). Por exemplo, a relação espacial entre os pontos é estabelecida na representação da informação e não na percepção dos itens, como ocorre na tarefa original dos Blocos Corsi.

Para determinar o *span*, o participante foi testado três vezes em cada tamanho de sequência (de 3 a 9 itens), até ocorrerem 3 erros consecutivos. O resultado foi calculado a partir da média dos níveis alcançados pelo participante. A média maior indicaria o *span* do participante. Portanto, a pontuação em cada prova dependeu da quantidade de itens corretamente recuperados do conjunto de itens apresentados, conforme **Tabela 3**.

Tabela 3 - Parâmetros do cálculo da capacidade individual de armazenamento dos estímulos visuais e espaciais na fase inicial do experimento 1.Apresentase a pontuação máxima obtida por estímulo apresentado (e), por prova realizada (prova) e por nível (quantidade de itens apresentados).

-		Pontuação										
Nível	Prova	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9	prova	Total
3	1	0,33	0,33	0,33							1	
	2	0,33	0,33	0,33							1	
	3	0,33	0,33	0,33							1	1
4	1	0,25	0,25	0,25	0,25						1	
	2	0,25	0,25	0,25	0,25						1	
	3	0,25	0,25	0,25	0,25						1	1
5	1	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20					1	
	2	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20					1	
	3	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20					1	1
6	1	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17				1	
	2	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17				1	
	3	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17				1	1
7	1	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14			1	
	2	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14			1	
	3	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14			1	1
8	1	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13		1	
	2	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13		1	
	3	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13		1	1
9	1	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	1	
	2	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	1	
	3	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	1	1

Apresentamos uma situação hipotética na qual o participante tenha iniciado o teste pelas provas em que ele observou três estímulos. Ao acertar a ordem serial dos três itens, nas três provas, ele obteve média de 100% de aproveitamento e

avançou para o nível 4, no qual ele observou 4 itens, em três provas. Na última prova deste nível ele apontou incorretamente a ordem de todos os itens apresentados, o que lhe rendeu neste nível 4 uma média de 67% de aproveitamento, mas como era a primeira prova em que ocorreram erros, ele passou para o nível 5. Neste nível ele errou as duas provas iniciais, totalizando média zero para este nível. Assim, ele cometeu erros em três provas consecutivas (um erro no nível 4 e dois no nível 5), ocasionando a interrupção do teste. O *software* foi programado para fazer o cálculo, comparando a média dos níveis alcançados pelo participante, indicando o nível 3 como sendo o *span* do participante, pois a média acumulada das provas foi 100% (ele acertou todas as provas), a média acumulada das provas do nível 4 foi 67% (ele acertou duas provas e errou todas as posições da última prova), e a média do nível 5 foi zero.

Após o estabelecimento da capacidade para as tarefas de ordem visual e ordem espacial, ocorreu o treino das tarefas secundárias. Neste treino, os dois tipos de tarefa secundária consistiram em realizar provas em que o participante recebia feedback dos acertos e erros cometidos (três provas) e provas em que ele não recebia este feedback (16), totalizando 32 provas de treino das tarefas secundárias.

4.1.3.2 Tarefas secundárias

As tarefas secundárias executivas foram a tarefa de tempo de reação de escolha (CRT) e tempo de reação de escolha para um item anterior (CRT-1). Na primeira, ao ouvir um tom de determinada frequência (que poderia ser de 262 ou 524 Hz) o participante deveria pressionar uma tecla do teclado (tecla 1 ou 2) indicando a frequência do tom ouvido (se alta ou baixa). Para o tom de alta frequência, ou seja, agudo, a resposta correta era pressionar a tecla 1 do teclado. Para o tom de baixa frequência, ou seja, grave, a resposta correta era pressionar a tecla 2 do teclado (*Figura* 6).

Antes de treinar a resposta para os tons, foi dada oportunidade para o participante conhecer o que se estava nomeando como tom de alta ou baixa frequência. Nesta etapa duas opções eram apresentadas na tela, sendo uma designada com um rótulo referente ao tom "agudo" e a outra com o tom "grave" e ele tinha tempo livre para ouvir quantas vezes quisesse os tons, clicando nestes rótulos.

Na tarefa atentiva de tempo de reação de escolha para um item anterior (CRT-1) o procedimento foi semelhante ao da tarefa CRT, exceto que na instrução foi solicitado ao participante que ao ouvir o tom, atrasasse a resposta até que o próximo estímulo ocorresse, ou seja, o estímulo n era um sinal para a resposta ao estímulo n – 1 (*Figura 6*). A tarefa secundária CRT-1 foi dividida em quatro tipos, conforme a combinação entre estímulo (S) e resposta (R), que poderiam estar sobrepostos ou alternados: S=R=: estímulo repetido, resposta repetida; S=R≠: estímulo repetido, resposta alternada; S≠R=: estímulo alternado, resposta repetida; S≠R≠: estímulo alternado, resposta alternada (*Figura 2*). Embora não tenha sido objetivo do estudo verificar os processos de resolução do conflito e seleção da resposta nas tarefas secundárias o mesmo tipo de classificação das provas empregado na tarefa CRT-1 foi adotado na tarefa CRT para possibilitar a comparação de um mesmo parâmetro de provas.

4.2 Resultados e Discussão

O desempenho das tarefas primárias em função do tipo de tarefa secundária foi analisado nas seguintes medidas: a capacidade da memória, a porcentagem geral de respostas corretas, a porcentagem de respostas corretas em função da posição serial e porcentagem de respostas erradas segundo a posição serial. Em seguida, foi realizada a análise das tarefas secundárias considerando a taxa de respostas corretas e o tempo de reação para respostas corretas.

4.2.1 Tarefas primárias

4.2.1.1 Capacidade da memória e porcentagem de respostas corretas

A capacidade da memória foi mensurada considerando o número de itens recuperados pelo participante na ordem absoluta correta em cada prova. Na comparação dos dados foi adotado o nível de significância de 5%. A análise da capacidade individual de armazenamento mostrou que a média da capacidade dos participantes para memorizar a ordem espacial foi de seis itens (DP = 2) e para a ordem visual, quatro itens (DP = 1). O teste t de Student indicou que a capacidade de armazenamento visual é menor que a memória espacial ($t_{22} = 9,66$; p < 0,001).

Além da capacidade de armazenamento, outra medida de desempenho a ser estudada em tarefas de memória é a porcentagem geral de respostas corretas. Isto porque apenas a avaliação das diferenças individuais não explica as múltiplas funções cognitivas que foram empregadas na tarefa. É possível que os participantes tenham demonstrado diferenças quanto à capacidade de armazenamento visual versus espacial, mas a taxa geral de acertos seja equivalente entre as modalidades de estímulo. Se por um lado temos o fator capacidade em termos de quantidade de itens armazenados, por outro temos o fator desempenho considerado em termos da porcentagem de respostas corretas na tarefa.

Uma análise de variância da porcentagem geral de respostas corretas, do tipo 2 x 3 foi realizada, considerando o tipo de tarefa primária (visual, espacial) e a condição experimental (controle, tarefa dupla com CRT, tarefa dupla com CRT-1), adotando o nível de significância de 5% (*Figura 10*). Os dados revelaram que não houve diferença no desempenho das tarefas primárias de memória quanto ao tipo de estímulo registrado (visual x espacial) (p = 0,16), mas houve efeito da condição experimental ($F_{2,44}$ = 118,49; p = 0,0001; η^2_p = 0,84), sem interação significativa entre as tarefas primária e secundária (p = 0,20). Mais especificamente, o teste *pos hoc* de *Bonferroni* indicou diferenças entre a condição controle (M = 74%; epm = 4%) e as duas tarefas secundárias, e entre as tarefas CRT (M = 57%; epm = 4%) e CRT-1 (M = 46%; epm = 4%) (p < 0,05).

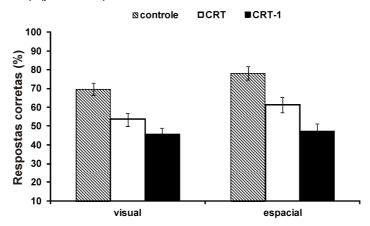


Figura 10. Porcentagem média de respostas corretas nas tarefas primárias de memória segundo as tarefas secundárias no experimento 1. As barras de erro representam o erro padrão da média.

Os dados sugerem que embora o sistema espacial demonstre maior capacidade de armazenamento, ou seja, é possível armazenar mais itens espaciais que visuais, não há diferença entre a memória espacial e a visual quanto à

porcentagem de respostas corretas. Este dado fornece indícios de que o limite máximo de armazenamento é diferente entre as modalidades do estímulo, mas o padrão de processamento das informações é semelhante, o que resultou em escores semelhantes de taxa de respostas nas duas tarefas. Esta consideração se aproxima do que Gorgoraptis et al. (2011) mencionaram sobre a flexibilidade da distribuição de recursos gerais no processamento das informações. Ao invés de tratar a questão dos limites de armazenamento como *slots* (ou espaços de armazenagem) que são preenchidos, seja melhor referir-se ao esboço visuoespacial em termos de precisão (resolução) da representação. A precisão da memória dependerá, assim, de fatores que diferenciam os processos de codificação dos estímulos (como a organização perceptual, mencionada por Parmentier, 2011) e fatores atencionais que facilitam o processamento das modalidades de informação.

As diferenças citadas por Gorgoraptis et al. (2011) poderiam conciliar os dados divergentes da literatura quanto às comparações entre o armazenamento visual e espacial. Por exemplo, no estudo de Logie e Pearson (1997) a capacidade de memória visual foi maior que a espacial. Já no estudo de Klauer e Zhao (2004) os participantes aparentemente desempenharam melhor a tarefa espacial que a visual quando os fatores relacionados ao acesso à memória de longo prazo e às estratégias verbais foram controlados (experimento 3). O modo como os estímulos são organizados na percepção, ou a facilitação da codificação por processos atencionais pode ser uma resposta para estas discordâncias e, também, pode indicar distintos mecanismos de armazenamento da ordem serial.

Os dados da porcentagem de acertos nas tarefas primárias mostraram que a tarefa de atualização afetou de um modo geral a memória para a ordem serial, em comparação à interferência causada por uma tarefa secundária executiva de demanda inespecífica e à condição controle. Este resultado sugere que registrar a ordem dos eventos requer recursos do executivo central, em especial da função de atualização da informação. Isto não quer dizer que o executivo central armazena a informação sobre a sequência, mas, sim que fornece recursos de atualização do conteúdo para que a série seja mantida no subsistema de armazenamento.

A ausência de dissociação visuoespacial no emprego de recursos executivos, mais precisamente da função de atualização de informações no registro da ordem serial (interação não significativa) sugere que um mesmo sistema ou uma mesma fonte de recursos coordena o registro da ordem dos eventos visuais e

espaciais, e que ambos são vulneráveis às interferências no processo de atualização de informações. Hurlstone (2010) argumenta que um mesmo mecanismo de ordem serial responde pelo registro das sequências de informações, independentemente do tipo de informação codificada. Baseado, nisto, portanto, é possível supor que o prejuízo decorrente da tarefa de atualização na memória serial afete um processo inicial de ativação das informações, que Hurlstone define como "mecanismo da fila competitiva". Inicialmente a representação de todos os itens seria ativada em paralelo e, posteriormente, ocorreria um processo de seleção dos itens mais ativos e inibição dos itens já recuperados, em uma clara metáfora de uma fila em que os itens estão em competição pela recordação. Não é possível fazer uma correspondência direta, mas podemos supor que recursos atentivos de atualização da memória estejam envolvidos com esta ativação em paralelo dos itens e, uma vez drenados para a tarefa secundária, ocasionaram prejuízo geral no desempenho.

Para comparar os efeitos das tarefas secundárias foi realizada uma análise considerado o tipo de tarefa principal (visual, espacial), a tarefa secundária (tarefa dupla com CRT, tarefa dupla com CRT-1) e o tipo de prova da tarefa secundária CRT-1 (S=R=: repetição do estímulo e da resposta; S=R \neq : repetição do estímulo e resposta alterna; S \neq R=: estímulo alterna e resposta repete; S \neq R \neq : estímulo e resposta alternam) (nível de significância de 5%) (*Figura 11*). Esta análise mostrou que o desempenho nas tarefas primárias variou conforme o tipo de tarefa secundária ($F_{3,66} = 3,21$; p = 0,028; $\eta^2_p = 0,13$). Foi encontrada uma diferença no desempenho da tarefa principal apenas entre os tipos S=R= (M = 55%; epm = 4%) e S \neq R \neq (M = 49%; epm = 4%) de tarefa secundária (p = 0,02). Isto quer dizer que as pessoas acertaram mais a tarefa primária quando havia correspondência total entre estímulo e resposta na tarefa secundária do que quando havia discordância total entre estas características. Não houve interação entre tarefa secundária e tipo de tarefa secundária e nem com o tipo de tarefa primária (p > 0,05).

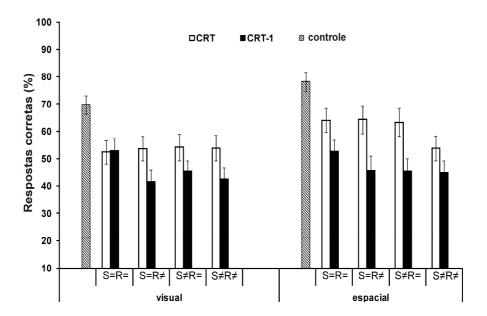


Figura 11. Porcentagem média de respostas corretas nas tarefas primárias de memória segundo os tipos de tarefas secundárias no experimento 1. As barras de erro representam o erro padrão da média.

A ausência de interação entre tarefa primária e tipo de tarefa secundária sugere que o desempenho da tarefa primária não foi sensível às diferenças nas características das tarefas secundárias. Entretanto, é possível adiantar que estas diferenças se manifestaram no desempenho das tarefas secundárias (veja a seção de análise das tarefas secundárias). O que justifica a aparente contradição é que o processo de seleção da resposta na tarefa principal é distinto do processo de seleção da resposta na tarefa secundária. Embora tenha ocorrido uma interferência geral das tarefas secundárias nas tarefas primárias, a natureza das tarefas (sendo uma de recordação e outra de escolha), bem como o delineamento experimental (tarefas secundárias ocorreram simultaneamente à memorização, mas anteriormente à recuperação) geraram um padrão de desempenho divergente.

4.2.1.2 Posições seriais

Os dados mostraram que houve uma alta variabilidade na distribuição dos participantes quanto à quantidade de itens recordados nas provas (**Tabela 4**), a análise do desempenho em cada posição serial e entre as posições seriais em função das tarefas primárias e secundárias foi feita utilizando testes estatísticos que fossem mais adequados aos tamanhos amostrais de cada posição serial.

Tabela 4 - Frequência absoluta de participantes que apresentaram desempenho nas posições seriais das tarefas primárias de memória do experimento 1.

Posição serial	visual	espacial
3	23	23
4	17	23
5	11	19
6	04	14
7	00	09
8	00	06
9	00	06

4.2.1.2 .1 Análise entre posições seriais

Nesta análise o desempenho para as posições seriais foi comparado levando em conta análises separadas para cada uma das tarefas primárias, em função das condições de interferência (*Figura 12*). Na tarefa espacial as comparações envolvendo até sexta posição foram realizadas utilizando o teste t para amostras pareadas. A partir da sétima posição foram realizadas comparações utilizando o teste de não-paramétrico de Wilcoxon para amostras pareadas. Como ao todo foram realizadas trinta e seis comparações, aplicando a correção de *Bonferroni* só foram consideradas significativas as diferenças com valor de $p \le 0,0014$. Na situação visual as comparações foram realizadas utilizando o teste t para amostras pareadas. Como foram ao todo 10 comparações, aplicando a correção de *Bonferroni* só foram consideradas significativas as diferenças com valor de $p \le 0,005$.

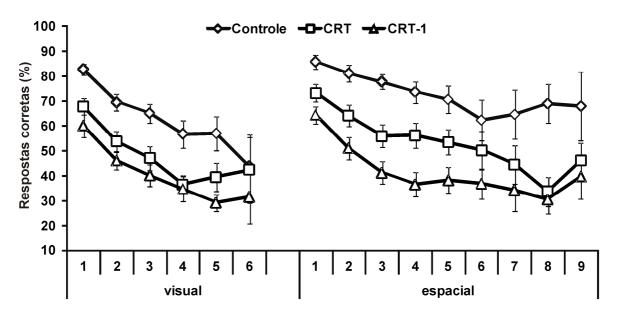


Figura 12. Porcentagem média de respostas corretas nas tarefas primárias de memória em função da posição serial do estímulo memorizado e das tarefas secundárias no experimento 1. As barras de erro representam o erro padrão da média

A análise da tarefa visual indicou que na condição de controle há diferença no desempenho da posição 1 e as posições 2, 3, 4 e 5. Na condição CRT ocorreu melhor desempenho para a primeira posição serial em comparação às posições 2, 3 e 4. Na condição de tarefa dupla visual CRT-1 os resultados são semelhantes à condição CRT, ou seja, primeira posição serial melhor recuperada do que a segunda, terceira e quarta posições. No geral, vê-se um efeito de primazia.

A análise da tarefa espacial indicou que na condição controle há diferença apenas entre a posição 1 e a 4 (p=0.001), o que gera uma curva razoavelmente plana, indicando que nesta condição o desempenho da memória é estável ao longo das posições seriais. Na condição espacial CRT a primeira posição serial foi melhor recuperada do que as posições 2, 3, 4 e 5, sugerindo efeito de primazia. Na condição de tarefa dupla espacial CRT-1 a diferença foi verificada entre a posição 1 e as posições 2, 3, 4, 5 e 6. Os dados também indicaram que nesta condição a posição 2 foi melhor recordada do que as posições 3 e 4 (p=0.001). O resultado da condição espacial-CRT1 sugere um efeito de primazia estendida, ou seja, os itens que apareceram nas duas posições seriais iniciais são mais bem recordados que os demais. Em síntese, o desempenho da memória espacial foi caracterizado por efeitos de primazia, com prejuízos na presença de tarefas secundárias, com quedas bruscas quando há interferência da tarefa executiva de atualização da informação.

Este padrão de desempenho sugere que em todas as condições experimentais ocorre um efeito sugestivo de primazia, mas, especialmente na tarefa espacial quando realizada sob interferência de CRT-1 há uma diferença de desempenho entre o segundo item e o terceiro e quarto eventos. Este dado não foi notado na condição controle nem na condição de tarefa dupla CRT. Estas diferenças quanto às tarefas secundárias não foram claramente observadas na tarefa visual, caracterizada apenas pela diferença de desempenho da memória mediante interferência das tarefas executivas em relação à condição controle, sem distinção da natureza das tarefas CRT e CRT-1.

O efeito de primazia para as dimensões visual e espacial pode ser explicado pelo argumento de que existe um gradiente de ativação das informações cujo sinal é mais forte para itens do começo da lista, e, em decorrência da sobreposição dos itens há uma diminuição da ativação para os itens do meio da lista. Outra possibilidade explicativa é a presença de um sinal temporal, ou posicional (referente à posição serial) que marca a posição dos eventos na sequência. Nas duas posições teóricas os itens do começo e do fim da lista são mais distintos porque possuem menos itens-vizinhos, que competem pelo grau de ativação (Hurlstone et al., s.d.; Bonanni, Pasqualeti, Caltagirone, & Carlesimo, 2007).

