

Buffer Episódico 10 Anos Depois: Revisão de um Conceito

Episodic Buffer 10 Years Later: Concept Review

Nádia Canário¹, Maria Vânia Silva Nunes²

RESUMO

Este artigo pretende fazer uma revisão sistemática sobre o componente do *Buffer* Episódico introduzido no Modelo de Memória de Trabalho de Baddeley em 2000, como forma de responder a algumas das críticas colocadas ao modelo. Para o fazer iremos explorar o conceito propriamente dito e a forma como ele tem sido investigado ao longo da última década, através de uma revisão de literatura. Serão explorados com particular detalhe os processos de *binding* e *chunking*.

Unitermos. Memória de Trabalho, *Buffer* Episódico, *Binding*, *Chunking*, Executivo Central.

Citação. Canário N, Nunes MVS. Buffer Episódico 10 Anos Depois: Revisão de um Conceito.

ABSTRACT

The goal of this article is to make a systematic review of the Episodic Buffer component introduced in the Baddeley's Working Memory Model in 2000, as a way to respond to some serious critics post to the working memory model. We will explore the concept and how it has been researched through the last decade, making a review of the most relevant literature. Binding and chunking processes will be explored with particular detail.

Keywords. Working Memory, Episodic Buffer, Binding, Chunking, Central Executive.

Citation. Canário N, Nunes MVS. Episodic Buffer 10 Years Later: Concept Review.

Trabalho realizado no Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Católica Portuguesa, Lisboa, Portugal.

1. Psicóloga, Mestranda em Neuropsicologia no Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Católica Portuguesa, Lisboa, Portugal.

2. Psicóloga, Doutora, Prof. Auxiliar no Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Católica Portuguesa, Lisboa, Portugal.

Endereço para correspondência:
Universidade Católica Portuguesa,
Edifício da Biblioteca João Paulo II,
5º piso, Palma de Cima
1649-023, Lisboa
E-mail: mnunes@ics.lisboa.ucp.pt

Revisão
Recebido em: 03/11/10
Aceito em: 04/10/11
Conflito de interesses: não

INTRODUÇÃO

O Modelo de Memória de Trabalho

O conceito de memória de trabalho foi pela primeira vez proposto em 1960, no livro “*Plans and the Structure of Behavior*”¹ e, consolidado na literatura no trabalho de 1974. Do ponto de vista experimental, este conceito diz respeito a um sistema de capacidade limitada capaz de armazenar e manipular informação, ao mesmo tempo, que constitui parte integrante do sistema de memória humano². O conceito de memória de trabalho, difere, por sua vez^{1,3}, do conceito de memória de curto-prazo, uma vez que supõe a existência de vários subsistemas em operação, ao invés de um módulo unitário, enfatizando, por outro lado, o seu importante papel em outras actividades cognitivas como a aprendizagem, raciocínio e compreensão. Assim, como resposta a vários resultados foi proposto um modelo, não unitário, mas tripartido de memória de trabalho². Este modelo foi, inicialmente, constituído por três componentes fundamentais: pelo *Loop* Fonológico, pelo Esboço Visuo-espacial e pelo Executivo Central^{1,2}. As características destes componentes explicam vários efeitos experimentais, nomeadamente o efeito da similaridade fonológica (i.e. é mais difícil a memorização de palavras fonologicamente similares), mostrando que o tipo de codificação que ocorre neste sistema é, efectivamente, uma codificação fonológica^{1,3}; o efeito do comprimento da palavra (i.e. é mais difícil memorizar palavras mais compridas, em comparação com palavras mais curtas), sugerindo que o processo de ensaio articulatorio ocorre efectivamente em tempo real¹; e, por fim, o efeito da supressão articulatoria (i.e., quando se inibe o ensaio articulatorio, o span de memória diminui). No que concerne ao Esboço visuo-espacial, este é considerado como uma espécie de paralelo visuo-espacial do *Loop* Fonológico, permitindo armazenar e manipular a informação visuo-espacial^{1,2}. Apresenta, desta forma, um papel importante na orientação visuo-espacial e na resolução de problemas visuo-espaciais¹. É um sistema menos compreendido, em comparação com o *Loop* Fonológico². Por fim, o Executivo Central, é concebido como um sistema responsável pelo controlo atencional da memória de trabalho, onde se encontram também envolvidos aspectos do funcionamento executivo, em ligação constante aos outros componentes⁴. Define-se também como uma espécie de

homúnculo que decide como é que os dois componentes (fonológico e visuo-espacial) devem ser utilizados^{1,4}. Desta forma, e devido à dependência estabelecida em relação a este último sistema, o modelo prevê que tanto o *Loop* Fonológico como o Esboço visuo-espacial sejam considerados como sistemas escravos do Executivo Central¹⁻⁴.

