

# Memória de Trabalho: Uma breve revisão \*

## *Working Memory: A brief revision*

Nunes M.V., Castro Caldas A.

\* Instituto de Ciências da Saúde – Universidade Católica Portuguesa

### Resumo

Pretende-se neste artigo fazer uma breve revisão da evolução do conceito de Memória de Trabalho, desde a sua formulação até às tendências mais recentes, abordando os seus componentes principais.

**Palavras Chave:** Memória, Memória de trabalho, Loop Fonológico, Esboço Visuo-Espacial, Executivo Central, Buffer Episódico, Neuroimagem da Memória de Trabalho.

### Abstract

*The aim of this paper was to provide a review of the evolution of the Working Memory concept, since its initial formulation to the recent trends, approaching its main components.*

**Keywords:** Memory, working memory, Phonological Loop, Visual Sketchpad, Central Executive, Episodic Buffer, Working Memory Neuroimaging

### Introdução

A memória é talvez a mais importante das nossas funções cognitivas. Desde as concepções filosóficas clássicas até às mais modernas abordagens neurocientíficas, o seu carácter pervasivo na definição da nossa identidade e natureza, tem tornado esta função um foco de interesse do ser humano. O interesse dos cientistas tornou-se mais intenso sobretudo depois da publicação da “O Origem das Espécies” (Darwin, 1859). A memória, como componente fundamental da aprendizagem seria então o sistema de suporte dos mecanismos adaptativos das espécies. Ebbinghaus (1885) foi dos primeiros a realizar trabalhos experimentais para documentar esta capacidade humana.

Apesar de estes trabalhos terem gerado, durante muito tempo, e até muito recentemente, uma enorme quantidade de informação, sobretudo se considerarmos a longa história de reflexão sobre a memória, esta era considerada um sistema unitário. No século XIX, William James (1890) propôs uma divisão entre Memória Primária e Memória Secundária, em que

estas formas de memória eram entendidas respectivamente como as memórias que temos disponíveis na consciência e as memórias mais duradouras. Esta divisão não foi genericamente adoptada pelos estudiosos da memória e, até os anos 60 do século XX, continuaram os argumentos no sentido de propor um sistema unitário de memória (Melton, 1963).

Os argumentos para uma organização não unitária da memória foram-se acumulando, quer como resultado da investigação experimental quer como resultado da investigação neuropsicológica. Trabalhos experimentais mostraram que, na tarefa de recordação livre de uma lista, as palavras do início da lista e do fim da lista são melhor recordadas do que as palavras do meio da lista, efeitos que ficaram respectivamente conhecidos como efeito de primazia e efeito de recência (Glanzer e Cunitz, 1966). A interpretação de que esta posição bi-modal poderia reflectir o desempenho de dois sistemas foi a mais consensual, sendo considerado que a parte inicial da curva reflectiria processos mais relacionados com

\* É habitual traduzir-se a designação “Working Memory” desta forma, porém talvez fosse apropriado traduzir-se por “Memória em trabalho” atendendo às operações cognitivas envolvidas neste processo. Considerando o que vigora utilizaremos a expressão de Memória de Trabalho

a aprendizagem de longo prazo e a parte final da curva reflectiria processos mais relacionados com a memória de curto prazo. Genericamente, a memória de curto prazo referia-se a tarefas em que a memória seria guardada durante alguns segundos, enquanto a memória a longo prazo se referia a tarefas em que a retenção do material é mais duradoura.

Os estudos de doentes, concretamente do doente KF (Shallice e Warrington, 1970), em diversas tarefas de memória de curto prazo e de longo prazo, mostraram que é possível o mesmo doente evidenciar uma redução na capacidade da memória de curto prazo e um desempenho praticamente normal nas tarefas de longo prazo. Para os autores estes resultados tornam difícil conceber que a memória de curto prazo verbal e a memória de longo prazo utilizem as mesmas estruturas. A existência de doentes com o padrão inverso, i.e. a memória de curto prazo preservada e com a memória de longo prazo prejudicada (Milner, 1966) constitui, na tradição neuropsicológica uma dupla dissociação<sup>1</sup> e reforça a impossibilidade de se considerar a memória um sistema unitário, enfatizando a pertinência de se considerar uma separação entre a memória de curto prazo e a memória de longo prazo.

Diferentes modelos vieram postular a necessidade de considerarmos diferentes armazéns de memória. Um importante modelo propunha a existência pelo menos três armazéns, um reflectindo os armazéns sensoriais, um reflectindo a memória de curto prazo e outro a memória de longo prazo (Atkinson & Shiffrin, 1968). Um factor que era determinante para a passagem do material para a memória de longo prazo era o tempo que o material estava presente na memória de curto prazo. No entanto este modelo deparava-se com diversos desafios. Por exemplo, não integrava o conceito de níveis de processamento, em que não era o tempo o determinante para a retenção mas sim a profundidade do processamento ( Craik e Lockart, 1972). O conceito de Memória de Curto Prazo proposto por estes autores considerava que a memória de curto prazo funcionaria como uma memória de trabalho, com processos de controlo e de ensaio, pelo que défices ao nível deste armazém deviam ter grande impacto ao nível do processa-

mento da informação complexa e da aprendizagem de longo prazo.

