

Psicologia em Pesquisa

<https://periodicos.ufjf.br/index.php/psicologiaempesquisa>

Cinquenta Anos de Memória Operacional: Teorias Atualizadas e Direções Futuras

Fifty Years of Working Memory: Updated Theories and Future Directions

Cincuenta Años de Memoria de Trabajo: Teorías Actualizadas y Direcciones Futuras

Luísa Superbia-Guimarães¹ & Valérie Camos²

¹ University of Leeds. *E-mail*: l.superbiaguimaraes@leeds.ac.uk *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0003-0310-7367>

² Université de Fribourg. *E-mail*: valerie.camos@unifr.ch *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-4230-2766>



Informações do Artigo:

Luísa Superbia-Guimarães

l.superbiaguimaraes@leeds.ac.uk

Recebido em: 09/06/2023

Aceito em: 04/09/2023

RESUMO

A memória operacional é um dos temas mais importantes em psicologia cognitiva desde o clássico capítulo publicado por Baddeley e Hitch (1974), há 50 anos. Neste artigo, nós apresentamos três influentes modelos teóricos na literatura desde então: o modelo multicomponente, o modelo de compartilhamento de recursos baseado em tempo (TBRS), e o modelo de processos integrados. Nós explicamos o desenvolvimento dessas teorias e resumimos suas características quanto à estrutura e ao funcionamento da memória operacional. Um quadro comparativo entre as três teorias é proposto no final, junto a considerações sobre o avanço teórico no campo e direcionamentos para pesquisas futuras.

PALAVRAS-CHAVE:

Memória operacional; memória de curto prazo; atenção; psicologia cognitiva.

ABSTRACT

Working memory has been one of the most important topics in cognitive psychology since the classic chapter published by Baddeley and Hitch (1974) 50 years ago. In this article, we present three influential theoretical models in the literature since then: the multicomponent model, the time-based resource sharing (TBRS) model, and the embedded-processes model. We explain the development of these theories and summarize their characteristics regarding the structure and functioning of working memory. A comparative framework between the three theories is proposed, along with considerations on the theoretical advancement in the field and directions for future research.

KEYWORDS:

Working memory; short-term memory; attention; cognitive psychology.

RESUMEN

La memoria de trabajo ha sido uno de los temas más importantes en psicología cognitiva desde el clásico capítulo publicado por Baddeley y Hitch (1974) hace 50 años. Presentamos tres modelos teóricos influyentes en la literatura desde entonces: el modelo multicomponente, el modelo de recursos compartidos en el tiempo (TBRS) y el modelo de procesos integrados. Explicamos el desarrollo de estas teorías y resumimos sus características de estructura y funcionamiento de la memoria de trabajo. Al final se propone un cuadro comparativo entre las tres teorías, con consideraciones sobre el avance teórico en el campo y direcciones para futuras investigaciones.

PALABRAS CLAVE:

Memoria de trabajo; memoria a corto plazo; atención; psicología cognitiva.

A memória operacional (MO) é, indubitavelmente, um dos temas mais relevantes em Ciência Cognitiva, desde a aparição formal do termo (*working memory*, em inglês) em 1974 em capítulo publicado por Baddeley e Hitch. As pesquisas sobre a estrutura e o funcionamento da MO se multiplicaram nos cinquenta anos que se seguiram a essa publicação. O tema segue relevante e continua a inspirar a edição de volumes especiais (e.g., Logie et al., 2021; Logie et al., 2023) e vívidos debates na comunidade científica internacional. Inspiradas pelo marco histórico dos cinquenta anos e tendo o estudante e cientista brasileiro em mente, apresentamos

e ampliamos a discussão sobre três modelos teóricos contemporâneos da MO: o modelo multicomponente (Baddeley & Hitch, 1974; Baddeley & Logie, 1999; Baddeley et al., 2011), o modelo TBRS (Barrouillet et al., 2004; Barrouillet & Camos, 2015), e o modelo de processos integrados (Cowan, 1988; 1999). Neste artigo, traçaremos um panorama histórico destas três influentes teorias da MO, explicitando suas principais características e sintetizando seu desenvolvimento até suas formulações mais recentes. Com isso, nosso objetivo é orientar a comunidade científica às lacunas teóricas ainda existentes e às direções almejadas para pesquisas futuras.

Memória Operacional: Definição e Modelos

O termo "memória operacional" (originalmente *working memory* em inglês e por vezes traduzido como “memória de trabalho” em português) pode referir-se a diferentes conceitualizações teóricas na literatura (Cowan, 2017). Neste artigo, adotamos a seguinte definição: MO é a capacidade de manter temporariamente e processar em tempo real as informações necessárias para execução de uma tarefa em curso. Por exemplo, para seguir uma receita de bolo, é preciso manter os ingredientes em mente e atualizar essas informações conforme se executa a receita (e.g., já quebrei dois ovos, agora devo adicionar o leite, etc.). Todos os modelos teóricos abordados neste artigo estão alinhados com essa definição, mas divergem quanto aos componentes específicos que formam a MO e aos seus mecanismos de funcionamento.

É possível dividir as teorias contemporâneas da MO em dois grandes grupos. O primeiro é o grupo das teorias modulares, que descrevem módulos estruturais interdependentes e especializados no tratamento de informações de diferentes modalidades sensoriais. Essas teorias enfatizam, portanto, a natureza do conteúdo memorizado e os mecanismos específicos empregados pelo sistema para conservá-lo. O segundo grupo é formado por teorias não-

modulares que compartilham a suposição básica de que a memória humana é um sistema cognitivo não compartimentado, no qual a informação armazenada pode assumir diferentes níveis de ativação. “Ativação”, nesse contexto, é entendida como o grau de acessibilidade da informação pelo sujeito. As teorias não-modulares, portanto, concentram-se na descrição de processos e mecanismos internos do sistema, em vez de descrever componentes arquitetônicos (módulos) compartimentados da memória humana. A seguir, apresentaremos duas teorias modulares e uma teoria não modular da MO. Após, apresentaremos um quadro comparativo entre elas e as lacunas para a formulação de uma teoria unificada da MO. Ao final do artigo, sugeriremos novas diretrizes para um programa de pesquisa visando esse ideal.

