

A construção da atenção a partir da memória

Building attention from memory

André Frazão Helene e Gilberto Fernando Xavier

Departamento de Fisiologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil

Resumo Os processos que levam à seleção de certas categorias de informação para processamento preferencial, que caracterizam a atenção, dependem não apenas da história prévia do sistema selecionador, isto é, suas memórias, como também de expectativas geradas com base em memórias sobre regularidades passadas e planos de ação. Defende-se neste trabalho que a associação conceitual envolvendo memória e atenção é vantajosa pois permite oferecer explicações parcimoniosas sobre diversos fenômenos revelados em estudos sobre atenção, além de gerar previsões testáveis sobre os efeitos da experiência prévia no desempenho em testes de atenção. Apresenta-se aqui um modelo sobre a influência de memórias (representadas por vias facilitadas no sistema nervoso) na atividade da rede nervosa e nos processos atencionais durante o desempenho de determinados tipos de tarefas.

Descritores Atenção. Memória. Modularidade funcional. Sistema atencional supervisor. Memória operacional. Memória explícita. Memória implícita.

Abstract *The processes that lead to the selection of information for additional processing, which characterizes attention, depend upon previous experiences and expectancies generated in the light of stored past experiences regularities and plans for action. It is proposed that conceptual association between memory and attention brings advantages for explaining a diversity of attentional phenomena and allow to generate testable predictions relating past experiences and performance in tests for attention. A model is presented relating the trained neural network (memories) and attention during performance of behavioral tasks.*

Keywords *Attention. Memory. Functional modularity. Supervisory attentional system. Working memory. Explicit memory. Implicit memory.*

Introdução

Memória corresponde ao processo pelo qual experiências anteriores levam à alteração do comportamento. Atenção corresponde a um conjunto de processos que leva à seleção ou priorização no processamento de certas categorias de informação; isto é, “atenção” é o termo que refere-se aos mecanismos pelos quais se dá tal seleção.

O sistema nervoso, em seu processo histórico de interação inicial com o ambiente, reage não apenas a estímulos, mas também às contingências espaciais e temporais entre os estímulos, e também destes com suas respostas, num processo de aprendizagem que leva a modificações no seu funcionamento, caracterizando alterações “de-baixo-para-cima”. Com o acúmulo desses registros sobre ocorrências anteriores – memórias no sentido amplo da palavra – e a identificação de regularidades na ocorrên-

cia desses eventos, o sistema nervoso passa a gerar previsões (probabilísticas) sobre o ambiente. Então, passa a agir antecipatoriamente e a selecionar as informações que serão processadas – um processo de “cima-para-baixo” – o que confere grande vantagem adaptativa.¹ Uma das conseqüências desse processo é o desenvolvimento de intencionalidade; ou seja, como resultados almejados podem ser previstos com base em registros sobre regularidades passadas, o sistema nervoso pode (1) gerar ações que levem aos resultados desejados e (2) atuar no sentido de selecionar determinados tipos de informação para processamento adicional, isto é, direcionar sua atenção.

É indiscutível que esse processo de seleção atencional depende não apenas da história prévia do sistema selecionador, envolvendo suas memórias e portanto o significado pessoal e emocional dos estímulos, mas também de expectativas geradas

sobre a pendência de eventos futuros com base (1) nas memórias sobre regularidades passadas e (2) nos seus planos de ação, que dependem também de memórias sobre os resultados de ações anteriores e seu significado afetivo. Assim, é surpreendente que a literatura sobre atenção raramente faça referência à literatura sobre memória pois diversos fenômenos atencionais parecem ser manifestações diretas do funcionamento dos sistemas de memória (ver adiante).

Nesse contexto, parece haver grandes vantagens conceituais em aproximar essas duas abordagens. Postula-se aqui que a associação conceitual envolvendo memória e atenção permite não apenas oferecer explicações parcimoniosas sobre uma diversidade de fenômenos usualmente investigados em estudos sobre atenção, como também gerar previsões testáveis sobre o desempenho de pessoas em testes que envolvem atenção, considerando a familiaridade dessas pessoas com o material utilizado no teste, possíveis efeitos de treinamento sobre o desempenho ou mesmo explicar a influência da motivação.

Memória(s)

O estudo de processos de memória vem se beneficiando do conceito de modularidade de funções, isto é, da noção de que memória compreende um conjunto de habilidades mediadas por diferentes módulos do sistema nervoso, que funcionam de forma independente, porém cooperativa.^{2,3} O processamento de informações nesses módulos dar-se-ia de forma paralela e distribuída, permitindo que um grande número de unidades de processamento influencie outras em qualquer momento no tempo, e que uma grande quantidade de informações seja processada concomitantemente.

Memória de longa duração

Estudos de dissociação envolvendo pacientes neurológicos levaram Cohen,⁴ Squire & Zola-Morgan⁵ e Squire⁶ a proporem a distinção entre memória explícita (ou declarativa) e memória implícita (ou “de procedimentos”), ambas consideradas como memórias de longa duração (Figura 1).

Memória explícita refere-se à retenção de experiências sobre fatos e eventos do passado, ou seja, o indivíduo tem acesso consciente ao conteúdo da informação, e envolve o arquivamento

de associações arbitrárias mesmo após uma única experiência. De acordo com esses autores, memória explícita seria flexível e prontamente aplicável a novos contextos, sendo o tipo de memória prejudicada em pacientes amnésicos, estando associada ao funcionamento das estruturas do lobo temporal medial (o hipocampo, o córtex entorrinal, o córtex parahipocampal e o córtex perirrinal), diencéfalo, prosencéfalo basal e córtex pré-frontal.^{5,7}

Memória implícita, de acordo com Schacter,⁸ “é revelada quando a experiência prévia facilita o desempenho numa tarefa que não requer a evocação consciente ou intencional daquela experiência” (p. 501). Cohen⁴ acrescenta que a aquisição de conhecimento implícito depende de mudanças cumulativas que ocorrem a cada ocasião em que o sistema é acionado. Isso implica que a aquisição deste tipo de conhecimento requer treinamento repetitivo e que a aquisição ocorre de forma gradual ao longo de diversas experiências, estando ligada à situação de aquisição original; seria, portanto, inflexível e pouco acessível a outros sistemas. Este tipo de conhecimento inclui (1) habilidades perceptuais, motoras e cognitivas, e hábitos, todos relacionados ao funcionamento do estriado,⁹⁻¹¹ (2) pré-ativação, relacionada à função do neocórtex,^{12,13} (3) condicionamento clássico simples, relacionado ao funcionamento da amígdala no que se refere às respostas emocionais¹⁴⁻¹⁶ e ao cerebelo no que se refere às respostas da musculatura esquelética,¹⁷⁻²³ e (4) aprendizagem não-associativa relacionada às vias reflexas.²⁴