## O Modelo da Memória de Trabalho

Tendo em atenção as questões deixadas em aberto pelo modelo de Atkinson e Shiffrin (1968), o trabalho seminal de Baddeley e Hitch (1974) começa por considerar que *“despite more than a decade of research on the topic of short term memory we still know virtually nothing about its role in normal human information processing (pág. 48).”*. Questiona assim o papel atribuído a Memória de Curto Prazo na aquisição de novo material e recuperação de material antigo, considerando que a evidência mais devastadora contra a hipótese de que a memória de curto prazo serve como uma memória de trabalho, vem precisamente do trabalho já referido de Shallice e Warrington (1970). Estes autores relataram o caso de um doente que, com um *digit span*<sup>2</sup> muito baixo devia, de acordo com a concepção existente de memória de curto prazo, exibir défices devastadores ao nível da compreensão, aprendizagem e memória, o que não se verificava. Ao encontrarmos um desempenho com a memória de curto prejudicada e a memória de longo prazo preservada torna-se difícil continuar a defender um processamento serial entre as duas. Nas palavras de Baddeley e Hitch (1974) *“it appears then, that STS<sup>3</sup> constitutes a system for which great claims have been made by many workers (including the present authors) for which there is little good evidence.”*.

Na sequência desta constatação, estes autores fizeram uma série de experiências explorando o papel da memória no raciocínio, compreensão da linguagem e aprendizagem, variando a carga mnésica e as condições de realização da tarefa. Chegaram à conclusão que existia um padrão consistente de efeitos nos três tipos de tarefa estudados, que sugeria a operação de um sistema comum como a memória de trabalho. Para estes autores a perspectiva da Memória de Curto Prazo – Memória de Longo Prazo devia ser substituída por um sistema Memória de Trabalho – Memória de Longo Prazo. Nesta proposta temos um sistema de controlo com capacidades limitadas de armazenamento e proces-

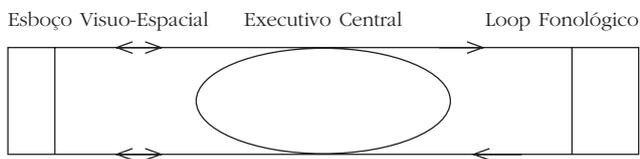
<sup>1</sup> Numa dupla dissociação encontramos um doente A com um défice X mas não com um défice Y, e um doente B com um défice Y mas não com um défice X, o que é interpretado como reflectindo a independência dos sistemas funcionais que lhes estão subjacentes, e a possibilidade de se danificarem em separado.

<sup>2</sup> *Digit span*- Nesta tarefa são apresentadas aos sujeitos sequências de dígitos e é-lhes pedido que as reproduzam. A apresentação pode ser visual ou auditiva. O *span* é tipicamente considerado o número máximo de itens que a pessoa consegue acertar em 50% das vezes.

<sup>3</sup> Short term storage- Armazenamento de curto prazo

samento. Há um sistema Controlador Atencional, e dois sistemas escravos, o *Loop* fonológico, que mantém a informação baseada no discurso, e o Esboço Visuo-Espacial, capaz de manter a informação visuo-espacial. Nesta perspectiva, o padrão de défice do doente KF (Warrington e Shallice, 1970), com um *digit span* baixo e uma capacidade de aprendizagem a longo prazo preservada, que não se conseguia explicar numa perspectiva Memória de Curto Prazo- Memória de Longo Prazo, não era difícil de compreender numa perspectiva de Memória de Trabalho- Memória de Longo Prazo. Neste caso o doente teria um défice no *loop* fonológico e teria o componente do executivo central preservado. Já no artigo inicial os autores sugerem que a memória de trabalho desempenha um papel importante noutras funções cognitivas. Depois deste artigo teve início uma gigantesca quantidade de pesquisa sobre o modelo e sobre os seus componentes. Em diversas publicações posteriores de Baddeley, o modelo de memória de trabalho aparece esquematizado como na figura 1.

