

AVALIAÇÃO NEUROPSICOLÓGICA DAS FUNÇÕES EXECUTIVAS E RELAÇÃO COM DESATENÇÃO E HIPERATIVIDADE

Alessandra Gotuzo Seabra Capovilla¹ - Universidade São Francisco
Ellen Carolina dos Santos Assef - Universidade do Oeste Paulista
Heitor Francisco Pinto Cozza - Universidade São Francisco

RESUMO

Funções executivas (FE) referem-se à capacidade de engajamento em comportamento orientado a objetivos, realizando ações voluntárias e auto-organizadas. Alterações em tais funções estão relacionadas a distúrbios como o Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH). Pesquisas têm apontado a necessidade desmembrar as FE em componentes, incluindo memória de trabalho, atenção seletiva, controle inibitório, flexibilidade e planejamento. Este artigo discute o conceito de FE e seu comprometimento no TDAH, revisando dois estudos brasileiros que investigam a validade de instrumentos para avaliar componentes das FE em crianças, correlacionando-os com desatenção e hiperatividade. No primeiro estudo houve correlações negativas entre desatenção/hiperatividade e escores nos Testes de Trilhas, Torre de Londres, Memória de Trabalho Auditiva e Visual. No segundo estudo, crianças com TDAH apresentaram desempenhos rebaixados nos Testes de Geração Semântica, Stroop e Trilhas. Tais pesquisas têm fornecido evidências de validade de tais instrumentos, revelando comprometimento de alguns componentes das FE no TDAH.

Palavras-chave: Avaliação neuropsicológica; Funções executivas; Validação.

NEUROPSYCHOLOGICAL ASSESSMENT OF EXECUTIVE FUNCTIONS AND RELATIONS WITH DESATTENTION AND HYPERACTIVITY

ABSTRACT

The executive functions refer to the capacity of the subject to engage in oriented behavior to objectives, accomplishing voluntary and self-organized actions. Disturbances in these functions are related to disorders like the Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD). Researches have been indicated that executive functions must be divided in components, such as working memory, selective attention, inhibitory control, flexibility and planning. This article discusses the executive functions and their involvement in ADHD, and its describes two Brazilian researches that investigated validity of tests for assesses the executive components in children, correlating them with desattention and hyperactivity. In the first research, there were negative correlations between desattention/hyperactivity and scores in Trial Making Test, London Tower, Verbal and Visual Working Memory Test. Children with ADHD had poorer performance in Semantic Generation Test, Stroop Test and Trial Making Test. These studies have been demonstrated test's validity, revealing deficits in some executive components in ADHD.

Keywords: Neuropsychological assessment; Executive functions; Validation.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a neuropsicologia tem ampliado o número de pesquisas sobre o córtex pré-frontal e as funções executivas. O córtex pré-frontal, que ocupa quase um terço da massa total do córtex, mantém relações múltiplas e quase sempre recíprocas com inúmeras outras estruturas encefálicas. Tais relações correspondem a conexões com regiões de associação do córtex parietal, temporal e occipital, bem como com diversas estruturas subcorticais, especialmente com o tálamo, e possui as únicas representações corticais de informações provenientes do sistema límbico.

Tal localização tem levado pesquisadores a caracterizá-lo como um local de integração entre diferentes processos cognitivos e como a interface entre a cognição e a emoção (Cozolino, 2002; Gazzaniga, Ivry & Mangun, 2002).