Limitações da concepção original: Necessidade do *Buffer* Episódico

Apesar do modelo de memória de trabalho ter-se apoiado num conjunto de evidências robustas, efectuadas no campo da Psicologia Cognitiva, o presente modelo falhava na explicação de alguns fenómenos neuropsicológicos¹. Entre estes, destacam-se: o facto da supressão articulatoria poder ter efeitos discretos na recuperação de informação (i.e. quando se impede o ensaio sub-vocal, nem sempre se encontram efeitos devastadores na recuperação de informação, verificando-se muitas vezes, apenas uma diminuição do *span* de 7 para 5 dígitos)³; Evidências de fenómenos de combinação entre a informação visual e a informação fonológica na memória de trabalho (ex. existem efeitos da similaridade visual para o *span* de materiais verbais)⁵; e diferenças significativas entre o tamanho do *span* para palavras isoladas e não relacionadas, em comparação com frases, sendo que, enquanto o número de itens recuperados na primeira condição apresenta uma média de 5 a 6 itens, o número de itens recuperados, quando as respectivas palavras estão integradas numa frase com significado, pode ir até a uma média de 16 unidades de informação^{1,3,6}. Uma vez postulada a presença destes resultados experimentais ocorridos na memória de trabalho, interessava saber que componente do modelo lhes estaria subjacente. Desta forma, questionou-se se este fenómeno estaria relacionado com o *loop* fonológico, uma vez que, nas experiências de memorização de frases, era realizado um processo de codificação fonológica³. Todavia, algumas evidências colocaram em causa essa possível ligação, uma vez que existiam sujeitos com um *span* máximo de um item para palavras, que melhoravam significativamente na memorização de frases³. Por outro lado, os mesmos resultados que sugerem que não é no *loop* fonológico que reside a explicação para este efeito, sugerem também que o mesmo não pode ser exclusivamente explicado pela memória de longo prazo. Isto porque apesar dos sujeitos

melhorarem na memorização de frases e de não apresentarem défices na memória de longo-prazo, o seu *span* para as frases continuava a ser inferior ao *span* de indivíduos normais³. Devido a todo este conjunto de incompatibilidades, mais de 25 anos após a formulação do modelo original de memória de trabalho, acrescentou-se a existência de um novo componente – o *Buffer* Episódico –, de forma a conseguir obter uma explicação mais razoável e completa destes fenómenos³.

O *Buffer* Episódico foi conceptualizado como um componente, cujas características principais permitiriam responder aos fenómenos anteriormente referidos, bem como explicar algumas variabilidades individuais encontradas nas tarefas de memória de trabalho¹. O *Buffer* Episódico é um sistema de armazenamento temporário de informação, capaz de integrar dados de diferentes fontes, transformando-os em códigos multimodais³. Este interface temporário de informação, a ligação à memória de longo-prazo constitui uma característica fundamental deste componente³. Este interface temporário entre os vários sistemas mnésicos e perceptivos contribuiu para a denominação de *Buffer*, sendo ao mesmo tempo episódico devido ao facto da integração desses tipos de informação ser transformada em episódios complexos, integrados num determinado tempo e espaço³. O modelo defende também a ideia de que a capacidade da memória de trabalho em manter esses novos episódios gerados, reflecte não só a capacidade do *Buffer* em si mesmo, como também a capacidade e integridade dos sistemas escravos e do Executivo central¹. Em relação a este último, o modelo postulou também que, à semelhança dos sistemas escravos, também o *Buffer* Episódico era controlado pelo Executivo Central³.

Existem por sua vez, dois grandes processos que são explicados pelo *Buffer* Episódico – o *binding* e o *chunking*. Para explicar os fenómenos de ligação entre informações de diferentes modalidades sensoriais, de modo a obter-se uma percepção mais coerente dos objetos estudou-se o *binding*¹. Seria então, este processo que estaria na base da explicação do já referido efeito da similaridade visual de itens verbais na sua memorização⁵. Acrescenta também, que para além deste processo estar relacionado com a ligação de informações de diferentes modalidades sensoriais, também ocorre na própria liga-