Fig. 1 – Modelo de Memória de trabalho proposto por Baddeley e Hitch (1974)



(Baddeley, 1986: Working Memory)

### Componentes do Modelo

O *loop* fonológico é a componente do modelo melhor estudada e aquela que mais se assemelha ao conceito original de memória de curto prazo. Para o *loop* fonológico foram propostos dois componentes: um armazém, baseado no discurso, que mantém o traço mnésico e um processo de controlo articulatório. Assume-se que a informação auditiva tem acesso obrigatório e automático ao armazém. Um conjunto vasto de estudos permitiu caracterizar o funcionamento do *loop* e o seu impacto foi aumentando na medida em que consegue explicar diversos efeitos experimentais. É o caso do efeito da similitude fonológica, que mostra que a extensão do *span* é menor para itens fonologicamente similares do que para itens dissimilares (Conrad e Hull, 1964), reforçando a ideia de que a codificação é fonológica. Explica ainda o efeito do discurso irrelevante que

mostra que a apresentação de material irrelevante perturba a recordação (Colle e Welsh, 1976), reforçando a interpretação de que o material auditivo tem acesso automático ao armazém fonológico, e explica o efeito do comprimento das palavras (Baddeley et al 1975) segundo o qual o *span* é menor para palavras longas do que para palavras curtas, o que se assume ser uma evidência para um processo de ensaio articulatório a ocorrer em tempo real. Este efeito do comprimento das palavras pode ser impedido pela supressão articulatória (Baddeley et al, 1984). A supressão articulatória consiste na apresentação de um som irrelevante enquanto se realiza uma tarefa de *span*. A supressão articulatória também elimina a similitude fonológica para estímulos visualmente apresentados, na medida em que impede a recodificação pela sub-vocalização de material visualmente apresentado. No caso do *loop* fonológico, as pessoas parecem lembrar-se de tantos itens quantos os que conseguem dizer em dois segundos (Baddeley et al. 1975), o que reforça a ideia de que o ensaio ocorre em tempo real, sendo que as pessoas que ensaiam mais lentamente parecem ter piores performances - embora a ideia do decaimento dos traços na memória de trabalho em dois segundos seja hoje muito questionada e os modelos computacionais e matemáticos não o sugeriram exactamente nos mesmos moldes (Mueller & Krawitz, 2008).

O considerável poder explicativo do *Loop*, levou a que se reflectisse sobre o seu papel funcional, parecendo ser razoavelmente intuitivo que deveria desempenhar um papel na compreensão do discurso. Posteriormente foi proposto que o *loop* fonológico desempenhasse um papel importante na aprendizagem fonológica de longo prazo de material não familiar. Esta proposta foi apoiada pelo caso do doente PV que, com um défice de memória de curto prazo fonológica, não apresentava dificuldades em aprender a associar pares de palavras na sua língua, mas tinha dificuldade em aprender a associar pares de palavras numa língua não familiar (Baddeley, Papagno e Vallar, 1988). Este padrão de performance reforça a interpretação de que, no caso de se tratar de material familiar não há défice porque a linguagem já estava adquirida, pelo que o *loop* parece tratar-se de um dispositivo que, em termos filogenéticos, evolui para a aquisição da linguagem.

Interpretado desta forma seria previsível que o *loop* desempenhasse um papel importante como preditor da aquisição de vocabulário nas crianças tendo sido demonstrado que, em crianças com

inteligência não verbal normal ou acima da normal e atraso de dois anos ou mais no desenvolvimento da linguagem, a repetição de não palavras (que é por definição uma sequência não familiar de sons) é o melhor preditor da aquisição de vocabulário para crianças entre os quatro e os oito anos. Assim, o *loop* fonológico parece desempenhar um papel importante na aquisição da linguagem e funcionar como um “*Language Learning Device*” (Baddeley, Gathercole e Papagno, 1998).

As componentes do *Loop* têm sido validadas com a introdução das técnicas de neuroimagem. Abordaremos esta questão mais adiante.

Se a proposta do *loop* fonológico para lidar com material verbal e fonológico está substancialmente validada, já a proposta de um dispositivo análogo para lidar com material visuo-espacial não tem recebido tanta validação. De facto, para o esboço visuo-espacial, entendido como um armazém que, juntamente com os processos de controlo, é responsável por registar a informação visuo-espacial e por mantê-la através do ensaio, existem muito menos evidências. Têm-se procurado evidências de movimento dos olhos para o ensaio visuo-espacial mas não tem havido evidências de um *output* específico análogo à vocalização. Apesar disso tem sido possível encontrar alguns efeitos. Sabe-se por exemplo que o armazenamento pode ser prejudicado pela apresentação visual de itens irrelevantes como manchas de cor e por processamento espacial concorrente (Logie et al., 1986) no que pode ser interpretado como um efeito análogo ao do discurso irrelevante. Diversas evidências, nomeadamente ao nível da neuroimagem, tem ainda apoiado a necessidade de separar a componente visual da componente espacial.