Por muito tempo houve uma tendência entre os neurocientistas de considerar o córtex pré-frontal como tendo uma função única (Gil, 2002). Porém, estudos na última década têm demonstrado claramente a necessidade de subdividir as funções do córtex pré-frontal (e.g., Krikorian, Bartok & Gay, 1994; Souza, Ignácio, Cunha, Oliveira & Moll, 2001), sendo que tais subdivisões funcionais estariam relacionadas a diferentes regiões anatômicas. O córtex pré-frontal pode ser subdividido em três regiões: córtex pré-frontal lateral (áreas 45 e 46, partes das áreas 9 a 12 e região superior da área 47, conforme o sistema classificatório de Brodmann), córtex pré-frontal ventromedial ou córtex

¹ Contato:

Rua Alexandre Rodrigues Barbosa, 45, Itatiba, SP, 13.251-900
Telefones: (11) 4534-8040, (11) 9883-9636. Fax: (11) 4524-1933. E-mail: alessandra.capovilla@saofrancisco.edu.br

orbitofrontal (as porções inferiores da área 47 e partes médias das áreas 9 a 12) e córtex cingulado anterior (áreas 24, 25 e 32, regiões internas das áreas 6, 8, 9 e 10).

Destas três regiões, o córtex pré-frontal lateral e o córtex cingulado anterior estão especialmente envolvidos no desempenho de tarefas cognitivas, enquanto o córtex pré-frontal ventromedial está primordialmente relacionado à emoção. Assim, apesar de tanto o córtex pré-frontal lateral quanto o ventromedial desempenharem funções de inibição e controle, as áreas laterais são ativadas quando a decisão envolve estímulos cognitivos sem conteúdo emocional positivo ou negativo, e as áreas ventromediais são ativadas quando a decisão é baseada em informação afetiva (Cozolino, 2002).

As funções relacionadas aos componentes cognitivos têm sido nomeadas de funções executivas e estão relacionadas, de forma geral, à capacidade do sujeito de engajar-se em comportamento orientado a objetivos, ou seja, à realização de ações voluntárias, independentes, autônomas, auto-organizadas e orientadas para metas específicas (Ardila & Ostrosky-Solís, 1996; Gazzaniga e colaboradores, 2002). As funções executivas estão entre os aspectos mais complexos da cognição e envolvem seleção de informações, integração de informações atuais com informações previamente memorizadas, planejamento, monitoramento e flexibilidade cognitiva (Gazzaniga & colaboradores, 2002; Lezak, 1995). Tais aspectos encontram-se descritos mais detalhadamente a seguir.

O sistema de memória operacional ou de trabalho tem sido especialmente relacionado ao córtex pré-frontal lateral, que tem sido conceituado como um depósito transitório de informações que depois poderão ser acessadas por outros circuitos neurais. Assim, a memória de trabalho permite a representação transitória de informações relevantes para uma dada tarefa, informações estas que podem ser de uma experiência passada armazenada na memória de longo-prazo ou que podem estar disponíveis no ambiente atual (Gazzaniga & colaboradores, 2002).

A suposição de que o córtex pré-frontal lateral seria um depósito transitório de informações, envolvido na memória de trabalho, tem sido corroborada por diversos estudos. Por exemplo, o estudo de Courtney, Ungerleider, Keil e Haxby (1997) revelou aumento da ativação do córtex pré-frontal lateral em tarefas de memória, especialmente de memória de trabalho e durante o

período em que o estímulo está ausente e deve ser mantido na memória de forma a ser manipulado e posteriormente evocado.

Pacientes com lesões pré-frontais bilaterais têm dificuldades em tarefas de memória de trabalho que exigem manipulação de informação, tendendo a perseverar nas respostas emitidas (Bear, Connors & Paradiso, 2002). Aliás, a perseveração, isto é, a manutenção de uma mesma resposta diante de estímulos ou tentativas diferentes, é uma característica das síndromes pré-frontais.

A perseveração pode ser observada em diversas tarefas executivas, mas o instrumento mais empregado para esta análise é o Wisconsin Card Sorting Task ou Teste de Categorização de Cartas de Wisconsin (Lezak, 1995), recentemente publicado no Brasil (Cunha, Trentini, Argimom, Oliveira, Wetlang & Prieb, 2005). Pacientes com lesões frontais tendem a apresentar erros nesse teste, mantendo um mesmo padrão de agrupamento das cartas. Tal padrão de perseveração pode ser compreendido como uma dificuldade em reter informação sobre quais características do estímulo foram anteriormente relevantes, de modo a guiar o comportamento presente, possibilitando a escolha de uma outra característica que não a anteriormente usada. Ou seja, a perseveração pode ser reflexo de uma deficiência no sistema de memória de trabalho (Bear e colaboradores, 2002; Gazzaniga e colaboradores, 2002).