ção entre informações de diferentes naturezas dentro da mesma modalidade sensorial, como é o caso da memorização de diferentes características visuais de um mesmo objecto⁷. O processo de *chunking*, por sua vez, diz respeito ao processo de integração de unidades de informação individual, de modo a criar aglomerados ou chunks maiores de informação¹. Estes agrupamentos são, geralmente, baseados na relação de significado, ou semântica, entre os vários itens⁸ e permitem potenciar um armazenamento de informação mais económico¹. Este processo estaria então na base da explicação do fenómeno da superioridade na memorização de frases em comparação com palavras isoladas, onde os 10 ou 11 itens recuperados adicionalmente na primeira condição, não poderiam ser explicados através de uma codificação puramente fonológica, mas adviriam, antes, da ligação à memória de longo-prazo, possibilitando a agregação da informação em unidades maiores^{1,3,6}. A ideia de que no processo de memorização poderia estar envolvida a formação de chunks, não é original e já havia sido discutida⁹. Os fenómenos de *binding* e *chunking* de informação, são amplamente abordados na literatura dedicada à exploração da temática do *Buffer* Episódico, uma vez que constituem dois mecanismos centrais na criação das novas representações episódicas. No entanto convém salientar que nem sempre é fácil realizar-se uma distinção clara entre o processo de *chunking* e o processo de *binding*, visto que estes processos têm uma relação entre si, pois os novos chunks de informação são efectivamente eles próprios, o resultado de um processo de *binding*. Existem diferentes tipos de *chunking*, dependendo se o processo de *binding* que lhe está subjacente envolve os sistemas escravos (*loop* fonológico e esboço visuo-espacial), ou se envolve a memória de longo-prazo⁷.

Como o *Buffer* tem sido operacionalizado

Os fenómenos de *chunking* e de *binding* foram os mais avaliados, sendo que as provas correspondentes à memória lógica têm sido identificadas como uma forma de avaliação do *chunking* resultante do *binding* à memória de longo-prazo¹⁰, enquanto o modelo de Prabhakaran¹¹, tem sido, amplamente utilizado como forma de avaliação do *chunking* resultante do *binding* entre os sistemas escravos.

O *chunking*, enquanto resultado da ligação à memória de longo-prazo

Como forma de avaliação do *Buffer* Episódico sugeriu-se a utilização de uma medida de span designada de “*constrained sentence span*”, próxima da avaliação do construto de *chunking*. Produziu-se uma medida cujo desempenho fosse auxiliado pela possibilidade de combinar diferentes tipos de informação, concretamente informação verbal e semântica. Cada frase seria então composta por uma estrutura sintáctica constante que aumentaria em comprimento, ao mesmo tempo que se repetiriam algumas palavras escolhidas de um conjunto limitado de itens¹². Desta forma, o autor acreditava que a tarefa se aproximaria mais das medidas de *span* clássicas permitindo, por um lado, um maior controlo das contribuições da memória semântica, e por outro, facilitando inclusivamente as comparações experimentais entre o span para palavras isoladas e o *span* para frases^{1,12}. Num estudo recente, em que se utiliza esta tarefa¹², demonstrou-se, uma maior superioridade na memorização de frases em comparação com palavras isoladas, o que é interpretado como revelando que a memorização a curto-prazo das frases é potencializada pela interação entre o processamento fonológico do *input* (verbal) e os conhecimentos de longo-prazo¹². Esta interacção seria, então, manifestada por processos de *binding* entre o armazenamento fonológico de curto-prazo e a memória de longo-prazo, de forma a se obter *chunks* maiores, que ao serem em número inferior em comparação com as unidades individuais de informação, tornavam a memorização destes itens mais económica¹². Todavia, é necessário acrescentar que o processo de *chunking* não carece de dificuldades na sua avaliação, visto que os próprios autores referem que apesar da superioridade das frases mostrar a existência desse fenómeno, a sua análise não permite avaliar directamente esse processo, sendo essa superioridade considerada, antes como um indicador desse fenómeno de *chunking*¹². Esta questão da avaliação da superioridade das frases, enquanto resultado da ligação à memória de longo-prazo, já havia também sido abordada num estudo prévio¹³. Aqui, existia a diferença particular das frases apresentadas estarem semanticamente enquadradas, de forma a criarem uma história coerente, ao contrário da condição de memorização de frases propriamente dita, onde as mesmas não apresen-