Relativamente ao executivo Central, Baddeley propôs usar um modelo de controlo atencional (Baddeley, 1986) como hipótese de trabalho. Neste modelo as ações podem ser controladas por dois níveis: ou por esquemas ou através de um sistema atencional supervisor que entra em cena quando estão envolvidas novas tarefas. Este modelo permitia explicar o padrão de défice de doentes com lesões bilaterais dos lobos frontais nomeadamente a preservação, envolvendo os lobos frontais no funcionamento do Sistema Atencional Supervisor. Para testar directamente a capacidade deste sistema atencional supervisor e do executivo central Baddeley fez diferentes propostas. Uma delas é a tarefa de geração aleatória de letras, em que é pedido às pessoas para gerarem letras aleatoriamente, isto é evitando sequências conhecidas como sequências do

alfabeto ou acrónimos. Propõe-se que esta tarefa testa directamente a capacidade do Sistema Atencional e do executivo central, e o modelo de memória de trabalho parece explicá-la. Porque o alfabeto está sobre-aprendido, quando pedimos esta tarefa de aleatorização, geramos uma situação de conflito em que o sujeito tem de estar constantemente a desenvolver novas estratégias, ao mesmo tempo que evita o estereótipo. A tarefa parece ser especialmente difícil quando se pede aos participantes para serem rápidos.

Embora, na lógica da Neuropsicologia, tenha de ser feita uma distinção clara entre a questão da localização anatómica e a análise funcional do sistema que se assume reflectir a operação do executivo central, desde cedo se assumiu a relação com os lobos frontais. É evidente que os pacientes com lesão frontal e os estudos sobre lobo frontal sugerem constelações de sub-processos, de forma aliás coerente com a complexidade e riqueza de conexões do córtex pré-frontal. De facto, o córtex pré-frontal é uma estrutura para onde converge a informação de diferentes *inputs* sensoriais, com *outputs* motores, com conexões límbicas e conexões intrínsecas (o córtex pré-frontal lateral recebe *inputs* sensoriais, o dorsal envia *outputs* motores e o orbital estabelece conexões límbicas), para além disso o córtex pré-frontal envia *feed-back* para outras áreas, estando envolvido na manutenção activa de material e na aprendizagem ao longo do tempo. O seu estudo assume assim uma grande importância para o controlo cognitivo, na medida em que ele aparece envolvido na actividade sustentada que resiste à interferência, na convergência multimodal e integração de informação comportamentalmente relevante, no *feed-back* que exerce influência noutras estruturas do cérebro, e na plasticidade que é adaptativa para as exigências de novas tarefas (Miller e Cohen, 2001).

Alguns trabalhos indicam ainda a possibilidade de encontrarmos uma organização funcional do córtex pré-frontal nomeadamente baseada na função (com a parte ventral mais associada à componente de funcionamento que exige manutenção e com a parte dorsal associada à componente que exige manipulação) ou baseada no estímulo (nomeadamente sensorial *vs.* motor). Discutiremos estes aspectos mais adiante. O que não parece haver dúvidas é que, relativamente à conceptualização inicial, o executivo central tem de ser separado numa série de processos executivos fraccionados.

De qualquer forma, e apesar de na lógica do Modelo de Baddeley e Hitch, ser possível estudar todas as componentes, nem todas têm conseguido a mesma validação e nem todas estão igualmente definidas. Como o próprio Baddeley salienta, o interesse no modelo de continuou a desenvolver-se com ênfases diferentes nos dois lados do Atlântico, com a Europa mais apoiada numa tradição neuropsicológica e com os Estados Unidos da América mais apoiados numa tradição psicométrica (Baddeley, 2000). Por outro lado a investigação europeia centrou-se mais nos sistemas escravos e a americana, sobretudo depois dos trabalhos de Daneman e Carpenter (1980), centrou-se mais no executivo central. Estes autores pedindo aos sujeitos para lerem ou ouvirem uma frase e para se recordarem da palavra final de cada frase, ao mesmo tempo em que era testada a sua compreensão, estabeleceram o conceito de *Working Memory Span*. Para estes autores a Memória de trabalho é definida como a capacidade para armazenar e processar informação simultaneamente. Não negando a existência dos sistemas mais periféricos da memória de trabalho, como o *loop* centram-se em aspectos mais executivos da memória de trabalho. Esta abordagem permitiu ligar a memória de trabalho a abordagens psicométricas mais tradicionais, e o *working memory span* tem sido usado como ferramenta para analisar o papel da memória de trabalho em aptidões cognitivas como o raciocínio e a aprendizagem. O porquê da ligação entre memória de trabalho e inteligência não está perfeitamente esclarecido, continuando a haver contradições (Colom et al., 2008), havendo autores que questionam a importância das medidas de armazenamento e processamento para a inteligência (Obereraur, 2008). Outros estudos mostram a importância do armazenamento e do processamento quer em tarefas verbais quer em tarefas visuo-espaciais na predição da inteligência (Tilman et al., 2008). Outro aspecto que pode complexificar a compreensão das relações entre memória e inteligência é que nem sempre se utilizam as mesmas medidas. De facto, e obedecendo a tradições distintas, existem diferentes medidas de memória de trabalho utilizadas para predição da inteligência fluida, consoante estamos a considerar estudos laboratoriais ou trabalhos clínicos. Estudos recentes salientam a importância de se importarem tarefas laboratoriais de memória de trabalho para contexto clínico, uma vez que apresentam uma elevada validade de construto (Shelton et al., 2008).

