

- [Ref16] Ferreira, A., Almeida, L. S., Albuquerque, P. B., & Guisande, A. (2007). Memória de trabalho: Questões em torno da sua caracterização e desenvolvimento. *Psicologia: Teoria, Investigação e Prática*, 12(1), 13-23.

MEMÓRIA DE TRABALHO: QUESTÕES EM TORNO DA SUA CARACTERIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO

Aristides I. Ferreira *

Universidade Lusfada de Lisboa, Portugal

Leandro S. Almeida & Pedro B. Albuquerque

Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho, Portugal

M. Adelina Guisande

Universidade de Santiago de Compostela, Espanha

Resumo — Este artigo apresenta os modelos teóricos que melhor explicam a memória de trabalho, em particular o modelo dos múltiplos componentes de Baddeley e Hitch (1974). A par da descrição dos processos cognitivos que melhor podem definir a memória de trabalho, procura-se descrever o seu desenvolvimento. Os dados sugerem que, face às críticas emergentes, aparecem alterações pontuais ao modelo inicial com a inclusão do buffer episódico e com a adopção do Sistema Supervisor da Atenção de Shallice (1988). É ainda possível constatar que, contrariamente ao que vem sendo proposto por alguns autores, memória de trabalho não é a mesma coisa que factor g, justificando-se também tarefas próprias para a sua avaliação. Finalmente, conhecendo-se a importância dos componentes fonológico e visuo-espacial na aprendizagem da leitura e cálculo, deve a escola organizar actividades específicas para o seu treino deliberado e pensar o currículo considerando o desenvolvimento da criança nestas componentes da memória de trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Memória de trabalho; Memória de curto-prazo; Factor g; Desenvolvimento cognitivo
KEY WORDS: Working memory; Short-term memory; g factor; Cognitive Development

INTRODUÇÃO

A memória de trabalho (MT), por vezes também chamada memória operatória, aparece definida na psicologia como a capacidade dos indivíduos para manter e operar sobre a informação durante a resolução de problemas (Baddeley & Hitch, 1974; Hitch, 2005). Múltiplos estudos da psicologia cognitiva atestam a importância deste constructo analisando as suas relações com a compreensão linguística (Daneman & Carpenter, 1980; Just & Carpenter,

Toda a correspondência relativa a este artigo deverá ser enviada para: Aristides I. Ferreira, Departamento de Psicologia, Universidade Lusfada de Lisboa, Rua da Junqueira 188/198, 1349-01 Lisboa, Portugal. e-mail: aristides@lis.ulusiada.pt

1992), a aprendizagem da leitura e da matemática (Hitch, Towse, & Hutton, 2001), o raciocínio (Copeland & Radvansky, 2004; Embretson, 1995; Kyllonen & Christal, 1990), a inteligência (Collom, Abad, Rebollo, & Shih, 2005; Collom, Flores-Mendonza, & Rebollo, 2003; Conway, Cowan, Bunting, Theriault, & Minkoff, 2002; de Ribaupierre & Lecerf, 2006; Schweizer & Moosbrugger, 2004; Unsworth & Engle, 2005) e, até, com os estilos cognitivos (Guisande, Tinajero, & Páramo, 2005; Miyake, Witzki, & Emerson, 2001).

Em todos estes estudos, a memória de trabalho aparece definida pela sua operatividade e não tanto pela sua amplitude de registo e manutenção, ou seja, para além do armazenamento temporário de informação, a MT processa, selecciona e opera a informação para posterior utilização na resolução das tarefas (Jonides, Lacey, & Lee, 2005). Este papel activo na resolução de tarefas cognitivas, em particular as pautadas por maior novidade e complexidade, tem sido enfatizado na investigação dos últimos 20 anos, mesmo que sem ultrapassar a controvérsia em torno do conceito (Miyake, Friedman, Rettinger, Shahm, & Hegarty, 2001). O volume crescente de trabalhos na área justifica, assim, uma clarificação do conceito e uma breve referência às teorias que melhor explicam o seu desenvolvimento.