O Modelo Multicomponente

O modelo multicomponente é o exemplo clássico de teoria modular da MO. Inicialmente proposto por Baddeley e Hitch (1974) e posteriormente desenvolvido por Baddeley (1986; Baddeley et al., 2011) e Logie (1995; Baddeley & Logie, 1999), ele é um dos modelos teóricos mais influentes na literatura. Os autores definem MO como "um *sistema* [ênfase adicionada] de capacidade limitada para a manutenção temporária e o processamento de informações em apoio à cognição e à ação" (Baddeley et al., 2021, p. 10, tradução nossa)³. Enfatizamos o uso da palavra "sistema", que ilustra a visão dos autores de que a MO é um conjunto de componentes (módulos) separados, mas funcionalmente interconectados. Nas primeiras formulações do modelo multicomponente, a MO foi concebida como um sistema em três partes: um componente executivo central e dois componentes subsidiários, específicos às modalidades sensoriais auditiva (o laço fonológico) e visual (o rascunho visuoespacial, *visuospatial sketchpad* no original em inglês). O executivo central é uma estrutura de controle

³ “A limited capacity system for the temporary maintenance and processing of information in the support of cognition and action.”

com capacidade limitada, cuja função é alocar a atenção e coordenar os dois sistemas subsidiários. Os autores intencionalmente evitaram abordar a complexidade do executivo central, colocando-o como um homúnculo⁴ controlador de processos executivos (Baddeley, 1996; Baddeley & Hitch, 1974; Baddeley & Logie, 1999; Baddeley et al., 2021). Os dois sistemas subsidiários, por sua vez, processam e armazenam temporariamente as informações proveniente de modalidades sensoriais específicas. O laço fonológico é especializado em informações acústicas relacionadas à linguagem (i.e., fala, leitura labial, linguagem gestual, música e sons), enquanto o rascunho visuoespacial é especializado em informações visuais (i.e., cores, formas), espaciais (i.e., localizações e sequências de movimento) (Baddeley et al., 2011), e possivelmente hápticas (cinestésicas e táteis) (Baddeley, 2012). Alguns estudos sugerem que a memória para informações hápticas seja de fato suportada por um sistema também envolvido no armazenamento de informações visuoespaciais (Heled et al., 2021; Smyth & Pendleton, 1990); contudo, o tema permanece pouco explorado pelas pesquisas.

Cada sistema subsidiário possui seus próprios mecanismos para evitar o decaimento (esquecimento) das informações. O laço fonológico é formado por um armazenador e um mecanismo articulador que reativa a informação verbal através de repetição subvocal. Esse processo é chamado de repetição fonológica e envolve áreas do cérebro implicadas na produção e percepção da fala (Baddeley et al., 1975; Baddeley et al., 1984). Por sua vez, o rascunho visuoespacial é subdividido em um armazenador de informações visuais estáticas (chamado *visual cache* em inglês, ele armazena padrões visuais, cores, formas, texturas dos objetos) e um mecanismo de repetição de informações espaciais dinâmicas (chamado de *inner scribe*, ele

⁴ O homúnculo é uma entidade hipotética da mente ou do sistema nervoso cujas operações explicariam aspectos do comportamento e experiência humana. A figura do homúnculo é utilizada em certas teorias psicológicas para sinalizar uma série de operações controladas cujo funcionamento ainda não se compreende. Metaforicamente, o homúnculo seria uma entidade que controla essas operações.

repete sequências espaciais) (Baddeley & Logie, 1999; Logie & Marchetti, 1991; Logie & Pearson, 1997). Analogamente ao laço fonológico, que se relaciona à percepção e à produção verbal-acústica, o rascunho visuoespacial se relaciona à percepção visual e à geração de imagens mentais, mas a natureza exata destas relações não é clara ainda (Baddeley & Andrade, 2000; Borst et al., 2012).

A visão fragmentária da MO, subdividia em três componentes, foi proposta por Baddeley e colaboradores em oposição ao conceito unitário de memória de curto prazo (MCP) proposto por Atkinson e Shiffrin (1968; 1971), que era dominante na literatura da época. Em seu modelo, Atkinson e Shiffrin não especificaram subdivisões da MCP baseadas em modalidades sensoriais ou em processos de controle do sistema, apesar de reconhecerem essa possibilidade. A ideia da existência de sistemas cognitivos específicos a modalidades sensoriais não era nova para a psicologia cognitiva da época (ver, por exemplo, Brooks, 1967), mas Baddeley e colaboradores foram os primeiros autores a aplicá-la diretamente ao estudo da MO.

Os autores usaram experimentos com tarefas duplas, nos quais é exigido ao participante que execute duas tarefas concomitantes, para demonstrar que o raciocínio, a memória verbal e visuoespacial eram mais bem explicados por uma teoria postulando módulos independentes e específicos na MO – i.e., o executivo central, o laço fonológico e o rascunho visuoespacial, respectivamente (Baddeley & Hitch, 1974; Hitch & Baddeley, 1976; Logie et al., 1990). Posteriormente, Baddeley (2000) acrescentou um quarto componente ao seu modelo multicomponente a fim de acomodar dados experimentais não explicados pelo modelo original: especificamente, como informações de diferentes modalidades sensoriais são integrados em representações mnemônicas unitárias (e.g., a combinação de traços acústico-verbais com informações visuais). O novo componente responsável por essa integração foi denominado

*buffer*⁵ episódico, e seria o responsável por criar e manter representações mentais unitárias, integrando informações dos dois sistemas subsidiários, da memória de longo prazo (MLP) e possivelmente do olfato e do paladar. Originalmente, o *buffer* episódico foi concebido como um armazenador puramente passivo, no sentido de ele não possui mecanismos específicos de manutenção da informação tais como os do laço fonológico e do rascunho visuoespacial. Entretanto, na última conceitualização do modelo multimodal (Baddeley et al., 2021), os autores reconhecem que os traços de memória armazenados no *buffer* episódico são possivelmente mantidos graças à atenção.

Enfim, no modelo multicomponente, a MLP tem acesso direto aos sistemas subsidiários via linguagem oral (acesso ao laço fonológico), símbolos visuais (i.e., sinais escritos com acesso rascunho visuoespacial) e via representações episódicas de longo prazo (acesso ao *buffer* episódico). Os sistemas subsidiários e o executivo central mediam a recuperação de informações da memória a longo prazo. Por exemplo: quando tentamos lembrar o nome da capital do Suriname, o executivo central coordena uma busca na memória semântica que pode ativar representações fonológicas ("começa com P... Pa... Panamá... Paraná... Paramaribo!!"), representações episódicas de longo prazo (sua mãe fazendo chamada oral de Geografia quando você era mais novo), e alguns componentes do rascunho visuoespacial ("o Suriname fica espremido entre as duas Guianas e faz fronteira com o estado do Pará!"). Em resumo, o modelo multicomponente da MO propõe um módulo executivo central que coordena a alocação da atenção e a ação conjunta dos três subsistemas subsidiários. Nesse modelo, as informações sensoriais e os conhecimentos de longo prazo têm acesso direto aos módulos subsidiários.