tavam qualquer tipo de enquadramento semântico entre elas¹³. Apresentou-se uma superioridade das histórias em relação às palavras isoladas, apesar da superioridade das frases em comparação com as palavras isoladas apenas se ter manifestado após o material ter sido apresentado uma primeira vez¹³. Por sua vez, o *span* para histórias foi o que obteve os maiores valores¹³. Ambos os estudos referidos, utilizaram população sem patologia a fim de avaliar o processo de *chunking* resultante do *binding* com a memória de longo-prazo. Todavia, alguma investigação também foi feita recorrendo à avaliação da integridade deste processo em contexto de patologia, nomeadamente na doença de Alzheimer. Estudos demonstraram uma diminuição da recuperação imediata de informação *bound*^{8,10}, apesar de se ter verificado que os indivíduos com Alzheimer recuperavam mais informação das chamadas “*clustered lists*”, onde a informação partilhava relações semânticas entre si⁸. Estas últimas evidências sugerem que é possível o uso de estratégias de *chunking* com base na ligação à memória de longo-prazo, em fases muito iniciais da doença de Alzheimer, apesar da utilização dessas estratégias ser efectivamente mais lenta em comparação com os indivíduos saudáveis.

O *chunking*, a memória de longo-prazo e o Executivo Central

A próxima questão que fez parte das preocupações de alguns investigadores consistiu na compreensão da natureza desse processo de *chunking* enquanto resultado do *binding* à memória de longo-prazo, onde a questão relativa à sua automaticidade ou dependência de recursos atencionais (e assim não automático), foi avaliada por alguns estudos. Algumas das formas de manipulação dos recursos atencionais durante esse processo particular de *chunking* têm sido desenhadas, constituindo a supressão articulatória, algumas tarefas de tempo de reacção visuo-espacial e contar inversamente a partir de um determinado número, exemplos dessa manipulação^{12,13}.

Desta forma, avaliou-se a importância do Executivo Central na formação dos *chunks* verbais de informação¹². Para tal, o paradigma contemplou tarefas de memorização de frases e palavras, ao mesmo tempo que algumas tarefas concorrentes, especialmente desenhadas para diminuir os recursos atencionais, eram também re-

alizadas¹². Do ponto de vista dos principais resultados obtidos neste trabalho, os autores verificaram que apesar de ter havido uma diminuição do *span* para palavras isoladas e frases, em contexto de atenção dividida, o efeito da superioridade das frases em comparação com palavras isoladas, continuou a manifestar-se. Esta evidência foi constatada em todas as condições de apresentação dos estímulos, ou seja, quer tenham sido apresentados oralmente, quer visualmente¹². Assim, com base nestas evidências, propõem-se que o *chunking* verbal, ocorre de forma mais ou menos automática, sem por isso, depender, especialmente, do Executivo Central onde só após a entrada desses *chunks* de informação no *Buffer* Episódico é que os mesmos se tornariam disponíveis aos recursos atencionais de modo a se tornarem conscientes para o sujeito¹². Outras evidências que sugerem que o processo de *chunking* ocorre de forma relativamente automática podem ser encontradas¹³. Todavia os argumentos utilizados na defesa dessa automaticidade estabelecem algumas diferenças. Na verdade, as evidências da automaticidade do *chunking* foram obtidas com base no *span*, não para frases não relacionadas, mas para histórias¹³. De fato, o *span* para frases (não relacionadas) sofreu a diminuição mais significativa, em comparação com as palavras isoladas, em contexto de introdução de uma tarefa concorrente (ex: tarefa de tempo de reacção visual)^{12,13}. Perante estes resultados os autores propõem que o *span* para as histórias não tenha sofrido qualquer tipo de alteração devido ao facto do significado intrínseco às mesmas, ter possibilitado automaticamente a formação de *chunks* maiores de informação, em comparação com os *chunks* formados a partir das frases não relacionadas¹³. A independência do processo de *chunking* em relação ao Executivo central, foi também encontrada em outro trabalho, onde verificaram que 6 dos 10 indivíduos que apresentavam défices na memorização de curto-prazo de histórias, não apresentavam défices nas funções executivas nem noutras tarefas de avaliação do lobo frontal¹⁰. Por sua vez, a análise das alterações estruturais encontradas no cérebro destes indivíduos, com base na utilização da RM, não mostrou também alterações anatómicas significativas nos lobos frontais, em indivíduos com Alzheimer, que apresentavam défice na capacidade de memorizar histórias¹⁰. Este interesse no estudo de regiões frontais relacionadas com a

questão da automaticidade do processo de *chunking* com base no *binding* à memória de longo-prazo deriva de evidências anteriores acerca dos correlatos anatómicos envolvidos nos processos cognitivos que estariam na base no Executivo central, nomeadamente a sua função geral de controlo (atencional e executivo) da memória de trabalho (ex: coordenar o desempenho em duas tarefas distintas; capacidade para mudar estratégias de recuperação; capacidade de aceder selectivamente a um estímulo e inibir o efeito de outros, etc.)⁴.