Memória Operacional

Memória operacional é um conceito hipotético que refere-se ao arquivamento temporário da informação para o desempenho de uma diversidade de tarefas cognitivas. Embora ela seja usualmente identificada com (e mesmo tratada como sinônimo de) memória de curta duração, esta última mostrou-se por demais simples para lidar com os tipos de retenção de informação por curtos períodos de tempo, evidenciados experimentalmente. Assim, desenvolveu-se o conceito de memória operacional como um sistema de capacidade limitada e com múltiplos componentes.²⁵

De acordo com o modelo inicial de Baddeley & Hitch,²⁶ memória operacional compreenderia uma central executiva auxiliada por dois sistemas de suporte responsáveis pelo arquivamento temporário e manipulação de informações, um de natureza visuo-espacial e outro de natureza fonológica. Posteriormente, para lidar com a associação entre as informações mantidas nos sistemas de suporte e promover sua integração com informações da memória de longa duração, Baddeley²⁷ inseriu um quarto componente no modelo, denominado retentor episódico, que corresponderia a um sistema de capacidade limitada no qual a informação evocada da memória de longa duração tornar-se-ia consciente (Figura 2).

A central executiva, com capacidade limitada, proporcionaria a conexão entre os sistemas de suporte e a memória de longa duração e seria a responsável pela seleção de estratégias e planos.²⁵ Como forma de explicar o funcionamento da central executiva, Baddeley²⁸ adotou o modelo neuropsicológico de Norman & Shallice,²⁹ segundo o qual o controle da ação se dá através de um Sistema Atencional Supervisor (SAS)³⁰ (Figura 3). De acordo com

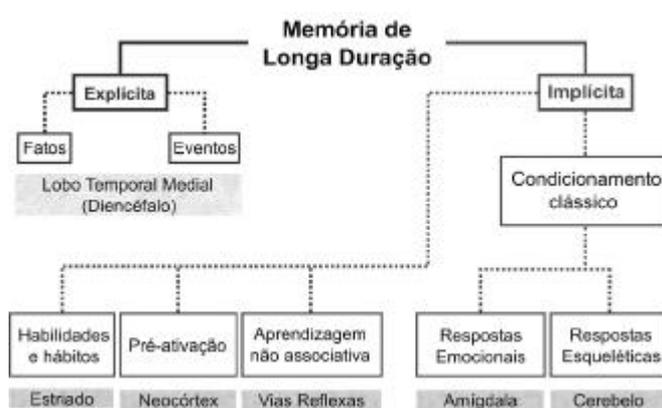


Figura 1 - Taxonomia dos sistemas de memória de longa duração (adaptado de Squire & Knowlton)²⁴.

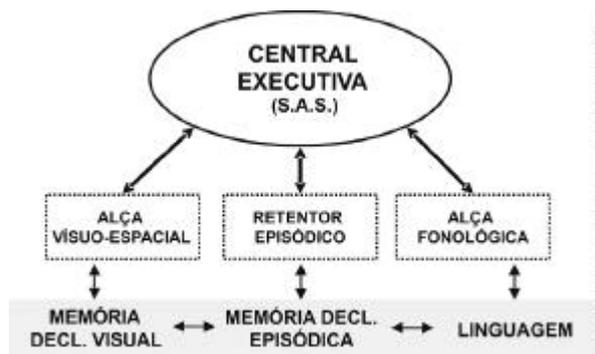


Figura 2 - Modelo de memória operacional proposto por Baddeley.²⁷ As áreas em branco representam os componentes atencionais e de retenção temporária de informações, e as áreas em cinza, os sistemas de retenção de longa duração (adaptado de Baddeley)²⁷.

Shallice,³⁰ ações aprendidas e automatizadas pelo treinamento extensivo são guiadas por “esquemas” adquiridos por treinamento prévio (no contexto da presente discussão corresponderiam às “memórias implícitas”) disparados por conjuntos de estímulos ou contextos. Por exemplo, andar de bicicleta envolve esquemas que ativam sub-rotinas como pedalar, inclinar, virar, equilibrar e breicar. Ao se andar de bicicleta, essas sub-rotinas tornam-se pré-ativadas; um obstáculo à frente seria um estímulo ambiental suficiente para acionar um “esquema” para breicar ou para desviar. Eventuais conflitos entre as atividades (em curso) de diferentes esquemas seriam solucionados rotineiramente por um “catalogador de conflitos”, também treinado previamente. Porém, quando atividades novas estão envolvidas, ou quando um estímulo urgente ou ameaçador é apresentado, o SAS assume o controle da ação. Este sistema teria a prerrogativa de inibir e de ativar esquemas diretamente, e sua atividade predominaria sobre a do catalogador de conflitos.

Congruente com essa concepção, Helene³¹ mostrou que é possível adquirir esquemas (“conhecimento implícito”) por mera ação do SAS (controle atencional), sem o treinamento real da atividade; interessante, o curso temporal dessa aquisição é similar àquele observado na aquisição real do esquema, sugerindo a equivalência entre os processos.

Há evidências sugestivas de que o SAS (ou central executiva) pode ser fracionado,³²⁻³⁴ embora essa questão seja, ainda, controversa.³⁵ Do ponto de vista neurobiológico, a função do SAS estaria relacionada à atividade dos lobos frontais.^{30,33,34,36,37} Aparentemente, as funções executivas envolvem diversos subcomponentes, possivelmente associados com diferentes aspectos do funcionamento dos lobos frontais. Danos nesta região nervosa usualmente levam à perseverança comportamental e/ou ao aumento da distratibilidade.³⁰ De acordo com Shallice,³⁰ a perseverança comportamental apareceria em decorrência da preponderância da atividade em um esquema ativado, que inibiria a atividade dos demais esquemas – daí a ação repetitiva correspondente ao esquema ativado; diferentemente, a distratibilidade surgiria da ativação concomitante de diversos esquemas, sem a preponderância da atividade de um deles sobre a dos demais. Em ambos os casos, trata-se de uma dificuldade no gerenciamento da atividade concomitante de diversos

esquemas. No primeiro caso, a deficiência no funcionamento do SAS em decorrência da lesão frontal implicaria numa omissão à necessária inibição do esquema hiperativo; no segundo caso, a disfunção do SAS impossibilita a seleção de uma ação que ocorreria pela ativação seletiva de um esquema e inativação dos demais esquemas.