4.2.1.2 .2 Análise por posições seriais

A análise intra posições levou em conta o desempenho dos participantes em cada posição serial segundo o tipo de tarefa principal e a condição de interferência (*Figura 12*). Nas posições seriais em que o tamanho amostral foi maior que dez, ou seja, nas posições 1, 2, 3 (n = 23) e 4 (n = 17), o desempenho nas tarefas primárias foi estudado utilizando análises de variâncias com medidas repetidas nas condições da tarefa secundária. Da posição 5 em diante a análise da posição serial em função das tarefas secundárias foi feita separadamente para cada tipo de tarefa primária. Neste caso, a comparação entre os tipos de tarefa primária foi realizada utilizando o teste não-paramétrico de Wilcoxon, fazendo comparações pareadas conforme a tarefa secundária. Da posição serial 6 à 9 foram realizadas análises somente da tarefa primária espacial, uma vez que poucos participantes memorizaram mais do que 5 itens visuais. Mais precisamente, para a posição 6 (n = 14) foi realizada uma análise de variância com medidas repetidas na tarefa secundária, para as posições

de 7 (n = 9), 8 (n = 6) e 9 (n = 6) foi utilizado o teste não-paramétrico de Friedman para dados pareados, e testes pos hoc de Wilcoxon, com correção de Bonferroni, pois os tamanhos amostrais são inferiores a dez.

As análises indicaram que até a terceira posição serial ocorreu um efeito geral no qual o desempenho nas tarefas de memória variou em função das tarefas secundárias. Nas provas controle a taxa de acertos foi maior do que nas duas condições de tarefa de interferência e o desempenho mediante a tarefa CRT foi superior do que na presença da tarefa CRT-1 (p < 0,05). Na quarta e na quinta posições seriais ocorreu uma interação entre tarefas primária e secundária (posição serial 4: $F_{2,32} = 11,74$, p = 0,001, $\eta^2_p = 0,42$; posição serial 5: $F_{2,30} = 16,42$; p < 0,001; $\eta^2_p = 0,62$). Enquanto para a tarefa espacial a diferença mencionada no desempenho da tarefa de memória em função das tarefas secundárias se manteve, na tarefa visual o desempenho nas provas controle foi superior ao verificado nas duas condições de interferência, mas não houve diferença se as tarefas secundárias eram do tipo CRT ou CRT-1.

As análises da sexta à nona posições foram realizadas apenas para a tarefa espacial, em função do tamanho amostral, mencionado anteriormente. Esta análise indicou um efeito geral no qual o desempenho da memória para a condição controle foi melhor do que na condição CRT-1, exceto para a nona posição serial, onde não foram verificadas diferenças significativas (posição 6: p < 0.001; posição 7: p = 0.01; posição 8: p = 0.05; posição 9: p = 0.12).

Os dados apresentados nesta seção indicam que a memória serial para a informação espacial e visual é afetada pelas interferências executivas, principalmente as relacionadas com a função de atualização de informações. Entretanto, há diferenças na vulnerabilidade a estas interferências, conforme a posição serial e o tipo de material a ser representado. Os dados indicam que, diferentemente da memória espacial, para a tarefa visual o desempenho para as posições intermediárias foi superior nas tarefas controle, sem distinção entre as tarefas executivas, se do tipo CRT ou CRT-1. Supõe-se que para estas posições seriais a recordação visual é um processo difícil, que foi sobrecarregado pela presença das tarefas interferentes, colocando o sistema cognitivo em um nível de funcionamento crítico que tornou a memória indiferente à natureza da interferência.

4.2.1.3 Gradiente de transposição

Um modo de analisar o desempenho da memória para a ordem serial é estudar o gradiente de transposição, que é a análise de como as respostas estão distribuídas segundo os erros de posição serial. Conforme a literatura (Hurlstone, 2010), esperava-se que os erros fossem mais frequentes para as posições próximas temporalmente da posição correta (adjacentes à posição serial correta) e que este padrão variasse conforme as condições experimentais.

Para cada prova foi calculado o número de vezes que um item era recuperado em uma posição adjacente posterior ou anterior à correta e em uma posição distante dois itens da correta. Este valor foi dividido pelo número de vezes em que cada posição serial foi testada, calculado pela multiplicação da quantidade de provas pelo tamanho de sequência. O resultado desta divisão foi multiplicado por cem para obter a proporção de erros de recordação serial (proporção erros = [somatória das respostas erradas / (4 x T)] x 100, onde T é o tamanho da sequência). Por exemplo, para sequências de três itens o denominador foi 12; para sequências de quatro itens, o denominador foi 16, e assim por diante.

Portanto, para esta análise foram computados os seguintes erros: erros de adiantar a resposta (deslocar o item uma ou duas posições anteriores à posição serial correta, por exemplo, indicar que o quinto estímulo apareceu na quarta posição serial), e erros de atraso (deslocar o item uma ou duas posições posteriores à posição correta, por exemplo, indicar que o quinto estímulo apareceu na sexta posição serial). Estas trocas foram expressas numericamente, conforme a distância da posição serial correta. Os valores negativos são considerados erros de adiantar a resposta e os valores positivos são erros de atrasar a resposta (Hurlstone, 2010) (*Figura 13*).

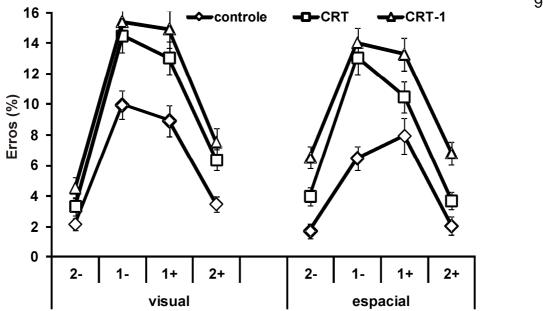


Figura 13. Porcentagem média de respostas erradas de recordação da posição serial nas tarefas primárias de memória em função das tarefas secundárias no experimento 1. Os tipos de erros analisados foram: adiantar a resposta (-) ou atrasar a resposta (+) em um ou dois itens.

A proporção dos tipos de erros de posição serial (em quatro níveis: adiantar uma e duas posições; atrasar uma e duas posições) nas tarefas primárias de memória (visual, espacial) foi analisada em função das condições de tarefa secundária (controle, CRT, CRT-1) (nível de significância de 5%). Esta análise indicou efeitos gerais do tipo de tarefa primária ($F_{1,22} = 4,41$; p = 0,05; $\eta^2_p = 0,16$), ou seja, a porcentagem de erros cometidos na tarefa visual (M = 8,7%) é maior que na tarefa espacial (M = 7,5%). Também foram encontrados efeitos do tipo de tarefa secundária ($F_{2,44} = 77,29$; p < 0,001; $\eta^2_p = 0,78$), com porcentagem maior de erros cometidos sob interferência de CRT-1 (M = 10,4%), em comparação à CRT (M = 8,6%) e controle (M = 5,3%). Ocorreu, também, efeito geral do tipo de erro ($F_{3,66} =$ 158,83; p < 0.001; $\eta_p^2 = 0.87$), que indica maior porcentagem de erros de deslocamento em uma posição serial (M = 12%), em comparação à duas posições (M = 4%), mas sem diferença se estes erros são de adiantar ou atrasar as respostas (Figura). A interação entre tarefa secundária e tipos de erros ($F_{6,132} = 3,2$; p = 0,006; $\eta_p^2 = 0.12$) sugere que na comparação entre pares de erros a porcentagem de erros na tarefa CRT-1 é sempre maior que no controle, mas sem diferenças em relação à tarefa CRT. A porcentagem de erros cometidos na condição CRT é maior que na condição controle apenas para erros de deslocamento em um item (p < 0.05).

A literatura explica que este erro mais frequentemente observado – o de deslocar o item uma posição serial da correta – pode ser explicado pelo modelo teórico que argumenta sobre duas camadas de processamento das sequências de informações. Em uma destas camadas os itens são ativados em paralelo, e esta ativação é projetada para uma camada de "fila competitiva" que gera a resposta conforme o grau de ativação dos itens. Os erros de transposição em uma posição serial são predominantes porque esta representação depende de um gradiente de ativação, o que implica que o mais forte competidor para a resposta de um item será o estímulo mais próximo dele. A maneira como esta ativação ocorre poderia ser através de um gradiente de primazia (o primeiro item da lista como referência), ou um sinal temporal marcador da posição serial (Hurlstone et al., s. d.). Estes elementos não podem ser completamente analisados com as condições experimentais do presente estudo.

A análise dos tipos de erros cometidos nas tarefas de recordação comprova que não houve diferença na distribuição dos erros ao longo da série entre os dois tipos de tarefa (espacial e visual). A equivalência entre a memória espacial e visual não significa que um único módulo de armazenamento mantém estas informações em termos de identidade e posição serial. A porcentagem maior de erros visuais comprova a dissociação visual-espacial. Ao invés disto, estes dados representam que um mesmo sistema distribui recursos para os componentes visual e espacial para o registro das sequências, e, por isto, os dois tipos de representação se tornaram vulneráveis aos mesmos tipos de erros. Guérard e Tremblay (2008) já haviam mostrado anteriormente que as semelhanças no padrão de erros de recordação de diferentes modalidades (no caso deste estudo verbal e espacial) não significava que estes componentes eram separados, mas sim que havia um sistema central de controle da manutenção das informações.

Na condição de interferência na função de atualização foram cometidos mais erros de recordação visuoespacial do tipo atrasar a resposta de posição serial correta em comparação à condição controle. Este dado confirma a hipótese de que recursos de atualização contribuem para a designação correta da posição serial dos itens na sequência, e, na medida em que estes recursos estão restritos a probabilidade de cometer erros de posição serial distantes da correta aumenta.

4.2.2 Tarefas secundárias

Para verificar se os efeitos encontrados foram resultantes de um desequilíbrio na distribuição de recursos entre as tarefas primárias e secundárias (efeito *trade-off*), o desempenho nas tarefas secundárias de memória foi analisado considerando a taxa de acertos e o tempo de reação aos estímulos, nas condições em que as tarefas auditivas eram realizadas concomitantemente às tarefas primárias de memória.

A análise de variância das respostas corretas aos tons auditivos, nas duas condições (CRT, CRT-1) em função das tarefas primárias realizadas (espacial, visual) e do tipo de tarefa secundária (S=R=: repetição do estímulo e da resposta; S=R \neq : repetição do estímulo e resposta alterna; S \neq R=: estímulo alterna e resposta repete; S \neq R \neq : estímulo e resposta alternam) (nível de significância 5%) (*Figura 14*) mostrou um efeito geral do tipo de condição da tarefa secundária ($F_{1,22} = 23,37$; p = 0,000; $\eta^2_p = 0,51$). Foi mais difícil realizar as provas da tarefa CRT-1 em comparação à CRT. Uma vez que a análise das tarefas primárias mostrou que a recordação serial foi mais prejudicada pela tarefa dupla CRT-1, fica descartada a possibilidade do efeito *trade-off*, ou seja, não houve desequilíbrio na distribuição de recursos entre as tarefas. Não houve interação com o tipo de tarefa principal (p > 0,05).

Ainda na análise da taxa de acertos na tarefa secundária, houve interação entre tipo de condição (CRT, CRT-1) e tipo de tarefa secundária ($F_{3,66} = 2,77$; p = 0,048; $\eta^2_p = 0,11$), indicando que o melhor desempenho para as provas do tipo S=R= em comparação às demais ocorreu somente na condição CRT-1. Na condição CRT o desempenho nos tipos de provas foi uniforme (p > 0,05) (*Figura 14*). A análise do tempo de reação nas tarefas secundárias não revelou diferenças entre as tarefas, nem quanto ao tipo de tarefa secundária ou primária (p > 0,05).

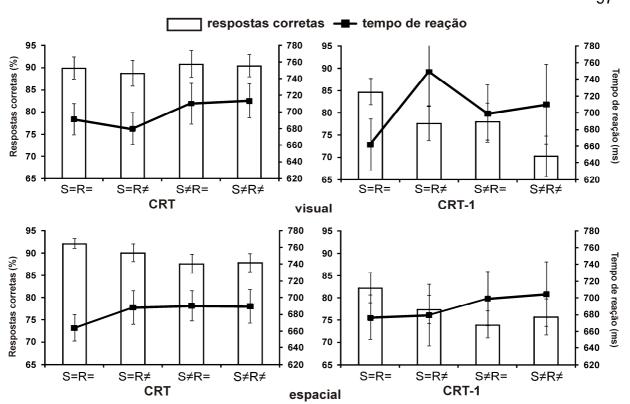


Figura 14. Porcentagem média de respostas corretas e tempo de reação médio (ms) nas tarefas CRT e CRT-1 em função do tipo de tarefa primária de memória no experimento 1. As barras de erro representam o erro padrão da média.

Em conjunto, as análises das tarefas primárias e secundárias indicam que a tarefa CRT-1 é robusta para avaliar a função de atualização da informação. Isto foi demonstrado pela ausência de efeito *trade-off* entre as tarefas primárias e secundárias e pelos efeitos principais verificados na taxa de acertos, nas curvas de posição serial e na distribuição dos erros de posição serial. Os resultados não podem ser explicados por efeitos secundários da capacidade de armazenamento, uma vez que os participantes realizaram as tarefas dentro de suas capacidades individuais de armazenamento, mensuradas no pré-teste.

Os dados apontam para um paralelo interessante entre a memória serial espacial e a memória serial visual. A capacidade de armazenamento de sequências de informações espaciais é maior do que a capacidade visual. Verificamos que o sistema espacial foi mais resistente às perturbações ocasionadas pelas tarefas secundárias e foi possível estabelecer com mais nitidez na tarefa espacial a diferença de desempenho em função dos diferentes tipos de interferência executiva. Confirmamos, assim, a dissociação visual-espacial, demonstrada em outros estudos (Logie & Pearson, 1997; Della Sala et al., 1999; Klauer & Zhao, 2004; Darling et al., 2009) e temos indícios de que esta dissociação também se manifesta na interação

com recursos do executivo central de atualização de informações. As diferenças identificadas entre as tarefas visuais e espaciais podem ser atribuídas ao que Parmentier e colaboradores (2006) nomearam como organização perceptual da informação. A memória espacial contou com princípios como a distância relativa entre itens, a trajetória e o ângulo formados pela apresentação sequencial dos pontos (segmentos lineares conectados). Provavelmente estes elementos foram agrupados à informação sobre a posição serial dos eventos, facilitando a codificação, e, por consequência, a manutenção das informações. Na tarefa visual as características que distinguiam os itens eram menos salientes e não relacionadas com a passagem temporal. Assim como Hurlstone et al. (s. d.) argumentaram sobre a apresentação de faces não-familiares, as formas das letras não possuem uma informação de ordem serial inerente.

Por outro lado, são vistas semelhanças entre as modalidades no que se refere ao padrão geral da curva de posição serial (efeito de primazia característico) e aos tipos de erro de ordem serial cometidos na recordação dos eventos. Estes dados sugerem que as duas modalidades de informação possuem mecanismos de registro da ordem serial semelhantes entre si (Hurlstone et al., s. d.). Os dados apontam para um mecanismo no qual existe um gradiente de ativação (dependente de um marcador posicional ou da relação com a ativação do primeiro item da lista) que influencia a recordação dos itens, independentemente do tipo de estímulo memorizado. É preciso esclarecer se os recursos de atualização da informação participariam deste processo inicial de ativação dos eventos e, também, da produção da resposta, selecionando os itens mais ativos e suprimindo os elementos já recordados, em uma operação cíclica de organização da "fila competitiva".

No experimento 1 não foi possível identificar com clareza os efeitos de posição serial característicos da recordação de sequências visuais e espaciais, como primazia e recência. Além disto, não foi possível identificar a flexibilidade do sistema cognitivo para o processamento e representação de sequências visuoespaciais em condições de alta demanda Por isto, no experimento 2 foi proposto um delineamento que contemplou uma comparação do desempenho nas tarefas de memória entre as posições seriais em sequências de diferentes tamanhos.

5. Experimento 2

O objetivo do experimento 2 foi verificar o efeito de interferência nos recursos de atualização da informação em tarefas de ordem serial espacial e visual, na memorização de sequências de diferentes tamanhos. A comparação do desempenho em tarefas nas quais a quantidade de itens para memorização varia é útil para identificação de efeitos clássicos de memória serial como primazia, recência, tamanho da sequência e padrões de erros. Esta verificação não é possível em um método de diferenças individuais, como foi no primeiro experimento.

O delineamento foi do tipo 2 (tarefa primária: visual, espacial) x 3 (tarefa secundária: controle, CRT, CRT-1) x 5 (carga da memória: 3, 4, 5, 6, 7) (*Figura 6*, pág. 72). Estas condições experimentais foram delineadas em blocos. A ordem de realização dos blocos de provas segundo o tipo de tarefa primária e o tipo de tarefa secundária foi contrabalanceada entre participantes, e a distribuição dos participantes em função desta ordem ocorreu segundo o quadrado Latino. A ordem de realização das provas segundo a quantidade de itens foi sequencial, iniciando com três itens e finalizando com sete.

5.1 Método

5.1.1 Participantes

Participaram do estudo 48 estudantes universitários (24 mulheres), que não fizeram parte do experimento anterior. Todos eram destros, com média de 25 anos de idade (DP = 4). Todos os participantes apresentam visão e audição normais ou corrigidas para o normal e foram ressarcidos em dez reais pela participação no estudo. Foram adotados os mesmos cuidados éticos do primeiro experimento.

5.1.2 Materiais

Foram utilizados os mesmos estímulos, instrumentos e equipamentos do experimento anterior (*Figura 8*, pág. 77; *Figura 9*, pág. 78; *Figura 9*, pág. 78), com adição do mouse óptico, que foi utilizado para que o participante fornecesse a resposta para as tarefas secundárias, ao invés do uso do teclado.

5.1.3 Procedimento

Neste experimento, ao invés de realizar uma fase de identificação das capacidades de armazenamento visual e espacial, todos os participantes passaram pelas mesmas condições experimentais, ou seja, memorizaram de três a sete itens na sequência (*Figura* 6, pág. 72). Estas quantidades foram escolhidas em função da capacidade média de armazenamento identificada no experimento anterior, e, também, para alcançar o objetivo principal do experimento, que era estudar a curva de posição serial dos itens mediante interferência das tarefas secundárias. A escolha deste intervalo entre três e sete itens também foi guiada por parâmetros da literatura. Por exemplo, Smyth et al. (2005) adotaram em seu estudo da memória serial visual sequências entre três e seis itens para memorização. Avons (1998), também estudando a memória visual, utilizou entre quatro e seis padrões visuais. Vandierendonck et al. (2004) utilizaram em seu estudo sequências de 3 a 8 itens espaciais. Já Parmentier et al. (2006) utilizaram sequências de nove itens espaciais para memorização. Todos os estudos levaram em conta a questão dos limites de armazenamento do esboço visuoespacial.

As tarefas primárias e secundárias foram idênticas às do experimento anterior. Antes de realizar o experimento propriamente dito os participantes treinavam a maneira correta de tocar nos estímulos da tela, e realizaram provastreino das tarefas secundárias, realizadas sem a ocorrência das tarefas principais. Foram realizadas trinta provas-treino das tarefas secundárias, e em todas elas o participante recebia feedback visual do seu desempenho (para acertos aparecia um quadrado azul na tela e para erros um quadrado vermelho). Após este treino, os participantes realizaram os blocos de provas. Em cada bloco havia treino das tarefas duplas, ou seja, quando tarefas primárias e secundárias eram apresentadas concomitantemente. Diferentemente do experimento 1, ao invés de dar a resposta à tarefa secundária usando teclas do teclado numérico, o participante utilizava o mouse com dois botões, sendo cada um deles identificado como resposta para uma das opções da tarefa (botão esquerdo para respostas de alta frequência e botão direito para respostas de baixa frequência). Portanto, ao final de cada prova o participante deveria posicionar a mão direita sobre o mouse, com os dedos em posição de preparo para a resposta da tarefa secundária e depois pressionava a tecla de saída ("espaço") com a mão esquerda para dar prosseguimento ao experimento (*Figura 6*, pág. 72).