O *Chunking* enquanto resultado do *binding* entre os Sistemas Escravos

O processo de *binding*, foi explorado na literatura dedicada ao estudo do *Buffer* Episódico, tendo sido encontrado um efeito da similaridade visual dos itens na capacidade de memorização a curto-prazo de informações verbais⁵. Vários estudos avaliaram o processo de *binding* entre os sistemas escravos, sendo que a maior parte deles baseou-se no paradigma experimental de Prabhakaran que é composto por duas condições diferentes de apresentação de estímulos: uma condição “separada”, onde são apresentados números e localizações ou letras e localizações, tendo o sujeito que memorizar estas informações para um posterior reconhecimento; e uma condição “bound” propriamente dita, onde as letras ou números são apresentadas em localizações específicas (i.e. associadas), sendo necessário que ambas as informações sejam integradas num único episódio¹⁴⁻¹⁸. Na maior parte destes estudos, o desempenho dos sujeitos (normais) na condição *binding*, foram significativamente reduzidos, ou menos precisos, em comparação com a condição “separada”^{14,15,17,18} sendo sugestivo de que processamento das associações entre informação verbal e espacial requer mais recursos cognitivos. É também interessante reflectir sobre os resultados de outros estudos, realizados no contexto de avaliação do processo de *binding* entre os sistemas escravos, que não utilizaram o modelo de Prabhakaran, onde para além de terem testado o *binding* de informação visual e espacial, de modo a compreender se a codificação visuo-espacial podia facilitar o desempenho nas tarefas de memorização verbal, acrescentaram uma condição, em que o arranjo espacial dos estímulos respeitava um arranjo previamente conhecido pelos sujeitos (os números

apareciam na posição dos números no telefone)¹⁹. Desta forma, quando essas pistas espaciais eram previamente conhecidas, o desempenho melhorava, na condição *bound* com ligação à memória de longo prazo¹⁹. Todavia é importante acrescentar a extrema dificuldade que existe na comparação entre este estudo e os estudos que utilizaram o modelo de Prabhakaran, uma vez que, ao contrário do que acontece nesse modelo experimental, aqui, o *binding* de informação não foi pedido (i.e. não era dito aos sujeitos que tinham que atentar na localização espacial), uma vez que a tarefa constituía apenas numa tarefa de recuperação verbal de informação (ex: recuperação dos números na sua ordem de apresentação)¹⁹. Foram utilizadas análises da formação e retenção, na memória de trabalho, de representações multidimensionais unitárias, baseadas na linguagem gestual e no discurso²⁰. A informação associada correspondia a duas representações diferentes do mesmo item, (i.e. uma representação falada – verbal - e uma representação gestual - visuo-espacial)²⁰. Houve também uma diminuição do desempenho na condição *bound*²⁰. Na verdade existem várias interpretações para que na maior parte dos estudos, esta condição tenha sido aquela que apresentou, sistematicamente, um desempenho mais reduzido. Assim, referiu-se que os sujeitos na condição *bound* apresentam, geralmente, um menor desempenho devido ao facto desta condição exigir um maior “load” cognitivo, implicando a presença de funções executivas²⁰. Esta ideia é consistente com a proposta de que nesta condição estaríamos perante um processo que requer um maior número de recursos cognitivos, mormente de natureza atencional¹⁵.

Em relação à importância dos recursos atencionais no *binding* entre os sistemas escravos, reformulou-se alguns aspectos do modelo de Prabhakaran, onde a supressão articulatória na “*bound condition*” afectou, significativamente, o reconhecimento de informação *bound*, verificando-se a existência de uma influência dos recursos atencionais na capacidade de reconhecimento deste tipo de informação, em comparação com informações separadas (localização espacial ou letra)¹⁷. Todavia importa referir que o presente estudo não teve como objectivo a avaliação da relação entre o *binding* de informação e o Executivo Central, mas pretendeu antes avaliar de que forma é que as características individuais, bem como as