MEMÓRIA DE TRABALHO: CARACTERIZAÇÃO

Na década dos anos 60, Atkinson e Shiffrin (1968) desenvolveram o modelo dos multi-armazéns de memória, distinguindo a Memória Sensorial (MS), a Memória a Curto Prazo (MCP) e a Memória a Longo Prazo (MLP). Segundo este modelo estrutural, a entrada da informação externa processa-se através da MS, sendo posteriormente retida e processada na MCP, perdendo-se aí parte dessa informação, enquanto outra se transfere para a MLP. Este modelo mantém-se em utilização, contudo os trabalhos de Baddeley e Hitch (1974) vieram a salientar as funções cognitivas que ocorrem na MCP, para além do simples armazenamento de informação. A memória de trabalho surge, então, como um sistema próprio e flexível de recursos cognitivos que operam sobre a informação na resolução das tarefas e problemas. De acordo com Oberauer, Süb, Schulze, Wilhelm e Wittmann (2000), a memória de trabalho estrutura a informação e organiza-a permitindo, com isto, a execução de um conjunto de funções cognitivas importantes como: i) armazenamento e transformação, ou seja, a capacidade para manter activos os conteúdos mentais e desenvolver um conjunto de operações cognitivas; ii) supervisão, isto é, a capacidade para monitorizar e controlar as operações mentais, seleccionar os processos adequados e inibir os irrelevantes; e iii) coordenação, ou seja, a capacidade de processamento simultâneo de elementos diferentes, estabelecendo relações entre eles.

Estas várias funções cognitivas, requerem um conjunto de estruturas de processamento da informação que, segundo Baddeley e Hitch (1974), seriam: (i) um executivo ou *executor central*, (ii) um componente de processamento visuo-espacial designado por *bloco de notas visuo-espacial* e (iii) um componente de processamento fonológico designado por *loop*

fonológico ou *articulatório*. Estes três componentes (geral e específicos de processamento) têm recolhido bastante aceitação junto dos investigadores na área (Bayliss, Jarrold, Gunn, & Baddeley, 2003; Jones, Macken, & Nichols, 2004; Morey & Cowan, 2005). De acordo com Baddeley (1996), o componente fonológico surge como sendo o mais explorado nos últimos anos. Pelo contrário, o componente visuo-espacial tem sido menos estudado, mas merece algum destaque sobretudo pela sua relação com a imagética visual. Da mesma forma, o executor central tem sido pouco investigado, embora possua um enorme impacto em termos de cognição geral devido à sua relação com as funções executivas, mormente as mais associadas à atenção.

De acordo com Oberauer (2002), o executor central desempenha o papel executivo geral da MT. Análises factoriais confirmatórias ou de equações estruturais, diferenciam o seu papel em tarefas específicas como (i) mudança de informação, (ii) actualização e monitorização, e (iii) inibição de respostas dominantes (Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, & Howereten, 2000). O executor central parece desempenhar, assim, um papel importante nas várias tarefas cognitivas e nas aprendizagens escolares iniciais relacionadas com a leitura e o cálculo aritmético (Merat, Groeger, & Withington, 1999), cabendo-lhe a coordenação dos componentes fonológico e visuo-espacial de processamento de informação (Kane, Hambrick, Tuholsky, Wilhelm, Payne, & Engle, 2004).

O componente fonológico, o mais abordado na literatura (Baddeley, 1996), do ponto de vista estrutural e funcional integra dois sub-componentes: um sistema passivo de armazenamento e processamento, e outro mais activo, responsável pela articulação fonológica que promove a activação da linguagem sub-vocal. Assim, este componente assegura o armazenamento transitório do material verbal que ajuda a manter a "fala interna" implicada na memória a curto prazo, nomeadamente através da repetição de manutenção da informação, prevenindo o seu declínio. Com efeito, os conteúdos do componente fonológico tendem a decair ao fim de poucos segundos se não forem re-activados por intermédio da repetição articulatória (Baddeley & Logie, 1999). Numa ligação à aprendizagem da leitura, Gathercole e Pickering (1999) descrevem que os mecanismos de memória responsáveis pelo armazenamento temporário do material verbal são altamente sensíveis às propriedades físicas da informação, nomeadamente a duração e capacidade da articulação ou a similaridade acústica.

O componente visuo-espacial opera da mesma forma que o componente fonológico, no entanto, opera sobre conteúdos não verbais, estando intimamente ligado à percepção e manipulação interna de imagens visuais (Logie, 1995; Sheth & Shimojo, 2003). Como decorre da sua designação, o componente visuo-espacial trabalha com conteúdos visuais e espaciais, registando as propriedades dos objectos e as suas coordenadas espaciais (Finke, Bublak, Neugebauer, & Zihl, 2005; Postle, D'Esposito, & Corkin, 2005).