As tarefas de memória consistiam da apresentação de um sinal de aviso (>>>) por 250 ms, da sequência de itens (visuais ou espaciais) (1000 ms na tela, com intervalo entre eles de 500 ms), seguida por um intervalo de retenção (1000 ms), sinal de aviso do teste (!!!) por 250 ms e pela fase-teste, na qual o participante deveria indicar a ordem em que os estímulos haviam sido apresentados previamente, tocando-os na tela do computador. O participante recebia feedback auditivo e visual de que sua resposta foi registrada, assim como no experimento anterior. Diferentemente do experimento 1, as provas em cada bloco foram apresentadas em sequência, segundo a quantidade de itens a serem memorizados, iniciando com três, depois quatro, cinco, seis e por fim, sete itens. Em todos os seis blocos de provas foram realizadas provas-treino (no total de 60 provas). As provas válidas consistiam de quatro provas em cada um das cargas de memória, em cada bloco de provas, totalizando a realização de 120 provas por participante (Tabela 5). O experimento durou cerca de 60 minutos, constituído em duas seções de duração equivalente por um intervalo de descanso de dez minutos.

Tabela 5 - Quantidade de provas válidas (e provas-treino) no experimento 2, distribuídas segundo os blocos do delineamento experimental.

Tamanho	E	spacial		Visual			
da sequência	Controle	CRT	CRT-1	Controle	CRT	CRT-1	
3	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)	
4	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)	
5	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)	
6	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)	
7	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)	
	20 (5)	20 (5)	20 (5)	20 (5)	20 (5)	20 (5)	
Total		60 (15)			60 <i>(15)</i>		
	120 (30)						

5.2 Resultados e Discussão

As tarefas primárias foram analisadas segundo a capacidade da memória, porcentagem média geral de respostas corretas, porcentagem de respostas corretas em função das posições seriais e porcentagem de erros de posição serial. As tarefas secundárias foram analisadas segundo a taxa de respostas corretas e o tempo de reação. Em todos os casos foi adotado o nível de significância de 5%.

5.2.1 Tarefas primárias

5.2.1.1 Capacidade da memória e porcentagem de respostas corretas

O número de itens recuperados na ordem absoluta correta em cada prova foi considerado para a análise. Foi realizado um procedimento semelhante ao experimento 1, exceto que foi analisado o desempenho em quatro provas consecutivas por tamanho de sequência, ao invés de três. Esta alteração ocasiona uma alteração na tendência da porcentagem geral de acertos em cada tamanho de sequência (nível). Para cada uma das seis condições foram calculados os acertos em cada prova, e foram identificados os erros em três provas consecutivas. Na ocorrência destes três erros, a segunda parte da análise foi realizada. Nela foram comparadas as médias obtidas nos dois últimos níveis alcançados pelo participante (considerando o desempenho em cada uma das provas realizadas). Foi considerado como nível de capacidade do participante aquele com maior desempenho médio, mas este escore foi analisado, e não serviu de critério para a realização das provas experimentais, já que o participante foi testados em sequências de 3 a 7 itens, independentemente da capacidade de armazenamento.

A análise que comparou a capacidade da memória (quantidade máxima de itens memorizados) segundo as tarefas primárias em função da presença das tarefas secundárias (**Tabela 6**) indicou que a capacidade de armazenamento da informação espacial é, em geral, maior que a visual ($F_{1,47} = 311,58$; p = 0,000; $\eta^2_p = 0,86$), e que a quantidade de itens memorizados diminui na presença das tarefas de interferência ($F_{2,94} = 79,27$; p = 0,000; $\eta^2_p = 0,62$). Verificamos o efeito clássico da memória serial do tamanho da sequência, no qual à medida que mais itens são apresentados para memorização ocorre uma queda do desempenho da memória,

corroborando os dados de Avons (1998), Ward et al. (2005), Smyth et al. (2005), entre outros. Este dado é tomado como comprovação de que o armazenamento em curto prazo das informações é limitado não somente em termos da quantidade de itens, mas também dos recursos de processamento da informação, que foram suprimidos na condição de tarefa dupla.

Tabela 6 - Capacidade média de armazenamento (e erro padrão da média) identificada em cada uma das condições das tarefas de memória do experimento 2.

	Esp	acial	Visual		
Controle	6,16	(0,08)	4,50	(0,16)	
CRT	5,27	(0, 12)	3,64	(0,11)	
CRT-1	4,64	(0, 14)	3,47	(0,09)	

Na análise em que foram considerados os fatores porcentagem de respostas corretas para a tarefa primária (visual, espacial) em função da tarefa secundária (controle, CRT, CRT-1) e do tamanho da sequência (3, 4, 5, 6, 7 itens) foi verificada uma interação tripla ($F_{8,376} = 4,74$; p < 0,001; $\eta^2_p = 0,09$) (**Figura 15**). Nas tarefas visuais em sequências de três, quatro, cinco e sete itens o desempenho nas tarefas controle é melhor que nas tarefas com interferência, porém, não há distinção do desempenho entre os dois tipos de interferência executiva. A taxa de desempenho visual decresce conforme o aumento da quantidade de itens para memorização. Nas tarefas espaciais com três itens não há diferença entre as condições (controle, CRT, CRT-1), mas com quatro itens para memorização há diferença entre CRT e CRT-1, mas não entre controle e CRT. Sequências com cinco e sete itens espaciais o desempenho da memória é melhor para provas controle em relação às interferências, e há diferenças entre tarefas realizadas sob interferências de CRT e CRT-1. Para a tarefa espacial também ocorre o efeito no qual o aumento da quantidade de itens para memorização ocasiona queda na taxa de respostas corretas. Esta interação tripla sugere que o desempenho na tarefa espacial é mais resistente ao aumento da dificuldade, seja em termos do aumento da quantidade de itens a ser memorizados, quanto pela presença das tarefas secundárias.

A partir destes dados, sugere-se que os dois tipos de registros de ordem serial – visual e espacial – são vulneráveis à limitação de recursos executivos de atualização da informação, porque nos dois casos houve diferenças entre tarefas

controle e interferências executivas na função de atualização. Entretanto, o modo de funcionamento destes sistemas para lidar com as interferências é diverso. Para o subsistema visual percebe-se que a divisão de recursos de processamento da informação relevante com a realização das tarefas executivas faz com que o componente visual opere em um "modo de segurança", gerando um padrão de desempenho que não distingue a natureza das interferências executivas, embora seja verificada uma diferença do desempenho conforme o aumento da quantidade de itens para memorização. Na tarefa espacial, quando existem poucos itens para armazenar (três, por exemplo), o sistema consegue processar as informações relevantes de modo à impedir que as interferências executivas perturbem a recordação. Entretanto, quando há sobrecarga na quantidade de itens (sete itens, por exemplo) na presença de tarefas secundárias, o componente consegue processar as informações relevantes e distinguir a natureza da interferência. Isto foi demonstrado pelo dado de que ocorre queda do desempenho na presença das tarefas secundárias, e, por sua vez, há diferenças no desempenho conforme o tipo de interferência executiva presente. Assim, há indícios de que o sistema espacial está mais próximo do executivo central (e mais precisamente da função de atualização de informações) do que o componente visual.

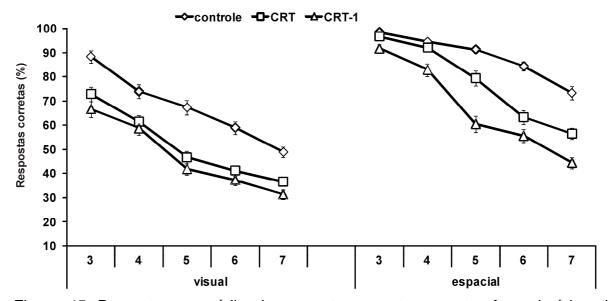


Figura 15. Porcentagem média de respostas corretas nas tarefas primárias de memória em função da quantidade de itens para memorização (3-7) e segundo as tarefas secundárias no experimento 2. As barras de erro representam o erro padrão da média.

Para obter maior clareza dos dados que comparam as duas tarefas de memória é preciso identificar a magnitude do efeito de interferência das tarefas CRT e CRT-1 nas tarefas de memória. Esta medida foi calculada subtraindo o desempenho dos participantes nas tarefas de interferência do desempenho nas tarefas controle. Na análise que levou em conta o tipo de tarefa de memória (visual, espacial), a diferença de desempenho em relação ao controle (CRT, CRT-1) e o tamanho da sequência (3, 4, 5, 6 e 7 itens) (Figura 16) foi identificado um efeito do tipo de interferência ($F_{1.47} = 44.06$, p = 0.001, $\eta^2_p = 0.48$), do tamanho da sequência $(F_{4.188} = 12.98, p = 0.001, \eta^2_p = 0.21)$, uma interação entre o tipo de tarefa de memória e a tarefa secundária ($F_{1,47} = 9,42$, p = 0,003, $\eta^2_{p} = 0,16$), e, também, uma interação entre a tarefa de memória e o tamanho da sequência ($F_{4,188} = 7,11$, p =0,001, $\eta_p^2 = 0,13$). As análises pos hoc de Bonferroni indicaram que a diferença do desempenho em CRT-1 em relação ao controle não variou conforme o tipo de estímulo memorizado, ou seja, o prejuízo ocasionado pela presença de CRT-1 em comparação à controle na tarefa visual (diferença de 20%, em média, epm = 3%) foi semelhante ao indicado na tarefa espacial (diferença de 21%, em média, epm = 3%). Entretanto, o prejuízo no desempenho das tarefas de memória ocasionado pela presença da tarefa CRT-1 foi maior do que o identificado sob interferência de CRT, tanto para a modalidade visual quanto para a espacial. Na tarefa visual a diferença entre controle e tarefa CRT foi de 16%, em comparação à 20% de diferença com a tarefa CRT-1. Na tarefa espacial a diferença entre controle e tarefa CRT foi de 11%, em comparação à 21% de diferença entre controle e tarefa CRT-1. A interação entre tarefa de memória e tamanho da sequência aponta que nas sequências de três itens a diferença entre controle e tarefas duplas (independentemente da qualidade da interferência) é maior na tarefa visual (M = 19% de diferença, epm = 3%) em comparação à tarefa espacial (M = 4% de diferença, epm = 2%).

Foi feita uma análise da diferença do desempenho nas tarefas de memória mediante a interferência das tarefas CRT e CRT-1, sendo este cálculo feito subtraindo-se o desempenho em CRT-1 pelo desempenho em CRT. Na análise que levou em conta a tarefa de memória (visual, espacial) e o tamanho da sequência (3, 4, 5, 6 e 7 itens) verificou-se um efeito do tipo de tarefa, que sugere que a diferença entre os dois tipos de interferência é maior na tarefa espacial (M = 11%, epm = 2%) em comparação à tarefa visual (M = 5%, epm = 1%).

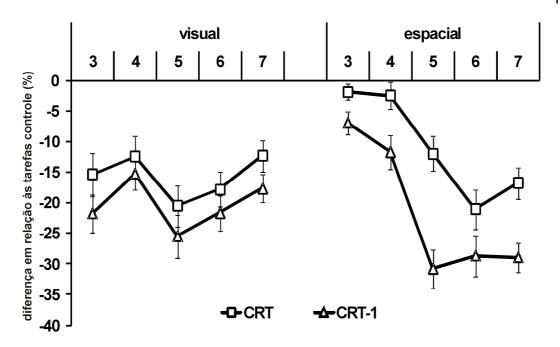


Figura 16. Diferença de desempenho nas tarefas de memória (visual, espacial) entre as tarefas realizadas sob interferência (CRT e CRT-1) e as tarefas controle, em função do tamanho da sequência apresentada para memorização.

Para comparar os efeitos dos tipos das tarefas secundárias foi realizada uma análise considerando o tipo de tarefa primária (visual, espacial), as tarefas secundárias (tarefa dupla com CRT, tarefa dupla com CRT-1), o tamanho da sequência (3, 4, 5, 6, 7 itens) e o tipo de prova da tarefa secundária CRT-1. A interação entre tarefa secundária e tipo de tarefa secundária indica que o desempenho nas tarefas de memória dependeu do tipo de tarefa secundária apenas na presença da tarefa CRT-1. Neste caso houve melhor desempenho quando os estímulos e as respostas na tarefa secundária eram repetidos (S=R=) (M = 60%) em comparação às outras três condições (M = 53%). Quando as tarefas de memória eram realizadas mediante interferência da tarefa CRT o desempenho não variou em função dos quatro tipos de condições (M = 64%).

5.2.1.2 Posição serial

5.2.1.2.1 Análise entre posições seriais

Esta análise teve como foco a porcentagem de respostas corretas de recordação da ordem serial em cada tamanho de sequência, considerando o tipo de tarefa primária de memória (visual, espacial), a condição de interferência (controle, CRT, CRT-1) e a posição serial do item memorizado (*Figura 17*, **Tabela 7**).

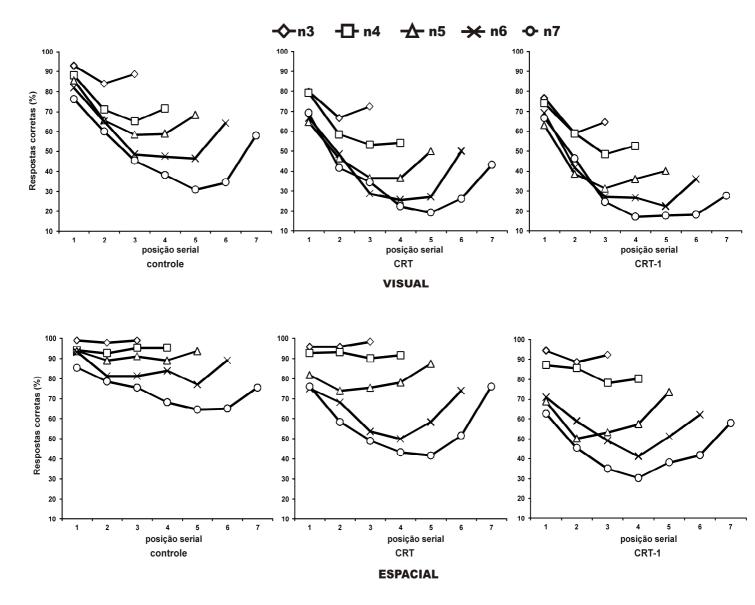


Figura 17. Porcentagem média de respostas corretas nas tarefas primárias de memória em função da posição serial do estímulo memorizado, do tamanho da sequência (n) e das tarefas secundárias no experimento 2.

Para melhor apresentação desta análise os parâmetros estatísticos constam na **Tabela 7**. Os dados mostram um efeito de interação entre tarefas primárias e secundárias em sequências de três, quatro, cinco e sete itens. Nas sequências de tamanho 3 e 4 na tarefa visual existe um efeito de primazia. Nesta condição o primeiro item é mais bem recordado que todos os outros, e o segundo item é mais bem recordado que o terceiro. Para a condição espacial não existe diferença entre a taxa de desempenho entre as posições seriais em sequências de três e quatro itens (p > 0,05) (*Figura 17*).

Tabela 7 - Parâmetros das análises de variância para as taxas de acertos em cada tamanho de sequência nas tarefas de memória em função da tarefa primária, da tarefa secundária e da posição serial no experimento 2.

Tam	Tarefa primária (1,47)	Tarefa secundária (2, 94)	Posição serial	Prim. x Pos.	Sec. x Pos.	Prim. x Sec. x Pos.	
	$F p \eta^2_p$	$F p \eta^2_p$	$F p \eta^2_p$	$F p \eta^2_p$	$F p \eta^2_p$	$F p \eta^2_p$	
3	105,22 * 0,69	29,57 * 0,38	18,57 (2,94) * 0,28	13,30 * 0,22 (2,94) * 0,22	1,96 (4, 188) # 0,04	0,55 (4, 188) # 0,01	
4	137,72 * 0,74	23,83 * 0,34	27,82 (3, 141) * 0,37	27,60 (3, 141) * 0,37	1,40 (6, 282) # 0,03	0,64 (6,282) # 0,01	
5	123,45 * 0,72	75,56 * 0,62	50,80 (4, 188) * 0,52	16,84 (4,188) * 0,26	1,57 (8, 376) # 0,03	1,28 (8, 376) # 0,03	
6	146,16 * 0,76	79,26 * 0,63	73,46 (5, 235) * 0,61	11,80 (5,235) * 0,20	2,97 (10, 470) * 0,06	1,28 (10 470) # 0,03	
7	99,63 * 0,68	96,11 * 0,67	88,63 (6, 282) * 0,65	11,12 (6, 282) * 0,19	3,33 (12, 564) * 0,07	2,46 (12, 564) ** 0,05	

Nota: Parâmetros das análises de variância (F); probabilidades (p) associadas; graus de liberdade do fator e erro; e êta ao quadrado parcial (η^2_p). * $p \le 0.001$; ** $p \le 0.05$; # p > 0.05

Na condição em que os participantes deveriam memorizar 5 itens ocorreu uma interação entre tarefa de memória e posição serial. Esta interação sugere que na tarefa visual o primeiro item é melhor recordado que todos os outros itens e o segundo item melhor recordado que o terceiro. O último item só é melhor recordado que os dois antecessores (terceiro e quarto itens). Na tarefa espacial o desempenho para o primeiro item é melhor que o segundo e terceiro, mas este desempenho é semelhante ao último item da lista. Por sua vez, este último item é melhor recordado que os três antecessores (segunda, terceira e quarta posições seriais). Assim, na lista de cinco itens percebe-se que na tarefa visual a primazia é estendida, ou seja, os dois primeiros itens melhor recordados que os demais, e uma tênue recuperação do desempenho para o último item, que permanecesse com desempenho inferior ao primeiro. Já na tarefa espacial houve primazia e recência caracterizadas pela ausência de diferença entre o primeiro e último item (curva no formato em U) (*Figura* 17).

Nas tarefas em que os participantes deveriam memorizar 6 itens ocorreu uma interação entre tarefa primária e posição serial. Na tarefa visual o primeiro item é melhor recordado que todos os outros, o segundo item melhor recordado que o terceiro, quarto e quinto itens, e o desempenho para o sexto item é melhor que os três antecessores. Percebe-se a repetição de um padrão de curva de posição serial no qual na tarefa visual sugere-se uma primazia estendida (primeiro e segundo itens melhor recordados que os demais, embora haja diferença entre eles) e uma recuperação do desempenho para o último item, ocasionando um efeito de recência. Para a tarefa espacial o primeiro item é melhor recordado que os demais, exceto o último item. Este último item é melhor recordado que o terceiro, quarto e quinto itens. Na tarefa espacial não há diferença entre a recordação do primeiro e do último item, mas ambos são melhor recordados que os itens do meio da lista, formando a curva característica de primazia e recência, na forma de U.