⁵ Em ciência da computação, *buffer* é um tipo de memória física que armazena dados temporariamente enquanto eles são transferidos de um lugar a outro ou entre dispositivos. Esse é o motivo do nome dado ao *buffer* episódico.

O Modelo de Compartilhamento de Recursos Baseado em Tempo (TBRS)

Outro exemplo de teoria modular é o modelo de compartilhamento de recursos baseado em tempo (*time-based resource-sharing*, TBRS) de Barrouillet et al. (2004; Barrouillet & Camos, 2015; 2021). Os autores concebem a MO como “a *estrutura* [ênfase adicionada] na qual as representações mentais são construídas, mantidas e modificadas de acordo com nossos objetivos”⁶ (Barrouillet & Camos, 2021, p. 86, tradução nossa). Novamente, nota-se a ênfase dada à arquitetura da MO – ela é uma *estrutura* cognitiva que mantém informações e realiza computações mentais em favor do comportamento direcionado a objetivos.

O postulado central do modelo TBRS é que a atenção é um recurso limitado e que deve ser compartilhado entre a manutenção e o processamento de informações durante a execução de uma tarefa. Consequentemente, a atenção deve ser sequencialmente alternada entre manter e processar informações durante o curso temporal da tarefa. Esse compartilhamento da atenção entre a manutenção e o processamento de informações é diretamente afetado pela carga cognitiva da tarefa em execução (Barrouillet & Camos, 2012). No modelo, carga cognitiva é definida como a razão entre o tempo que uma tarefa ocupa a atenção do sujeito - obliterando, assim, os demais processos mentais que dela necessitam - e o tempo total disponível para realizar essa mesma tarefa (Barrouillet et al., 2007; 2011). Quanto mais tempo livre sem necessitar da atenção para processar informações, menor será a carga cognitiva da tarefa em questão. Em outras palavras, com o tempo livre durante uma tarefa, a atenção fica disponível para ser focalizada nas informações memorizadas e reativar os traços de memória, evitando, assim, o decaimento temporal⁷ que leva ao esquecimento. Por outro lado, se uma tarefa não

⁶ “WM is the structure where mental representations are built, maintained, and modified according to our goals.”

⁷ Decaimento temporal é o fenômeno de desaparecimento dos traços de memória com a passagem do tempo, que leva ao esquecimento.

permite tempo suficiente para que o sujeito desvie sua atenção do processamento de informações e focalize-a no conteúdo memorizado, os traços de memória não podem ser reativados e sofrerão um maior decaimento temporal. Note que, para os autores, a carga cognitiva não depende intrinsecamente da natureza da tarefa executada, mas sim da dinâmica temporal entre usar a atenção para processar (“prestar atenção a”) informações e para reativar o conteúdo memorizado (“focar a atenção” naquilo que não se deve esquecer). Por exemplo, a simples tarefa de ler letras em voz alta pode ser mais prejudicial ao desempenho da MO do que ler frases completas, caso o ritmo de leitura das letras for rápido o bastante para ocupar a atenção do sujeito ininterruptamente enquanto ele memoriza outras informações (Lépine et al., 2005).

Em termos de sua estrutura, o modelo TBRS é semelhante ao modelo multicomponente pois ele também propõe um módulo central interagindo com a MLP e sistemas periféricos específicos a modalidades sensoriais. O módulo central no modelo TBRS consiste em um *buffer* episódico que constrói e mantém representações mentais. O *buffer* episódico é alimentado pelos subsistemas periféricos, por exemplo, recebendo informações verbais provenientes de um *buffer* fonológico ou da MLP declarativa. No *buffer*, as informações são continuamente mantidas e/ou transformadas através de regras processuais do tipo “se...então...” provenientes da MLP. O conteúdo do *buffer* episódico recebe a atenção consciente do sujeito, de modo que o ato de “prestar atenção a algo” significa que, naquele momento, o sujeito é capaz de formar e manipular conscientemente as representações mentais no *buffer*. A contínua atualização e transformação de representações no *buffer* episódico é chamada de laço executivo (*executive loop*, em inglês). Tome como exemplo uma tarefa de cálculo aritmético mental: o sujeito deve manter uma série de números na MO (no *buffer* episódico) enquanto executa computações mentais baseadas em conhecimento de longo prazo

(regras processuais do tipo “se...então...”, colocadas em ação pelo laço executivo). Isso tudo ocorre de maneira consciente e requer a atenção controlada do sujeito.

Diferentemente do modelo multicomponente (Baddeley & Hitch, 1974), no modelo TBRS não há um controlador central do sistema com as propriedades de um homúnculo. Os autores defendem que o controle cognitivo é uma propriedade emergente da MO durante o comportamento orientado a objetivos. O laço executivo não deve, portanto, ser compreendido como um módulo controlador do sistema da mesma forma que o executivo central no modelo multicomponente (Barrouillet & Camos, 2021).

Quanto aos sistemas periféricos, no modelo TBRS eles são os seguintes: um *buffer* fonológico, um *buffer* visuoespacial, um *buffer* motor, um laço articulatório, a memória episódica de longo prazo e a memória declarativa de longo prazo. Os dois primeiros subsistemas (os *buffers* fonológico e visuoespacial) são módulos que recebem informações sensoriais das vias auditiva e visual, e as encaminham ao buffer episódico, onde servirão de material para as operações do laço executivo. O *buffer* motor, por sua vez, recebe as informações de saída do laço executivo e efetua respostas motoras (e.g., pressionar uma tecla do computador). A palavra “*buffer*” no nome dos módulos enfatiza a natureza transitória das informações no sistema: os *buffers* servem como portões de entrada e “salas de espera” do material que entra e sai do laço executivo (i.e., as informações sensoriais e as respostas motoras, respectivamente)³.