Apesar das memórias de longo prazo não estarem estocadas no córtex pré-frontal, mas sim em regiões posteriores, principalmente temporais e parietais, o córtex pré-frontal parece ser o responsável por resgatar estas informações e mantê-las ativas. De fato, o estudo conduzido por Friedman e Goldman-Rakic (1994), utilizando neuroimagem, revelou ativação tanto do córtex pré-frontal quanto do córtex parietal em tarefas de memória de trabalho, sugerindo que as áreas pré-frontais responsáveis pela memória de trabalho interagem com as áreas posteriores que mantêm as representações de longo prazo, sendo a ativação das áreas pré-frontais tanto maior quanto maior a demanda sobre a memória de trabalho.

Para executar esse resgate de informações pré-estocadas, bem como para manter determinada informação ativa durante a realização de uma tarefa, é necessária uma seleção das informações que são relevantes e, paralelamente, inibição de outras informações irrelevantes àquela tarefa. Assim, a seleção de informações é um segundo componente que tem sido associado às funções executivas e ao

córtex pré-frontal, estando mais relacionado à atenção do que à memória. Nesta função o córtex pré-frontal pode ser considerado um mecanismo de filtragem dinâmica de informações, atentando às que são relevantes e ignorando ou inibindo as irrelevantes (Shimamura, 2000).

Esta hipótese explica alguns dos dados encontrados em pacientes com lesões pré-frontais como, por exemplo, o aumento no efeito de interferência palavra-cor apresentado no teste de Stroop em relação a sujeitos controle (Gazzaniga e colaboradores, 2002). Neste teste são apresentadas palavras escritas correspondentes a nomes de cores, tais como azul, verde, vermelho e amarelo, e a tarefa do sujeito é dizer a cor com que a palavra foi escrita. Na condição congruente, a palavra escrita e a tinta com que ela foi impressa correspondem à mesma cor (por exemplo, a palavra “verde” escrita com cor verde); na condição divergente, não há concordância entre a palavra escrita e a tinta usada para escrevê-la (por exemplo, a palavra “verde” escrita com cor azul). Nesta última condição ocorre o chamado efeito de interferência cor-palavra (Stroop, 1935), sendo que os sujeitos tendem a despendem um tempo significativamente maior que na condição congruente. Tal efeito demonstra uma dificuldade na seleção da informação relevante à tarefa (no caso, atentar à cor da tinta e desconsiderar o conteúdo verbal) e é aumentado em pacientes com lesões no lobo frontal.

Thompson-Schill, Swick, Farah, D’Exposito, Kan e Knight (1998) testaram a hipótese do filtro dinâmico por meio de tarefas de geração semântica. Em tais tarefas, um substantivo era apresentado ao sujeito que devia gerar uma palavra, especificamente uma ação (verbo), associada semanticamente ao substantivo. Havia duas condições, condição de baixa seleção (em que cada substantivo era mais facilmente associado a apenas uma palavra, como por exemplo “tesoura”, que usualmente é associada à palavra “cortar”) e condição de alta seleção (em que cada substantivo podia ser associado a muitas palavras, como por exemplo “corda”, que pode ser associada às palavras “laçar”, “amarrar”, “pular” ou “enrolar”). A demanda semântica em ambas as condições era semelhante: o sujeito devia compreender o substantivo alvo e evocar um verbo semanticamente relacionado a ele.

Durante a execução da tarefa os sujeitos eram submetidos à neuroimagem por meio de tomografia por emissão de pósitrons. Em ambas as condições houve ativação do córtex pré-frontal superior à

ativação numa situação controle de leitura de palavras. Porém, na condição de alta seleção, esta ativação foi maior que na condição de baixa seleção, sugerindo que esta região também está envolvida na operação de seleção.