Independentemente destes aspectos, não existem dúvidas de que o Modelo de Memória de Trabalho

teve um enorme impacto quer na Psicologia Cognitiva, quer na Neuropsicologia, quer noutros ramos da Psicologia.

## A Utilização de Técnicas de Imagem

Nos anos 90 houve um desenvolvimento adicional do modelo com a utilização de técnicas de imagem. A relação entre a psicologia cognitiva e a neuropsicologia da memória de trabalho, estando bem trabalhada, permitiu desde o início da utilização destas técnicas, levantar hipóteses que facilitaram a compreensão da neuroanatomia funcional num quadro cognitivo explicativo coerente.

A utilização de técnicas de Neuroimagem, nomeadamente com sujeitos normais, permite avançar relativamente às aproximações neuroanatômicas possíveis a partir dos estudos de doentes com lesão. Embora fora do âmbito desta breve revisão, podem salientar-se alguns factores que dificultam estas aproximações, por um lado os doentes raras vezes têm défices específicos e/ou lesões circunscritas, por outro lado, existem fenómenos compensatórios e de plasticidade que dificultam o estabelecimento de uma relação entre a área lesada e a função. Assim, como aliás para o estudo de todas as funções cognitivas, as técnicas de Neuroimagem trouxeram um enorme campo de possibilidades, embora evidentemente não isentas de um conjunto de dificuldades interpretativas próprias.

Um dos primeiros trabalhos de Neuroimagem procurou especificamente esclarecer as bases funcionais de um dos componentes da Memória de Trabalho. Utilizando uma tarefa de rimas e uma tarefa de memória de curto prazo para letras, enquanto os sujeitos realizavam TEP<sup>4</sup>, atribuiu diferentes substratos neurais e reforçou as evidências da existência das duas componentes do *loop* fonológico, o armazém fonológico, assente na circunvolução supramarginal esquerda e o ensaio articulatório, assente na área de Broca (Paulesu et al., 1993). Trabalho posterior com TEP permitiu dissociar a memória de trabalho verbal e espacial (Smith et al., 1996) tendo encontrado a tarefa espacial mais associada ao hemisfério direito, nomeadamente com activações ao nível córtex frontal ventrolateral (BA6 /47), córtex occipital (BA 19), córtex parietal (BA 40) e área pré-motora (BA 46).

<sup>4</sup> TEP é a abreviatura de tomografia por emissão de positrões, uma técnica que tira proveito do facto de que, quando compostos radioactivos são injectados (em quantidades residuais), emitem fotões que podem ser detectados num equipamento adequado. As imagens obtidas representam a acumulação do composto radioactivo.

Quadro 1 – Activações associadas à Memória de Trabalho (adaptado de Cabeza e Nyberg, 2000)

Frontal				Parietal		Cíngulo Anterior	Occipital Cerebelo
BA 6	BA44	BA9	BA46	BA 7	BA 40	BA 32	
Comum para verbal, espacial e resolução de problemas	Tarefa verbal/numérica (HE)	Tarefas que exigem manipulação dos conteúdos	Tarefas que exigem manipulação dos conteúdos	Verbais (HE) Armazém fonológico Não Verbais espacial (bilateral)	Verbais (HE) Armazém fonológico	Relacionado com a dificuldade da tarefa	Tarefas visuoespaciais Componentes do Ensaio

Relativamente à tarefa verbal apareceu associada a activações no hemisfério esquerdo, evidenciando activações ao nível do córtex parietal (BA40) de forma consistente com os estudos de lesão, e em três regiões frontais (BA 44, e BA6 superior e inferior), de forma consistente com o papel destas áreas no discurso. Encontraram ainda activações ao nível do hemisfério cerebeloso direito, que foram associadas ao *inner speech* ou ensaio, e ao nível do cíngulo anterior, que foram associadas a processos atencionais. Como conclusão geral as áreas posteriores parietais parecem estar associadas ao armazenamento (com o hemisfério direito associado à informação espacial e o hemisfério esquerdo à informação verbal). As outras activações encontradas parecem mediar o processo de ensaio. Trabalho posterior, para tentar verificar a existência de evidências de uma divisão *what* e *where* na organização pré-frontal procurou dissociar a memória de trabalho espacial e não espacial (D'Esposito et al. 1998). As activações que obtém durante as tarefas de memória espacial e não espacial são distribuídas nos córtex pré-frontal lateral. Para os autores não se encontram dados que suportem a organização por conteúdo, mas a organização por processo. As áreas frontais ventrais (BA 45/47) parecem ser activadas quando a informação que é recebida de áreas posteriores de associação é mantida, e as áreas frontais dorsais (BA9/46) parecem ser recrutadas apenas quando a monitorização e manipulação são requeridas. Como referido anteriormente à propósito das propostas de organização do córtex pré-frontal a área ventral parece estar associada com a manutenção, a área dorsal parece estar associada com a manipulação.