Diferentes tipos de tarefas vêm sendo empregadas para investigar as características da central executiva. Por exemplo, na tarefa de geração aleatória de letras, o participante deve gerar seqüências de letras em ordem tão aleatória quanto possível.³⁸ Os resultados indicam que (1) quanto mais rápida a demanda, menos aleatória a saída (isto é, mais letras ordenadas em algum tipo de seqüência são geradas) e (2) quanto maior a quantidade de itens envolvidos na escolha, mais lenta é a taxa máxima de geração aleatória, sugerindo que essa atividade depende de um sistema de capacidade limitada.

O desempenho da tarefa de geração aleatória de letras concomitantemente ao de uma segunda tarefa, de classificação de cartões, que requer memória operacional, leva à produção de uma seqüência menos aleatória. Norman & Shallice²⁹ propuseram a existência de duas instâncias de controle da ação: (1) esquemas estabelecidos por comportamentos bem treinados que atuam em associação com (2) um Sistema Atencional Supervisor (SAS), um controlador de atenção capaz de inibir padrões de respostas habituais quando um novo comportamento é requerido. De acordo com esta concepção, a geração de uma lista de letras seria controlada pelo esquema (bem treinado em indivíduos alfabetizados) de geração da seqüência alfabética. Assim, para gerar uma seqüência aleatória, haveria a necessidade da participação constante do SAS de modo a inibir a geração da seqüência alfabética produzida pelo esquema previamente treinado. Presumivelmente, uma tarefa de classificação de cartões em categorias também demanda a participação do SAS. Assim, requerido para o desempenho da segunda tarefa, seu controle sobre o esquema (previamente treinado) de geração de letras é menor, resultando numa seqüência menos

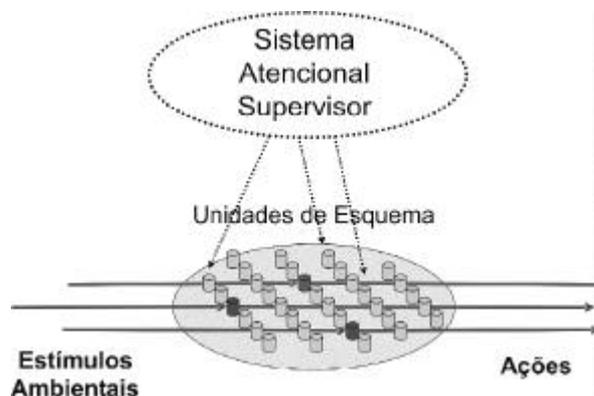


Figura 3 - Modelo do controle da ação por ativação de “esquemas” pré-treinados. Estímulos ambientais específicos ativam seus esquemas correspondentes (de “baixo-para-cima”); estes, por sua vez, emitem as respostas pré-treinadas. Quando mais de um esquema é ativado, o Sistema Atencional Supervisor (S.A.S.) assume o controle da ação inibindo a atividade de alguns dos esquemas (modificado de Shallice)³⁰.

aleatória e mais estereotipada.²⁸ Esse tipo de resultado favorece interpretações de que os recursos de processamento do SAS teriam capacidade limitada.

Interpretação similar aplica-se ao “Efeito Stroop”, em que a velocidade de nomeação da cor de letras impressas fica lentificada quando essas letras constituem o nome de uma cor diferente daquela usada na impressão das letras (por exemplo, a palavra “amarelo” impressa com tinta vermelha).³⁹ Acredita-se que deva haver uma inibição da leitura, que é automatizada em pessoas alfabetizadas, para o direcionamento da atenção para a cor das letras impressas.⁴⁰

Esses resultados são similares aos observados em estudos envolvendo o tempo de reação a conjuntos de estímulos. Por exemplo, Baddeley³⁵ mostrou que o tempo de reação ao aparecimento de um círculo apresentado em associação com um tom irrelevante (que deveria ser ignorado) é substancialmente maior do que quando o círculo é apresentado isoladamente. O tempo de reação também foi maior quando os participantes deveriam mudar a resposta ao círculo ou ao tom mediante o aparecimento de uma dica; este último efeito foi particularmente evidente na primeira resposta após a mudança. Quando esse mesmo teste foi realizado com estímulos da mesma modalidade, por exemplo, (1) emitir a resposta ao círculo, mas ignorar um triângulo irrelevante ou (2) mudar a resposta entre o círculo e o triângulo (ou entre um tom de alta e de baixa frequência), mediante o aparecimento de uma dica, o tempo de reação foi ainda maior. Portanto, há uma lentificação da resposta quando estímulos irrelevantes estão presentes, particularmente quando esses estímulos pertencem à mesma modalidade do estímulo imperativo (ao qual se deve reagir).⁴¹ Essa lentificação da resposta diante da presença de estímulos irrelevantes é particularmente evidente em idosos; isso levou Hasher & Zacks⁴² à sugestão de que com o avanço da idade há uma limitação ao uso da inibição para ajustar o foco atencional e limitar a quantidade de distração.

Baddeley³⁵ especulou que esse processo de inibição participa da focalização da atenção nas características que especificam o estímulo imperativo. Segundo esse autor, pode-se representá-lo como uma distribuição Gaussiana, tendo o estímulo imperativo no centro. Quanto mais próximas forem as características de um estímulo em relação ao ponto focal, mais atenção ele receberá e, portanto, mais rapidamente será processado. Estímulos com características totalmente distintas, situadas fora da distribuição, serão ignorados. Já os estímulos com características próximas aos limites da distribuição demandarão processamento adicional antes de serem rejeitados. Idosos, devido às suas dificuldades de inibição para ajuste do foco atencional, teriam uma distribuição mais ampla e com pico mais baixo, daí um maior efeito de estímulos irrelevantes.