O laço articulatório é responsável pela repetição subvocal de material acústico-verbal por meio de programas motores envolvidos na produção da fala (Paulesu et al., 1993). Ressaltamos que, no modelo TBRS, o laço articulatório não está acoplado a um armazenador de informações semânticas como no modelo multicomponente (Baddeley, 2000; Barrouillet & Camos, 2021), ele apenas articula os sons. Portanto, o laço articulatório não armazena

representações fonológicas em si, mas utiliza programas motores da fala para reativar o conteúdo verbal não necessariamente armazenado em um módulo específico do sistema. Essa proposta foi apresentada por Barrouillet e Camos (2021) com base em resultados obtidos usando o procedimento de *maxispan* (Barrouillet et al., 2021). Na tarefa de *maxispan*, a capacidade do laço articulatório é sobrecarregada e os participantes são instruídos e treinados a usarem a atenção para manter os itens excedentes. O procedimento de *maxispan* não só aumentou o *span* (número máximo de itens lembrados) médio dos participantes em cerca de 1,4 item em comparação ao procedimento de *span* simples, como também anulou o clássico efeito de similaridade fonológica⁸. A partir desses dados, os autores propuseram que os itens mantidos via repetição articulatória também podem ser armazenados em um código não-fonológico (do contrário, o efeito de similaridade deveria ser observado), e que o laço articulatório não necessariamente contém um armazenador fonológico acoplado a sua estrutura.

Finalmente, a memória declarativa de longo prazo fornece informações semânticas ao laço executivo (e.g., “A língua oficial do Suriname é o holandês”), enquanto a memória episódica de longo prazo fornece informações sobre os objetivos da tarefa em curso (e.g., “Eu preciso terminar a lição de Geografia!”). Tanto a MLP declarativa quanto a episódica possuem vínculos bidirecionais com o laço executivo, o que significa que seu conteúdo pode ser alterado pelas operações do laço executivo. Por exemplo, ao realizar cálculos aritméticos mentais, as representações mentais no *buffer* episódico podem criar traços na memória declarativa de longo prazo sob a forma de fatos matemáticos (e.g., saber que o quadrado de 12 é 144, sem precisar realizar a multiplicação).

⁸ O efeito de similaridade fonológica consiste na redução do desempenho de memória quando os itens a memorizar são fonologicamente semelhantes (e.g., “vaca”, “faca”, “jaca”).

O modelo TBRS postula duas estratégias de manutenção dissociadas na MO (Camos et al., 2009; Mora & Camos, 2015): a repetição articulatória e a reativação atencional (*attentional refreshing*, no original em inglês). Elas podem ser usadas conjuntamente para evitar o esquecimento de informações verbais e visuo-espaciais, e indivíduos adultos conseguem segregar essas estratégias para otimizar a manutenção das informações (Barrouillet et al., 2021; Camos et al., 2011). Ao longo do desenvolvimento, os indivíduos automatizam a estratégia de repetição articulatória, de modo que ela é executada pelo laço articulatório sem grande envolvimento da atenção ou do controle executivo (Camos & Barrouillet, 2014). A reativação atencional, por sua vez, depende largamente do controle executivo (Camos & Barrouillet, 2014; 2018). Ela consiste na rápida alternância de atenção entre o processamento e o armazenamento de informações, e sua eficiência depende diretamente da carga cognitiva da tarefa (i.e., do tempo disponível para alternar a atenção entre os itens sendo processados e os itens memorizados).

Ao postular dois mecanismos independentes de manutenção da informação, o modelo TBRS concilia fenômenos comuns do domínio verbal (e.g., os efeitos de comprimento de palavras⁹ e de similaridade fonológica) e a constatação de que alternar a atenção entre tarefas cognitivas incorre em custos ao desempenho (Liefoghe et al., 2008), sem pressupor um homúnculo controlando o sistema (Lemaire et al., 2018).

O Modelo de Processos Integrados

O modelo de processos integrados (*embedded-processes model*, em inglês) é um modelo não-modular do processamento de informações humano (Cowan, 1988; 1999). Nele, a MO é definida como "o conjunto de *componentes* [ênfase adicionada] da mente que retêm

⁹ O efeito de comprimento de palavras consiste na observação de que listas com palavras curtas são lembradas mais facilmente do que listas com palavras longas (Baddeley et al., 1975).

temporariamente uma quantidade limitada de informações em um estado elevado de disponibilidade, para serem usadas no processamento de informações em andamento" (Cowan et al., 2021, p.45, tradução nossa)¹⁰. Essa definição estabelece uma diferença teórica explícita em relação aos modelos multicomponente e TBRS. No modelo de processos integrados, a MO é um conjunto de mecanismos ("o conjunto de *componentes* da mente") que agem coordenadamente para priorizar representações mentais em acesso consciente, enquanto executamos uma tarefa. Neste modelo, a memória humana é um constructo unitário desprovido de armazenadores modulares baseados na persistência dos traços de memória (e.g., armazenadores de longo prazo e de curto prazo). Contrariamente, ela é um sistema no qual a informação assume diferentes níveis de acessibilidade à consciência do sujeito. Nesse sistema, o que chamamos de "memória operacional" é um subconjunto de informações semânticas de longo prazo que estão momentaneamente ativadas no foco da atenção do sujeito, portanto disponíveis para serem conscientemente manipuladas.

Cowan (1988) propôs o modelo de processos integrados como uma alternativa ao modelo de processamento de informações de Broadbent (1958), que preconiza etapas sequenciais hierarquicamente organizadas controlando o fluxo de informação. No modelo proposto por Broadbent, a atenção funciona como um mecanismo de seleção da informação sensorial que acessa a consciência e os sistemas superiores de memória. Após passar pelo filtro atencional, a informação seria sequencialmente transferida de módulos armazenadores "inferiores" para módulos "superiores" (a partir do registro sensorial até a MLP), e processos controlados regulariam a permanência e a troca de informações entre os armazenadores (e.g., codificação, recuperação, recodificação). A principal crítica feita por Cowan (1988) ao modelo

¹⁰ "The ensemble of components of the mind that hold a limited amount of information temporarily in a heightened state of availability for use in ongoing information processing."

de Broadbent é sobre a ordenação do fluxo da informação através dos armazenadores de memória, após a passagem pelo filtro atencional. Cowan argumenta que o reconhecimento de padrões (e.g., um rosto) e a codificação de objetos devem ocorrer *antes* que a informação chegue à MCP. Ambos os processos exemplificados dependem do conhecimento de longo prazo, mas, no modelo de Broadbent, a informação chegaria na MLP somente em uma etapa posterior. Cowan também argumenta que o efeito de *priming*¹¹ não pode ser explicado pelo modelo de Broadbent, pois ele assume que o acesso consciente às informações acontece na MCP, sendo que a informação chegará na MLP somente após passar pela de curto prazo.