sociações abstractas entre as mesmas (*binding* multimodal), são formadas e retidas na memória de trabalho¹⁷. Em relação a este aspecto os autores sugerem que o *binding* de informação de diferentes fontes (neste caso verbal e visuo-espacial), irá, efectivamente, culminar na criação de novos episódios multimodais¹⁷. Na verdade, observou-se no presente estudo, que na “condição separada”, a supressão articulatória prejudicou a memória para as letras, mas não para as localizações espaciais, apesar de na condição *bound*, a supressão articulatória ter afectado a recuperação em todas as condições¹⁷. Assim, tendo em conta a evidência de que as pistas espaciais (cuja memorização não foi prejudicada na condição separada) não foram suficientemente significativas para a elaboração de respostas correctas, em contexto de atenção dividida, conclui-se que houve, efectivamente, uma integração da informação verbal e visuo-espacial e a consequente produção numa nova representação episódica, qualitativamente diferente da informação memorizada na condição separada¹⁷. Devido ao facto de se ter criado este novo episódio, a informação espacial deixaria de constituir uma informação individual, mas estaria antes integrada na relação que estabeleceria com as outras informações (neste caso com a informação verbal), culminando num episódio único¹⁷. Outras evidências também vão ao encontro da ideia de que o processo de *binding* entre os sistemas escravos não é efectivamente automático¹⁶. A manipulação dos recursos atencionais, mostrou que o desempenho dos sujeitos na condição *bound* (reconhecimento da letra em relação com a sua localização) diminuiu significativamente quando tinham que realizar uma tarefa concorrente (memorização de tons), antes de memorizarem os estímulos principais¹⁶. A introdução desta tarefa secundária iria “carregar” (“load”) a memória de trabalho, que por sua vez não apresentaria recursos suficientes para que a integração da informação verbal e visuo-espacial fosse realizada eficazmente¹⁶. Em indivíduos com amnésia global transitória, a superioridade na memorização de informação individual em comparação com informação *bound*, foi interpretada como possível resultado da existência de défices na codificação de informação episódica, pois os indivíduos que apresentavam défices a este nível também eram aqueles que obtiveram resultados inferiores quando o processo de *binding* entre os sistemas escravos era avaliado¹⁸.

Alguns estudos dedicaram-se à avaliação da natureza do processo de *binding* entre os sistemas escravos, recorrendo sobretudo a evidências de activação cerebral. Desta forma, evidências sugeriam o envolvimento das regiões frontais na capacidade de combinação de duas tarefas separadas^{1,3}, levaram ao interesse particular na análise das activações ocorridas nessa região, no estudo da natureza dos processos de *binding*. Todavia, encontrou-se outros trabalhos onde as activações pré-frontais não foram muito significativas, no qual estas evidências mostram a fraca participação do Executivo Central no *binding* entre os sistemas escravos²⁰. Não houve activações significativas nas regiões frontais, apesar de no último trabalho interpretarem estas evidências, não como prova da natureza automática do *binding* entre os sistemas escravos, mas antes devido a questões metodológicas^{14,15}. Todavia, é importante acrescentar que a manipulação dos recursos atencionais não foi contemplada em nenhum dos protocolos experimentais^{14,15}.

Para além da análise e discussão dos processos de *binding* entre sistemas escravos e entre os sistemas escravos e a memória de longo-prazo, há também processos de *binding* entre elementos da mesma modalidade⁷. Assim, foi avaliado o *binding* de diferentes traços visuais de um único objecto, e a sua relação com a atenção, sugerindo a existência de uma integração automática das características visuais dos objectos, fruto de uma relação directa entre o Esboço visuo-espacial e o *Buffer* Episódico⁷. O interesse no estudo da ligação entre diferentes elementos da mesma modalidade, tem sido um dos aspectos menos abordados da literatura dedicada à compreensão do *Buffer* Episódico.

O *Buffer* episódico no cérebro

Houve uma preocupação de identificar os correlatos neurais subjacentes aos processos cognitivos e comportamentais que temos vindo a salientar. Muitos trabalhos desta natureza já haviam sido desenvolvidos para a compreensão das bases neuroanatómicas subjacentes às outras componentes do modelo, como o *Loop* Fonológico, o Esboço visuo-espacial e o Executivo Central. Assim, alguns estudos de lesões clínicas, bem como estudos neuroradiológicos, sugeriram que o armazém fonológico estaria associado à área 40 de Broadmann (circunvolução