Depreende-se, assim, que os “sistemas de capacidade limitada” envolvidos nos testes de geração aleatória de letras e de tempo de reação partilham características comuns.

Vem aumentando o número de evidências em favor da noção de que a central executiva pode ser fracionada em processos executivos distintos.⁴³ Nesse sentido, Baddeley³⁵ propôs que a capacidade para redirecionar a atenção poderia (potencialmente) constituir-se num componente da central executiva; em certo

sentido esta proposição é similar à sugestão de Posner & Peterson⁴⁴ sobre o redirecionamento atencional visual, que requer o desengajamento atencional em relação ao foco anterior. Em favor desta noção, Kolodny & Duncan⁴⁵ mostraram que a produção de uma seqüência aleatória de letras é dramaticamente prejudicada pelo desempenho concorrente de uma tarefa em que os participantes tinham que produzir seqüências previsíveis, mas alternadas, de respostas verbais (por exemplo, A, 1, B, 2, C, 3 etc) (note que esta tarefa, embora simples, requer o freqüente redirecionamento atencional entre as letras e os números).

Atenção e a seleção de informações

O debate sobre em qual estágio do processamento de informações ocorre a seleção e como se dá esse processo faz parte da própria história das pesquisas sobre atenção⁴⁶ (Figura 4).

Broadbent⁴⁷ propôs a teoria do filtro atencional, segundo a qual estímulos seriam selecionados com base em características físicas pré-especificadas, para receberem processamento adicional; estímulos “filtrados” não teriam prioridade de acesso aos sistemas de processamento. Porém, estudos de escuta dicótica mostraram que essa seleção e priorização depende do significa-

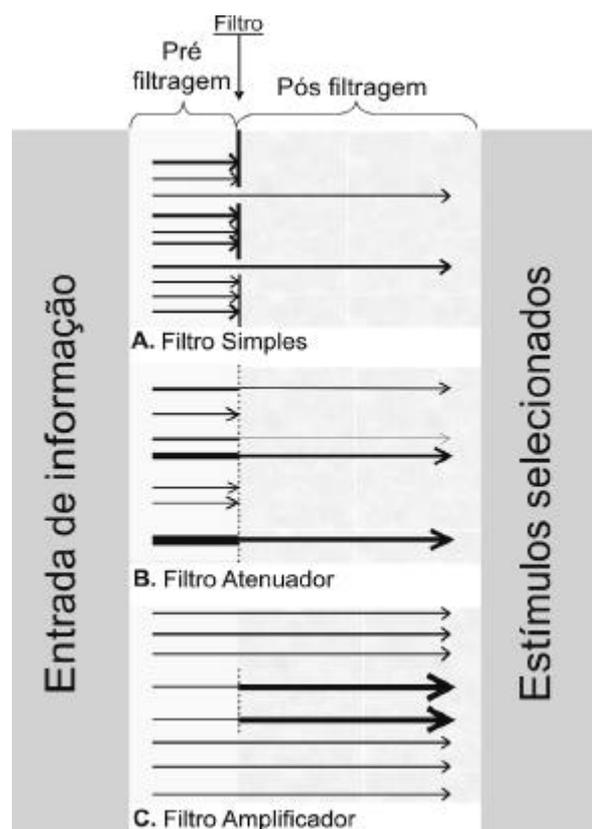


Figura 4 - Modelos representativos de filtros seletivos de informações, (A) com filtro simples, que impede a passagem de informações não selecionadas e deixa apenas os estímulos selecionados alcançarem níveis superiores de processamento, (B) com filtro atenuador, que restringe, mas não impede a passagem de informações não selecionadas. Dessa forma, permite que as informações selecionadas cheguem com maior intensidade relativa nos sistemas de processamento e (C) com filtro amplificador, em que as informações selecionadas têm sua atividade amplificada pelo filtro.

do do estímulo e mesmo do contexto de sua apresentação, o que envolve processamento substancial.⁴⁸ Nesse contexto, Deutsch & Deutsch⁴⁹ propuseram a teoria atencional da seleção da resposta, segundo a qual a seleção para processamento ocorre tardiamente, de modo a influenciar a resposta e o arquivamento da informação na memória, mas não a percepção. Assim, tanto a teoria do filtro como a teoria da seleção da resposta admitem a existência de um selecionador; de acordo com esta última, a seleção ocorre proximamente ao sistema de processamento que emite a reação (seleção tardia), enquanto a primeira propõe que a seleção é realizada nos estágios iniciais do processamento (seleção inicial). Ambas admitem que informações submetidas a processamento pré-atencional competem pelo acesso a “sistemas de processamento de capacidade limitada”; dependendo das intensidades relativas das informações processadas nos sistemas pré-atencionais e da influência de expectativas sobre informações relevantes, ganhariam acesso ao “sistema de capacidade limitada”, tornando-se conscientes e contribuindo para o controle da resposta. Isto é, para que uma informação se torne consciente ela deve ganhar acesso a um “sistema de capacidade limitada” e, assim, contribuir para o controle da resposta.

Processos automáticos

Admite-se que processos automáticos de captação da atenção sejam velozes e não requeiram “controle ativo” por parte da pessoa, podendo, por isso mesmo, ocorrer concomitantemente a outros processamentos, com pouca interferência; além disso, eles podem ser desencadeados prontamente, de forma quase inevitável, por eventos inesperados, surpreendentes ou incongruentes no ambiente, mesmo que o participante não esteja, inicialmente, prestando atenção à fonte da estimulação. É o que acontece, por exemplo, quando um objeto aparece inesperadamente no campo visual ou quando um estímulo é discrepante em relação aos que os rodeiam (Figura 5); antes mesmo de haver uma decisão consciente de atender ao objeto ou estímulo,

seu surgimento inesperado (ou sua incongruência com o meio) *per se* atrai a atenção. Neste último caso, não há um esforço consciente e voluntário no direcionamento atencional, mas apenas uma reação de captura da atenção gerada pelo estímulo, denominada “atenção automática”; posteriormente, também a “atenção voluntária” pode ser deslocada para essa fonte de estimulação, como forma de obter mais informações.