Cowan et al. (2021) resumem essa questão da seguinte forma: 1) se MO contém não apenas informações sensoriais recém codificadas, mas também o conhecimento semântico prévio que permite a identificação/interpretação de informações (e.g., identificar objetos, reconhecer a fala), então é razoável supor que a codificação de informações na MO *depende* da MLP (pois para identificar um objeto – digamos, uma cadeira - a partir de informações sensoriais recém-codificadas é preciso ter uma representação mental prévia de longo prazo); 2) informações inéditas devem ser mantidas na MO por algum tempo antes de formarem traços de memória duradouros a longo prazo (e.g. decorar um novo número de telefone). Para explicar esse "aparente paradoxo" (Cowan et al., 2021; p. 48), os modelos modulares usam flechas bidirecionais para representar graficamente o fluxo de informações entre os armazenadores de curto e longo prazo. Em vez disso, Cowan sugere uma representação gráfica na qual a informação armazenada na memória é organizada em subconjuntos de elementos com base em seu nível de ativação (ver Gabriel et al., 2016, p. 66-67 para uma versão gráfica do modelo em português). O maior subconjunto é a MLP, cuja maior parte do conteúdo está em um baixo

¹¹ Fenômeno no qual a apresentação prévia e recente de um estímulo facilita ou inibe a resposta a um estímulo subsequente, sem o processamento consciente do sujeito.

estado de ativação enquanto executamos uma tarefa (i.e., não é preciso acessar conscientemente todo nosso conhecimento de longo prazo para fazer a lição de Geografia). O segundo subconjunto é formado por elementos de MLP que estão ativados durante a tarefa – esse subconjunto é chamado de memória de longo prazo ativa. O terceiro e menor subconjunto é formado pelos elementos que estão sob o foco da atenção consciente do sujeito. Apenas um número limitado de representações mentais pode estar no foco da atenção em um determinado momento (Cowan, 2001; Cowan et al., 2005). Essas representações são os itens nos quais uma pessoa está "pensando" ou “prestando atenção” naquele momento.

No modelo de processos integrados, a MO é conceitualizada como o conjunto de mecanismos que atuam para manter a informação em um estado de ativação elevado. A manutenção das informações nesse estado ativo ocorre via repetição articulatória e reativação atencional. Como o modelo assume que toda informação é um subconjunto da MLP, o estado transiente de alta ativação no foco da atenção é uma função da consolidação da memória. Traços mal consolidados na MLP decairão mais rapidamente, enquanto traços bem consolidados duram mais tempo nesse estado ativado (e.g., uma sequência inédita de números é mais facilmente esquecida se não prestarmos atenção nela, comparada a número de telefone que já conhecemos).

Cowan reconhece a existência de diferentes códigos (espaciais, verbais, etc.) e modalidades sensoriais (tátil, visual, auditiva, etc.) usadas para representar as informações na memória, mas não os utiliza como critério para propor armazenadores específicos a cada tipo de informação – como o fazem Baddeley et al. (2021) e Barrouillet e Camos (2021). Essa é a razão por que o modelo de processos integrados não inclui *buffers* específicos às modalidades sensoriais ou um *buffer* episódico. Entretanto, o autor inclui dois módulos acessórios que ladeiam a MLP: um armazenador sensorial e um sistema executivo central. O primeiro registra

a entrada de estímulos sensoriais no cérebro, causando uma sensação fugaz por pouquíssimo tempo (algumas centenas de milissegundos) (Neisser, 1967, como citado em Norman, 1968; Sperling, 1960). Os estímulos brevemente registrados pela memória sensorial ativam elementos da MLP com base em suas características físicas (e.g., intensidade, saliência, constância). Nota-se que o modelo de Cowan não inclui um filtro atencional no armazenador sensorial porque estímulos perceptuais inalterados e constantes sofrem habituação e deixam de recrutar a atenção do sujeito - ou seja, a habituação explica esse fenômeno sem a necessidade de um filtro no modelo. Entretanto, se houver uma mudança na estimulação sensorial, esses estímulos sensoriais voltam a recrutar a atenção e acessam o foco de atenção. O executivo central, por sua vez, controla e orienta o foco da atenção para atingir os objetivos da tarefa em curso. Os processos controlados pelo executivo central incluem a orientação voluntária da atenção a estímulos sensoriais (e.g., prestar atenção ao anúncio sonoro no metrô lotado) e a recuperação guiada de informações na MLP (ou seja, usar a atenção introspectivamente para recordar informações).

Além da ausência de módulos armazenadores de informação, há uma segunda diferença notável do modelo de processos integrados em relação aos modelos modulares. Aqui, a atenção não é considerada como um filtro/porta de entrada para a consciência e a subsequente codificação de traços de memória (modelo de Broadbent), tampouco como um recurso energético de processos controlados (modelo multicomponente e modelo TBRS). Usando uma metáfora, poderíamos dizer que a atenção é um *palco* onde as representações mentais são momentaneamente exibidas para a consciência e manipuladas pelo sujeito. Uma vez fora do foco de atenção, as representações mentais voltam para os bastidores do sistema (a MLP) até serem ativadas e colocadas em uso novamente.

Comparações entre Modelos

As teorias aqui apresentadas possuem pontos de convergência e divergência sobre o funcionamento e a estrutura da MO. Como já exposto, a principal discordância entre elas está no caráter unitário ou não unitário da memória humana. No modelo multicomponentes de Baddeley e cols. (Baddeley, 1986; Baddeley et al., 2011; Baddeley & Hitch, 1974; Baddeley & Logie, 1999) e no modelo TBRS de Barrouillet e cols. (Barrouillet et al., 2004; Barrouillet & Camos, 2015; 2021) a memória humana é modular e não unitária, formada por sistemas separados, dentre os quais figura a MO. Essa última, por sua vez, é composta por módulos funcionais dedicados a operações específicas e de acordo com a modalidade sensorial e o formato representacional da informação armazenada. O modelo de processos integrados (Cowan, 1988; 1999; Cowan et al., 2021), por sua vez, considera que a memória humana é um sistema unitário, sem divisões baseadas na permanência temporal das representações mentais (longo *versus* curto prazo), modalidade sensorial ou códigos representacionais (verbal *versus* visual). Para Cowan, o que outros autores denominam “memória operacional” corresponde a um subconjunto de informações de longo prazo que estão ativadas durante a execução de uma tarefa.