Ainda neste conjunto de seis itens ocorreu uma interação entre tarefa secundária e posição serial. Ocorreu uma diferença significativa no desempenho da última posição serial, na qual houve maior prejuízo na presença da tarefa CRT-1 em comparação à tarefa CRT (p < 0.05). Em função deste resultado considera-se que a supressão de recursos de atualização prejudicou o desempenho da memória para reter seis itens visuoespaciais, prejudicando principalmente o último item

memorizado, porque não havia recursos suficientes para mantê-lo ativo na memória até que fosse recordado.

Para o conjunto de sete itens ocorreu uma interação tripla entre tarefa primária, tarefa secundária e posição serial. Esta interação indicou que na condição controle apenas a recordação do primeiro item da sequência o desempenho espacial se igualou ao visual. Nas demais posições seriais o desempenho na tarefa espacial é superior ao visual. Na condição de interferência CRT a recordação dos quatro últimos itens da lista espacial é superior à dos quatro últimos itens da lista visual. Já na condição de interferência CRT-1 esta diferença ocorre apenas para os três últimos itens da lista. A comparação entre pares de posições, nas duas condições de interferência em cada uma das tarefas primárias indicou que para a tarefa espacial apenas a recordação do último item na tarefa CRT é superior à posição correspondente na tarefa CRT-1. Na tarefa visual não há diferença entre os pares de posição serial na comparação entre as duas tarefas secundárias. Este resultado ressalta a evidência anterior de que o sistema visual foi sobrecarregado de maneira a tornar indiscrimináveis as tarefas de interferência, diferentemente do processo que ocorre na memória espacial, que indica ser mais resistente ao aumento da demanda da tarefa.

Os dados sobre a curva de posição serial indicam efeitos de primazia e recência para a informação espacial e visual. Duas hipóteses podem ser abordadas. Em primeiro lugar, sobre a existência de um mecanismo de registro da ordem serial que funciona da mesma maneira para as duas modalidades. A representação de todos os itens seria automaticamente ativada em uma fase inicial da recordação, e este fenômeno seria independente da natureza dos estímulos e da exigência ou não pela recuperação em função da ordem serial, já que estudos anteriores encontraram o mesmo perfil de curva serial em tarefas nas quais a resposta para a ordem serial não era uma demanda específica da tarefa (Bonanni, Pasqualeti, Caltagirone, & Carlesimo, 2007).

5.2.1.2.1 Análise por posição serial

Nesta análise as respostas corretas para cada posição serial foram estudadas considerando as tarefas principais de memória (visual, espacial), a condição de interferência (controle, CRT, CRT-1) e o tamanho da sequência (Figura

17) (parâmetros estatísticos na **Tabela 8**. A análise da primeira posição serial indicou interação entre a tarefa primária de memória, a tarefa secundária e o tamanho da sequência. Na tarefa espacial a recordação do primeiro estímulo apresentado só é prejudicada na presença da tarefa CRT-1 em relação ao controle nas sequências de tamanhos cinco, seis e sete. Na tarefa visual a interferência da tarefa CRT-1 em comparação a controle ocorre apenas nas sequências de tamanhos três e cinco. Desta forma, demonstra-se que a primeira posição serial possui uma representação mais estável na condição visual do que na tarefa espacial. Isto pode ter sido ocasionado por uma estratégia de memorização utilizada pelos participantes, ou por um processo de interferência acumulada, que afeta de maneira menos intensa o primeiro item da lista visual. Se for este o caso, concordaríamos com um gradiente de primazia associado a um sinal temporal para o registro da informação visual. A associação destes mecanismos permitiria que o primeiro item da lista fosse menos vulnerável à interferência dos itens subsequentes e que o sinal temporal é mais forte no começo da lista visual (Hurlstone et al., s. d.).

Houve interação entre tarefa primária, secundária e quantidade de itens apresentados na análise da segunda posição serial. A porcentagem de acertos de recordação da segunda posição serial espacial é menor na condição CRT-1 em comparação à CRT e controle na sequência de cinco itens. Nas sequências de seis e sete eventos espaciais há diferença na recordação da segunda posição apenas entre as condições CRT e controle. Já na tarefa visual nas sequências de cinco e seis itens a realização concomitante da tarefa CRT-1 prejudica a memória para o segundo estímulo da lista em comparação à presença da tarefa CRT. Nas sequências de sete itens visuais não há diferenças entre as condições de tarefa secundária. Esta análise mostra uma semelhança no desempenho da memória entre as modalidades espacial e visual. Na medida em que a quantidade de itens é aumentada os acertos para a segunda posição serial diminuem e também ocorre uma falta de discriminação da natureza da interferência executiva. Este fenômeno é mais robusto na tarefa visual, pois como demonstrado, a manutenção de sete estímulos faz com que as tarefas secundárias afetem igualmente a recordação do segundo item da lista.

A análise da terceira posição serial também indicou interação entre tarefa primária, secundária e a quantidade de itens da sequência. A porcentagem de acertos para a terceira posição da sequência espacial é menor na condição CRT-1

em comparação à controle nas sequências de quatro, cinco, seis e sete itens. Há diferença entre a presença de CRT-1 e CRT apenas nas sequências de cinco itens. Para a tarefa visual a presença da tarefa CRT-1 prejudica o desempenho em comparação ao controle nas sequências de três, cinco, seis e sete itens.

A interação entre tarefa primária, secundária e quantidade de itens da sequência na análise da quarta posição serial mostra que a tarefa espacial é prejudicada pela presença de CRT-1 em relação ao controle nas sequências de cinco, seis e sete itens. Nas sequências de cinco itens também há diferença do desempenho entre as tarefas CRT-1 e CRT. Na tarefa visual o desempenho para a quarta posição serial é prejudicado na presença de CRT-1 em relação ao controle em todos os tamanhos de sequência estudados, mas em nenhum deles ocorre a discriminação entre as tarefas CRT e CRT-1. A interpretação de que ocorre uma falta de discriminação das tarefas secundárias na memória para as posições seriais na medida em que a quantidade de itens aumenta também é válida para a análise da quarta posição serial.

O desempenho para a quinta e sexta posições seriais foi afetado pelo tipo de tarefa, condição de interferência e tamanho da sequência, sem interação entre os fatores. Há maior taxa de acertos na tarefa espacial em relação ao visual. Além disto, o controle é superior às duas condições de interferência, sendo que a presença de CRT-1 afeta mais o desempenho que CRT. Os dados também mostraram que o desempenho é prejudicado na medida em que o tamanho da sequência a ser recordada aumenta.

A análise da recordação da sétima posição serial indicou uma interação entre tarefa principal e condição de interferência. O desempenho na tarefa espacial sem interferência (controle) é semelhante à condição CRT, mas é superior à condição CRT-1. Já na tarefa visual há diferença entre as três condições, sendo o desempenho superior na tarefa controle, e a interferência CRT afeta menos a memória que a tarefa CRT-1. A análise da última posição serial indica que ocorre um retorno da possibilidade de discriminação do contexto de interferência, reforçando a interpretação dos dados com base em um sinal temporal com gradientes de ativação que têm como referência o começo e o fim da sequência.

Foi possível demonstrar que o padrão de desempenho na memória serial visual é semelhante ao verificado na memória serial espacial, confirmando achados de Hurlstone (2010), Parmentier et al. (2006) e Ward et al. (2005). Para os dois tipos

de estímulos são verificados efeitos de primazia e recência. No caso espacial o desempenho para o primeiro e para o último item são semelhantes, e ambos superiores aos itens do meio da lista, mas no caso visual o último item é mais bem recordado que os do meio da lista, porém, com percentual médio inferior à recordação do primeiro.

Tabela 8 - Parâmetros das análises de variância para as taxas de acertos em cada posição serial nas tarefas de memória em função da tarefa primária, da tarefa secundária e do tamanho da sequência no experimento 2.

Posição serial	Tarefa primária (1, 47)		Tarefa secundária (2, 94)	Tamanho da sequência		Prim. x Sec. x Tam.			
	F p	η^2_p	$F p \eta^2_p$	F	p	η^2_{p}	F	р	η^2_{p}
1	21,85 *	0,31	64,23 * 0,57	47,03 (4,188)	*	0,50	2,18 (8,376)	**	0,04
2	167,35 *	0,78	98,93 * 0,68	79,33 (4,188)	*	0,63	2,61 (8,376)	*	0,05
3	350,36 *	0,88	161,14 * 0,77	181,61 (4,188)	*	0,79	3,58 (8,376)	*	0,07
4	243,27 *	0,83	108,73 * 0,69	138,92 (3,141)	*	0,75	2,75 (6, 282)	**	0,06
5	171,02 *	0,78	90,76 * 0,66	132,78 (2, 94)	*	0,74	2,11 (4,188)	#	0,04
6	94,99 *	0,67	57,29 * 0,55	78,86 (1,47)	*	0,63	0,48 (2,94)	#	0,01
7	82,11 *	0,64	29,56 * 0,39	//	//	//	//3,35 (2,94)	**	0,06

Nota: Parâmetros das análises de variância (F); probabilidades (p) associadas; graus de liberdade do fator e erro; e êta ao quadrado parcial (η^2_p). *p \leq 0,001; ** p \leq 0,05; # p > 0,05; // a análise da 7ª posição não levou em conta o tamanho da sequência, ou seja, foram considerados apenas os fatores tarefa primária e tarefa secundária. Por isto, somente a interação entre tarefas primária e secundária é apresentada.

5.2.1.3 Gradiente de transposição

Na tabulação dos dados foi identificado que na tarefa espacial, especificamente na carga de memória para três itens, não ocorreu uma variância do desempenho para deslocamentos em duas posições do alvo. Por isto, para não prejudicar a análise dos tipos de erros optou-se por considerar apenas as sequências maiores que três itens. Assim, foi realizada uma análise de variância considerando a tarefa primária de memória em dois níveis (visual, espacial), a tarefa secundária (controle, CRT, CRT-1), quatro tipos de tamanhos de sequência para memorização (4, 5, 6 e 7 itens) e os tipos de erros de deslocamento da posição serial em quatro fatores (adiantar a resposta em uma e duas posições, atrasar a resposta em uma e duas posições), adotando nível de significância de 5% (**Figura 18**). O cálculo da porcentagem de erros foi idêntico ao realizado no experimento 1.

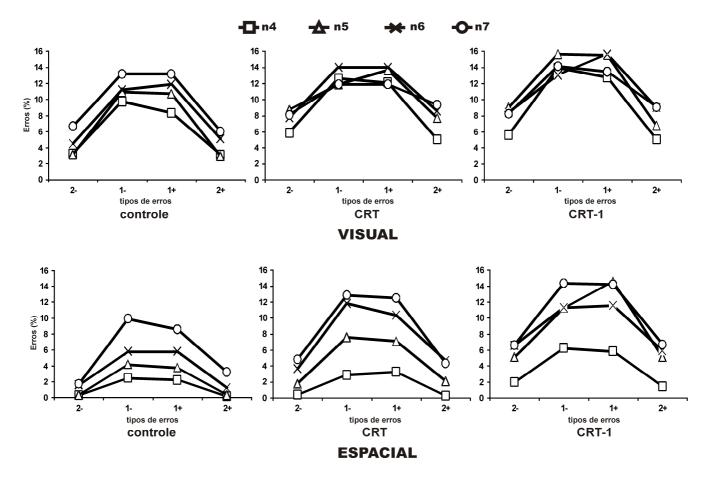


Figura 18. Porcentagem média de respostas erradas de recordação da posição serial nas tarefas primárias de memória em função do tamanho da sequência (n) e das tarefas secundárias no experimento 2. Os tipos de erros analisados foram: adiantar a resposta (-) ou atrasar a resposta (+) em um ou dois itens.

A análise mostrou que os participantes cometem mais erros de deslocamento da posição serial em um item em comparação aos erros de duas posições adjacentes à posição correta ($F_{3,141} = 299,82$; p < 0,001; $\eta^2 p = 0,86$). Não há diferença geral se estes erros são de atraso ou adiantamento da resposta (p > 0,05). Este dado também foi verificado em estudos anteriores (Hurlstone, 2010).

A literatura sugere medidas adicionais à análise dos erros de transposição para elucidar o processo de registro da ordem serial. A latência das respostas indicaria, por exemplo, alterações na velocidade do responder em função dos tipos de erros cometidos. Seria importante, também, verificar a qualidade do erro que se segue imediatamente à ocorrência de um erro de transposição. Este erro pode ser o de indicar uma posição serial anterior ou posterior à correta (Hurlstone, 2010). Entretanto, como no presente estudo não havia instrução específica ao participante para responder o mais rápido e corretamente o possível, estas análises não foram realizadas.

Ocorreu uma interação entre tarefas primárias de memória, tarefas secundárias e tipo de erros de posição serial ($F_{6,\ 282}=2,71;\ p=0,01;\ \eta^2_{\ p}=0,05$). Os tipos de erros cometidos na tarefa visual quando há interferência da tarefa secundária CRT não são diferentes daqueles cometidos quando há interferência de CRT-1 (p>0,05). Entretanto, houve maior porcentagem de todos os tipos de erro de posição serial visual na condição CRT-1 em comparação à condição controle (p<0,05). Na condição visual-CRT o maior índice de erros em comparação ao controle somente é observado no tipo de erro de deslocamento serial em duas posições adjacentes à posição correta (p<0,05).

Na tarefa espacial há diferença entre as condições CRT-1 e CRT quanto à porcentagem de erros cometidos apenas para erros do tipo adiantar a resposta em dois itens e atrasar a resposta em um item (p < 0.05). A porcentagem de erros cometidos na tarefa espacial na condição CRT-1 é maior em comparação à condição controle. Na presença da tarefa CRT a porcentagem de erros é maior que na condição controle apenas para erros do tipo deslocar a posição serial em um item (p < 0.05).

A interação entre tarefas primárias, tamanho da sequência e tipos de erro $(F_{9,423} = 4,72; p < 0,001; \eta^2_p = 0,09)$ indica que na tarefa espacial na medida em que ocorre um aumento da quantidade de itens apresentados para memorização ocorre

um aumento da porcentagem de erros cometidos, comparando-os em pares segundo os tipos de deslocamento de posição serial (p < 0.05) (**Figura 18**). Por exemplo, ocorreu uma porcentagem menor de erros na tarefa espacial com carga de memória 4 em comparação às cargas 5, 6 e 7. Os erros de deslocamento em um item são maiores no conjunto de 5 itens em comparação ao conjunto de 7 itens. Já na tarefa visual as diferenças na porcentagem de erros segundo a quantidade de estímulos memorizados é mais sutil. A única diferença dos tipos de erros entre cargas de memória visual correu na comparação da carga de 4 itens com os conjuntos de 6 e 7 itens. Neste caso, houve uma maior porcentagem de erros de atraso da resposta em dois itens na comparação do conjunto 4 com 6 e 7 (p < 0.05).

Os dados indicam diferentes padrões de erro de memória serial para as dimensões espacial e visual. As diferenças contextuais, caracterizadas pela distinção CRT *versus* CRT-1 e pelo aumento do tamanho da sequência, marcam mais o desempenho da memória espacial que a memória visual. Sugere-se que estas diferenças sejam justificadas pela dissociação visual-espacial em termos da representação do item, e não da ordem serial. Como dito anteriormente, da maneira como as tarefas foram delineadas a informação espacial contou com elementos na codificiação que estão ausentes para a informação visual, como por exemplo, a relação espacial entre os pontos, a geração de segmentos decorrentes da apresentação sequencial dos pontos (trajetória). Tudo isto facilitaria a ativação da sequência espacial em detrimento da sequencia visual, gerando assim, diferenças nos erros não apontadas no experimento anterior.

5.2.2 Tarefas secundárias

A porcentagem de respostas corretas para as tarefas secundárias (CRT, CRT-1), bem como o tempo de reação das respostas corretas foram analisados em função da tarefa primária de memória, da quantidade de itens da tarefa primária e do tipo de tarefa CRT-1. Foi adotado nível de significância de 5% (*Figura 19*).

A análise indicou efeito geral do tipo de tarefa primária ($F_{1,47}=30,85;\ p<0,001;\ \eta^2_p=0,39$), da quantidade de itens da tarefa de memória primária ($F_{4,188}=31,72;\ p<0,001;\ \eta^2_p=0,40$), da condição de interferência ($F_{1,47}=61,77;\ p<0,001;\ \eta^2_p=0,56$) e do tipo de tarefa secundária CRT-1 ($F_{3,141}=5,1;\ p=0,002;\ \eta^2_p=0,09$). Houve maior taxa de acertos de julgamento da identidade do tom (se de alta ou

baixa frequência) na presença da tarefa de memória espacial que visual, há uma tendência em diminuir os acertos conforme aumenta a quantidade de itens a serem memorizados na tarefa primária, e o desempenho nas provas do tipo S=R= é superior ao das provas em que o estímulo alterna, mas a resposta é a mesma (S \neq R=) e quando estímulo e resposta alternam na prova (S \neq R \neq). Ocorreu uma interação entre condição de interferência e tipo de tarefa CRT-1 ($F_{3,141}$ = 2,76; p = 0,04; η^2_p = 0,05). Esta interação indica que o desempenho na prova do tipo S=R= é superior ao do tipo S \neq R \neq apenas na tarefa CRT-1. Estes dados descartam explicações dos dados baseadas no efeito trade-off entre as tarefas primária e secundária.

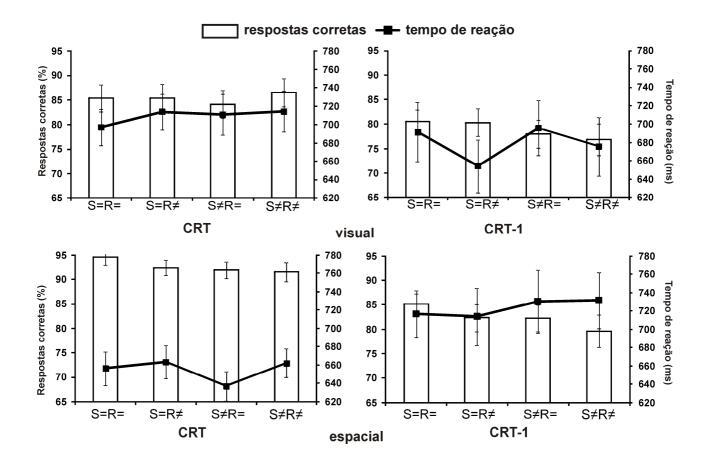


Figura 19. Porcentagem média de respostas corretas e tempo de reação médio (ms) nas tarefas CRT e CRT-1 em função do tipo de tarefa primária de memória no experimento 2.As barras de erro representam o erro padrão da média.

Os dados citados ratificam os resultados obtidos no experimento anterior sobre a ausência de efeito *trade-off* entre as tarefas primárias e secundárias. A repetição do dado indica que a comparação entre tarefa CRT e tarefa CRT-1 tem

validade em termos da comparação de recursos gerais inespecíficos e recursos gerais envolvidos com a função de atualização de informações. Este dado também corrobora a hipótese de que as tarefas executivas não contam com recursos específicos visuoespaciais para ser realizada.

A análise do tempo de reação nas tarefas secundárias indicou uma interação entre tarefa de tempo de reação, tamanho da sequência de memória e tipo de tarefa CRT-1($F_{12,564}=2,16$; p=0,01; $\eta^2_p=0,04$). Na comparação entre os pares de tarefa CRT-1 verificou-se que os participantes são mais rápidos na tarefa CRT em comparação à tarefa CRT-1 apenas quando a carga de memória primária é de seis itens e a tarefa secundária é do tipo em que o estímulo alterna, e a resposta é mantida na apresentação dos estímulos (S \neq R=).