Processos controlados

Diferentemente, processos voluntários de direcionamento da atenção demandam recursos de processamento, razão pela qual o desempenho concomitante de duas tarefas resulta em interferência (ou seja, prejuízo no desempenho das tarefas em curso). Além disso, o controle voluntário da atenção apresenta um componente consciente para sua realização e é, geralmente, usado para tarefas mais complexas ou não familiares, requerendo assim mais tempo para a execução. Norman & Shallice⁵⁰ propuseram que os recursos atencionais controlados são necessários quando as tarefas: (a) requerem planejamento ou tomada de decisões; (b) envolvem componentes de solução de problemas; (c) são mal-aprendidas ou contém seqüências novas; (d) são perigosas ou tecnicamente difíceis; e (e) requerem a superação de uma resposta habitual forte, como na tarefa de “Stroop”, na qual o indivíduo deve superar a resposta automática de nomear a palavra escrita e responder à cor das letras impressas.

Shiffrin & Schneider⁵¹ tentaram mostrar essas distinções em um experimento de busca visual. Participantes normais deveriam decidir, o mais rapidamente possível, se alguns itens vistos previamente (denominados alvos) apareciam também num painel, misturados com diversos estímulos novos (denominados distratores). Numa condição experimental denominada “mapeamento consistente”, os alvos eram sempre consoantes e os distratores eram sempre algarismos. Numa segunda condição experimental, denominada “mapeamento variado”, alvos e distratores eram misturas de consoantes e algarismos. Verificou-se que o tempo de reação na situação de mapeamento consistente era independente do número de itens presentes no painel, como se a busca ocorresse em paralelo. A interpretação dos autores foi que esse desempenho refletia um processo automático; segundo eles, o alvo “salta aos olhos”, como uma face familiar na multidão.⁵² Diferentemente, na condição de mapeamento variado, o tempo de reação não apenas foi maior que na condição de mapeamento consistente, como também aumentava em função do número de distratores presentes no painel, levando à sugestão de que a busca ocorria de maneira serial, indicando um processo controlado (voluntário).

Posteriormente, outros autores tentaram refinar esses conceitos, envolvendo atenção automática e atenção voluntária para o funcionamento do sistema visual. Propuseram, então, as expressões “orientação exógena” e “orientação endógena”, fazendo referência, respectivamente, aos processos de orientação automática e voluntária da atenção.⁵³⁻⁵⁵

Bases neurofisiológicas

Evidências de estudos neuropsicológicos sugerem que os mecanismos neurais envolvidos nesses dois tipos de orienta-

		Lesão	
		Pacientes com lesão supra-nuclear	Pacientes com lesão na junção temporo-parietal
Deficiência atencional	Orientação endógena (voluntária)	prejuízo	manutenção
	Orientação exógena (automática)	manutenção	prejuízo

Figura 5 - Esquema ilustrativo de uma “dupla dissociação”. Nela, um tipo de lesão prejudica o desempenho de uma dada função “A” deixando o desempenho de outra função “B” intacto, ao passo que um segundo tipo de lesão produz o efeito oposto, i.e., o desempenho da função “A” está intacto enquanto o da função “B” está prejudicado. A dupla dissociação sugere que há uma relativa independência entre módulos funcionais do sistema nervoso.

ção da atenção são distintos. Por exemplo, pacientes com negligência unilateral (ver descrição adiante) exibem maior prejuízo de desempenho em tarefas que demandam orientação automática da atenção do que em tarefas que demandam orientação voluntária da atenção. Esse resultado sugere que a dificuldade maior desses pacientes está relacionada a processos de seleção de estímulos salientes para alocação da atenção.⁵⁶ Também nos pacientes com lesão supranuclear progressiva (SPP), que afeta o mesencéfalo, estímulos exógenos são menos eficientes que os endógenos para captar a atenção. Essas dissociações, isto é, prejuízos de desempenho de algumas tarefas em contraposição a um desempenho normal em outras tarefas, são apontados como evidência da existência de diferentes sistemas neurais subjacentes. Interessantemente, o resultado oposto é observado em pacientes com lesão na junção temporoparietal; ou seja, há uma deficiência relativa na orientação endógena da atenção (portanto, uma dissociação de desempenho oposta à descrita acima envolvendo pacientes com SPP). Tomados em conjunto, esses resultados caracterizam uma “dupla dissociação”, sugestiva de que os sistemas neurais envolvidos na orientação endógena e exógena da atenção são independentes (embora, provavelmente, cooperem entre si)⁵⁵ (Figura 6).

No que se refere a informações da modalidade visual, a orientação exógena ou automática da atenção parece envolver uma via filogeneticamente antiga (a via retino-tectal que se projeta da retina para os colículos superiores), enquanto a orientação endógena ou voluntária parece envolver controle cortical.⁵⁵ O sistema visual cortical de primatas é formado principalmente por duas vias que se originam no córtex visual primário.⁵⁷⁻⁵⁹ A *via ventral* (ou occipito-temporal) se projeta para o lobo temporal inferior e relaciona-se à identificação de objetos e análise de suas qualidades (representação perceptual). A *via dorsal* (ou occipito-parietal) inclui o lobo parietal posterior e está envolvida na apreciação das relações espaciais entre objetos, bem como em desempenhos motores que dependem da percepção visual. Assim, as vias ventral e dorsal vêm sendo, respectivamente, denominadas de vias de

processamento do “o que” e do “onde”,⁶⁰ que seriam parte de um sistema atencional cortical.⁶¹ É provável que a atenção direcionada a objetos ou a locais do ambiente esteja relacionada à ativação dessas duas vias, respectivamente. Além disso, Posner⁶² propôs que a via dorsal seria parte de um “sistema atencional posterior” que alimentaria com suas representações espaciais o lobo frontal. Este, por sua vez, faria parte de um “sistema atencional anterior”, envolvido na escolha das ações convenientes (ver adiante).

Criação de “esquemas”: automatização

Indivíduos treinados são capazes de desempenhar concomitantemente tarefas complexas que supostamente se utilizam dos mesmos recursos de processamento, com pouca ou nenhuma interferência no desempenho. Esse tipo de resultado sugere que o treinamento repetitivo alivia a carga atencional, supostamente em decorrência da automatização. Assim, o desempenho lento, serial e mediado verbalmente (que demanda grande quantidade de recursos), usualmente observado nos estágios iniciais da aquisição de uma habilidade, é gradualmente substituído pelo desempenho rápido, paralelo e que requer pouco esforço e controle voluntários (demandando relativamente poucos recursos).⁶³ Xavier² sugeriu que esse processo é acompanhado pela criação de novas sub-rotinas de controle no sistema nervoso.