Tanto as teorias modulares quanto as não modulares sustentam que a manutenção da informação na MO depende de processos atencionais, mas cada uma tem proposições específicas sobre como a atenção é usada para manter informações e sobre o tipo de material em que pode ser empregada. No modelo de processos integrados e no modelo TBRS, a atenção pode ser usada para manter qualquer tipo de informação na MO, independentemente da modalidade sensorial e dos códigos de representação (verbal, visual). No modelo multicomponente, a atenção é usada principalmente para manter informações multimodais (i.e., que integram informações de mais de uma via sensorial) armazenadas no *buffer* episódico.

Entretanto, tanto o modelo TBRS quanto o modelo multicomponente propõem que a repetição articulatória é uma estratégia de manutenção usada especificamente para manter informações verbais. O modelo de processos integrados também reconhece a existência da estratégia de repetição articulatória, mas lhe dá menor ênfase enquanto componente estruturante da MO. Um ponto de concordância entre os três modelos é que as informações visuoespaciais dependem de processos atencionais para serem mantidas na MO. Em suma, há um consenso de que a atenção é essencial ao funcionamento da MO, dando suporte a suas operações, mas os detalhes do envolvimento entre atenção e MO são ainda controversos. O Anexo A resume os pontos elementares e as principais semelhanças e diferenças entre as teorias abordadas neste artigo, mas não deve ser entendido como uma análise exaustiva das mesmas.

Memória operacional: Presente e Futuro

Como apresentado acima, não há consenso entre os teóricos sobre a estrutura da MO e sobre alguns de seus mecanismos internos, principalmente quanto ao uso de recursos atencionais para manter as informações no sistema. Recentemente, os autores dos três modelos apresentados fizeram uma colaboração adversária para testar as predições discordantes de cada uma das teorias (Cowan et al., 2020; Doherty et al., 2019; Rhodes et al., 2019). Esse estudo visava elucidar qual das três teorias descreve melhor o funcionamento da MO, através de séries de experimentos planejados em conjunto pelos seus autores. Os resultados observados não corroboraram completamente nenhum dos modelos, e as três teorias predisseram parcialmente os dados (Doherty et al., 2019; Rhodes et al., 2019) – o que insta a comunidade científica a unir esforços para formular uma teoria conciliatória da MO.

Um importante passo para atingir esse ideal de pesquisa é promover conhecimento teórico sólido nas novas gerações de pesquisadores e fornecer-lhes treinamento adequado no método experimental para colocar tais teorias à prova. Junto a isso, encorajamos os estudantes

de Psicologia a aprofundarem-se no método experimental e na pesquisa básica, sustentáculos obrigatórios da pesquisa clínica aplicada. A tradição de pesquisa clínica mostra-se valiosa para estudar o funcionamento da MO em determinadas populações e ao longo do desenvolvimento humano (e.g., Parra et al., 2010; Ramos et al., 2020), mas baseia-se em grande parte no uso de instrumentos neuropsicológicos que refletem os modelos teóricos já existentes (principalmente o modelo multimodal). Isso torna esses instrumentos – e as pesquisas derivadas de seu uso – infrutíferos quando a agenda de pesquisa no campo é o desenvolvimento de uma teoria unificada da MO.

Além disso, dados da pesquisa clínica e da pesquisa básica experimental pouco convergem, haja vista que a primeira raramente adota o método experimental e a segunda baseia-se majoritariamente em dados de uma população saudável bastante restrita (e.g., adultos de nível educacional universitário). Com isso, postulados e predições feitas pelos modelos teóricos da MO permanecem não testados em populações clínicas, o que dificulta a formulação de um modelo universal sobre o funcionamento desse sistema cognitivo em humanos. Raros são os estudos que testaram especificamente algumas predições teóricas nessas populações (Ortega et al., 2020; Superbia-Guimarães et al., 2023; Weigard & Huang-Pollock, 2017).

Para finalizar, nós endossamos o que Cowan et al. (2020) defendem em sua colaboração adversária: um modelo teórico unificado da MO certamente será diferente das três teorias aqui apresentadas e potencialmente incorporará aspectos de cada uma delas. Para tal, esperamos que o presente artigo contribua na formulação de novos estudos visando o estudo experimental das teorias da MO.

Referências

- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. *Psychology of Learning and Motivation - Advances in Research and Theory*, 2(C), 89–195. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60422-3](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60422-3)
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1971). The control of short-term memory. *Scientific American*, 225(2), 82–91. <http://www.jstor.org/stable/24922803>
- Baddeley, A. D. (1986). *Working Memory*. Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (1996). Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 49(1), 5–28. <https://doi.org/10.1080/713755608>
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417–423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Baddeley, A. D. (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*, 63, 1–29. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100422>
- Baddeley, A. D., Allen, R. J., & Hitch, G. J. (2011). Binding in visual working memory: The role of the episodic buffer. *Neuropsychologia*, 49, 1393–1400. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.12.042>
- Baddeley, A. D., & Andrade, J. (2000). Working memory and the vividness of imagery. *Journal of Experimental Psychology: General*, 129(1), 126–145. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.129.1.126>
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working Memory. *Psychology of Learning and Motivation - Advances in Research and Theory*, 8(C), 47–89. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)

-
- Baddeley, A. D., Hitch, G., & Allen, R. (2021). A Multicomponent Model of Working Memory. In R. Logie, V. Camos, & N. Cowan (Eds.), *Working Memory: The state of the science* (1st ed., pp.-10–43). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198842286.003.0002>
- Baddeley, A. D., Lewis, V., & Vallar, G. (1984). Exploring the Articulatory Loop. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 36(2), 233–252. <https://doi.org/10.1080/14640748408402157>
- Baddeley, A. D., & Logie, R. H. (1999). Working memory: The multiple-component model. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 28–61). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139174909.005>
- 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(6), 575–589. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(75\)80045-4](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(75)80045-4)
- Barrouillet, P., Bernardin, S., & Camos, V. (2004). Time constraints and resource sharing in adults' working memory spans. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(1), 83–100. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.1.83>
- Barrouillet, P., Bernardin, S., Portrat, S., Vergauwe, E., & Camos, V. (2007). Time and cognitive load in working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33(3), 570–585. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.33.3.570>
- Barrouillet, P., & Camos, V. (2012). As time goes by: Temporal constraints in working memory. *Current Directions in Psychological Science*, 21(6), 413–419. <https://doi.org/10.1177/0963721412459513>