A utilização das técnicas de imagem para o esclarecimento das bases anatómicas da memória de trabalho foi crescentemente usada, apesar da variação existente nos *designs* experimentais e no tipo de tarefas usadas. Numa revisão de 2000 (Cabeza e Nyberg, 2000) sobre os estudos de neuroimagem da memória de trabalho, verificou-se que a maioria dos estudos empregava três tipos de tarefa: *delayed*

*response*, *n-back task*, *self ordered response*<sup>5</sup>. No caso das tarefas com *delayed response* são apresentados aos sujeitos um ou mais itens (quer sejam letras, números ou formas), as pessoas guardam-nas na memória e depois respondem na sequência de um *probe item*. É fundamentalmente uma tarefa de manutenção. Na *n-back task* devem indicar se cada item numa série contínua corresponde a um item que ocorreu n-itens antes. Aqui temos uma tarefa que é simultaneamente da manutenção mas que exige um *up-date* permanente, tendo por isso exigências ao nível da manipulação. Na *self ordered task*, os sujeitos têm de gerar respostas motoras ou verbais de acordo com determinadas regras, ex. evitar a repetição, gerar letras aleatoriamente etc. Estas tarefas implicam monitorização dos conteúdos da memória de trabalho, bem como inibição das respostas inapropriadas, a semelhança do que é exigido no Wisconsin Card Sorting Test. Fazendo a análise de diversos trabalhos estes autores concluem que a memória de trabalho aparece associada à actividade do córtex pré-frontal. As suas conclusões da análise das activações encontradas nos diferentes estudos aparecem sintetizadas no quadro 1.

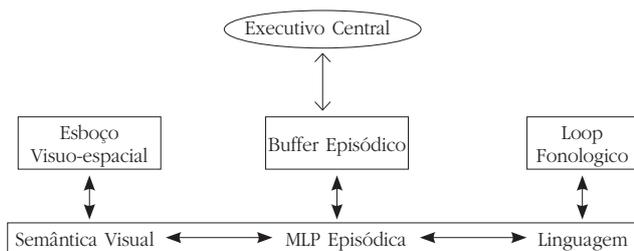
Assim a activação da BA 6 aparece relacionada com operações gerais da memória de trabalho, i.e. não específicas. As circunstâncias em que BA44 aparece activada reforçam a perspectiva de que reflecte o processamento fonológico. A activação de BA9 e BA46 em tarefas que exigem manipulação dos conteúdos é consistente com o trabalho já referido de D'Esposito (D'Esposito et al., 1998). A activação do cíngulo anterior relacionada com a dificuldade da tarefa reforça a interpretação desta activação em termos de recursos atencionais. E as activações que se encontram ao nível do cerebelo parecem reflectir as componentes motoras do ensaio.

Ao mesmo tempo que havia esta explosão da utilização das técnicas de imagem no estudo da

<sup>5</sup> Para melhor referenciação à literatura internacional mantemos as designações utilizadas pelos autores.

memória de trabalho havia por parte do principal autor do modelo, a consciência de que a conceptualização do modelo deixava aspectos importantes por explicar. Concretamente o modelo não era claro relativamente ao modo como se fazia a integração da informação de diferentes fontes, não explicava alguns achados experimentais (por exemplo o facto da supressão articulatoria não impedir totalmente, ou pelo menos significativamente o registo no *loop* fonológico de material visualmente apresentado), não explicava o fenómeno de *chunking* na recordação de prosa (em que as pessoas se podem lembrar de 16 ou mais ideias o que parece envolver alguma forma de interacção entre o *loop* fonológico e a memória de longo prazo) e não explicava o fenómeno de *binding* (i.e. como é que a informação que chega de diferentes canais permite a percepção do mundo como um todo coerente). Tendo analisado estas limitações do modelo, Baddeley (2000a) propõe um novo componente do modelo que designou de *buffer* episódico. Este *buffer* seria um armazém temporário, capaz de armazenar informação complexa, manipulá-la e utilizá-la numa escala de tempo que ultrapassa a dos sistemas escravos. Para abordar a questão do *binding*, este componente combinaria sinergicamente a informação de diferentes fontes numa forma de representação temporária.