supramarginal), e que o ensaio articulatorio associado ao mesmo, estaria dependente da área 44 (área de Broca)³. No que toca ao Esboço Visuo-espacial, alguns estudos sugerem o envolvimento das áreas de Brodman 6, 19, 40 e 47, do hemisfério direito, enquanto o Executivo central estaria antes associado a áreas frontais³. Em relação concretamente ao *Buffer* Episódico especulou-se, que o mecanismo biológico subjacente ao processo de *binding* e *chunking* consistia num processo de disparo síncrono dos neurónios e não na activação numa única localização específica no cérebro³. Todavia, tal como já mencionado anteriormente, acabou-se por sublinhar também a provável importância dos lobos frontais nestes processos cognitivos, com base em evidências de activação cerebral³. Curiosamente, apesar destas sugestões iniciais no que concerne à localização dos mecanismos envolvidos no processo de *binding* e *chunking*, subjacentes às características do *Buffer* Episódico, a ideia da implicação dos lobos frontais nesse processo, tal como vimos anteriormente, tem vindo a ser colocada em causa em estudos recentemente desenvolvidos^{10,14,15,20}, ao mesmo tempo que outras estruturas têm sido identificadas como envolvidas nestes processos. Assim, detectou-se através da utilização da RMf, activações muito significativas em regiões mais posteriores do cérebro, como no lobo temporal direito, e no hipocampo esquerdo, sempre que era necessário que os sujeitos formassem e retivessem representações unitárias baseadas em duas fontes de informação distintas, como é exemplo o discurso e da linguagem gestual. Por outro lado, e apesar de algumas críticas dirigidas ao protocolo experimental de Prabhakaran, referindo-se que o mesmo não conseguia colocar exigências suficientes ao hipocampo¹⁰, outros autores, ao utiliza-lo encontraram resultados similares¹⁴. Desta forma verificou-se que algumas estruturas do lobo temporal interno, como o hipocampo e a circunvolução parahipocámpica, eram significativamente activadas em contexto de *binding* entre os sistemas escravos, mais propriamente durante a fase de codificação e retenção dessa informação. Esta activação verificada ao nível do lobo temporal interno, foi significativamente correlacionada, com os desempenhos obtidos na condição *bound*, onde melhores desempenhos, sugeriam uma maior activação dessas estruturas. Estudou-se os correlatos anatómicos do *Buffer* Episódico utilizando o mesmo protocolo experi-

mental, e identificaram novamente a presença de redes distintas na memorização a curto-prazo de informação *bound*, em comparação com uma única informação¹⁵. Desta forma, na fase de codificação de informação, estas activações foram novamente encontradas no lobo temporal interno do hemisfério direito, mais concretamente no hipocampo e porção anterior do córtex peririnal direito. Na fase de retenção de informação, as activações mais significativas foram antes encontradas na porção posterior do córtex peririnal direito¹⁵.

Todos os estudos mencionados abordaram, especificamente, o processo de *binding* de informações de diferentes naturezas sensoriais, e não o *binding* à memória de longo-prazo propriamente dito. A capacidade de retenção a curto-prazo de uma história em indivíduos com Alzheimer, verificou que a parte anterior do hipocampo era a região que estava mais lesada em indivíduos com dificuldades na realização dessa tarefa¹⁰. Desta forma propôs que essa região cerebral apresentasse um papel crucial na capacidade em manter traços de memória complexos na memória de trabalho, auxiliados pelo *binding* à memória de longo-prazo¹⁰.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tal como vimos anteriormente, a proposta do componente *Buffer* Episódico é relativamente recente, tendo sido apenas introduzida no modelo no ano de 2000. A natureza recente deste componente contribui para que existam ainda muitos aspectos que não estejam bem compreendidos na literatura, e outros, que não tenham sido ainda explorados, tornando esta temática, uma matéria de investigação pertinente. Assim, por exemplo, começa por referir-se que é importante clarificar melhor alguns conceitos que são, por vezes, utilizados de forma relativamente arbitrária quando se faz menção ao *Buffer* Episódico. O conceito de *binding* em particular constitui um óptimo exemplo dessa dificuldade, sendo que em si próprio o conceito apenas diz respeito, ao fenómeno de ligação entre várias informações, estando na base do processo de *chunking*. Todavia, alguns dos resultados na literatura que se dedicaram a estudar, por exemplo, a relação do *binding* com os recursos atencionais, têm extrapolado os resultados para a natureza do *binding* em geral, em vez de os interpretarem nos limites dos processos estu-

dados. Assim, enquanto tem sido sugerido, por exemplo, que o *binding* entre o *loop* fonológico e o Esboço Visuo-espacial, apresenta uma natureza não automática, mas sim controlada pelos recursos atencionais dirigidos à tarefa, o *binding* entre o *loop* Fonológico e a memória de longo-prazo, parece apresentar-se de forma relativamente independente dessa condição, sugerindo a necessidade de alguma atenção para o modo como os conceitos são interpretados e os resultados são generalizados, para uma melhor compreensão deste componente.