6. Discussão Geral

6.1 Visão geral do estudo

Este estudo teve como objetivo verificar se recursos executivos de atualização da informação estão envolvidos no armazenamento da ordem serial de sequências visuais e espaciais na memória de trabalho. Esta questão foi estudada nas condições em que a memória estava operando dentro dos limites de armazenamento do subsistema visuoespacial (experimento 1), e quando sequências de diferentes tamanhos deveriam ser memorizadas (experimento 2). Um resumo dos aspectos mais relevantes do estudo estão apresentados no **Anexo E**.

Segundo o modelo dos multicomponentes da memória de trabalho (Baddeley, 2007), existe uma dissociação no armazenamento da aparência visual do registro da localização espacial dos objetos (Logie, 1995, 2003; Logie & Pearson, 1997; Klauer & Zhao, 2004; Della Sala et al., 1999). Se os sistemas visual e espacial são separados na memória de trabalho, de que modo ocorreria o registro da ordem serial destes eventos? Para alguns pesquisadores o mecanismo de retenção da ordem serial é semelhante para os diferentes armazenadores na memória de trabalho (Saito et al., 2008; Baddeley, 2012; Smyth et al., 2005; Hurlstone, 2010). Este mecanismo dependeria de recursos do executivo central (Szmalec, 2005; Rudkin et al., 2007), mais especificamente da função de atualização de informações (Fisk & Sharp, 2003; Szmalec & Vandierendonck, 2007). Entretanto, a dissociação visual-espacial no uso de recursos da função executiva de atualização de informações para o registro da ordem serial não foi esclarecida nos estudos citados. Um elemento que poderia estar relacionado ao recrutamento destes recursos executivos é o limite da capacidade do armazenador, e, por isto, foi levado em conta na formulação dos objetivos do presente estudo (Vandierendonck et al., 2004).

A função executiva de atualização de informações é entendida como o processo em que ocorre mudança contínua do conteúdo representado na memória na medida em que novas informações vão sendo acrescentadas ao sistema (Morris & Jones, 1990; Collette & Van der Linden, 2002). Considerando que esta função é realizada mediante reordenação dos itens e adição de novos eventos à representação (ZhenZhu et al., 2008) sugere-se que haja uma relação direta com a memória de trabalho para a ordem serial, até o momento não explorada separadamente para as modalidades visual e espacial.

Na literatura existe um conjunto considerável de métodos comportamentais para estudar a memória para a ordem serial de eventos visuais e espaciais. Alguns autores utilizam tarefas de reconhecimento (Ward et al., 2005), outros de recordação (Smyth et al., 2005). Muitos comparam a recordação de informações apresentadas simultânea ou sequencialmente (Rudkin et al., 2007). Todos enumeram fatores perceptuais, atencionais e de seleção da resposta que podem ser considerados vieses na posterior análise dos dados. Além disto, as pesquisas propõem uma vasta gama de medidas, dentre elas, o estabelecimento de uma capacidade máxima de armazenamento (Vandierendonck & Szmalec, 2003-2004; Mammarella & Cornoldi, 2005), a análise de acertos de posição serial (Parmentier et al., 2005), de erros para recordação do item e da ordem serial (Johnson & Miles, 2009), até a latência das respostas de recordação (Parmentier et al., 2006; Hurlstone, 2010). Se por um lado temos muitas opções de abordagem da questão de pesquisa proposta, por outro as escolhas experimentais tiveram que ser condizentes com a robustez das tarefas disponíveis (consideradas em termos de replicabilidade e validade) e alinhadas ao modelo teórico que fundamentou o estudo.

Assim, neste estudo adotamos o paradigma de recordação serial associado ao paradigma de tarefas duplas. Durante a memorização de sequências visuais e espaciais o participante deveria, ou não, executar tarefas secundárias. Como tarefas primárias de memória os participantes deveriam memorizar a aparência visual de uma sequência de letras (tarefa visual) e a localização espacial de pontos apresentados um a um na tela do computador (tarefa espacial). Estas tarefas foram apresentadas em blocos separados. As formas das letras como estímulos das tarefas primárias visuais foram escolhidas para evitar o acesso semântico-verbal do conteúdo (Darling et al., 2009; Santana & Galera, s. d.). Os pontos pretos dispersos na tela para a tarefa de localização espacial foram escolhidos para evitar aprendizagem das localizações ao longo do experimento (como ocorre na tarefa dos Blocos Corsi) e para possibilitar o controle da organização perceptual das sequências, que também influencia o desempenho na tarefa de memória espacial (Parmentier, 2011; Parmentier et al., 2006; De Lillo, 2004). Como medidas para avaliação das tarefas primárias foram escolhidas a capacidade máxima de armazenamento das sequências, as respostas corretas de recordação da ordem serial, e os erros de deslocamento em relação à posição serial correta.

Como tarefas secundárias foram escolhidas as tarefas de natureza geral (tarefa de tempo de reação de escolha, ou, em inglês, choice reaction time, CRT) e tarefas designadas a afetar a função executiva de atualização da informação (tarefa de tempo de reação de escolha para o item anterior, ou, em inglês, one-back choice reaction time, CRT-1). As tarefas secundárias foram escolhidas com base em um levantamento teórico sobre tarefas executivas de avaliação da função de atualização das informações (Szmalec 2005; Szmalec & Vandierendonck, 2007; Szmalec et al., 2009; Morris & Jones, 1990). Szmalec (2005) demonstrou que a tarefa CRT-1 é uma variação do paradigma *n-back*, que é consagrado como um teste da atualização de informações. Por ser uma tarefa auditiva, ela não ocuparia o mesmo sistema de armazenamento designado a manter as tarefas primárias – o esboço visuoespacial. É importante ressaltar que, embora o presente estudo trate de uma função do executivo central, este sistema atencional da memória de trabalho é tipificado em termos da unidade e da diversidade de funções. Isto quer dizer que existem diferentes funções executivas, mas que estão inter-relacionadas (Szmalec & Vandierendonck, 2007; Miyake et al., 2000). As tarefas secundárias eram realizadas, ou não (condição controle) durante a apresentação e memorização dos estímulos das tarefas primárias. Foram empregados tons auditivos como estímulos das tarefas secundárias, que foram avaliadas em função da taxa de acertos quanto à discriminação da frequência do tom (imediata para a tarefa CRT ou atrasada para a tarefa CRT-1) e o tempo de reação ao estímulo auditivo.

De modo geral, nossos dados mostraram que a função executiva de atualização de informações participa do registro da ordem serial de eventos visuais e espaciais na memória de trabalho. Este envolvimento ocorre quando as tarefas são executadas dentro dos limites de armazenamento, ou quando o subsistema de armazenamento opera fora destes limites. O prejuízo nas tarefas primárias de memória não é resultado de um desequilíbrio na distribuição de recursos entre as tarefas primárias e secundárias (ou seja, não houve efeito *trade-off* entre primárias e secundárias). Apesar do efeito de interferência na atualização de informações ter ocorrido tanto para a memória serial visual quanto para a memória serial espacial, existem algumas especificidades no padrão de interferência entre as modalidades que serão discutidas em detalhes na seção seguinte.

6.2 Comparação entre a representação da ordem serial visual e a ordem serial espacial

Por meio da análise da extensão da memória (span) e da porcentagem de respostas corretas foi possível demonstrar que a memória visual é capaz de reter menos itens, e com menor precisão em comparação à memória espacial. É possível adiantar que esta diferença situa-se no nível do armazenamento da identidade dos itens, e não da ordem serial, como será discutido nos próximos parágrafos. Este dado confirma as evidências da literatura à respeito da dissociação visual e espacial na memória de trabalho (Baddeley, 2007; Logie, 1995, 2003; Klauer & Zhao, 2004).

No que se refere às curvas de posição serial verifica-se que na memória visual ocorreu um efeito marcante de primazia quando os participantes foram testados dentro de seus limites individuais de capacidade de armazenamento. Entretanto, quando testados fora destes limites, além do efeito de primazia (desta vez mais marcante, estendido aos dois itens iniciais), ocorreu, também, um efeito de recência, caracterizado pela melhora do desempenho para o item final da lista. A memória para o primeiro item visual é sempre melhor que os demais da lista, independentemente da quantidade de itens para memorização, indicando uma estabilidade na representação deste evento na memória serial. Assim como na tarefa visual, na tarefa espacial o desempenho dos participantes, quando testados dentro dos limites da capacidade do armazenador evidenciou efeito de primazia. Nas provas de memorização de sequências de diferentes tamanhos, para listas curtas (três e quatro itens) o desempenho na tarefa espacial é alto, e semelhante para todas as posições seriais. Para listas longas (iguais ou maiores que cinco itens) aparecem os efeitos de primazia e recência, sendo a porcentagem de acertos para o primeiro e para o último itens espaciais semelhantes, gerando, assim, uma curva de posição serial na forma de U.

Os efeitos de primazia e recência foram encontrados em estudos anteriores que utilizaram padrões de matrizes (Avons, 1998), faces não familiares (Smyth et al., 2005; Ward et al., 2005), a localização espacial dos blocos Corsi (Smyth & Scholey, 1996), de pontos espaciais (Guérard & Tremblay, 2008; Parmentier et al., 2005) e a localização de quadrados coloridos (Jalbert et al., 2008). A diferença para com estes estudos é a verificação de um padrão de desempenho diferente quando a memória

visuoespacial é testada considerando os limites de capacidade do esboço visuoespacial. Em conjunto, estes dados sugerem que os mecanismos de registro da ordem serial visual e ordem serial espacial são semelhantes, e, por isto, geram padrões de desempenho parecidos, e que as diferenças no desempenho remetem ao armazenamento da identidade, e não da ordem serial.

Discutindo as curvas de posição serial em termos das condições de tarefas duplas, quando os participantes desempenharam a tarefa visual dentro dos limites das capacidades individuais de armazenamento, há um efeito de primazia mais saliente na condição controle e um rebaixamento geral na taxa de acertos nas condições de interferência. Nas provas controle o desempenho para o primeiro item é melhor do que para os quatro itens seguintes. Já na presença das tarefas secundárias o primeiro item visual é melhor recordado apenas em relação aos três itens seguintes. Este efeito é o mesmo se a interferência executiva é geral (CRT) ou se a tarefa secundária afeta a função de atualização de informações (CRT-1). No segundo experimento, quando os participantes memorizaram sequências visuais de três a sete itens, verificou-se que para todos os tamanhos de sequência o desempenho nas tarefas controle foi melhor que nas tarefas visuais realizadas sob interferência, mas não houve diferença entre a natureza das tarefas de interferência (se tarefas CRT ou CRT-1), replicando, assim, os dados do experimento anterior. Para as tarefas espaciais, quando a memória opera dentro dos limites de armazenamento o desempenho na tarefa controle não varia entre as posições seriais. Quando há interferência geral nos recursos executivos (CRT) a primazia é restrita a um item espacial, mas se a interferência ocorre na função de atualização a primazia é estendida a dois itens espaciais. Quando a memória espacial opera fora dos limites de armazenamento o envolvimento da função executiva de atualização depende do tamanho da lista a ser memorizada, assim como das condições de interferência. Em listas curtas o desempenho da memória é indiferente à presença das tarefas secundárias. Em listas maiores (de cinco ou mais itens) há um efeito no qual o desempenho é pior nas tarefas realizadas quando há interferência na função executiva de atualização de informações.

Em síntese, as curvas de posição serial para os estímulos visuais e espaciais foram similares, ou seja, foram verificados efeitos de primazia quando o span é levado em conta, e de primazia e recência quando sequências de diferentes tamanhos são memorizadas. A exceção é que em listas curtas (três e quatro itens) a

memória espacial não varia em função das posições seriais. Os dados mostraram que enquanto há uma clara diferenciação no padrão da curva de posição serial espacial entre os dois tipos de interferências executivas, esta distinção não é tão nítida para a tarefa visual, na qual há um prejuízo geral no desempenho, independentemente da natureza da interferência.

Uma vez que as tarefas duplas amenizaram, mas não romperam o padrão de respostas baseado na primazia, a análise dos erros de posição serial pareceu ser um meio útil para descrever melhor o mecanismo de representação da ordem serial visual e espacial. A análise dos erros de recordação serial mostrou que quando avaliados dentro dos limites da capacidade de armazenamento ocorreram mais erros de deslocamento em uma posição serial em relação aos outros tipos de erros de transposição, tanto na tarefa visual, quanto na tarefa espacial. Além disto, para as duas modalidades houve maior frequência de erros de posição serial na presença da tarefa secundária CRT-1 em comparação à condição controle, sem diferenças com a condição de tarefa secundária CRT. Quando os participantes memorizaram sequências de diferentes tamanhos, na tarefa visual os tipos de erros cometidos mediante a tarefa CRT-1 não foram diferentes em relação à quando há interferência de CRT. Entretanto, ocorreram mais erros na condição CRT-1 em comparação à controle, neste caso, sem diferenças entre os tipos de erros. Na tarefa espacial a porcentagem de erros de deslocamento em duas posições seriais e de atrasar a resposta em um item na presença da tarefa secundária CRT-1 foi maior em comparação à condição em que acontecia a tarefa CRT. No primeiro experimento este tipo de interação não havia ocorrido. Os dados ainda mostram que à medida que aumentava a quantidade de itens espaciais para memorização, ocorriam mais erros de transposição da posição serial espacial. A maior ocorrência de erros de deslocamento em um item da posição serial correta foi verificada em estudos anteriores sobre a recordação serial visual (Avons & Mason, 1999; Smyth et al., 2005) e espacial (Smyth & Scholey, 1996; Parmentier et al., 2006). A novidade do presente estudo se refere aos diferentes padrões de erro considerando, ou não, os limites de capacidade de armazenamento do esboço visuoespacial.

Em resumo, as semelhanças entre a memória serial visual e a memória serial espacial podem ser enumeradas assim: curvas de posição serial caracterizadas por primazia e recência; predominância de erros de transposição de deslocamento em um item da posição correta; efeito prejudicial do aumento do

tamanho da sequência; queda do desempenho quando recursos executivos são reduzidos, principalmente os designados a sustentar a função executiva de atualização da informação. Dentre as diferenças entre os dois tipos de representação serial destacam-se: menor capacidade e precisão na representação de itens na memória visual em comparação à espacial; a memória visual é mais susceptível ao aumento da quantidade de itens para retenção e para este tipo de armazenamento não há uma diferenciação clara entre os efeitos dos dois tipos de interferência executiva (CRT e CRT-1), como pode ser determinado para a tarefa espacial.

6.3 Modelos teóricos sobre a memória para a ordem serial de eventos visuais e espaciais

Em função de um padrão convergente para o registro da ordem de eventos visuais e espaciais, é possível discutir os dados em termos de um mecanismo semelhante de registro da ordem serial. Como dito anteriormente, o modelo que é mais bem sucedido em explicar a memória para ordem serial para eventos visuais e espaciais é o mecanismo de fila competitiva (Hurlstone et al., s. d.), no qual a ordem serial é representada em termos de um gradiente de ativação dos itens. Esta ativação é representada em uma camada superior de processamento de informações, denominada "camada de planejamento em paralelo". Na recuperação, todos os itens são ativados nesta camada em paralelo e esta representação é projetada para uma camada de escolha serial, designada por "escolha competitiva". Nesta camada de processamento serial, assim que o item é selecionado, ele é inibido na camada anterior. Como a recuperação ocorre em função do grau de ativação, aquele que for mais ativo será recordado primeiro e suprimido em seguida, e assim por diante, até que todos os itens sejam recordados (Hurlstone et al., s.d.). Com os dados do presente estudo não é possível fazer grandes generalizações à respeito deste modelo (e nem era este o nosso objetivo), mas é possível sugerir que a ativação dos itens na camada de planejamento ocorre por meio de um gradiente de primazia (Page & Norris, 1998). Segundo Hurlstone et al. (s. d., p. 49) "a primazia ocorre porque os itens do começo da sequência são mais ativos, significando que eles encontrarão menor competição na recordação. Por contraste, a recência ocorre

porque itens são recuperados e suprimidos serialmente, portanto o número de competidores é reduzido".

No presente estudo as interferências das tarefas executivas durante a codificação dos itens podem ter afetado o gradiente de primazia, perturbando o grau de ativação dos itens em relação ao primeiro item da lista. Esta parece ser uma propriedade do armazenamento da ordem serial visuoespacial como um todo, já que o efeito ocorreu tanto para a modalidade visual, quanto para a espacial. Parece ocorrer que o acréscimo de elementos à lista, e o aumento da carga no executivo central funcionam como ruídos no grau de ativação dos itens, ocasionando prejuízos na codificação dos itens, ou na produção da resposta. Se adotarmos e ampliarmos a perspectiva de Gorgoraptis et al. (2011) os recursos executivos seriam distribuídos pelos itens em função de um gradiente de primazia. Uma vez que ocorre uma interferência na distribuição destes recursos a representação dos estímulos não é apagada, mas sim atenuada, e a precisão para a recordação dos eventos é, por consequência, comprometida.

Entretanto, o gradiente de primazia não parece ser o único mecanismo responsável pela memória para a ordem serial. A maior frequência de erros cometidos para os itens apresentados no meio da lista em comparação aos primeiros e últimos itens, e os erros de deslocamento em uma posição serial adjacente à correta sugerem que os itens foram representados em relação a algum sinal do contexto, que é independente do registro da identidade dos itens. Esta relação é aproximada, o que proporcionou mais erros de recordação em posições seriais adjacentes às corretas. Isto quer dizer que o sinal contextual das posições vizinhas se sobrepôs, ocasionando confusão nas respostas para posições próximas entre si. É possível que a resolução deste sinal do contexto seja dependente do tamanho da sequência, ou seja, em longas sequências o código da posição do item tenha menor resolução (Hurlstone et al., s. d.) e, por isto, a recordação de um item em uma sequência longa é inferior à uma sequência curta, como demonstrado em nosso estudo para a tarefa espacial. Além disto, é possível supor que este sinal contextual seja mantido pela função de atualização de informações, que, uma vez direcionada para outra tarefa, prejudicou o registro do item na posição serial correta. Não é possível dizer com precisão, a partir dos dados deste estudo, se este prejuízo ocorre na entrada da informação (no estabelecimento da associação item-ordem) ou no escaneamento desta representação (recitação).

Assim, com base nas afirmações de Hurlstone et al. (s. d.) os efeitos de primazia e recência seriam decorrentes de um processo de ativação dos itens controlado por um gradiente de primazia e/ou por um sinal temporal que indicaria a posição dos estímulos apresentados na sequência (marcador de posição). Os erros de recordação da posição serial seriam consequência de itens vizinhos possuírem graus de ativação semelhantes, aumentando, assim, a probabilidade de uma posição serial adjacente à correta ser apontada para recordação. Os dados mostram claramente o caráter de esquecimento baseado na interferência, já que o aumento da quantidade de itens para memorização ocasiona uma queda geral do desempenho, tanto na tarefa visual quanto espacial. Além disto, é possível confirmar que a função executiva de atualização participa do registro da ordem serial, seja sustentando um grau de ativação dos itens em uma camada de "planejamento da sequência", ou por meio de um ciclo de escaneamento da informação em uma camada na qual os itens são escolhidos para a resposta e suprimidos na camada superior de planejamento.