Fig. 2 – Modelo de Memória de Trabalho Revisto Baddeley (2000a) – As áreas sombreadas representam sistemas cognitivos “cristalizados” capazes de acumular conhecimento de longo prazo.



(Baddeley, 2000: Trends in Cognitive Sciences)

O *buffer* episódico teria uma capacidade de armazenamento limitada, seria controlado pelo executivo central, seria episódico, no sentido em que a informação seria integrada no tempo e no espaço, mas distinto da memória episódica na medida em que tem uma duração limitada, e utilizaria um código multidimensional. O *buffer* poderia influenciar o conteúdo do armazém atendendo a componentes perceptivas ou outras componentes da memória de trabalho ou da memória de longo prazo, o que lhe daria a possibilidade de modelar o ambiente criando novas representações cognitivas e facilitando

a resolução de problemas. É importante notar que no artigo em que propôs a conceptualização do *buffer* episódico, o próprio Baddeley não esperava que o *buffer* tivesse uma única localização anatômica, referindo-se antes a possibilidade de estar associado a um disparo síncrono de unidades neurais. Apesar disso alguns autores foram procurar as bases anatómicas do *buffer* estudando a recordação de histórias em doentes de Alzheimer e normais e sugerindo que o hipocampo anterior esquerdo possa contribuir para o *buffer* episódico (Berlingeri et al. 2008). Outros autores, estudando doentes com lesões temporais questionam que o hipocampo possa ser o substrato neural do *buffer* (Wagner et al. 2008). Outros autores questionam a própria conceptualização do *buffer* episódico (Gooding et al., 2008).

É importante notar que para Baddeley, mesmo com a introdução do *buffer*, a memória de trabalho não consistia numa porção activada da memória de longo prazo. Perspectivas recentes, assumem que a Memória de trabalho é fornecida por estruturas da Memória de Longo Prazo, embora algumas destas estruturas e processos possam ser específicos, conciliando estas perspectivas (Zimmer, 2008). Nas palavras deste autor “*I assume that both Working Memory and Long Term Memory performances are provided by the same structures representing items as synchronized activities in content specific cell assemblies*” “*WM and Long Term Memory may follow different memory laws even though the same structures store the information*” (pág. 1386). Nesta perspectiva, e contrariamente à perspectiva de Baddeley, a memória de trabalho pode ser vista como memória de longo prazo activada, em que as performances de memória de trabalho são fornecidas por redes de componentes de controlo e de armazenamento, tornando-se uma questão empírica saber quais desses componentes são específicos de que domínio e quais contribuem para a memória de longo prazo respectivamente. Acresce dizer a este respeito que as técnicas de imagem têm encontrado co-activações substanciais em tarefas que se supõe mediarem diferentes sistemas mnésicos o que nos força a repensar divisões funcionais estáticas. A memória de trabalho muito provavelmente é parte de qualquer processo cognitivo.

Identificando as tendências e desafios recentes do modelo de memória de trabalho, tem sido sugerindo que o modelo tem definitivamente de passar de um modelo que considera múltiplos armazéns para um modelo dinâmico, significando que a memória de trabalho é uma propriedade emergente da mente e

o resultado da actividade neural coordenada entre regiões cerebrais associadas com controlo cognitivo e representações mnésicas, salientando que a retenção de curto prazo da informação é alcançada através da activação sustentada de redes anatómicas cuja principal função não é mnésica. É por outro lado referido o foco atencional na memória de trabalho, em que a MT pode ser encarada como uma porção activa da MLP onde está o foco atencional, e a necessidade de considerar a variação na memória de trabalho, comparando e contrastando diferenças individuais em adultos saudáveis, diferenças desenvolvimentistas na infância e idade adulta e défices associados a danos ou doenças, bem como a necessidade de considerar modelos computacionais neurobiologicamente plausíveis (ver Osaka et al. 2007 para revisão das tendências recentes no estudo da neurociência cognitiva da memória de trabalho).

Hoje continuamos a encontrar estudos de memória de trabalho nas mais diferentes populações.

Como síntese podemos referir que, embora havendo diferenças substanciais relativamente à conceptualização inicial de Baddeley e Hitch (1974), e aspectos que continuam a necessitar de clarificação, o modelo teve um enorme impacto no estudo da cognição humana, continuando a ser um quadro conceptual relevante, com potencial enquadrador para muitos outros estudos.