A mesma tarefa foi aplicada a pacientes com lesões no córtex pré-frontal (Thompson-Schill e colaboradores, 1998), sendo que tais pacientes falharam em cerca de 15% das tentativas na condição de alta seleção. O interessante é que a falha dos pacientes não foi pronunciar uma palavra incorreta, mas sim não dizer nenhuma palavra ou simplesmente nomear o substantivo, apesar de conseguirem reconhecer, numa outra tarefa, qual dentre palavras alternativas combinava semanticamente com o substantivo alvo. Esse tipo de erro não ocorreu na condição de baixa seleção, em que os pacientes praticamente não cometeram erros. Tais resultados sugerem que, na condição de alta seleção, os pacientes tiveram desempenhos limitados devido à demanda excessiva sobre a seleção e, especialmente, a inibição de informações concorrentes.

Knight e Grabowecy (1995) demonstraram que pacientes com lesões frontais têm respostas corticais aumentadas, conforme gravadas por potenciais evocados, em relação a sujeitos controle. Em um experimento, os sujeitos controle e com lesões no córtex pré-frontal ouviam, em escuta dicótica, mensagens diferentes em cada ouvido e deviam atentar a uma mensagem, ignorando a outra, sendo que o ouvido-alvo era alternado periodicamente. Eram registradas as respostas evocadas nos lobos temporais de ambos os hemisférios. Nos sujeitos controle, houve uma resposta mais expressiva ao estímulo-alvo, o que não ocorreu com os pacientes com lesões frontais. Ou seja, tais pacientes não conseguiram atenuar o estímulo que deveria ser negligenciado, o que corrobora a hipótese de que o córtex pré-frontal lateral tem a função de inibir a resposta a estímulos irrelevantes. Em um ambiente continuamente bombardeado por estímulos, o paciente com lesão pré-frontal está numa condição especialmente vulnerável, com dificuldade em manter seu foco e selecionar informação.

Para as tarefas cotidianas, além de selecionar, estocar e manipular informações relevantes, é fundamental planejar as ações, atividade esta também relacionada às funções executivas. Assim, o planejamento requer o estabelecimento de uma hierarquia de sub-objetivos, de modo a alcançar o objetivo final, e pode ser definido como “a capacidade de traçar mentalmente um trajeto do

ponto A ao ponto B sem que o sujeito precise se ‘lançar’ no mundo real” (Souza & colaboradores, 2001, p. 527). Planejar envolve, portanto, a antecipação de eventos e de suas conseqüências, bem como o monitoramento de quão próximo ou quão distante se está de alcançar o objetivo final (Krikorian e colaboradores, 1994). Esta habilidade de estabelecer um plano coerente de ação tende a estar comprometida após lesão pré-frontal (Shallice & Burgess, 1991).

A avaliação da capacidade de planejamento tem sido tradicionalmente feita, na neuropsicologia, pelos testes das torres, como o teste da Torre de Hanói. Shallice e McCarthy desenvolveram o teste da Torre de Londres, uma versão adaptada e simplificada da Torre de Hanói, como um procedimento para identificar distúrbios nos processos de planejamento relacionados a alterações nos lobos frontais. Desempenhos rebaixados nos testes de torres têm sido associados a lesões pré-frontais (Lezak, 1995).

Além do planejamento, outro componente das funções executivas é a flexibilidade cognitiva. Esta se refere à mudança ou alternância de objetivos, e é essencial quando o plano inicial não é sucedido devido a imprevistos, ou quando é necessário alternar entre dois ou mais objetivos distintos. A flexibilidade cognitiva usualmente tende a estar prejudicada após alterações pré-frontais (Gil, 2002). Estudos mais recentes, porém, apontam que esta dificuldade só é verificada em alterações pré-frontais quando requer a evocação de informações da memória de trabalho, mas não quando os estímulos estão explicitamente disponíveis no ambiente.