Assim, é possível que esse processo de automatização possibilite a identificação de determinados estímulos ambientais (pessoalmente significativos para o indivíduo) através de processos pré-atencionais procedimentalizados sob a forma de sub-rotinas, portanto, independentes de atenção controlada. Há, porém, restrições a essa interpretação, já que aumento no automatismo da detecção não é necessariamente acompanhado pelo aumento do processamento pré-atencional.⁶⁴

Um modelo das relações entre memória e atenção

O debate sobre a ocorrência de seleção (1) nos estágios iniciais de processamento, antes do ingresso da informação nos supostos sistemas de capacidade limitada, ou (2) no próprio sistema de capacidade limitada, através da escolha dos estímulos que influenciarão a resposta, enfatiza a existência de dois domínios de processamento. O primeiro parece operar em paralelo e requerer pouco ou nenhum esforço consciente; o segundo operaria serialmente, requerendo esforço e destinação de recursos de um sistema atencional de capacidade limitada. Porém, em processamentos guiados pela especificação (expectativa) do objeto a ser selecionado, haveria seleção nos estágios iniciais.

Aparentemente, a seleção perceptual leva à filtragem de informações, deixando entrar no sistema apenas aquelas relevantes para o indivíduo, mesmo quando não atendidas. Isto é, informações retidas na memória e às quais se atribui relevância (por exemplo, o próprio nome) recebem prioridade no processamento e captam a atenção automaticamente (um processo “debaixo-para-cima”). Similarmente, mas talvez em nível diferente, o processamento de certos estímulos poderá ganhar mais ou menos prioridade em função da atividade na qual a pessoa esteja engajada. Por exemplo, durante o ato de dirigir um carro,

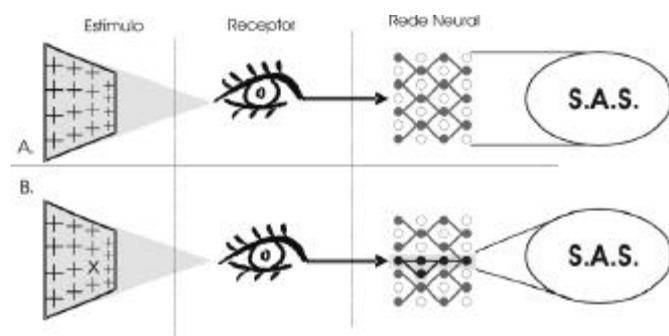


Figura 6 - Esquema ilustrando os mecanismos de captação automática da atenção. Numa condição em que um estímulo homogêneo é apresentado (A) há ativação regular da rede de processamento sem atividade discrepante em qualquer de seus setores. Nessa condição, a atenção não é captada por qualquer setor específico da fonte de estimulação. Diferentemente, numa condição em que o estímulo possui um elemento discrepante (B) há uma atividade diferencial no setor correspondente da rede nervosa o que por se capta a atenção para aquele setor.

estímulos como luzes vermelhas devem receber prioridade no processamento em relação ao mesmo tipo de estímulo, por exemplo, quando se joga tênis. Em termos neurais, o desempenho de certas atividades treinadas previamente (ou talvez de forma mais ampla, o contexto) deve pré-ativar redes neurais, de modo que o fruto de seu processamento passe a ter prioridade para os

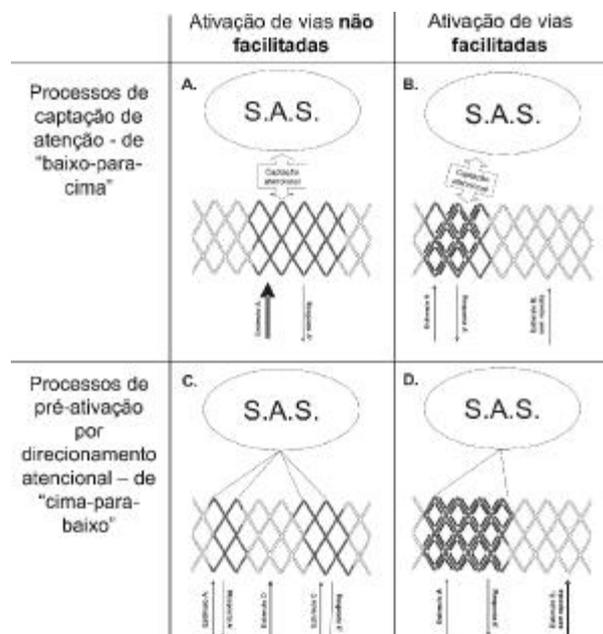


Figura 7 - Modelo sobre a influência de memórias (representadas por vias facilitadas) na atividade da rede nervosa e nos processos atencionais. (A) Um estímulo novo ou inesperado, suficientemente intenso, gera atividade na rede nervosa (representada pela cor vermelha) o que leva à captação automática da atenção; (B) um estímulo relevante (e.g., o próprio nome da pessoa), ainda que de baixa intensidade (estímulo "A"), ativa a rede pré-treinada em seu processamento, levando à captação da atenção; um estímulo de mesma intensidade, mas para o qual não há treinamento da rede nervosa (e.g., o nome de outra pessoa) (estímulo "B"), não leva à captação da atenção; (C) o direcionamento da atenção para certas porções do ambiente ou a busca de estímulos específicos pré-ativa setores da rede nervosa relacionados ao processamento de informações correspondentes. Isso leva à identificação e processamento de estímulos ainda que de baixa intensidade (representados pelos estímulos "A" e "C") que não seriam identificados e processados sem a pré-ativação da rede por processos atencionais (como representado pelo estímulo "D"); (D) o desempenho de certas atividades previamente treinadas (e.g., dirigir um automóvel) pré-ativa setores da rede nervosa relacionadas àquela atividade de modo que o limiar para a detecção de estímulos relacionados a essa atividade (e.g., um farol vermelho) é diminuído facilitando sua captação e ação correspondente (representado pelo estímulo "A").