-
- Barrouillet, P., & Camos, V. (2015). *Working memory: Loss and reconstruction*. Psychology Press.
- Barrouillet, P., & Camos, V. (2021). The time-based resource-sharing model of working memory. In R. H. Logie, N. Cowan, & V. Camos (Eds.), *Working Memory: State of the Science* (pp. 85–115). Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/oso/9780198842286.003.0004>
- Barrouillet, P., Gavens, N., Vergauwe, E., Gaillard, V., & Camos, V. (2009). Working memory span development: A time-based resource-sharing model account. *Developmental Psychology*, 45(2), 477–490. <https://doi.org/10.1037/a0014615>
- Barrouillet, P., Gorin, S., & Camos, V. (2021). Simple spans underestimate verbal working memory capacity. *Journal of Experimental Psychology: General*, 150(4), 633–665.
<https://doi.org/10.1037/xge0000957>
- Barrouillet, P., Portrat, S., & Camos, V. (2011). On the law relating processing to storage in working memory. *Psychological Review*, 118(2), 175–192. <https://doi.org/10.1037/a0022324>
- 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, 360–372. <https://doi.org/10.3758/s13421-011-0151-7>
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and Communication*. Pergamon Press. <https://doi.org/10.1037/10037-000>
- Brooks, L. R. (1967). The suppression of visualization by reading. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 19(4), 289–299.
<https://doi.org/10.1080/14640746708400105>

-
- Camos, V., & Barrouillet, P. (2014). Attentional and non-attentional systems in the maintenance of verbal information in working memory: The executive and phonological loops. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 900. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00900>
- Camos, V., & Barrouillet, P. (2018). *Working memory in development*. Routledge.
- Camos, V., Lagner, P., & Barrouillet, P. (2009). Two maintenance mechanisms of verbal information in working memory. *Journal of Memory and Language*, 61(3), 457–469. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2009.06.002>
- Camos, V., Mora, G., & Oberauer, K. (2011). Adaptive choice between articulatory rehearsal and attentional refreshing in verbal working memory. *Memory & Cognition*, 39(2), 231–244. <https://doi.org/10.3758/s13421-010-0011-x>
- Cowan, N. (1988). Evolving conceptions of memory storage, selective attention, and their mutual constraints within the human information-processing system. *Psychological Bulletin*, 104(2), 163–191. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.104.2.163>
- Cowan, N. (1999). An embedded-processes model of working memory. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 62–101). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139174909.006>
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(1), 87–114. <https://doi.org/10.1017/S0140525X01003922>
- Cowan, N. (2017). The many faces of working memory and short-term storage. *Psychonomic Bulletin & Review*, 24(4), 1158–1170. <https://doi.org/10.3758/s13423-016-1191-6>

-
- Cowan, N., Belletier, C., Doherty, J. M., Jaroslawska, A. J., Rhodes, S., Forsberg, A., Naveh-Benjamin, M., Barrouillet, P., Camos, V., & Logie, R. H. (2020). How do scientific views change? Notes from an extended adversarial collaboration. *Perspectives on Psychological Science*, 15(4), 1011–1025. <https://doi.org/10.1177/1745691620906415>
- Cowan, N., Elliott, E. M., Sauls, J. S., Morey, C. C., Mattox, S., Hismjatullina, A., & Conway, A. R. (2005). On the capacity of attention: Its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. *Cognitive Psychology*, 51(1), 42–100. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2004.12.001>
- Cowan, N., Morey, C. C., & Naveh-Benjamin, M. (2021). An embedded-processes approach to working memory. In R. H. Logie, N. Cowan, & V. Camos (Eds.), *Working Memory: State of the Science* (pp. 44–84). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198842286.003.0003>
- Doherty, J. M., Belletier, C., Rhodes, S., Jaroslawska, A., Barrouillet, P., Camos, V., Cowan, N., Naveh-Benjamin, M., & Logie, R. H. (2019). Dual-task costs in working memory: An adversarial collaboration. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 45(9), 1529–1551. <http://dx.doi.org/10.1037/xlm0000668>
- Gabriel, R., Morais, J., & Kolinsky, R. (2016). A aprendizagem da leitura e suas implicações sobre a memória e a cognição. *Ilha do Desterro*, 69, 61–78. <https://doi.org/10.5007/2175-8026.2016v69n1p61>
- Heled, E., Rotberg, S., Yavich, R., & Hoofien, A. D. (2021). Introducing the tactual span: A new task for assessing working memory in the tactile modality. *Assessment*, 28(3), 1018–1031. <https://doi.org/10.1177/1073191120949929>

-
- Hitch, G. J., & Baddeley, A. D. (1976). Verbal reasoning and working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 28(4), 603–621. <https://doi.org/10.1080/14640747608400587>
- Lemaire, B., Pageot, A., Plancher, G., & Portrat, S. (2018). What is the time course of working memory attentional refreshing? *Psychonomic Bulletin & Review*, 25(1), 370–385. <https://doi.org/10.3758/s13423-017-1282-z>
- Lépine, R., Bernardin, S., & Barrouillet, P. (2005). Attention switching and working memory spans. *European Journal of Cognitive Psychology*, 17(3), 329–345. <https://doi.org/10.1080/09541440440000014>
- Liefooghe, B., Barrouillet, P., Vandierendonck, A., & Camos, V. (2008). Working memory costs of task switching. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 34(3), 478–494. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.34.3.478>
- Logie, R. H. (1995). *Visuo-spatial working memory* (1st ed.). Laurence Erlbaum Associates.
- Logie, R., Camos, V., & Cowan, N. (Eds.). (2021). *Working memory: The state of the science*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198842286.001.0001>
- Logie, R. H., Cowan, N., Gathercole, S., Engle, R., & Wen, Z. (Eds.). (2023). *Memory in Science for Society: There is nothing as practical as a good theory*. Oxford University Press.
- Logie, R. H., & Marchetti, C. (1991). Visuo-spatial working memory: Visual, spatial or central executive? In R. H. Logie & M. Denis (Eds.), *Advances in Psychology: Mental Images in Human Cognition* (Vol. 80, pp. 105–115). North-Holland. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)60507-5](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)60507-5)