Por exemplo, no estudo de Rogers e colaboradores (1998) eram apresentadas aos sujeitos cartas, cada uma com um par letra-número. A tarefa era alternada a cada duas tentativas, podendo ser nomear o número ou nomear a letra. Dessa forma, havia duas tentativas para cada condição, sendo que na primeira tentativa havia mudança no objetivo da tarefa e na segunda tentativa o objetivo permanecia o mesmo. O crítico neste estudo foi a dica que determinava se a tarefa era nomear a letra ou o número. Quando a dica era uma palavra escrita (i.e., acima de cada carta vinha escrito o item a ser nomeado, ou seja, “letra” ou “número”), pacientes com lesões frontais desempenharam-se tão bem quanto sujeitos controle. Porém, quando a dica que determinava a tarefa era a cor de fundo da carta, pacientes com lesões frontais tiveram desempenhos inferiores aos sujeitos controle.

Ou seja, o desempenho na alternância somente foi prejudicado quando a tarefa a ser desempenhada devia ser evocada da memória de trabalho. Estudos de neuroimagem têm sugerido que o sulco frontal inferior (região do córtex pré-frontal lateral, entre as áreas 45 e 46) de ambos os hemisférios é a região primariamente responsável por esta habilidade de flexibilidade (Konishi e colaboradores, 1998), sendo a ativação desta região proporcional ao número de dimensões possíveis durante a tarefa.

Além das regiões e suas respectivas funções destacadas anteriormente, o córtex cingulado anterior tem sido relacionado às funções executivas, embora considerado por alguns autores como uma região do sistema límbico e, por outros, como parte do córtex pré-frontal (Gazzaniga e colaboradores, 2002). Ele está envolvido no monitoramento não somente das funções cognitivas, mas também das respostas do sistema neurovegetativo a situações de dor ou ameaça.

Evidências de sua relação com as funções executivas surgiram com estudos de neuroimagem que mostraram a ativação desta região em tarefas executivas, por exemplo, durante tarefas de atenção dividida, em que o sujeito deve considerar diversas características dos estímulos simultaneamente (Gazzaniga e colaboradores, 2002). Esta ativação também ocorre em tarefas de geração semântica, conforme exposto anteriormente, em que o sujeito deve dizer uma palavra (verbo) que seja semanticamente associada a um substantivo apresentado. Nesta condição, além da ativação do córtex pré-frontal lateral, há a ativação do córtex cingulado anterior. Tal ativação desaparece se um mesmo substantivo for apresentado repetidamente diversas vezes, pois, neste caso, a tarefa passa a ser muito mais de memória do que de seleção e inibição, visto que o sujeito tende a repetir sempre a mesma palavra inicialmente dada diante de um substantivo (Raichle, 1994).

Como um terceiro exemplo da ativação do córtex cingulado anterior, esta ocorre durante a emissão de uma resposta errada a uma dada tarefa. A ativação ocorre milésimos de segundos após o início da resposta, desde que o sujeito tenha consciência do seu erro (Dehaene, Posner & Tucker, 1994). Finalmente, a ativação do córtex cingulado anterior também ocorre nas situações divergentes do Teste de Stroop, em que há conflito de respostas (Leung, Skudlarski, Gatenby, Peterson & Gore, 2000). Diante destas evidências, Gazzaniga e colaboradores (2002) conceituaram o córtex cingulado anterior como sendo um sistema de supervisão de atenção que atua em

condições novas, tarefas mais difíceis e correção de respostas erradas.