Embora o modelo das camadas de processamento proposto por Hurlstone et al. (s. d.) seja muito adequado para explicar os efeitos de ordem serial, bem como indicar uma hipótese sobre o papel da função de atualização de informações, ele não esclarece as diferenças entre as modalidades visual e espacial encontradas nos resultados, como por exemplo, quanto à capacidade de armazenamento e a sensibilidade aos tipos de tarefas executivas. Os dados parecem indicar que a memória visual é baseada no objeto, ou seja, nas características intrínsecas dos objetos que distinguem um item de outro, como detalhes visuais e similaridade visual (Johnson & Milles, 2009; Smyth et al., 2005; Saito et al., 2008), e a memória espacial, por sua vez, além de ser baseada no estímulo, também conta com informações transicionais para manter as sequências espaciais (Parmentier, 2011).

Smyth et al. (2005) mencionaram que a memória serial visual é sensível ao aumento da quantidade de itens a serem memorizados e propuseram que este fator é mais importante para a memória visual em comparação a outros tipos de perturbação do sistema, como as interferências que não são de natureza visual (no caso do estudo destes autores, a supressão verbal e o *tapping* espacial). Avons (1998, experimento 2) também demonstrou que o aumento da quantidade de itens para a memorização fez com que ocorresse uma queda geral no desempenho, acentuando a forma de "arco" da curva de posição serial visual. Neste mesmo

estudo, em sequências longas não foi possível diferenciar o desempenho da memória em diferentes condições de interferência. Se relacionarmos estas afirmações com os nossos dados poderíamos concluir que recursos específicos e gerais interagem para manter a ordem serial visual na memória. Os recursos gerais não seriam somente os referentes à função executiva de atualização de informações. Isto pode ser demonstrado pela ausência de diferença entre as interferências executivas do tipo CRT e CRT-1 na memória visual. Conclui-se, então, que a ordem serial visual é dependente primordialmente de recursos específicos visuais, mas isto não exclui o envolvimento de recursos executivos.

A maior resistência espacial às perturbações do contexto pode ser explicada pelo fato de a memória espacial ter contado com a forma com que as informações estavam organizadas na percepção (Parmentier, 2011) e, porque não, com um mecanismo de recitação não disponível para o componente visual, como os movimentos oculares, por exemplo (Tremblay et al., 2006; Saint-Aubin et al., 2007). Fatores como a formação de uma trajetória pela apresentação sequencial dos pontos, o ângulo formado entre os itens da sequência, a distância temporal e espacial entre os estímulos podem ter contribuído para a codificação espacial em termos de configurações (relações espaço-temporais) ao invés de coordenadas espaciais absolutas. Assim, concordamos com Zimmer e Liesefeld (2011), e também com Logie (2011) sobre a preferência pela denominação "diferentes tipos de representações espaciais" ao invés de "armazenador espacial" como uma denominação genérica.

Os dados mostram que recursos específicos do sistema espacial podem ter mantido as informações espaciais com base na representação da configuração espacial dos itens. Esta representação foi apoiada por recursos gerais, encarregados de identificar as posições seriais dos eventos. Quando houve sobrecarga da quantidade de itens o desempenho foi prejudicado (ou seja, os recursos específicos foram comprometidos), mas esta queda no desempenho foi ainda maior na presença da tarefa secundária que limitou a função executiva de atualização. Isto indica que os recursos executivos estavam apoiando a representação serial. Como a curva de posição serial não foi alterada, mas sim rebaixada de modo geral, sugere-se que, para a modalidade espacial, os recursos específicos de armazenamento e os gerais de atualização da informação funcionam de maneira integrada para manter a associação item-ordem na memória. Esta

conclusão assemelha-se à interpretação dada por Vandierendonck et al. (2004) em um estudo que adotou parâmetros experimentais semelhantes ao presente estudo, com recordação de sequências espaciais mediante interferências executivas. Do mesmo modo que no presente estudo, os autores concluíram que o executivo central tem participação efetiva na manutenção de sequências espaciais intermediárias e longas.

Podemos reunir o que foi discutido sobre as semelhanças e diferenças entre a memória serial visual e espacial, e o papel da função executiva de atualização de informações segundo as conclusões de Hurlstone (2010) sobre a memória serial visuoespacial. Para ele, o esboço visuoespacial codifica a informação sobre a identidade ("o quê" e "onde") e a posição serial do item de forma integrada. Entretanto, o processo designado a manter e recuperar a ordem dos eventos dependerá da combinação de recursos específicos do subsistema de armazenamento, bem como de recursos gerais da atenção, que no presente estudo ficou demonstrado o envolvimento da função executiva de atualização da informação. Os recursos do subsistema são designados a operar na distinção das características visuais e espaciais dos estímulos. Os recursos gerais de atualização da informação vão operar no processo de "enfileiramento dos itens" e de escolhas sucessivas para a recuperação.

Discutindo os dados nos termos do modelo dos multicomponentes da memória de trabalho conclui-se que a associação item-ordem se daria no armazenador (esboço visuoespacial). Neste caso, a representação da identidade do item respeitaria as diferenças entre cada tipo de representação (Logie, 2003). Isto não quer dizer que o esboço visuoespacial seja dividido em subcomponentes, sendo uns passivos e outros ativos, como argumentaram Mammarella et al. (2013), mas sim que há um processo de interação de recursos específicos e gerais. No caso visual haveria maior influência de fatores como a similaridade entre itens e no caso espacial a representação dependeria da organização perceptual dos itens proporcionando uma codificação da configuração espacial da sequência. Entretanto, para tornar esta associação item-ordem ativa e disponível à consciência para recuperação, recursos de atualização da informação do executivo central seriam recrutados para ativar os itens, organizá-los em fila conforme o grau de ativação de cada um, e suprimir os eventos já recordados. Ainda não temos clareza se este processo de ativação (e, porque não, de manipulação) do conteúdo ocorreria em um

subsistema separado, como o *buffer* episódico, já que o executivo central não é um armazenador, e o esboço visuoespacial não realiza operações complexas de manipulação do conteúdo (Baddeley, 2012).

6.4 A atualização de informações e a memória para ordem serial

A contribuição de recursos executivos, principalmente os da função de atualização da informação na representação da ordem serial foi claramente evidenciada nos nossos dados pela análise do desempenho das tarefas em que os recursos executivos de atualização foram sobrecarregados. Este dado amplia evidências anteriores sobre a participação do executivo central no registro da ordem serial (Rudkin et al., 2007) porque caracteriza melhor este envolvimento em termos do papel da função de atualização de informações.

Os nossos dados atestaram a importância da função de atualização na manutenção da ordem serial, mesmo quando o esboço visuoespacial opera dentro dos limites de sua capacidade de armazenamento. Isto quer dizer que a atualização de informações realiza a manipulação do conteúdo por meio da mudança da representação memorizada, adicionando novas informações à medida que novos itens são apresentados. Por meio do delineamento experimental verificamos que quando esta função é direcionada para outra tarefa este processo de escaneamento e adição de itens é perturbado, ocasionando prejuízo no desempenho para a tarefa. É possível supor que esta operação realizada pela função de atualização ocorra, segundo o modelo computacional da fila competitiva, em uma camada de planejamento das sequências, e/ou no processo de seleção-inibição que ocorre na camada de escolha. Sendo assim, ocorreria um processo de regulação gradual do nível de ativação dos elementos na entrada das informações, associado, ou não, a um processo de coordenação da escolha dos itens baseada na ativação inicial, e inibição dos elementos já escolhidos para resposta (Palladino et al., 2001).

Se a memória para ordem serial dependesse apenas da operação realizada pela função executiva de atualização de informações, não haveria diferenças no padrão de desempenho entre as modalidades visual e espacial. Entretanto, nossos dados contradizem esta proposição e sugerem que o executivo central e o esboço visuoespacial trabalham em conjunto para a retenção da ordem serial, contrariamente o que foi argumentado em um estudo anterior (ZhenZhu et al., 2008).

Fica evidente que temos por um lado processos controlados e, por outro, processos de controle (Szmalec, 2005). Os processos controlados se referem ao conjunto de operações realizadas pelo esboço visuoespacial para manter a identidade dos itens na memória. Ressalta-se o termo "processos controlados", ao invés de "representação controlada" porque o componente visuoespacial também realiza um trabalho de coordenação de recursos específicos para processar a informação que entra no sistema, influenciada por fatores perceptuais e atencionais. Por causa destes recursos específicos que o desempenho visual se diferencia do espacial. Para a memória visual há uma vulnerabilidade às características intrínsecas do estímulo, o que torna a representação frágil. Para o espacial a informação é representada não somente com base na localização absoluta do evento, mas conta, também, com outras informações como a trajetória entre as localizações, a distância relativa entre os itens, entre outros.

Considerando que os nossos dados mostraram que recursos específicos do esboço visuoespacial interagem com recursos gerais de atualização da informação para manter a ordem serial, podemos ser questionados se a tarefa secundária empregada no estudo não estava ocupando recursos específicos para manter a identidade dos itens, ao invés da ordem, e, por isto o desempenho foi prejudicado. Em resposta a esta questão, relembramos o estudo de Szmalec e Vandierendonck (2007) no qual foi demonstrada uma dissociação entre o efeito de interferência de uma tarefa específica (*tapping*) e o efeito de interferência da tarefa CRT-1 na memória visuoespacial. Este dado foi interpretado como evidência de que a tarefa de tempo de reação de escolha para um item anterior é realizada sem a mobilização de recursos específicos visuoespaciais. Segundo os autores isto não significa que a tarefa CRT-1 é amodal, mas que a carga sobre o subsistema de memória visuoespacial não produz um padrão de interferência específico à modalidade.

O envolvimento da função de atualização de informações na memória serial foi verificado a partir do estudo do efeito de uma tarefa de tempo de reação de escolha para o item anterior em comparação às condições controle e a uma tarefa de tempo de reação de escolha regular. Pode ser levantada a questão de que as diferenças verificadas tenham ocorrido porque a primeira tarefa é mais difícil, sobrecarregando mais o sistema de memória como um todo, em relação às outras duas condições. O ponto central deste argumento é a diferença entre demanda da tarefa e o processo cognitivo subjacente à ela. A diferença entre os dois tipos de

tarefa de tempo de reação não são apenas quantitativas, mas, também qualitativas. A tarefa CRT-1 envolve os mesmos processos que a tarefa CRT, como tomada de decisão e discriminação do contexto, mas, adicionalmente, requer uma operação de atualização, na qual o participante deve manter uma representação ativa e constantemente substituí-la para em seguida escolher outra resposta para o próximo estímulo. Isto quer dizer que sim, a tarefa CRT-1 demanda mais controle executivo que a tarefa CRT, entretanto, é preciso interpretar esta demanda em termos da natureza das tarefas, e não somente por diferenças quantitativas (Szmalec, 2005).

6.5 Implicações do estudo

Com relação às questões metodológicas de abordagem da memória de trabalho, este estudo ofereceu contribuições importantes para avaliação da memória para a ordem serial de eventos visuais e espaciais. O conhecimento disponível até agora sobre este tipo de registro foi baseado, geralmente, em estudos que investigaram separadamente a ordem serial visual (Avons, 1998; Smyth et al., 2005) da ordem serial espacial (Vandierendonck et al., 2004; Mammarella et al., 2006; Parmentier et al., 2006). O presente estudo realizou uma investigação na qual a memória para ordem serial visual e espacial foi considerada como fator intra-grupos.

Outra questão metodológica importante refere-se à iniciativa de assumir que o executivo central é caracterizado pela diversidade de funções (Szmalec, 2005) e, pela investigação da hipótese de que um tipo de função poderia estar especialmente envolvida com o armazenamento de sequências. Esta hipótese foi abordada, mas não explorada por estudos anteriores (Fisk & Sharp, 2003; Szmalec, 2005). É certo que outras funções do executivo central também podem participar do registro da ordem serial, mas seguimos uma proposta indicada pela literatura. Outras pesquisas poderiam se dedicar à investigação de outros tipos de função executiva.

O presente estudo contribui com a discussão acerca da interação de recursos gerais e específicos para a manutenção da ordem serial de eventos visuais e espaciais. Mais precisamente, ele caracteriza o envolvimento de uma função executiva— a atualização de informações — na manutenção da ordem serial visuoespacial. Foi demonstrado que o problema da ordem serial não é resolvido apenas com recursos do armazenador, como sugeriram alguns autores (Saito et al., 2008), mas, sim, parece ser produto da operação em conjunto dos subcomponentes

de armazenamento e do controlador atencional (o executivo central). Uma vez que a ordem serial depende da interação de recursos específicos e gerais para ser mantida na memória, duas hipóteses podem ser abordadas. A ordem serial pode ser uma propriedade emergente da operação coordenada dos subsistemas da memória de trabalho para manter a sequência de itens, ou a ordem serial pode ser tratada como uma dimensão que é integrada às características dos estímulos e retida em algum subcomponente de armazenamento. Assim, a memória para ordem serial é problematizada em termos de um processo cognitivo de sustentação da memória de curto prazo, ou como um produto da integração de informações. Futuras pesquisas que caracterizem melhor o executivo central, bem como um mecanismo de integração (o buffer episódico) poderão esclarecer estas dúvidas.

No campo de pesquisa da neuropsicologia, o presente estudo poderá ser usado para formular questões de pesquisas e para formatar delineamentos experimentais que levem em consideração o envolvimento da função executiva de atualização de informações no armazenamento de sequências visuais e espaciais. No estudo sobre a evolução do desenvolvimento cognitivo, por exemplo, pode ser questionado se o comprometimento ocorrido na memória para sequências visuais e espaciais no decorrer do envelhecimento é consequência de danos na capacidade de armazenar a identidade dos itens e/ou na capacidade de manter os itens ativos, na ordem em que foram apresentados. Além disto, uma vez demonstrada a diferenciação e, ao mesmo tempo a interação entre recursos gerais e específicos, programas de intervenção podem ser planejados para treino em reabilitação no caso de danos nas estruturas cerebrais destinadas a manter este processamento.

Em síntese, o presente estudo responde muitas questões sobre como é mantida a ordem serial de eventos visuais e espaciais na memória de trabalho, principalmente no que se refere à participação de recursos do executivo central de atualização das informações neste tipo de registro. Mais importante do que isto, e compartilhando a visão de Baddeley e colaboradores (2010) sobre a ciência, é que os resultados, se "provaram" ou "refutaram" uma hipótese, não é tão importante quanto se eles estimularam a formulação de novas questões que, em conjunto podem expandir o que se sabe sobre a estrutura da memória de trabalho.

Referências¹

- Agam, Y., Galperin, H., Gold, B. J., & Sekuler, R. (2007). Learning to imitate novel motion sequences. *Journal of Vision*, 7(5), 1–17.
- Amiez, C., & Petrides, M. (2007). Selective involvement of the mid-dorsolateral prefrontal cortex in the coding of the serial order of visual stimuli in working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(34), 13786-13791.
- Andrade, J., Kemps, E., Werniers, Y., May, J., & Szmalec, A. (2002). Insensitivity of visual short-term memory to irrelevant visual information. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 55A*(3), 753-774. doi: 10.1080/02724980143000541
- Avons, S. E. (1998). Serial report and item recognition of novel visual patterns. *British Journal of Psychology*, *89*, 285-308.
- Avons, S. E., & Mason, A. (1999). Effects of Visual Similarity on Serial Report and Item Recognition. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 52(1), 217-240.
- Avons, S. E., & Oswald, K. (2008). Using temporal order to identify spatial reference frames. *Perception & Psychophysics*, *70*(6), 1068-1080. doi: 10.3758/PP.
- Avons, S. E., Ward, G., & Melling, L. (2004). Item and order memory for novel visual patterns assessed by two-choice recognition. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *57A*(5), 865-891. doi: 10.1080/02724980343000521.
- Baddeley, A. D. (2002). Fractionating the Central Executive. Em: D. T. Stuss & R. T. Knight (Orgs.) *Principles of Frontal Lobe Function*. (pp 246-260). New York: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (2007). Working memory, thought, and action. New York: Oxford University.
- Baddeley, A. D. (2012). Working Memory: Theories, Models, and Controversies. Annual Review of Psychology, 63, 1-29. doi: 10.1146/annurev-psych-120710-100422
- Baumann, O., Skilleter A., & Mattingley J.B. (2011). Short-term Memory Maintenance of Object Locations during Active Navigation: Which Working Memory Subsystem is Essential? *PLoS ONE*, 6(5), e19707, doi:10.1371/journal.pone.0019707
- Bays, P. M., Gorgoraptis, N. W., Wee, N., Marshall, L., & Husain, M. (2011). Temporal dynamics of encoding, storage, and reallocation of visual working memory. *Journal of Vision*, *11*(10), 6, 1-15.

_

¹ De acordo com o estilo APA – American Psychological Association

- Bonanni, R., Pasqualetti, P., Caltagirone, C., & Carlesimo, G. A. (2007). Primacy and recency effects in immediate free recall of sequences of spatial positions. *Perceptual and Motor Skills*, 105, 483-500.
- Borst, G., Niven, E., & Logie, R. H. (2012). Visual mental image generation does not overlap with visual short-term memory: A dual-task interference study. *Memory & Cognition*, 40 (3), 360-372, DOI 10.3758/s13421-011-0151-7
- Brockmole, J. R., Davioli, C. C., & Cronin, D. A. (2012). The visual world in sight and mind: How attention and memory interact to determine visual experience. In B. H. Ross (Ed.). *The Psychology of Learning and Motivation, 57* (103-145). London: Elsevier. DOI: 10.1016/B978-0-12-394293-7.00003-0
- Bullock, D. (2004). Adaptive neural models of queuing and timing in fluent action. *Trends in Cognitive Sciences*, *8*(9), 426-433. doi:10.1016/j.tics.2004.07.003
- Bullock, D., & Rhodes, B. (2003). Competitive queuing for serial planning and performance. In M. Arbib (Ed.) *Handbook of brain theory and neural networks*, second edition (pp. 241-244). Cambridge, MA: MIT Press.
- Burke, M. R., Allen, R. J., & Gonzalez, C. (2012). Eye and hand movements during reconstruction of spatial memory. *Perception, 41*, 803-818.
- Clair-Thompson, St. H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59 (4), 745-759.
- Collette, F., & Van der Linden, M. (2002). Brain imaging of the central executive component of working memory. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26, 105-125.
- Cornoldi, C., & Mammarella, I. C. (2008). A comparison of backward and forward spatial spans. *The Quarterly Journal Of Experimental Psychology*, 61(5),674-682. doi: 10.1080/17470210701774200.
- Cornoldi, C., & Mammarella, I. C. (2011). The organization of visuospatial working memory: Evidence from the study of developmental disorders. In.: André Vandierendonck & Arnaud Szmalec Eds. *Spatial Working Memory*, pp 46-66, Hove: Psychology Press.
- Cowan, N. (2005). Working memory capacity. New York: Taylor & Francis Group.
- Darling, S., Della Sala, S., & Logie, R. H. (2009). Dissociation between appearance and location within visuo-spatial working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62 (3), 417-425. doi: 10.1080/17470210802321984
- Davis, L. C., Rane, S., & Hiscock, M. (2013). Serial recall of visuospatial and verbal information with and without material-specific interference: Implications for contemporary models of working memory. *Memory*, DOI:10.1080/09658211.2012.756037.