sistemas atencionais (Figura 7). Neste caso, a "captação" da atenção dependerá do contexto em que o organismo se encontra (por exemplo, é provável que luzes vermelhas captem a atenção quando se dirige um carro, mas não quando se joga tênis). É como se os sistemas "superiores" tivessem condições de pré-ativar, "de-cima-para-baixo", sistemas de processamento, dando maior ou menor prioridade para os resultados do seu processamento em função do contexto. Neste caso, se o estímulo específico aparecer no ambiente, dada essa pré-ativação, haverá a "captação" da atenção para o mesmo, "de-baixo-para-cima". Portanto, estão envolvidos tanto processos "de-baixo-para-cima" como processos "de-cima-para-baixo" nesse tipo de seleção. A escolha de características específicas para filtragem em tarefas de busca visual (por exemplo, um retângulo vertical entre retângulos horizontais ou uma cor específica entre outras cores, ou ainda a busca de uma letra específica entre várias outras) provavelmente envolve processos similares. Da mesma forma que isso parece possível em relação a estímulos específicos do ambiente, também ocorre em relação ao espaço e ao tempo. Neste caso, o engajamento da atenção ocorreria previamente à estimulação, em função da expectativa do participante de que algo relevante ocorrerá numa porção do ambiente ou num futuro próximo; seguramente, processos "de-cima-para-baixo" estão envolvidos neste caso.

Nem sempre um estímulo que contribui para a resposta torna-se necessariamente consciente⁶⁵. O tornar-se consciente pode ser um efeito "a posteriori", como no exemplo em que o motorista freia em função de um farol que fechou e somente depois de executar a ação, percebe o que se passou. É bem verdade que o sistema para detecção desse estímulo devia estar pré-ativado ("em prontidão") pelo ato de dirigir (com conseqüente facilitação da captação da atenção para luzes vermelhas), para que a ação "frear" fosse desempenhada prontamente ao aparecimento do farol vermelho. Mas isso não implica no fato de que a informação deva tornar-se consciente.

É importante ressaltar que esse tipo de conceituação permite explicar tanto processos de seleção nos estágios iniciais de processamento como nos estágios tardios. Permite também explicar como uma informação relevante não atendida capta automaticamente a atenção, uma vez que todos esses processos dependem do treinamento prévio da rede nervosa e, portanto, de suas memórias.

Referências

1. Campos A, Santos AMG, Xavier GF. A consciência como fruto da evolução e do funcionamento do sistema nervoso. *Psicologia USP* 1997;8(2):181-226.
2. Xavier GF. A modularidade da memória e o sistema nervoso. *Psicologia USP* 1993;4(1/2):61-115.
3. Xavier GF. Memória: correlatos anátomo-funcionais. In: Nittrini R, Caramelli P, Mansur LL, editores. *Neuropsicologia - das bases anatómicas à reabilitação*. São Paulo: Clínica Neurológica do Hospital das Clínicas FMUSP; 1996. p.107-29.
4. Cohen NJ. Preserved learning capacity in amnesia: evidence for multiple memory systems. In: Squire LR, Butters N, editors. *The neuropsychology of memory*. New York: Guilford Press; 1984. p. 83-103.
5. Squire LR, Zola-Morgan S. The medial temporal lobe memory system. *Science* 1991;253(5026):1380-6.
6. Squire LR. Declarative and nondeclarative memory: multiple brain systems supporting learning and memory. *J Cogn Neurosci* 1992;99:195-231.