Sumariando, as funções executivas envolvem diferentes componentes, tais como seleção de informações, integração de informações atuais com informações previamente memorizadas, planejamento, monitoramento e flexibilidade (Gazzaniga e colaboradores, 2002; Lezak, 1995). Tal complexidade cognitiva reflete-se nas vastas conexões entre sua base neurológica, especialmente o córtex pré-frontal, e outras regiões encefálicas. Distúrbios nas funções executivas e no córtex pré-frontal estão relacionados a transtornos psiquiátricos e cognitivos, como o Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH). O presente artigo busca, nesse contexto, discutir as evidências de comprometimento das funções executivas no TDAH, revisando especificamente dois estudos brasileiros. Estes investigaram a validade de instrumentos para avaliar componentes das funções executivas em crianças, correlacionando-os com desatenção e hiperatividade, buscando identificar comprometimento de alguns componentes no TDAH.

ALTERAÇÕES NOS LOBOS FRONTAIS E SINTOMAS DE DESATENÇÃO E HIPERATIVIDADE

As conseqüências de lesões no lobo pré-frontal dorso-lateral começaram a ser documentadas por Jacobsen, nos anos de 1930, após lesões experimentais na área dorso-lateral em macacos (Gil, 2002). Eram usadas tarefas de respostas tardias, em que os animais deviam lidar com estímulos retirados de sua visão após um período de atraso. Ou seja, as tarefas envolviam a manutenção da informação durante um tempo para posterior uso na resolução de um problema. Os animais apresentaram desempenho rebaixado em tais provas após lesões pré-frontais laterais.

Em humanos, as lesões frontais podem decorrer principalmente de traumas, tumores, acidentes vasculares encefálicos ou demências. A síndrome pré-frontal, conseqüente a lesões no córtex pré-frontal, tem como característica essencial distúrbios na habilidade de formar um plano coerente de ação (Gil, 2002). Pacientes com lesão pré-frontal normalmente não evidenciam distúrbios nos comportamentos habituais que são realizados de forma repetitiva e automatizada, não há distúrbios de percepção, a fala permanece fluente e coerente, e seus desempenhos em testes convencionais de inteligência, que avaliam principalmente

inteligência cristalizada, estão intactos. Assim, por exemplo, os desempenhos em testes como WAIS – Escala Wechsler de Inteligência para Adultos e na maioria dos subtestes do Wechsler Memory Scale tendem a se apresentar inalterados. Porém, há um distúrbio específico nos comportamentos orientados a objetivos (Gazzaniga & colaboradores, 2002). O paciente usualmente apresenta incapacidade de iniciar atividades e dificuldades no planejamento e na condução de seqüências de atividades com vistas a um objetivo. Por isso, apesar de ter a maior parte das funções cognitivas intactas, o paciente pode não mais ser capaz de atividades que exijam iniciativa ou planejamento, podendo ser difícil cuidar satisfatoriamente de si próprio, realizar trabalho independente ou manter relacionamentos sociais.

Sintomas de funcionamento anormal do córtex pré-frontal também têm sido documentados na ausência de lesões encefálicas óbvias. Por exemplo, há indícios de disfunção frontal na esquizofrenia (Gil, 2002), no autismo (Bosa, 2001) e no TDAH (Barkley, 1997). O TDAH, especificamente abordado neste artigo, vem sendo considerado como um dos distúrbios comportamentais mais freqüentes na infância, com taxas de prevalência entre 3% e 7% em crianças em idade escolar, segundo o Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais – DSM-IV-TR™ (American Psychiatric Association, 2002). As condutas mais comumente relatadas são dificuldades em manter os níveis necessários de atenção, impulsividade e inquietude motora e psíquica, acarretando comprometimentos acadêmicos, psicossociais, familiares, aumento na probabilidade ao uso de substâncias psicoativas na adolescência e altas taxas de desemprego e divórcio na vida adulta (Marcílio, 2004).

O diagnóstico para TDAH é fundamentalmente clínico, baseado em critérios provenientes de sistemas classificatórios como o DSM-IV-TR™ (American Psychiatric Association, 2002), podendo ser dividido em três subtipos, conforme a ocorrência de sintomas: predominantemente desatento, predominantemente hiperativo-impulsivo e combinado. Além disso, estes sintomas devem estar presentes antes dos sete anos de idade, persistir por pelo menos por seis meses em grau desadaptativo e ser inconsistente com o nível de desenvolvimento normal da criança. Devem, ainda, estar presentes em pelo menos em dois contextos da vida (familiar, escolar ou ocupacional), além de não serem mais bem explicados por outro transtorno mental.