Tal como o componente fonológico, o componente visuo-espacial é afectado pelo efeito da similaridade, neste caso dos estímulos visuais. Ao mesmo tempo é fisicamente limitado no volume de informação a processar. Para alguns autores, o limite do componente visuo-espacial

resume-se à manutenção mnésica de apenas quatro objectos (Luck & Vogel, 1997) ou de seis localizações espaciais (Jiang, Olson, & Chun, 2000). Contudo, através da elaboração de agrupamentos (*chunks* na linguagem de G. Miller (1956)), é possível aumentar a capacidade de processamento ao nível da memória visual (Olson, Jiang, & Moore, 2005). O melhor desempenho em tarefas com itens visuais do que espaciais deve-se ao facto dos objectos representarem, de uma forma geral, estímulos menos complexos que as coordenadas de orientação espacial (Finke *et al.*, 2005). Este processamento das coordenadas espaciais associa-se, ainda, a um sistema de controlo activo motor que não tem encontrado consenso na literatura (Lecerf & de Ribaupierre, 2005).

Para além destes componentes da memória de trabalho, Baddeley (2000) introduziu mais recentemente um quarto componente que designa por *buffer episódico*. Este componente integra a informação proveniente da memória a longo prazo no momento em que se opera sobre essa informação na memória de trabalho e recebe novos dados do componente fonológico e visuo-espacial, activando temporariamente uma nova representação com base na informação proveniente da memória de longo prazo e dos componentes da memória de trabalho. Este componente é também limitado na sua capacidade de processamento, fixando-se esse limite em torno de seis unidades de informação (Baddeley, 2000).

A integração do *buffer* episódico no modelo de Baddeley e Hitch (1974) decorreu dos estudos de Ericsson e Kintsch (1995) que mencionam um novo constructo de memória de trabalho de longo prazo. Este acrescento parece traduzir uma organização hierárquica da MT, integrando-se este último componente no nível superior caracterizado pela recuperação de estímulos (esquemas ou padrões na base de informação existente na memória a longo prazo) associados a unidades de informação codificada (no nível inferior encontram-se as associações entre unidades de informação codificadas).

A existência deste novo componente tem recebido alguma confirmação empírica, nomeadamente comparando sujeitos novatos e peritos na realização de tarefas. Os resultados sugerem ser a memória de trabalho a longo prazo um bom preditor do desempenho superior em indivíduos mais experientes (Sohn & Doane, 2003), nomeadamente nos desempenhos que melhoram com a prática deliberada ou o treino sistemático (Ericsson & Delaney, 1999). Fruto do treino, os peritos parecem adquirir capacidades de operação mais flexíveis na memória de trabalho para apoiar o planeamento e a auto-monitorização do seu desempenho, permitindo-lhes melhor adaptação às situações novas. Nesta mesma linha, este componente aproxima-se do *sistema supervisor da atenção* (SSA) defendido por Shallice (1988), enquanto um conjunto de procedimentos e processos executivos de antecipação, selecção de objectivos, planificação e monitorização. De novo, a memória de trabalho afasta-se de um simples sistema de armazenamento de informação, aproximando-se de um sistema operativo de atenção que trabalha os conteúdos da memória (Engle, Kane, & Tüholski, 1999). A importância destes aspectos atencionais levou, aliás, alguns autores a definirem o executor central pelas funções cognitivas da atenção (Posner & Peterson, 1990; Shallice, 1988), ou a assumirem que a memória de trabalho se resume à memória a curto prazo mais o controlo atencional (Cowan,

1995). Este aspecto aproxima os constructos memória de trabalho e memória a curto prazo que, nalguns estudos, aparecem correlacionados de forma bastante expressiva (.68 segundo Engle *et al.*, 1999), embora não colocando em causa a sua autonomia (Engle *et al.*, 1999; Kail & Hall, 2001).