-
- Logie, R. H., & Pearson, D. G. (1997). The inner eye and the inner scribe of visuo-spatial working memory: Evidence from developmental fractionation. *European Journal of Cognitive Psychology*, 9(3), 241–257. <https://doi.org/10.1080/713752559>
- Logie, R. H., Zucco, G. M., & Baddeley, A. D. (1990). Interference with visual short-term memory. *Acta Psychologica*, 75(1), 55–74. [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(90\)90066-O](https://doi.org/10.1016/0001-6918(90)90066-O)
- Mora, G., & Camos, V. (2015). Dissociating rehearsal and refreshing in the maintenance of verbal information in 8-year-old children. *Frontiers in Psychology*, 6, 11, 1–10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00011>
- Norman, D. A. (1968). Toward a theory of memory and attention. *Psychological Review*, 75(6), 522–536. <https://doi.org/10.1037/h0026699>
- Ortega, R., López, V., Carrasco, X., Escobar, M. J., García, A. M., Parra, M. A., & Aboitiz, F. (2020). Neurocognitive mechanisms underlying working memory encoding and retrieval in Attention-deficit/hyperactivity disorder. *Scientific Reports*, 10(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64678-x>
- Parra, M. A., Abrahams, S., Logie, R. H., Méndez, L. G., Lopera, F., & Della Sala, S. (2010). Visual short-term memory binding deficits in familial Alzheimer's disease. *Brain*, 133(9), 2702–2713. <https://doi.org/10.1093/brain/awq148>
- Paulesu, E., Frith, C. D., & Frackowiak, R. S. (1993). The neural correlates of the verbal component of working memory. *Nature*, 362(6418), 342–345. <https://doi.org/10.1038/362342a0>
- Ramos, A. A., Hamdan, A. C., & Machado, L. (2020). A meta-analysis on verbal working memory in children and adolescents with ADHD. *The Clinical Neuropsychologist*, 34(5), 873–898. <https://doi.org/10.1080/13854046.2019.1604998>

-
- Rhodes, S., Jaroslawska, A. J., Doherty, J. M., Belletier, C., Naveh-Benjamin, M., Cowan, N., Camos, V., Barrouillet, P., & Logie, R. H. (2019). Storage and processing in working memory: Assessing dual-task performance and task prioritization across the adult lifespan. *Journal of Experimental Psychology: General*, 148(7), 1204–1227. <https://doi.org/10.1037/xge0000539>
- Smyth, M. M., & Pendleton, L. R. (1990). Space and movement in working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychologym, Section A*, 42(2), 291–304. <https://doi.org/10.1080/14640749008401223>
- Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs: General and Applied*, 74(11), 1–29. <https://doi.org/10.1037/h0093759>
- Superbia-Guimarães, L., Bader, M., & Camos, V. (2023) Can children and adolescents with ADHD use attention to maintain verbal information in working memory? *PLOS ONE*, 18(3), e0282896. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0282896>
- Weigard, A., & Huang-Pollock, C. (2017). The role of speed in ADHD-related working memory deficits: A time-based resource-sharing and diffusion model account. *Clinical Psychological Science*, 5(2), 195–211. <https://doi.org/10.1177/2167702616668320>

Anexo A

Quadro Comparativo dos Modelos Multicomponente, TBRS e de Processos Integrados da Memória Operacional.

	Modelo multicomponente	Modelo de compartilhamento de recursos baseado em tempo (TBRS)	Modelo de processos integrados
Referências originais (em ordem cronológica de desenvolvimento teórico)	Baddeley & Hitch, 1974; Logie, 1995; Baddeley & Logie, 1999; Baddeley, 1986; Baddeley et al., 2011; Baddeley et al., 2021.	Barrouillet et al., 2004; Barrouillet et al., 2009; Barrouillet & Camos, 2015; Barrouillet & Camos, 2021.	Cowan, 1988; Cowan, 1999; Cowan et al., 2021.
Natureza do sistema de memória	Não-unitária (modular). A memória operacional é um sistema separado da memória de longo-prazo e possui módulos específicos a informações visuoespaciais, fonológicas e episódicas. Um controlador executivo central com propriedades de homúnculo coordena o sistema.	Não-unitária (modular). A memória operacional é um sistema separado da memória de longo-prazo e possui módulos específicos a informações visuoespaciais, fonológicas, motoras e episódicas. O controle executivo é uma propriedade emergente do sistema (laço executivo).	Unitária. A memória de longo prazo corresponde a todo o conjunto de informações no sistema, cuja maior parte não está ativada durante a realização de tarefas. A memória operacional é um subconjunto de informações de longo prazo ativadas durante uma tarefa. Um executivo central homuncular controla a orientação voluntária do foco da atenção e a recuperação guiada de informações.
Relações com a memória de longo prazo	O conhecimento de longo prazo tem acesso direto aos laços visuoespacial e fonológico e ao <i>buffer</i> episódico, sem intermédio do executivo central.	Informações de longo prazo tem acesso ao <i>buffer</i> episódico (módulo onde as informações são conscientemente representadas ao sujeito) e podem ser buscadas de acordo com as operações do laço executivo.	Toda a informação representada na memória operacional e no foco da atenção é um subconjunto da memória de longo prazo.
Papel da atenção no sistema	A atenção é um recurso limitado e controlado pelo executivo central. A	A atenção é um recurso limitado que deve ser rapidamente alternado	O foco da atenção tem tamanho limitado e contém 3-4

	atenção é necessária para a manutenção de informações multimodais no <i>buffer</i> episódico.	entre o processamento e a manutenção de informações. O decaimento temporal será inversamente proporcional ao tempo livre em que a atenção pode ser usada para reativar os traços de memória no sistema. A reativação atencional é usada para manter traços de diferentes modalidades sensoriais e códigos representacionais.	representações mentais, disponíveis para inspeção e manipulação conscientes. A orientação do foco da atenção é determinada pelo executivo central (processos controlados) e por estímulos ambientais (processos automáticos).
Estratégias de manutenção da informação no sistema	Recitação fonológica é usada para manter informações verbais; a geração de imagens e sequências de movimentos pelo <i>inner scribe</i> é usada para manter informações visuoespaciais. Os autores recentemente reconheceram que a reativação atencional pode ser usada para manter informações visuoespaciais.	A recitação fonológica é usada para manter material verbal; a reativação atencional é usada para manter informações verbais e visuoespaciais. Essas duas estratégias podem ser empregadas de modo adaptativo (em conjunto ou isoladamente) de acordo com os requerimentos da tarefa.	O foco da atenção reativa representações mentais para evitar o decaimento de informações. O modelo não enfatiza diferentes estratégias de acordo com códigos representacionais e modalidades sensoriais.