Pesquisadores como Barkley (1997), Barnett

e colaboradores (2001) e Mattos, Saboya, Kaefer, Knijnik e Soncini (2003) têm sugerido que uma alteração no funcionamento do córtex pré-frontal e de suas conexões com a rede subcortical pode ser responsável pelo quadro clínico do TDAH. Segundo Knapp, Rohde, Lyszkowski e Johannpeter (2002), alterações no córtex pré-frontal seriam responsáveis pelos comportamentos típicos do TDAH, tais como o déficit em comportamento inibitório, memória de trabalho, planejamento, auto-regulação e limiar para ação dirigida a objetivo definido. Essas funções abarcam subdomínios específicos do comportamento como volição, habilidades para explorar, selecionar, monitorar e direcionar a atenção, inibir estímulos concorrentes, prever e planejar meios de resolver problemas complexos, antecipar conseqüências, apresentar flexibilidade na alteração de estratégias em função das contingências, e monitorar o comportamento comparando-o com o planejamento inicial (Mattos e colaboradores, 2003).

Com os avanços tecnológicos de neuroimagem essa concepção tem sido corroborada por meio da identificação de diferenças sutis na estrutura e funcionamento encefálicos de diferentes patologias. Szobot e Stone (2003) salientam que a variação nas manifestações clínicas do TDAH possivelmente reflete a complexidade dos processos biológicos envolvidos na etiologia. De fato, investigações anátomo-fisiológicas com indivíduos com e sem TDAH usualmente revelam tanto alterações estruturais quanto funcionais em regiões encefálicas distintas, como lobos frontais, corpo caloso, gânglios da base, lobos parietais, núcleo caudado, globo pálido e vermis cerebelar (Szobot, Eizirik, Cunha, Langleben & Rohde, 2001).

Entretanto, é importante destacar a carência de pesquisas utilizando técnicas de neuroimagem em crianças, visto as limitações éticas de alguns procedimentos invasivos e a restrição relacionada aos padrões normais de desenvolvimento (Szobot & colaboradores, 2001). Desse modo, as alternativas recaem sobre estudos retrospectivos e correlacionais com dados fornecidos por pesquisas em adultos. No que se refere especificamente à compreensão do TDAH, esses exames ainda não possuem qualquer função clínico-diagnóstica, devendo-se restringir a situações de pesquisa (Szobot & Stone, 2003).

Um dos primeiros estudos de neuroimagem com TDAH infantil foi realizado por Lou, Henrihsen e Bruhn (1984). Tal estudo revelou diminuição do fluxo sanguíneo no caudado e, mais evidentemente, na região frontal, com aumento do

fluxo na occipital. Posteriormente, outros estudos realizados por esses pesquisadores por meio de SPECT apontaram hipoperfusão frontal e parietal à esquerda com assimetria frontal e temporal.

Silberstein e colaboradores (1998) investigam diferenças na atividade elétrica encefálica durante a execução de tarefas de desempenho contínuo em crianças com e sem TDAH. Os resultados revelaram prejuízos no processamento neuronal em sítios localizados na região pré-frontal direita para o grupo com TDAH. Outro estudo analisando o desempenho no Teste de Stroop com ressonância magnética funcional em indivíduos adultos com e sem TDAH revelou que ambos os grupos apresentaram efeito de interferência na tarefa; no entanto, os pacientes com TDAH mostraram uma maior ativação na rede fronto-estriatal, indicando hipoatividade no córtex anterior cingulado, em contraste com adultos normais (Bush e colaboradores, 1999).