MEMÓRIA DE TRABALHO: DESENVOLVIMENTO

A memória de trabalho, estando relacionada com várias aptidões cognitivas superiores, encontra-se ela própria associada ao desenvolvimento psicológico e aos processos de aprendizagem. Neste sentido, foram encontradas diferenças no funcionamento da memória de trabalho entre crianças de vários grupos etários, sempre favoráveis às crianças mais velhas (Oberauer, 2005). Também Gathercole e Baddeley (1993) referem uma evolução com a idade na capacidade para reter material verbal, por exemplo listas de palavras ou números. Aos 4 anos, as crianças conseguem evocar em média 2/3 dígitos, evoluindo até aos 14 anos para os 7 dígitos. Na interpretação desta evolução alguns autores sugerem que as crianças mais velhas codificam e recuperam mais informação pois precisam de menos espaço dedicado ao processamento das operações cognitivas (e.g., Case, Kurland, & Goldberg, 1992). Uma maior eficiência de processamento disponibiliza mais espaço para o armazenamento e consequente evocação. Por exemplo, com a idade ocorre o aumento da velocidade com que os itens auditivos são articulados na evocação, o que permite uma redução no declínio dos mesmos itens no componente de processamento fonológico. Factores como o conhecimento do léxico e da estrutura probabilística das combinações de sons na linguagem parecem também explicar as mudanças observadas com a idade no desempenho de testes de memória imediata (Gathercole, 1998).

Em relação ao funcionamento do componente visuo-espacial, ocorre uma mudança desenvolvimental importante por volta dos 7 anos de idade. As crianças mais novas, comparativamente às mais velhas ou adultos, parecem mais dependentes deste componente em tarefas de memória imediata para material visual. O estudo de Hitch, Halliday, Schaafstal e Schraagen (1988) sugere que, em tarefas em que os objectos a recordar partilham entre si muitas características físicas, as crianças mais novas apresentam níveis inferiores de realização pois apenas dispõem do bloco visuo-espacial para recordar as qualidades físicas dos estímulos. As crianças mais velhas, por sua vez, são já capazes de gerar códigos fonológicos para os itens visuais, adoptando como estratégia de recuperação a recordação das figuras sob forma verbal. Nestes casos, o loop fonológico funciona como mediador na realização de tarefas de memória visual.

Outra hipótese explicativa consiste em aceitar que o aumento no desempenho possa estar relacionado com mudanças na capacidade do próprio armazém, o que permitiria uma aplicação de estratégias mais eficazes ou, ainda, uma maior intervenção do executor central (Gathercole, Pickering, Ambridge, & Wearing, 2004). Esta explicação poderia justificar o

melhor desempenho com a idade de itens visuais não passíveis de serem registados fonologicamente.

As mudanças apontadas suscitam, naturalmente, algumas questões relacionadas com o desenvolvimento da memória de trabalho: i) os sistemas estruturais da memória de trabalho estão ausentes e emergem num determinado período da maturação da criança?; ii) estão presentes as estruturas, mas desenvolvem-se somente numa fase específica da maturação da criança?; ou iii) a eficiência de cada estrutura ou componente da memória de trabalho vai evoluindo com a idade? A investigação vai no sentido da terceira assumpção, suportando a tese de que os três componentes da memória de trabalho estão presentes em crianças muito pequenas (Gathercole & Baddeley, 1993). As mudanças desenvolvimentais explicar-se-iam, então, por uma maior eficiência operativa e por um aumento das estratégias de optimização dos recursos da memória de trabalho. Os vários estudos na área sugerem que o espaço de armazenamento aumenta com a diminuição da quantidade de recursos requeridos para se processar a informação necessária à resolução das tarefas (Case *et al.*, 1992; Hitch, Halliday, & Littler, 1989).

Uma outra hipótese explicativa tem sido avançada por alguns autores neo-piagetianos. Pascual-Leone (2000), no quadro da sua Teoria dos Operadores Constructivos, menciona diversos operadores e esquemas específicos no exercício da cognição e na resolução de problemas. De acordo com este autor, o mecanismo de atenção é o principal condicionante do desenvolvimento, podendo ser descrito como um sistema funcional constituído por um operador de *software* (E) e três operadores orgânicos de *hardware* (M, I e F): (i) o operador M ou "capacidade de atenção" que serve para estimular os esquemas relevantes que não estão activos; (ii) o operador I que é responsável por inibir ou interromper os esquemas irrelevantes; e (iii) o operador F que selecciona a atenção no processo atencional, procurando integrar todos os esquemas numa unidade complexa e adaptativa. Neste quadro, é particularmente importante o operador M pois, correspondendo ao número máximo de agrupamentos de informação ou esquemas mentais que podem ser simultaneamente activados numa dada operação mental, acaba por explicar a própria limitação de processamento ao nível da memória de trabalho. Por outras palavras, a capacidade do operador M é avaliada em termos da quantidade de esquemas mentais que o sujeito consegue manter activos num determinado período de tempo.