- De Lillo, C. (2004). Imposing structure on a Corsi-type task: Evidence for hierarchical organization based on spatial proximity in serial-spatial memory. *Brain and Cognition*, *55*, 415–426. doi: 10.1016/j.bandc.2004.02.071
- De Nardi, T., Sanvicente-Vieira, B., Prando, M., Stein, L. M., Fonseca, R. P., & Grassi-Oliveira, R. (2013). Tarefa N-Back Auditiva: Desempenho entre Diferentes Grupos Etários. *Psicologia: Reflexão e Crítica, 26*(1), 151-159.
- Della Sala, S., Gray, C., Baddeley, A., Allamano, N., & Wilson, L. (1999). Pattern span: a tool for unwelding visuo- spatial memory. *Neuropsychologia, 37*, 1189-1199.
- Depoorter, A., & Vandierendonck, A. (2008). Evidence for modality-independent order coding in working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A,62*(3),531-549. doi: 10.1080/17470210801995002
- Druzgal, T. J., & D'Esposito, M. (2001). Activity in fusiform face area modulated as a function of working memory load. *Cognitive Brain Research*, *10*, 355-364.
- Ebbinghaus, H. (1885/1913). *Memory: A Contribution to Experimental Psychology*. (Henry A. Ruger & Clara E. Bussenius, trad.). New York: Teachers College, Columbia University.
- Farrand, P., Parmentier, F. B., & Jones, D. M. (2001). Temporal-spatial memory: retrieval of spatial information does not reduce recency. *Acta Psychologica*, 106, 285-301.
- Fisk, J. E., & Sharp, C. A. (2003). The role of the executive system in visuo-spatial memory functioning. *Brain and Cognition*, *52*, 364-381. doi: 10.1016/S0278-2626(03)00183-0
- Frick, R. (1985). Testing visual short-term memory: Simultaneous versus sequential presentations. *Memory and Cognition*, *13*(4), 346-356.
- Garcia, R., Mammarella, I., Tripodi, & Cornoldi, C. Visuo-spatial working memory for locations, coloursand binding in typically developing children and in children with dyslexia and nonverbal learning disability. Submetido
- Gentner, D., Imai, M., & Boroditsky, L. (2002). As time goes by: Evidence for two systems in processing space-time metaphors. *Language and Cognitive Processes*, *27* (5) 537-565.
- Gmeindl, L., Walsh, M., & Courtney, S. M. (2011). Binding serial order to representations in working memory: a spatial/verbal dissociation. *Memory and Cognition*, 39, 37-46, DOI 10.3758/s13421-010-0012-9.
- Gorgoraptis, N., Catalao, R. F. G., Bays, P. M., & Husain, M. (2011). Dynamic Updating of Working Memory Resources for Visual Objects. *The Journal of Neuroscience*, *31*(23), 8502-8511.
- Guérard, K., & Tremblay, S. (2008). Revisiting Evidence for Modularity and Functional Equivalence Across Verbal and Spatial Domains in Memory. Journal

- of Experimental Psychology: Learning, *Memory, and Cognition, 34*(3), 556-569. doi: 10.1037/0278-7393.34.3.556
- Guérard, K., Neath, I., Surprenant, A. M., & Tremblay, S. (2010). Distinctiveness in serial memory for spatial information. *Memory & Cognition*, *38*(1), 83-91.
- Guérard, K., Tremblay, S., & Saint-Aubin, J. (2009). The processing of spatial information in short-term memory: Insights from eye tracking the path length effect. *Acta Psychologica*, *132*, 136-144
- Hay, D. C.; Smyth, M. M.; Hitch, G. J. & Horton, N. J. (2007). Serial position effects in short-term visual memory: A SIMPLE explanation? *Memory*, *35*(1), 176-190.
- Hofmann, W., Schmeichel, B. J., Baddeley, A. D. (2012). Executive functions and self-regulation. *Trends in Cognitive Sciences*, *16* (3), 174-180, doi:10.1016/j.tics.2012.01.006
- Hurlstone, M. J. (2010). *The problem of serial order in visuospatial short-term memo*ry. Thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy, Department of Psychology, University of York.
- Hurlstone, M. J., Hitch, G. J., & Baddeley, A. (s.d.). Memory for serial order across domains: An overview of the literature and directions for future research. Submetido.
- Jaeggi, S. M., Seewer, R., Nirkko, A. C., Eckstein, D., Schroth, G., Groner, R., & Gutbrod, K. (2003). Does excessive memory load attenuate activation in the prefrontal cortex? Load-dependent processing in single and dual tasks: functional magnetic resonance imaging study. *NeuroImage*, 19, 210-225.
- Jalbert, A., Saint-Aubin, J., & Tremblay, S. (2008). Visual similarity in short-term recall for where and when. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61(3), 353-360. doi: 10.1080/17470210701634537
- Johnson, A. J., & Miles, C. (2009). Single-probe serial position recall: Evidence of modularity for olfactory, visual, and auditory short-term memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(2), 267-275.
- Jones, D., Farrand, P., Stuart, G., & Morris, N. (1995). Functional equivalence of verbal and spatial information in serial short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *21*(4), 1008-1018.
- Klauer, K. C. & Stegmaier, R. (1997). Interference in Immediate Spatial Memory: Shifts of Spatial Attention or Central-executive Involvement? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 50A(1), 79-99.
- Klauer, K. C., & Zhao, Z. (2004). Double Dissociations in Visual and Spatial Short-Term Memory. *Journal of Experimental Psychology: General, 133*(3), 355-381. doi: 10.1037/0096-3445.133.3.355
- Lashley, K. S. (1951). The problem of serial order in behavior. In L. A. Jeffress (Ed.), *Cerebral mechanisms in behavior* (pp. 112–131). New York: Wiley.

- Logie, R. H. (1995). *Visuo-spatial Working Memory*. Hove: UK, Lawrence Erlbaum Associates.
- Logie, R. H. (2003). Spatial and visual working memory: a mental workspace. In.:The Psychology of Learning and Motivation, v. 42. USA: Elsevier Science.
- Logie, R. H. (2011). The visual and the spatial of a multicomponent working memory spatial working memory. In.: André Vandierendonck & Arnaud Szmalec Eds. *Spatial Working Memory*, pp 19-45, Hove: Psychology Press.
- Logie, R. H., & Pearson, D. G. (1997). The Inner Eye and the Inner Scribe of Visuospatial Working Memory: Evidence from Developmental Fractionation. *European Journal of Cognitive Psychology*, *9*(3), 241-257.
- Logie, R. H., & Van der Meulen, M. (2009). Fragmenting and integrating visuospatial working memory. In.: Brockmole, J. R. (ed.). *The Visual World in Memory*. Psychology Press.
- Logie, R. H., Della Sala, S., Wynn, V., & Baddeley, A. D. (2000). Visual similarity effects in immediate verbal serial recall. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A, 53A*, 626–646.
- Logie, R.H., Maylor E.A., Della Sala, S., Smith, G. (2004) Working memory in event? and time-based prospective memory tasks: Effects of secondary demand and age. *European Journal of Cognitive Psychology*. 16(3):441-456.
- Luck, S. J. & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visualworking memory for features and conjunctions. *Nature*, 390, 279-281.
- Mammarella, I. C., & Cornoldi, C. (2005). Sequence and space: The critical role of a backward spatial span in the working memory deficit of visuospatial learning disabled children, *Cognitive Neuropsychology*, 22(8),1055-1068.
- Mammarella, I. C., Borella, E., Pastore, M., & Pazzaglia, F. (2013). The structure of visuospatial memory in adulthood. *Learning and Individual Differences*, *25*, 99-110.
- Mammarella, I. C., Cornoldi, C., Pazzaglia, F., Toso, C., Grimildi, M., & Vio, C. (2006). Evidence for a double dissociation between spatial-simultaneous and spatial sequential working memory in visuospatial (nonverbal) learning disabled children. *Brain and Cognition*, *62*, 58-67.
- Marshuetz, C. (2005). Order Information in Working Memory: An Integrative Review of Evidence From Brain and Behavior. *Psychological Bulletin*, 131(3), 323-339.
- Miyake, A. Friedman, N. P., Rettinger, D. A., Shah, P. & Hegarty, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General.* 130(4), 621-640.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their

- Contributions to Complex "Frontal Lobe" Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology, 41*, 49-100.
- Morris, N., & Jones, D. M. (1990). Memory updating in working memory: the role of the central executive. *British Journal of Psychology*, *81*, 111-121.
- Nee, D. E., Brown, J. W., Askren, M. K., Berman, M., Demiralp, E., Krawitz, A., & Jonides, J. (2013). A Meta-analysis of Executive Components of Working Memory. *Cerebral Cortex*, 23, 264-282. doi:10.1093/cercor/bhs007
- Ninokura, Y., Mushiake, H., & Tanji, J. (2004). Integration of temporal order and object information in the monkey lateral prefrontal cortex. *Journal of Neurophysiology*, *91*(1), 555-560.
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behaviour. In: *Consciousness and self-regulation: advances in research and theory,* Vol. 4 (Davidson RJ, Schwartz GE, Shapiro D, eds), 1–18. New York: Plenum Press, 4.
- Oberauer, K. (2003). Selective Attention to Elements in Working Memory. *Experimental Psychology, 50*(4): 257-269.
- Ogden, R. S., Salominaite, E., Jones, L. A., Fisk, J. E., & Montgomery, C. (2011). The role of executive functions in human prospective interval timing. *Acta Psychologica*, *137*, 352-358.
- Owen, A. M., McMillan, K. M., Laird, A. R., & Bullmore, E. (2005). N-Back Working Memory Paradigm: A Meta-Analysis of Normative Functional Neuroimaging Studies. *Human Brain Mapping*, 25, 46-59.
- Page, M. P. A., & Norris, D. (1998). The Primacy Model: A New Model of Immediate Serial Recall. *Psychological Review, 105* (4), 761-781.
- Palladino, P., & Jarrold, C. (2008). Do updating tasks involve updating? Evidence from comparisons with immediate serial recall. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61(3), 392-399.
- Palladino, P., Cornoldi, C., De Beni, R., & Pazzaglia, F. (2001). Working memory and updating processes in reading comprehension. *Memory & Cognition*, 29 (2), 344-354.
- Parmentier, F. B. & Andrés, P. (2006). The impact of path crossing on visuo-spatial serial memory: Encoding or rehearsal effect? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *59*(11), 1867-1874.
- Parmentier, F. B. R. (2011). Exploring the determinants of memory for spatial sequences. In A. Vandierendonck & A. Smaleck (Eds.). *Spatial working memory*. Hove: Psychology Press.
- Parmentier, F. B. R., Andrés, P., Elford, G., & Jones, D. M. (2006). Organization of visuo-spatial serial memory: interaction of temporal order with spatial and

- temporal grouping. *Psychological Research*, 70 (3), 200-217. doi: 10.1007/s00426-004-0212-7
- Parmentier, F. B. R., Elford, G., & Maybery, M. (2005). Transitional information in spatial serial memory: Path characteristics affect recall performance. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 31*(3), 412-427. doi: 10.1037/0278-7393.31.3.412
- Parmentier, F. B. R., Tremblay, S., Jones, D. M. (2004). Exploring the suffix effect in serial visuospatial short-term memory. *Psychonomic Bulletin & Review, 11* (2), 289-295.
- Parmentier, F., B. R., Maybery, M. T., & Jones, D. M. (2004). Temporal grouping in auditory spatial serial memory, *Psychonomic Bulletin & Review, 11* (3), 501-507.
- Pearson, D., & Sahraie, A. (2003). Oculomotor control and the maintenance of spatially and temporally distributed events in visuo-spatial working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A,56*(7),1089-1111.
- Poirier, M., Saint-Aubin, J., Musselwhite, K., Mohanadas, T., & Mahammed, G. (2007). Visual similarity effects on short-term memory for order: The case of verbally labeled pictorial stimuli. *Memory & Cognition*, *35*(4), 711-723.
- Quinn, J. G. (2012). Theories and debate in visuo-spatial working memory: The questions of access and rehearsal. In V.Gyselinck, & F. Pazzaglia (Eds.), *From mental imagery to spatial cogntion and language*. Essays in honour of Michel Denis (pp. 106-123). London: Psychology Press.
- Rosenbaum, D., Cohen, R. G., Jax, S. A., Weiss, D. J., & van der Wel, R. (2007). The problem of serial order in behavior: Lashley's legacy. *Human Movement Science*, 26, 525-554.
- Rossi-Arnaud, C., Pieroni, L., & Baddeley, A. D. (2006). Symmetry and Binding in visuo-spatial working memory. *Neuroscience*, *139*, 393-400.
- Rudkin, S. J., Pearson, D. G., & Logie, R. H. (2007). Executive processes in visual and spatial working memory tasks. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 60(1), 79-100. doi: 10.1080/17470210600587976
- Saint-Aubin, J., Tremblay, S., & Jalbert, A. (2007). Eye movements and serial memory for visual-spatial information Does time spent fixating contribute to recall? *Experimental Psychology*, *54*(4), 264-272.
- Saito, S., Logie, R. H., Morita, A., & Law, A. (2008). Visual and phonological similarity effects in verbal immediate serial recall: A test with kanji materials. *Journal of Memory and Language 59*, 1-17, doi:10.1016/j.iml.2008.01.004
- Santana, J. J. R. A., & Galera, C. (2012). O Envolvimento da Atenção na Codificação da Informação Visuoespacial Integrada. *Psicologia: Teoria e Pesquisa, 28* (2), 141-148.

- Santana, J. J. R. A., & Galera, C. (in press). Incidental encoding in the serial order of visual-spatial events in working memory: Evidences based on a change detection task. *Spanish Journal of Psychology*.
- Schneider, W., Eschman, A., & Zuccolotto, A. (2009). *E-Prime reference Guide*. Pittsburgh: Psychology Software Tools Inc.
- Shallice, T., & Burgess, P. I. (1996). The Domain of Supervisory Processes and Temporal Organization of Behaviour [and Discussion]. *Philosophical Transactions: Biological Sciences, 351*(1346), Executive and Cognitive Functions of the Prefrontal Cortex, 1405-1412.
- Smith, E. E., Jonides, J., & Koeppe, R. A. (1996). Dissociating verbal and spatial working memory using PET. *Cerebral Cortex* 6, 11-20.
- Smyth, M. M., & Scholey, K. A. (1994). Characteristics of spatial memory span: Is there na Analogy to the word length effect, based on movement time? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 47A*(1), 91-117.
- Smyth, M. M., & Scholey, K. A. (1996). Serial Order in Spatial Immediate Memory. The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 49A(1), 159-177.
- Smyth, M. M., Hay, D. C., Hitch, G. J., & Horton, N. J. (2005). Serial position memory in the visual–spatial domain: Reconstructing sequences of unfamiliar faces. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *58A*(5), 909-930. doi: 10.1080/02724980443000412
- Surprenant, A. M., Kelley, M. R., Farley, L. A., & Neath, I. (2005).Fill-In and infill errors in order memory. *Memory*, *13*, 267-273. doi:10.1080/09658210344000396.
- Szmalec, A. (2005). Functional Unity and Diversity within Executive Control: A Study by means of Parametrical Variations of Executive Involvement in Reaction Time Tasks. Tese de Doutorado. Bélgica: Universidade de Ghent.
- Szmalec, A., & Vandierendonck, A. (2007). Estimating the executive demands of a one-back choice reaction time task by means of the selective interference paradigm. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 60*(8), 1116-1139. doi: 10.1080/17470210600896484
- Szmalec, A., Demanet, J., Vandierendonck, A., & Verbruggen, F. (2009). Investigating the role of conflict resolution in memory updating by means of the one-back choice RT task. *Psychological Research*, *73*, 390-406. doi: 10.1007/s00426-008-0149-3
- Szmalec, A., Vandierendonck, A. & Kemps, E. (2005). Response selection involves executive control: Evidence from the selective interference paradigm. *Memory & Cognition*, 33(3), 531-541. doi: 10.3758/BF03193069
- Tremblay, S., Nicholls, A. P., Parmentier, F. B. R., Jones, D. M. (2005). Visual distraction and visuo-spatial memory: a sandwich effect. *Memory*, 13 (3/4), 357-363.

- Tremblay, S., Saint-Aubin, J., Jalbert, A. (2006). Rehearsal in serial memory for visual-spatial information: Evidence from eye movements. *Psychonomic Bulletin & Review, 13*(3), 452-457.
- Tremblay, S.; Parmentier, B. R.; Guérard, K., Nicholls, A. P. & Jones, D. M. (2006). A Spatial Modality Effect in Serial Memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 32* (5), 1208–1215 doi: 10.1037/0278-7393.32.5.1208.
- Tulving, E. (2001). Episodic memory and common sense: how far apart? *Philosophical Transactions: Biological Sciences, 356*(1413), 1505-1515.
- Van der Meulen, M., Logie, R. H., & Della Sala, S. (2009). Selective interference with image retention and generation: Evidence for the workspace model. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 62(8)*, 1568-1580.
- Vandierendonck, A., & Szmalec, A. (2003-2004). An asymmetry in the visuo-spatial demands of forward and backward recall in the corsi block tasks. *Imagination, Cognition and Personality*, 23(2&3), 225-231.
- Vandierendonck, A., & Szmalec, A. (2011). Progress in spatial working memory research. In.: André Vandierendonck & Arnaud Szmalec Eds. *Spatial Working Memory*, pp 1-18, Hove: Psychology Press.
- Vandierendonck, A., Kemps, E., Fastame, M. C., & Szmalec, A. (2004). Working memory components of the Corsi blocks task. *British Journal of Psychology*, 95(1), 57–79. doi: 10.1348/000712604322779460
- Ward, G., Avons, S. E., & Melling, L. (2005). Serial position curves in short-term memory: Functional equivalence across modalities. *Memory*, *13*(3), 308-317. doi: 10.1080/09658210344000279
- ZhenZhu, Y., Ming, Z., XiaoLin, Z. (2008). Updating verbal and visuospatial working memory: Are the processes parallel? *Chinese Science Bulletin, 53*(14), 2175-2185.
- Zimmer, H. D., & Liesefeld, H. R. (2011). Spatial information in (visual) working memory. In.: André Vandierendonck & Arnaud Szmalec Eds. *Spatial Working Memory*, pp 46-66, Hove: Psychology Press.

ANEXOS

Anexo A - Protocolo de aprovação do estudo no Comitê de Ética



Universidade de São Paulo Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto

__"Campus" de Ribeirão Preto _

Of.CEtP/FFCLRP-USP/102/-jsl

Ribeirão Preto, 29 de agosto de 2011.

Prezada Pesquisadora,

Comunicamos a V. Sa. que o trabalho intitulado "O ENVOLVIMENTO DE RECURSOS DO EXECUTIVO CENTRAL NA MANUTENÇÃO DA ORDEM SERIAL VISUOESPACIAL" foi reanalisado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da FFCLRP-USP, em sua 99ª Reunião, realizada em 25.08.11, e enquadrado na categoria: APROVADO, de acordo com o Processo CEP-FFCLRP nº 552/2010 -2010.1.2494.59.2.

Atenciosamente,

Prof.ª Dr.ª ANA RAQUEL LUCATO CIANFLONE Coordenadora

Jeanny Joana Rodrigues Alves de Santana

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Psicologia da FFCLRP - USP

Com cópia para o orientador:

Prof. Dr. César Alexis Galera

Docente do Departamento de Psicologia da FFCLRP - USP

CEP - Comitê de Ética em Pesquisa da FFCLRP

Fone: (16) 3602-4681 Fax: (16) 3633-2660 (direto) ou 3633-5015

Avenida Bandeirantes, 3900 - bloco 1 - 14040-901 - Ribeirão Preto - SP - Brasil Homepage: http://www.ffcirp.usp.br - e-mail: coetp@ffcirp.usp.br

Anexo B - Termo de consentimento

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do estudo: "O envolvimento de recursos do executivo central na manutenção da ordem serial visuoespacial".