REFERÊNCIAS

1. Baddeley A. Is Working Memory Still Working? *Eur Psychol* 2002;7:85-97. <http://dx.doi.org/10.1027//1016-9040.7.2.85>
2. Baddeley A. The fractionation of working memory. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1996;93:13468-72. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.93.24.13468>
3. Baddeley A. The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends Cogn Sci* 2000;4:417-22. [http://dx.doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](http://dx.doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
4. Baddeley A. Exploring the Central Executive. *Q J Exp Psychol* 1996;49:5-8. <http://dx.doi.org/10.1080/027249896392784> <http://dx.doi.org/10.1080/713755608>
5. Logie R, Della Sala S, Wynn V, Baddeley A. Visual similarity effects in immediate verbal serial recall. *Q J Exp Psychol* 2000;53:626-46. <http://dx.doi.org/10.1080/713755916> <http://dx.doi.org/10.1080/027249800410463>
6. Repovs G, Baddeley A. The Multicomponent Model of Working Memory: Explorations in Experimental Cognitive Psychology. *Neuroscience* 2006;139:5-21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroscience.2005.12.061>
7. Allen R, Baddeley A, Hitch G. Is the Binding of Visual Features in Working Memory Resource-Demanding? *J Exp Psychol Gen* 2006;135:298-313. <http://dx.doi.org/10.1037/0096-3445.135.2.298>
8. Germano C, Kinsella G, Storey E, Ong B, Ames D. The episodic buffer and learning in early Alzheimer's disease. *J Clin Exp Neuropsychol* 2008;30:627-38. <http://dx.doi.org/10.1080/13803390701594894>
9. Miller G. The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information. *Psychol Rev* 1955;101:343-52. <http://dx.doi.org/10.1037/0033-295X.101.2.343>
10. Berlinger M, Bottini G, Basilico S, Silani G, Zanardi G, Sberna M, et al. Anatomy of the episodic buffer: A voxel-based morphometry study in patients with dementia. *Behav Neurol* 2008;19:29-34.
11. Prabhakaran V, Narayanan K, Zhao Z. Integration of diverse information in working memory within the frontal lobe. *Nature Neurosci* 2000;3:85-90. <http://dx.doi.org/10.1038/71156>
12. Baddeley A, Hitch G, Allen R. Working memory and binding in sentence recall. *Journal of Memory and Language* 2009;61:438-56. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jml.2009.05.004>
13. Jefferies E, Ralph M, Baddeley A. Automatic and controlled processing in

- sentence recall: The role of long-term and working memory. *Journal of Memory and Language* 2004;51:623-43.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jml.2004.07.005>
- 14.Luck D, Danion J, Marrer C, Pham, B, Gounot D, Foucher J. Abnormal Medial Temporal Activity for Bound Information During Working Memory Maintenance in Patients With Schizophrenia. *Hippocampus* 2009;20:936-48.
- 15.Luck D, Danion J, Marrer C, Pham B, Gounot D, Foucher J. The right parahippocampal gyrus contributes to the formation and maintenance of bound information in working memory. *Brain Cogn* 2010;72:255-63.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.bandc.2009.09.009>
- 16.Elsley J, Parmentier F. Is verbal-spatial binding in working memory impaired by a concurrent memory load? *Q J Exp Psychol* 2009;62:1696-705.
<http://dx.doi.org/10.1080/17470210902811231>
- 17.Morey, C. Integrated cross-domain object storage in working memory: Evidence from a verbal-spatial memory task. *Q J Exp Psychol* 2009;62:2235-51.
<http://dx.doi.org/10.1080/17470210902763382>
- 18.Quinette P, Guillery-Girard B, Noël A, Sayette V, Viader F, Desgranges B, et. al. The relationship between working memory and episodic memory disorders in transient global amnesia. *Neuropsychologia* 2006;44:2508-19.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.03.031>
- 19.Darling S, Havelka J. Visuospatial bootstrapping: Evidence for binding of verbal and spatial information in working memory. *Q J Exp Psychol* 2010;63:239-45.
<http://dx.doi.org/10.1080/17470210903348605>
- 20.Rudner M, Fransson P, Ingvar M, Nyberg L, Rönnerberg J. Neural representation of binding lexical signs and words in the episodic buffer of working memory. *Neuropsychologia* 2007;45:2258-76.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.02.017>