Em face do exposto, o operador M aproxima-se do conceito de memória de trabalho, mesmo que os dois conceitos se diferenciem. A memória de trabalho é algo mais complexo e parece traduzir a acção conjunta do operador M e do operador I, ou seja, a activação de outras estruturas cognitivas relevantes para a realização de uma determinada tarefa (Greenberg & Pascual-Leone, 2001; Johnson, Im-Bolter, & Pascual-Leone, 2003). Para Pascual-Leone (2000), os mecanismos de inibição (operador I) tornam-se decisivos uma vez que o operador M, juntamente com os mecanismos de aprendizagem, não conseguem por si só explicar a transição para estádios superiores de desenvolvimento.

Alguma evidência empírica, utilizando diferentes amostras etárias e diferentes tarefas, tem sido encontrada para este modelo (de Ribaupierre & Bailleux, 2000; Kemps, de Rammelaere, & Desmet, 2000; Stewart & Pascual-Leone, 1992), demonstrando-se uma evolução gradual da capacidade do operador M com a idade. Estes autores sugerem que o operador M, a partir dos 3 anos, vai aumentando uma unidade por cada dois anos até à capacidade limite de sete *chunks* por volta dos 15 anos de idade, o que explica, pelo menos parcialmente, as diferenças a favor das crianças mais velhas nas tarefas de memória de trabalho (Johnson *et al.*, 2003). Tais diferenças, no entanto, decorrem também de uma maior eficiência dos mecanismos de inibição (operador I) e da aquisição progressiva de novas estratégias de aprendizagem.

Num outro modelo explicativo, Conway (1997) propõe que as diferenças desenvolvimentais na memória de trabalho decorrem de um funcionamento distinto do foco de atenção. A eficiência com que a atenção capta os estímulos relevantes e como a atenção pode ser usada para suprimir ou inibir a activação de estímulos relevantes interfere na quantidade de informação processada a cada momento. Por exemplo, quando o espaço disponível de armazenamento é absorvido por informação irrelevante, e quando esta não é devidamente suprimida, a memória de trabalho torna-se menos eficiente. As diferenças em tarefas da memória com a idade explicam-se porque as crianças mais velhas são mais eficientes em focar a atenção na informação relevante, inibindo os aspectos irrelevantes que, muitas vezes, são activados automaticamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A memória de trabalho tem granjeado uma importância crescente na investigação em torno da inteligência, do raciocínio e da resolução de problemas (Just & Carpenter, 1992; Copeland & Radvansky, 2004). O afastamento progressivo de uma concepção da memória de trabalho centrada no armazenamento da informação para uma outra concepção mais dinâmica e operatória de tratamento da informação tem justificado a aproximação recente entre memória de trabalho e inteligência, em particular o factor *g* (Collom *et al.*, 2005; Collom *et al.*, 2003; Conway *et al.*, 2002; de Ribaupierre & Lecerf, 2006; Schweizer & Moosbrugger, 2004; Unsworth & Engle, 2005). Esta aproximação sai reforçada quando se considera o executor central e as funções que lhe são atribuídas.

No limite, várias das definições usuais de inteligência apontam a sua ligação a funções cognitivas de controlo e planeamento do processamento da informação, funções que também são atribuídas ao executor central (Baddeley & Hitch, 1974; Jonides *et al.*, 2005). Neste sentido é que a investigação futura clarifique esta ligação. No presente, parece-nos mais apropriado assumir que tais processos atencionais e sua diferenciação decorrem da experiência e da inteligência do indivíduo. No entanto, este é um dos pontos de controvérsia da definição de memória de trabalho (Miyake *et al.*, 2001), podendo-se aumentar a sobreposição entre os

conceitos de memória de trabalho e inteligência quando se acrescenta o *buffer* episódico e a possibilidade de interação entre o processamento da informação na memória de trabalho e a informação disponível na memória a longo prazo (Baddeley, 2000). A meta-análise dos estudos na área por Ackerman, Beier e Boyle (2005) explicita que, apesar da MT e do *factor g* estarem correlacionados, eles não se identificam em termos de significado e de tarefas apropriadas à respectiva avaliação. Na teoria dos três estratos da inteligência (Carroll, 1993; Horn & Noll, 1997; Primi & Almeida, 2002), parece haver lugar para os processos cognitivos mais associados à atenção e percepção, e destrezas associadas ao seu exercício (por exemplo, automatismos de resposta e de resolução em tarefas conhecidas), assim como espaço para um *factor g* mais associado aos processos inferenciais de apreensão de relações e a sua aplicação na resolução cognitiva.