Pesquisadora: Jeanny Joana Rodrigues Alves de Santana. Av. Bandeirantes, 3900, Monte Alegre, Ribeirão Preto-SP (16)3602-4393 jjeanny@hotmail.com

Orientador: César Aléxis Galera. Av. Bandeirantes, 3900, Monte Alegre, Ribeirão Preto-SP (16)3602-4393.

Instituição: Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto – SP. Avenida Bandeirantes, 3900, CEP 14040-901 - Bairro Monte Alegre, bloco 6.

- Eu, pesquisadora, estou lhe convidando a participar deste estudo sobre memória de trabalho, cujo objetivo é investigar a relação entre a memória para a ordem dos eventos em uma sequência e a atenção. Este estudo se justifica pela necessidade em investigar esta relação, ainda não completamente esclarecida pela literatura.
- 2) O estudo não lhe fornecerá benefícios diretos, sejam eles atuais ou potenciais. Por outro lado, este estudo não deve oferecer riscos à sua saúde física ou mental e também não há previsão de que possa causar algum desconforto físico ou psicológico.
- Apesar de não lhe fornecer benefícios diretos, os dados obtidos podem ser relevantes para a ciência em geral, pois vão contribuir com a compreensão dos mecanismos de memória e imaginação.
- 4) O procedimento será sentar-se em frente à tela de um monitor por aproximadamente 50 minutos e realizar uma tarefa. Caso você concorde em participar, sua tarefa será memorizar uma sequência de estímulos visuoespaciais e, após um intervalo, indicar a ordem em que os estímulos foram apresentados na sequência. Em alguns testes você ouvirá alguns tons. Sua resposta será dada usando o teclado do computador e tocando a tela do computador. As respostas corretas e erradas, bem como o tempo gasto em cada prova, serão registrados para análise.
- 5) O experimento será realizado em uma sala experimental do laboratório de Psicologia Cognitiva da FFCLRP, departamento Psicologia e Educação, bloco 6, com iluminação artificial.
- 6) Informamos que sua privacidade será respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, lhe identificar, será mantido em sigilo.
- 7) Você também pode se recusar a participar do estudo, ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar e não sofrerá qualquer penalidade.
- 8) Você poderá ser esclarecido sobre a pesquisa em qualquer aspecto e momento que desejar.
- 9) Os resultados da pesquisa serão divulgados em congressos científicos e publicados em revistas científicas. Nestes meios de divulgação sua identidade será mantida em sigilo, e não será apresentado nenhum dado que possa lhe identificar.
- 10) Você receberá um ressarcimento no valor de dez reais, por eventuais despesas com transporte e alimentação decorrentes da participação neste experimento.
- 11) Caso você concorde em participar deste estudo, manifeste seu livre consentimento assinando este termo que foi elaborado em duas vias, sendo uma desta oferecida a você (participante) e outra arquivada pela pesquisadora.

Nome do participante:	
Assinatura do participante:	Data://
Endereço do participante:	
Nós, pesquisadores, confirmamos ter explicado a natureza e objetivos d acima.	esse estudo ao voluntário
Nome da Pesquisadora: Jeanny Joana Rodrigues Alves de Santana Assinatura da pesquisadora:	
, , ,	

Anexo C - Instruções dos experimentos

Tarefa primária visual

Bloco controle

Você realizará uma tarefa de memória visual. Uma mesma letra em diferentes tipos de fontes aparecerá na tela. Após um pequeno intervalo, estes estímulos serão reapresentados simultaneamente. Sua tarefa é apontar a ordem em que os estímulos foram apresentados, tocando-os na tela do computador. Portanto, você deve indicar qual estímulo (tipo de fonte) apareceu em primeiro lugar, em segundo, terceiro e assim por diante...> A seguir, veja um esquema ilustrativo da tarefa... <Esquema Visual-Controle>. > Início do Treino.> Fim do Treino.> A seguir, relembre o esquema ilustrativo da tarefa... <Esquema Visual-Controle>

Bloco CRT

Neste bloco, enquanto observa os estímulos para memorização, você ouvirá tons. Você deverá julgar se o tom é agudo ou grave. Se for agudo, pressione a tecla 1. Se for grave, pressione a tecla 2. Tente responder de maneira rápida e precisa, ao mesmo tempo em que memoriza a ordem serial dos estímulos (forma das letras) que estão sendo apresentados. A seguir, veja um esquema ilustrativo da tarefa...<Esquema Visual-CRT>. >Início do Treino. > A seguir, relembre o esquema ilustrativo da tarefa... <Esquema Visual-CRT>

Bloco CRT-1

Neste bloco, enquanto observa os estímulos para memorização, você ouvirá uma sequência de tons. Você deverá julgar se o tom apresentado é agudo ou grave. Se for agudo, pressione a tecla 1. Se for grave, pressione a tecla 2. Entretanto, você deverá atrasar sua resposta em 1 item, ou seja, ao ouvir o primeiro tom, não responda imediatamente. Espere o próximo item ser apresentado para só então responder à este tom inicial. Para responder ao segundo item, espere o terceiro tom ser apresentado, e assim por diante. Tente responder de maneira rápida e precisa, ao mesmo tempo em que memoriza a ordem serial dos estímulos (forma das letras) que estão sendo apresentados. A seguir, veja um esquema ilustrativo da tarefa... <Esquema VisualCRT-1> Início do Treino.> Fim do Treino.> A seguir, relembre o esquema ilustrativo da tarefa... <Esquema VisualCRT-1>

Tarefa primária espacial

Bloco controle

Você realizará uma tarefa de memória espacial. Alguns pontos serão apresentados na tela, um por vez, em localizações espaciais diferentes, e após um pequeno intervalo eles serão reapresentados simultaneamente. Sua tarefa é apontar a ordem em que as localizações espaciais foram apresentadas, tocando nos pontos na tela do computador. Portanto, você deve indicar qual localização espacial apareceu em primeiro lugar, em segundo, terceiro e assim por diante...

A seguir, veja um esquema ilustrativo da tarefa... <Esquema Espacial-Controle>. > Início do Treino. > Fim do Treino. > A seguir, relembre o esquema ilustrativo da tarefa... <Esquema Espacial-Controle>

Bloco CRT

Neste bloco, enquanto observa os estímulos para memorização, você ouvirá tons. Você deverá julgar se o tom é agudo ou grave. Se for agudo, pressione a tecla 1. Se for grave, pressione a tecla 2. Tente responder de maneira rápida e precisa, ao mesmo tempo em que memoriza a ordem serial das localizações espaciais que estão sendo apresentadas. A seguir, veja um esquema ilustrativo da tarefa... <Esquema Espacial-CRT>. > Início do Treino.> Fim do Treino.> A seguir, relembre o esquema ilustrativo da tarefa... <Esquema Espacial-CRT>

Bloco CRT-1

Neste bloco, enquanto observa os estímulos para memorização, você ouvirá uma sequência de tons. Você deverá julgar se o tom apresentado é agudo ou grave. Se for agudo, pressione a tecla 1. Se for grave, pressione a tecla 2. Entretanto, você deverá atrasar sua resposta em 1 item, ou seja, ao ouvir o primeiro tom, não responda imediatamente. Espere o próximo item ser apresentado para só então responder à este tom inicial. Para responder ao segundo item, espere o terceiro tom ser apresentado, e assim por diante. A seguir, veja um esquema ilustrativo da tarefa... <Esquema Espacial-CRT1>. > Início do Treino. > Fim do Treino.> A seguir, relembre o esquema ilustrativo da tarefa... <Esquema Espacial-CRT1>

Tarefa secundária CRT

Agora, neste bloco, ao ouvir um tom agudo, você deverá responder pressionando o botão 1 do mouse, usando a mão direita. Ao ouvir um tom grave, você deverá pressionar o botão 2 do mouse, também usando a mão direita. Responda rápido, mas tente acertar o máximo de respostas que puder. Veja um esquema de ilustração da tarefa...<Esquema CRT> Se sua resposta estiver correta, um quadrado azul será apresentado na tela. Se estiver errada, um quadrado vermelho aparecerá. Se você demorar a responder, não receberá nenhum sinal e o sistema não registrará sua resposta.²

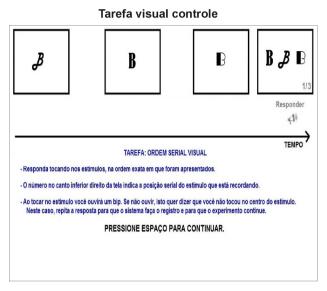
Tarefa secundária CRT-1

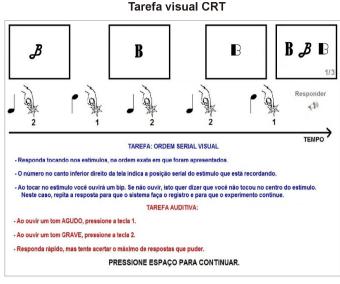
No próximo bloco você também responderá 1 para tons agudos e 2 para tons graves. Entretanto, você deverá atrasar sua resposta em 1 item, ou seja, para responder ao primeiro tom, espere o próximo item aparecer. Para responder ao segundo item, espere o terceiro tom ser apresentado, e assim por diante. Responda rápido, mas tente acertar o máximo de respostas que puder. Responda usando a mão direita ao pressionar o botão no mouse.> Veja um esquema de ilustração da prova...<Esquema CRT-1> Se sua resposta estiver correta, será apresentado um quadrado azul na tela. Se estiver errada, aparecerá um quadrado vermelho. Se você demorar a responder, não receberá nenhum sinal e o sistema não registrará sua resposta. Lembre-se: AGUDO = 1 GRAVE = 2 Atrase sua resposta em um item! ¹.

² Esta instrução de feedback só era fornecida no treino inicial (quando a tarefa secundária era realizada sem a presença das tarefas primárias). Quando havia concomitância com as tarefas de memória espacial e visual este sinal de feedback não ocorria.

151

Anexo D - Esquemas ilustrativos das tarefas apresentados aos participantes durante as instruções

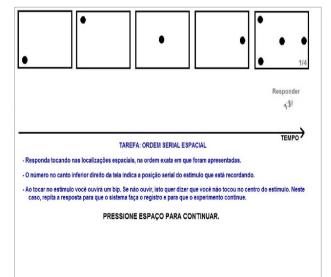




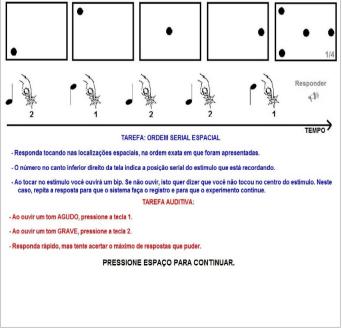
3 Responder 10 TEMPO TAREFA: ORDEM SERIAL VISUAL Responda tocando nos estimulos, na ordem exata em que foram apresentados. - O número no canto inferior direito da tela indica a posição serial do estímulo que está recordando. Ao tocar no estímulo você ouvirá um bip. Se não ouvir, isto quer dizer que você não tocou no centro do estímulo. Neste caso, repita a resposta para que o sistema faça o registro e para que o TAREFA AUDITIVA: A resposta para o tom AGUDO é dada pressionando a tecla 1 e para o tom GRAVE pressionando a tecla 2. Entretanto, a resposta deve ser atrasada em um item, ou seja, para responder ao primeiro tom da sequência, espere o segundo ser apresentado. Para responder ao segundo, espere o terceiro aparecer, e assim por diante. Responda rápido, mas tente acertar o máximo de respostas que puder. PRESSIONE ESPACO PARA CONTINUAR.

Tarefa visual CRT-1

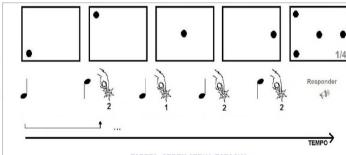
Tarefa espacial controle



Tarefa espacial CRT



Tarefa espacial CRT-1



TAREFA: ORDEM SERIAL ESPACIAL

- Responda tocando nas localizações espaciais, na ordem em que foram apresentadas.
- O número no canto inferior direito da tela indica a posição serial do estímulo que está recordando.
- Ao tocar no estimulo você ouvirá um bip. Se não ouvir, isto quer dizer que você não tocou no centro do estímulo. Neste caso, repita a resposta para que o sistema faça o registro e para que o experimento continue

TAREFA AUDITIVA

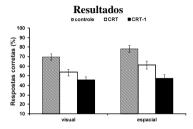
- A resposta para o tom AGUDO é dada pressionando a tecla 1 e para o tom GRAVE pressionando a tecla 2.
- Entretanto, a resposta deve ser atrasada em um item, ou seja, para responder ao primeiro tom da seguência. espere o segundo ser apresentado. Para responder ao segundo, espere o terceiro aparecer, e assim por
- Responda rápido, mas tente acertar o máximo de respostas que puder.

PRESSIONE ESPAÇO PARA CONTINUAR.

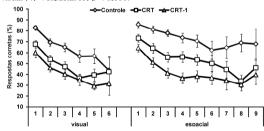
A função executiva de atualização de informações na memória de trabalho para a ordem serial de eventos visuais e espaciais

Introdução

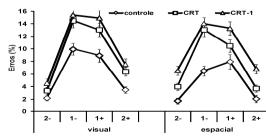
A literatura fundamentada no modelo dos multicomponentes da memória de trabalho propõe que a função executiva de atualização de informações esteja envolvida com o armazenamento da ordem serial visual e espacial. Esta função promoveria a modificação contínua da representação mental conforme a entrada de novas informações no sistema cognitivo. Não está esclarecido se ocorre uma dissociação visual e espacial no uso de recursos da função executiva de atualização de informações para o registro da ordem serial. O objetivo do presente estudo foi verificar o envolvimento da função executiva de atualização da informação na memória para a ordem de eventos visuais e espaciais.



Respostas corretas nas tarefas de memória (experimento 1). Efeito da condição experimental (p = 0.0001), sem interação significativa entre as tarefas primária e secundária (p = 0.20). Capacidades da memória: visual (4) < espacial (6) p < 0.001.



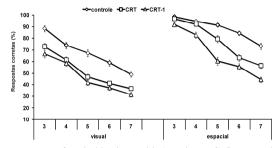
Respostas corretas nas tarefas de memória (experimento 1). Efeitos de primazia para as duas tarefas. Na tarefa espacial a interferência CRT-1 prejudica mais o desempenho que CRT, mas na tarefa visual esta diferença não foi verificada.



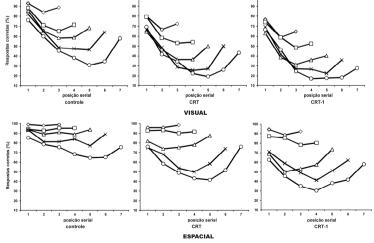
Erros de recordação da posição serial nas tarefas de memória (experimento 1). Tipos: adiantar a resposta (-); atrasar a resposta (+) em um ou dois itens. Efeito da tarefa primária (p = 0,05) (visual > espacial). Efeito da tarefa secundária (p < 0,001) (mais erros sob interferência de CRT-1) Efeito do tipo de erro (p < 0,001) (mais erros de deslocamento em uma posição serial). Interação entre tarefa secundária e tipos de erros (p = 0,006) \rightarrow controle < (CRT-1 = CRT).

Método

Participantes: 71 estudantes (M = 24 anos; DP = 4). Delineamento: Exp. 1) Oito blocos de 16 provas cada, conforme a combinação de tarefas primárias e secundárias. Primárias: Recordar a ordem serial de eventos visuais (forma de letras) e espaciais (pontos na tela). Secundárias: controle (sem interferência), tarefa de tempo de reação para a escolha atrasada em um item (CRT-1). Na tarefa CRT o participante julgava a frequência de dois tipos de tons. Na tarefa CRT-1 a resposta era semelhante à CRT, exceto que o participante tinha que adiar a resposta ao item n até que o estímulo subsequente n + 1 fosse apresentado. O tamanho da sequência dependeu da capacidade individual de armazenamento visual e espacial (parâmetros baseados em Rudkin et al., 2007). Havia treino das tarefas secundárias. Exp. 2) Os participantes realizaram provas nas quais o tamanho da sequência era de 3 a 7 itens. Cada participante realizou 120 provas divididas em 5 blocos consecutivos, conforme o tamanho da sequência. Estes blocos foram divididos em seis sub-blocos apresentados de maneira contrabalanceada entre sujeitos, conforme a combinação das tarefas primárias e secundárias.

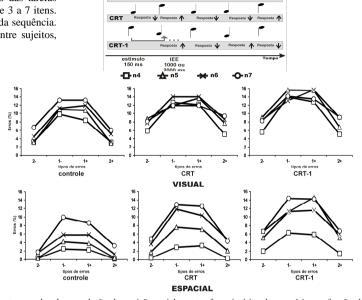


Respostas corretas nas tarefas primárias de memória (experimento 2). Interação tripla primária x secundária x tamanho (p < 0,001). Visual: controle > (CRT = CRT-1). Espacial: para sequências longas CRT > CRT-1. A capacidade de armazenamento da informação espacial é maior que a visual (p = 0,000). A quantidade de itens memorizados diminui na presença das tarefas de interferência (p = 0,000).



Respostas corretas nas tarefas primárias de memória em função da posição serial do estímulo memorizado, do tamanho da sequência (n) e das tarefas secundárias no experimento 2. Efeitos de primazia e recência para a informação espacial e visual. Interações triplas para posições do começo da lista. As duas tarefas de interferência prejudicaram igualmente o desempenho na memória visual. Na memória espacial verifica-se que em listas maiores o desempenho é pior nas tarefas realizadas sob interferência na atualização de informações.

Jeanny Joana Rodrigues Alves de Santana



Respostas erradas de recordação da posição serial nas tarefas primárias de memória em função do tamanho da sequência (n) e das tarefas secundárias no experimento 2. Os tipos de erros analisados foram: adiantar a resposta (-) ou atrasar a resposta (+) em um ou dois itens. Mais erros de deslocamento em um item adjacente à posição serial correta (p < 0,001). Interação tarefas primárias x secundárias x tipo de erros (p = 0,01). Tarefa visual: controle < (CRT = CRT-1) para todos os tipos de erro. Tarefa espacial: mais erros de adiantar a resposta em dois itens e atrasar a resposta em um item em CRT-1 do que em CRT.

Discussão

O desempenho dos participantes nas tarefas primárias foi prejudicado mediante a interferência na função de atualização de informações. Semelhanças entre a memória serial visual e espacial: curvas de posição serial caracterizadas por primazia e recência; predominância de erros de transposição de deslocamento em um item da posição correta; efeito prejudicial do aumento do tamanho da sequência; queda do desempenho quando recursos executivos são reduzidos, principalmente os designados a sustentar a função executiva de atualização da informação. Diferenças entre os dois tipos de representação serial em geral foram: menor capacidade e precisão na representação de itens na memória visual em comparação à espacial; a memória visual é mais susceptível ao aumento da quantidade de itens para retenção e para este tipo de armazenamento não há uma diferenciação clara entre os efeitos dos dois tipos de interferência executiva (CRT e CRT-1), como pôde ser determinado para a tarefa espacial. Recursos executivos de atualização da informação participam dos mecanismos envolvidos com o registro da ordem serial dos eventos visuais e espaciais de maneira integrada aos recursos específicos do armazenador visuoespacial. Sugere-se que a memória visual conta com um mecanismo de registro da ordem serial semelhante à memória espacial, sendo que as diferenças entre os dois padrões de desempenho são atribuídas às especificidades no registro da identidade dos itens, e não na manutenção da ordem serial dos mesmos.