7. Mishkin M, Appenzeller T. The anatomy of memory. *Sci Am* 1987;256(6):80-9.
8. Schacter DL. Implicit memory: history and current status. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 1987;13(3):501-8.
9. Mishkin M, Malamut B, Bachevalier J. Memories and habits: two neural systems. In: Lurch G, McGaugh JL, Weingarten NM, editors. *Neurobiology of learning and memory*. New York: Guilford Press; 1984. p. 65-77.
10. Damasio AR, Tranel D. Disorders of the higher brain function. In: Rosenberg RN, editor. *Comprehensive neurology*. New York: Raven; 1991. p. 639-57.
11. Knopman DS, Nissen MJ. Procedural learning is impaired in Huntington's disease: from the serial reaction task. *Neuropsychologia* 1991;29(3):245-54.
12. Butters N, Heindel WC, Salmon DP. Dissociation of implicit memory in dementia: neurological implications. *Bull Psychon Society* 1990;28:359-66.
13. Heindel WC, Salmon DP, Shultz CW, Walicke, PA, Butters N. Neuropsychological evidence for multiple implicit memory systems: a comparison of Alzheimer's, Huntington's, and Parkinson's disease patients. *J Neurosci* 1989;9:582-7.
14. LeDoux JE. Emotion. In: Brookhart JM, Mountcastle VB, editors. *Handbook of physiology: the nervous system*. Vol. 5. Higher functions of the nervous system. Bethesda: Am Physiol Society; 1987. p. 419-60.
15. LeDoux JE. Cognitive-emotional interactions in the brain. *Cognition Emotion* 1989;3:267-89.
16. Davis M. The role of the amygdala in fear-potentiated startle: Implications for animal models of anxiety. *Trends Pharmacol Sci* 1992;13:35-41.
17. Akshoomoff NA, Courchesne E, Press GA, Iragui V. Contribution of the cerebellum to neuropsychological functioning: Evidence from a case of cerebellar degenerative disorder. *Neuropsychologia* 1992;30:315-28.
18. Bloedel JR, Bracha V, Kelly TM. Substrates for motor learning. Does the cerebellum do it all? *Annu N Y Acad Sci* 1991;627:305-18.
19. Fiez JA, Petersen SE, Cheney MK, Raichle ME. Impaired non-motor learning and error detection associated with cerebellar damage. *Brain* 1992;114:2611-8.
20. Lalonde R, Botez MI. The cerebellum and learning processes in animals. *Brain Res Brain Res Rev* 1990;15(3):325-32.
21. Schmahmann JD. An emerging concept. The cerebellar contribution to higher function. *Arch Neurol* 1991;48(11):1178-87.
22. Seitz RJ, Roland E, Bohm C, Greitz T. Motor learning in man: a positron emission tomographic study. *Neuroreport* 1990;1(1):57-60.
23. Thompson RF. Neural mechanisms of classical conditioning in mammals. *Philos Trans R Soc Lond (Biol.)* 1990;329:161-70.
24. Squire LR, Knowlton BJ. Memory, hippocampus, and brain systems. In: Gazzaniga MS, editor. *The cognitive neurosciences*. Cambridge: A Bradford Book; 1995. p. 825-37.
25. Baddeley A. Working memory. *Science* 1992;255:556-9.
26. Baddeley A, Hitch GJ. Working memory. In: Bower G, editor. *The psychology of learning and motivation*. New York: Academic Press; 1974. p. 47-90.
27. Baddeley A. The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends Cogn Sci* 2000;4(11):417-23.
28. Baddeley A. Working memory. Oxford: Oxford University Press; 1986.
29. Norman DA, Shallice T. Attention to action: willed and automatic control of behavior. San Diego: University of California; 1980.
30. Shallice T. From neuropsychology to mental structure. Cambridge: Cambridge University Press; 1988.
31. Helene AF, Xavier GF. Acquisition of implicit knowledge by imagery and actual training: is there functional equivalence? *Eur J Neurosci* 2000;12(Suppl 11):436.
32. Levin HS, Culhane KA, Hartmann J et al. Developmental changes in performance on tests of purported frontal lobe functioning. *Dev Neuropsychol* 1991;7:377-95.
33. Shallice T, Burgess P. Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man. *Brain* 1991;114:727-41.
34. Shallice T, Burgess P. Supervisory control of action and thought selection. In: Baddeley A, Weiskrantz L, editors. *Attention: selection, awareness and control*. Oxford: Clarendon Press; 1993. p. 171-87.
35. Baddeley A. Exploring the central executive. *Q J Exp Psychol* 1996;49A(1):5-28.
36. Duncan J. Consistent and varied training in the theory of automatic and controlled information processing. *Cognition* 1986;23(3):279-84.
37. Shallice T. Specific impairments of planning. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 1982;25:298(1089):199-209.
38. Baddeley A. Short-term memory for word sequences as a function of acoustic, semantic and formal similarity. *Q J Exp Psychol* 1966;18:362-5.
39. Stroop JR. Studies of interference in serial verbal reactions. *J Exp Psychol* 1935;18(6):643-62.
40. MacLeod CM. Half a century of research on the Stroop effect: An integrative review. *Psychol Bull* 1991;109(2):163-203.
41. Allport A, Styles EA, Hsieh. Shifting attentional set: Exploring the dynamic control of tasks. In: Umiltà C, Moscovitch M, editors. *Attention e performance XV*. Cambridge: MIT Press; 1994. p.421-52.
42. Hasher J, Zacks PW. Working memory, comprehension and aging: a review and a new view. In: Bower GH, editor. *The psychology of learning and motivation*. Vol. 22. New York: Academic Press; 1988. p. 193-225.
43. Shallice T, Burgess P. The domain of supervisory processes and temporal organization of behaviour. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 1996;29:351(1346):1405-11.
44. Posner MI, Peterson SE. The attention system of the human brain. *Annu Rev Neurosci* 1990;13:25-42.
45. Baddeley A, Emslie H, Kolodny J, Duncan J. Random generation and the executive control of working memory. *Q J Exp Psychol A* 1998;51(4):819-52.
46. Nahas TR, Xavier GF. Atenção. In: Andrade VM e Bueno OFA, editores. *Em fase de negociação com a Editora*; 2003.
47. Broadbent DE. Perception and communication. London: Pergamon Press; 1958.
48. Treisman AM. Contextual cues in selective listening. *Q J Exp Psychol B* 1968;12:242-8.
49. Deutsch JÁ, Deutsch D. Attention: some theoretical considerations. *Psychol Rev* 1960;70(1):80-90.
50. Shallice T. 1986 apud Styles EA. *The psychology of attention*. Hillsdale: Psychology Press; 1997.
51. Shiffrin RM, Schneider W. 1977 apud Styles EA. *The psychology of attention*. Hillsdale: Psychology Press; 1997.
52. Schneider W, Shiffrin RM. 1977 apud Wells A, Matthews G. *Attention and emotion. A clinical perspective*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates; 1994.
53. Posner MI. Orienting of attention. *Q J Exp Psychol B* 1980;32:3-25.
54. Jonides J. 1981 apud Müller HJ, Rabbit PMA. Reflexive and voluntary orienting of visual attention: time course of activation and resistance to interruption. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 1989;15(2):315-30.
55. Rafal R, Henik A. The neurology of inhibition: integrating controlled and automatic process. In: Dagenbach, Carr, editors. *Inhibitory processes in attention, memory and language*. Orlando: Academic Press; 1994.
56. van Zomeren AH, Brouwer WH. *Clinical neuropsychology of attention*. New York: Oxford University Press; 1994.

57. Desimone R, Duncan J. Neural mechanisms of selective visual attention. *Annu Rev Neurosci* 1995;18:193-222.
58. Milner AD, Goodale MA. *The visual brain in action*. Oxford: Oxford University Press; 1995.
59. Kastner S, Ungerleider LG. Mechanisms of visual attention in the human cortex. *Annu Rev Neurosci* 2000;23:315-41.
60. Allport A. Attention and control: have we been asking the wrong questions? A critical review of twenty-five years. In: Meyer P, Kornblum M, editors. *Attention and performance XIV*. New Jersey: Erlbaum; 1993.
61. Estévez-González A, García-Sánchez C, Junqué C. La atención: una compleja función cerebral. *Rev Neurología* 1997;25(148):1989-97.
62. Posner MI. Attention in cognitive neuroscience: an overview. In: Gazzaniga MS, editor. *The cognitive neurosciences*. Massachusetts: MIT Press; 1995. p. 615-24.
63. Anderson JR. Skill acquisition: compilation of weak-method problem solutions. *Psychol Rev* 1987;94:192-210.
64. Logan GD. Attention and preattention in theories of automaticity. *Am J Psychol* 1992;105:317-39.
65. Kihlstrom JF. The cognitive unconscious. *Science* 1987;18;237(4821):1445-52.

Correspondência: André Frazão Helene ou Gilberto Fernando Xavier
Rua do Matão, travessa 14, 101 - 05508-900 São Paulo, SP, Brasil
E-mail: afh@ib.usp.br ou gfxavier@usp.br