Uma outra linha de aprofundamento da investigação na área da memória de trabalho passa pela sua importância na aprendizagem, nomeadamente em algumas das aprendizagens curriculares específicas, mormente a leitura e o cálculo (Gathercole & Baddeley, 1993; Hitch, 2002). Sobretudo, importa verificar em que medida as dificuldades das crianças na aquisição de novos conhecimentos e competências escolares se encontram determinadas pela memória de trabalho, e como esta poderia ser promovida através de treino específico. Por outro lado, afirmada a relação entre memória de trabalho e aprendizagem, importa diversificar as estratégias educativas acompanhando o próprio desenvolvimento da memória de trabalho. Crianças mais novas deverão ser ajudadas, pedagogicamente, na associação e agrupamento de informação de forma a tornar mais fácil a sua aprendizagem e a resolução das tarefas escolares, aprofundando as especificidades dos blocos fonológico e visuo-espacial no processamento da informação. Por outro lado, poderão ser também estimuladas com exercícios de processamento acústico (e.g., através do recurso a rimas) de forma a melhorarem a capacidade de codificação com este tipo de registo essencial ao processamento fonológico.

Na área da concepção e desenvolvimento curricular, e retomando os trabalhos clássicos de Robbie Case (1985), dever-se-á considerar as exigências de memória de trabalho das diferentes aprendizagens e o que é esperado em termos de desenvolvimento cognitivo da criança. Conhecer os limites de processamento das crianças é um passo essencial para o estabelecimento de estratégias e exercícios que sejam verdadeiramente desafiantes e reforçadoras.

NOTA

Fundação para a Ciência e a Tecnologia
(SFRH/BD/27537/2006)

REFERÊNCIAS

- Ackerman, P. L., Beier, M. E., & Boyle, M. O. (2005). Working memory and intelligence: The same or different constructs? *Psychological Bulletin*, 131 (1), 30-60.

- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. Em K. W. Spence & J. T. Spence (Eds.), *The psychology of learning and memory* (Vol. 2). New York, NY: Academic Press.
- Baddeley, A. D. (1996). Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49 (1), 5-28.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4 (11), 417-423.
- Baddeley, A. D. (2002). Is working memory still working? *European Psychologist*, 7 (2), 85-97.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working Memory. Em G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 8, pp. 47-89). New York, NY: Academic Press.
- Baddeley, A. D., & Logie, R. H. (1999). Working-memory. The multiple component model. Em A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 28-61). Cambridge: Cambridge University Press.
- Bayliss, D. M., Jarrold, C., Gunn, D. M., & Baddeley, A. D. (2003). The complexities of complex span: Explaining individual differences in working memory in children and adults. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132 (1), 71-92.
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Case, R. (1985). *Intellectual Development: A birth to adulthood*. New York, NY: Academic Press.
- Case, R., Kurland, D. M., & Goldberg, J. (1992). Operational efficiency and the growth of short-term memory span. *Journal of Experimental Child Psychology*, 33, 386-404.
- Colom, R., Abad, F. J., Rebollo, I., & Shih, P.C. (2005). *Memory span and general intelligence: A latent variable approach*. *Intelligence*, 33, 623-642.
- Colom, R., Flores-Mendoza, C., & Rebollo, I. (2003). Working memory and intelligence. *Personality and Individual Differences*, 34, 33-39.
- Conway, A. R. (Ed.) (1997). *The development of memory in childhood*. Hove, East Sussex, UK: Psychology Press.
- Conway, A. R., Cowan, N., Bunting, M., Theriault, D., & Minkoff, S. (2002). *A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence*. *Intelligence*, 30, 163-183.
- Copeland, D. E., & Radvansky, G. A. (2004). Working memory and syllogistic reasoning. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 57A (8), 1437-1457.
- Cowan, N. (1995). *Attention and memory: An integrated framework*. New York, NY: Oxford University Press.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 19, 450-466.
- de Ribaupierre, A., & Bailleux, C. (2000). The development of working memory: Further notes on the comparability of two models of working memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77, 110-127.
- de Ribaupierre, A., & Lecerf, T. (2006). Relationships between working memory and intelligence from a developmental perspective: Convergent evidence from a neo-Piagetian and a psychometric approach. *European Journal of Cognitive Psychology*, 18 (1), 109-137.
- Embretson, S. E. (1995). *The role of working memory capacity and general control process in intelligence*. *Intelligence*, 20, 169-189.
- Engle, R. W., Kane, M. J., & Tüholksi, S. W. (1999). Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence, and functions of the prefrontal cortex. Em A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 102-134). Cambridge: Cambridge University Press.
- Ericsson, K. A., & Delaney, P. F. (1999). Long-term working memory as an alternative to capacity models of working memory in everyday skilled performance. Em A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 257-297). Cambridge: Cambridge University Press.
- Ericsson, K. A., & Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review*, 102 (2), 211-245.
- Finke, K., Bublak, P., Neugebauer, V., & Zihl, J. (2005). Combined processing of what and where information within the visuo-spatial scratchpad. *European Journal of Cognitive Psychology*, 17 (1), 1-22.
- Gathercole, S. E. (1998). The development of memory. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 39, 3-27.
- Gathercole, S. E., & Baddeley, A. D. (1993). *Working memory and language*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (1999). Estimating the capacity of phonological short-term memory. *International Journal of Psychology*, 34 (5/6), 378-382.

- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology*, 40, 177-190.
- Greenberg, L. S., & Pascual-Leone, J. (2001). A dialectical constructivism view of the creation of personal meaning. *Journal of Constructivist Psychology*, 14, 165-186.
- Gulsande, M. A., Tinajero, C., & Páramo, M. F. (2005, Agosto). *Are there any factors that may influence the course of cognitive development? Working memory and field dependence-independence cognitive style*. Actas do XIII European Conference on Developmental Psychology.
- Hitch, G. J. (2002). Developmental changes in working memory: A multicomponent view. Em P. Graf & N. Ohta (Eds.), *Lifespan development of human memory* (pp 15-37). Cambridge, Mass: MIT Press.
- Hitch, G. J. (2005). Working memory. Em N. Braisby & A. Gellatly (Eds.), *Cognitive Psychology* (pp. 307-343). Oxford: Oxford University Press.
- Hitch, G. J., Halliday, M. S., & Littler, J. E. (1989). Item identification time and rehearsal rate as predictors of memory span in children. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41A, 321-328.
- Hitch, G. J., Halliday, M. S., Schaafstal, A. M., & Schraagen, J. M. C. (1988). Visual working memory in young children. *Memory and Cognition*, 16, 120-132.
- Hitch, G. J., Towse, J. N., & Hutton, U. (2001). What limits children's working memory span? Theoretical accounts and applications for scholastic development. *Journal of Experimental Psychology General*, 130 (2), 184-198.
- Horn, J. L., & Noll, J. (1997). Human cognitive capabilities: Gf-Gc theory. Em D. P. Flanagan, J. L. Genshaft, & P. L. Harrison (Eds.), *Contemporary intellectual assessment: Theories, tests, and issues*. (pp. 53-91). New York, NY: The Guilford Press.
- Jiang, Y., Olson, I. R., & Chun, M. M. (2000). Organization of visual short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26, 683-702.
- Johnson, J., Im-Bolter, N., Pascual-Leone, J. (2003). Development of mental attention in gifted and mainstream children: The role of mental capacity, inhibition, and speed of processing. *Child Development*, 74 (6), 1594-1614.
- Jones, D. M., Macken, W. J., & Nicholls, A. P. (2004). The phonological store of working memory: Is it phonological and is it a store? *Journal of Experimental Psychology: Learning, memory and cognition*, 30 (3), 656-674.
- Jonides, J., Lacey, S. C., & Lee, D. E. (2005). Processes of working memory in mind and brain. *Current Directions in Psychology Science*, 14 (1), 2-5.
- Just, M., & Carpenter, P. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99, 122-149.
- Kail, R., & Hall, L. K. (2001). Distinguishing short-term memory from working memory. *Memory & Cognition*, 29 (1), 1-9.
- Kane, M. J., Hambrick, D. Z., Tüholksy, S. W., Wilhelm, O., Payne, T. W., & Engle, R. W. (2004). The generality of working memory capacity: A latent-variable approach to verbal and visuo-spatial memory span and reasoning. *Journal of Experimental Psychology*, 133 (2), 189-217.
- Kemps, E., de Rammelaere, S., & Desmet, T. (2000). The development of working memory: Exploring the complementarity of two models. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77, 89-109.
- Kyllonen, P. C., & Christal, R. E. (1990). Reasoning ability is (little more than) working-memory capacity? *Intelligence*, 14, 389-433.
- Lecerf, T., & de Ribaupierre, A. (2005). Recognition in a visuo-spatial memory task: The effect of presentation. *European Journal of Cognitive Psychology*, 17 (1), 47-75.
- Logie, R. H. (1995). *Visuo-spatial working memory*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates.
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). *The capacity of visual working memory for features and conjunctions*. *Nature*, 390, 279-281.
- Merat, N., Groeger, J. A., & Withington, D. J. (1999). Localizing localization: The role of working memory in auditory localization. *International Journal of Psychology*, 34 (5/6), 317-321.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., & Howerter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobes" tasks: A latent-variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, D. A., Shah, P., & Hegarty, M. (2001). How are visuo-spatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130 (4), 621-640.
- Miyake, A., Witzki, A., & Emerson, M. (2001). Field dependence-independence from a working memory perspective: A dual-task investigation of the Hidden Figures Test. *Memory*, 9, 445-457.
- Morey, C. C., & Cowan, N. (2005). When do visual and verbal memories conflict? The importance of working memory load and retrieval. *Journal of Experimental*