## Bibliografia

- Atkinson R. C. & Shiffrin R.M. (1971). The control of short term memory. *Scientific American*, 225: 82-90
- Baddeley, A.D. & Hitch GJ (1974). Working Memory. *The psychology of learning and motivation* (Bower, G.A. Eds). Academic Press. New York (vol 8, 47-89).
- Baddeley, A.D. (1986). Working Memory. Oxford: Oxford University Press
- Baddeley, A.D., Thomson, N. & Buchanan, M. (1975). Word Length and the structure of short term memory. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 14, 575-89
- Baddeley A. Gathercole S., & Papagno C. (1998) The phonological Loop as a language learning device in *Psychological Review*, 105, 158-175
- Baddeley A. (2000). Short Term and Working Memory (pp 77-92) in *The Oxford Handbook of Memory*, Ed. Tulving E., Craik FIM. Oxford University Press
- Baddeley A. D. (2000a). The episodic buffer: A new component of working memory. *Trends in Cognitive Neurosciences*, 4 (11), 417-423
- Baddeley, A.D., Papagno, C. & Vallar G. (1988) When long term learning depends on short term storage. *Journal of Memory and Language*, 27,586-595
- Baddeley, A.D., Lewis, V.J. & Vallar, G. (1984) Exploring the articulatory loop. *Quarterly Journal of experimental Psychology*, 36,233-252
- Berlinger M., Bottini G., Basilico S., Silani G., Zanardi G., Sberna M., Colombo N., Sterzi R, Scialfa G., Paulesu E. (2008) *Behav Neurol*, 19 (1-2): 29-34
- Cabeza R., Nyberg L. (2000) Imaging Cognition II: An empirical review of 275 PET and fMRI studies. *J. Cogn Neurosciences*; 12: 1-47
- Colle, H.A., & Welsh, A. (1976). Acoustic Masking in Primary Memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 15,17-32
- Colom R., Abad F.J., Quiroga M A., Shih P C, Flores Mendonza C. (2008) Working Memory and Intelligence are highly related constructs, but why? *Intelligence*, 36, 584-606
- Conrad, R. & Hull, A.J. (1964) Information, acoustic confusion and Memory Span. *British Journal of Psychology*, 55, 429-32
- Craik, F.I.M. & Lockhart, R.S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671-684
- Daneman, M, & Carpenter, P.A. (1980). Individual differences in working memory and reading, *Journal of Verbal learning and verbal behaviour*, 19: 450- 466
- D'Esposito M., Aguirre G.K., Zarahn E., Ballard D., Shin R.K., Lease J. (1998) Functional MRI studies of spatial and non spatial working memory. *Cognitive Brain Research* 7, 1-13
- Ebbinghaus, H. (1885/1962). Memory: A contribution to experimental psychology. New York: Dover
- Glanzer M & Cunitz, A.R (1966). Two storage mechanisms in free recall. *Journal of verbal learning and verbal behaviour*, 5: 351-360
- James W. (1896). The Principles of Psychology. Reedição no âmbito dos Great Books of Western World: University of Chigaco Ed. Mortimer A. 3º Ed. (1992).
- Melton, Arthur W. (1963/07). Implications of short-term memory for a general theory of memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior* 2(1): 1-21
- Miller E.K. & Cohen J.D. (2001) An Integrative theory of Prefrontal cortex Function. *Annual Rev. Neuroscience*, 24,167-202
- Milner B. (1966). Amnesia following operations on the temporal lobes. In C.W.M. Whitty & Zangwill (eds.) Amnesia (pp.109-133) London Butterworths in The Oxford Handbook of Memory (2000) Eds Tulving E. Craik FIM. Oxford University Press
- Paulesu E, Frith CD, Frackowiak RSJ (1993). The neural correlates of the verbal component of working memory. *Nature* 362:342-344
- Shallice, T. & Warrington, E. K. (1970) Independent functioning of verbal memory stores: A Neuropsychological Study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 22, 261-73
- Mueller S.T., Kravitz A., (2008) Reconsidering the two second decay hypothesis in verbal working memory, *Journal of Mathematical Psychology*, 1-12
- Tilman C.M., Nyberg L., Bohlin G. (2008) Working Memory components and intelligence in children, *Intelligence* 36 (2008) 394-402
- Gathercole, S. & Baddeley A.D. (1989) Evaluation of the role of phonological STM in the development of vocabulary in children: A longitudinal study. *Journal of memory and language*, 28, 200-13
- Logie, R H (1986). Visuo-spatial processing in working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 38A, 229-47
- Oberauer K., SuB H-M, Wilhelm O., Wittmann W.W. (2008) which working memory functions predict intelligence? *Intelligence* 36 (2008) 641-652
- Osaka N., Logie R.H., D'Esposito (eds) The Cognitive Neuroscience of Working Memory (2007) Oxford University Press
- Shelton J., Elliot E.M., Hill B.D., Calamia M.R., Gouvier W D (2008) A comparison of laboratory and clinical working memory tests and their prediction of fluid intelligence *Intelligence* 36
- Smith, E., Jonides J. & Koeppel R.A. (1996). Dissociating verbal and spatial working memory using PET. *Cerebral cortex*, 6(1): 11-20
- Zimmer H. (2008) Visual and Spatial working memory: From boxes to networks. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 32:1373-1395