Psychology: Learning, memory and cognition, 31 (4), 703-713.

- Oberauer, K. (2002). Access to information in working memory: Exploring the focus of attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, memory and cognition*, 28 (3), 411-421.
- Oberauer, K. (2005). Control of the contents of working memory – a comparison of two groups and two age groups. *Journal of Experimental Psychology: Learning, memory and Cognition*, 31 (4), 714-728.
- Oberauer, K., Süb, H. M., Schulze, R., Wilhelm, O., & Wittmann, W. W. (2000). Working memory capacity-facets of a cognitive ability construct. *Personality and Individual Differences*, 29, 1017-1045.
- Olson, I. R., Jiang, Y., & Moore, K. S. (2005). Associative learning improves visual working memory performance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31 (5), 889-900.
- Pascual-Leone, J. (2000). Reflections on working memory: Are the two models complementary? *Journal of Experimental Child Psychology*, 77, 138-154.
- Posner, M. I., & Peterson, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42.
- Postle, B. R., D'Esposito, M., & Corkin, S. (2005). Effects of verbal and nonverbal interferences on spatial and object visual working memory. *Memory and Cognition*, 33 (2), 203-212.
- Primi, R., & Almeida, L. S. (2002). *Inteligência geral ou fluida: Desenvolvimentos recentes na sua concepção. Sobredotação*, 3(2), 127-144.
- Schweizer, K., & Moosbrugger, H. (2004). Attention and working memory as predictors of intelligence. *Intelligence*, 32 (4), 329-347.
- Shallice, T. (1988). *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sheth, B. R., & Shimojo, S. (2003). Signal strength determines the nature of the relationship between perception and working memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15 (2), 173-184.
- Sohn, Y. W., & Doane, S. M. (2003). Roles of working memory capacity and long-term working memory skill in complex task performance. *Memory and Cognition*, 31 (3), 458-466.
- Stewart, L., & Pascual-Leone, J. (1992). Mental capacity constraints and the development of moral reasoning. *Journal of Experimental Child Psychology*, 54, 251-287.
- Unsworth, N., & Engle, R. N. (2005). Working memory capacity and fluid abilities: Examining the correlations between operation span and Raven. *Intelligence*, 33, 67-81.

WORKING MEMORY: QUESTIONS ABOUT ITS CHARACTERIZATION AND DEVELOPMENT

Abstract – This article presents the theoretical models that better explain the working memory, especially the multiple components model presented by Baddeley and Hitch (1974). Together with the description of the processes involved in this cognitive function, we describe its development. Research data suggests that, in face of the emergent critics, some punctual modifications are introduced in the initial model, for example the inclusion of the episodic buffer and the adoption of the Shallice Supervisory Attentional System (1988). Also it is possible to state that, unlike what it comes being defended by several authors, the working memory is not the same construct as g-factor, and it is important to have specific tasks for their assessment. Finally, as phonological loop and visuo-spatial sketchpad assume an important role on reading and calculation acquisitions, school must organizes specific activities for intentional training and to think the curriculum considering the child development in these components of working memory.