Em um estudo envolvendo tarefas de memória de trabalho auditiva e uso neuroimagem em adultos com TDAH (Schweitzer e colaboradores, 2000), observaram-se padrões mais difusos de ativação encefálica associados a uma menor ativação das regiões frontais e maior ativação no estriado. Concordante com os achados anteriores, Barnett e colaboradores (2001), ao avaliar memória espacial, detecção do estímulo, manutenção da atenção e seleção da resposta em crianças com TDAH sem medicamento, também encontraram um padrão difuso de ativação encefálica e desempenho pior destas crianças em comparação com controles normais. Tais resultados sugerem que o prejuízo nas funções executivas nas crianças com TDAH possa ser devido a um desempenho inapropriado do funcionamento encefálico, principalmente da região frontal.

Inúmeros estudos têm, também, evidenciado alterações neuroquímicas, especialmente dos sistemas dopaminérgico e norepinefrinérgico, associadas a este transtorno. Tais alterações podem ser, na maior parte das vezes, minimizadas com a introdução de psicotrópicos durante o tratamento, especialmente psicoestimulantes, como metilfenidato ou anfetamina, que atuam sobre tais sistemas e têm sido eficazes no tratamento de crianças com TDAH (Pliszka, 2004). Estudos com a técnica de PET scan com radioquímico 18-fluorodopa, importante para a detecção dos terminais dos sistemas de dopamina e norepinefrina, têm revelado que adultos com TDAH têm um menor número desses terminais na região pré-frontal do que controles (Pliszka, 2004).

Resumidamente, conforme exposto, as funções executivas têm sido tema de diversas

pesquisas nos últimos anos, especialmente em estudos que buscam compreender as dificuldades subjacentes ao TDAH. Porém, é importante ressaltar, conforme citado anteriormente, que a maioria dos estudos sobre funções executivas foi conduzida com adultos, havendo, portanto, carência de instrumentos desenvolvidos especificamente para avaliação de crianças, bem como de normas sobre como seriam os desempenhos de crianças sem e com TDAH em tais instrumentos (Sánchez-Carpintero & Narbona, 2001). Assim, no que se refere às funções executivas, até o presente não se tem um padrão estabelecido das alterações em tais funções em crianças com TDAH (Sergeant, Geurts & Oosterlaan, 2002).

No Brasil, estudos têm sido conduzidos para investigar o comprometimento neuropsicológico no TDAH (e.g., Amaral & Guerreiro, 2001; Gomes, Mattos, Pastura, Ayrão & Saboua, 2005). Este artigo revisa, especificamente, alguns instrumentos desenvolvidos para avaliar funções executivas em crianças, bem como dois estudos que buscaram evidências de validade de tais instrumentos, verificando sua relação com sintomas de desatenção e hiperatividade (Cozza, 2005; Assef, 2005).

Para a avaliação de crianças brasileiras têm sido desenvolvidas versões de testes tradicionalmente usados para avaliar componentes das funções executivas, tais como Teste de Stroop (Capovilla, Montiel, Macedo & Charin, 2005), Teste de Geração Semântica (Capovilla & Macedo, no prelo), Teste de Trilhas (Montiel & Capovilla, no prelo) e Teste da Torre de Londres (Krikorian e colaboradores, 1994) que, conforme o arrazoado teórico, avaliam atenção seletiva, controle inibitório, flexibilidade e planejamento, respectivamente. Paralelamente a tais testes, têm sido usados os Testes de Memória de Trabalho Auditiva e de Memória de Trabalho Visual (Primi, 2002), bem como uma versão do Teste de Fluência Verbal FAS.

Todos esses instrumentos, com exceção dos Testes de Trilhas e Torre de Londres, são informatizados, o que traz grandes vantagens para a análise de medidas de tempo, pois permite registrar precisamente o tempo de reação em milésimos de segundos, aumentando sua sensibilidade. Além disso, a informatização auxilia a padronização das condições de apresentação de estímulos e coleta de respostas, permitindo exercer maior rigor no controle das condições de avaliação, tornando os instrumentos um recurso mais confiável para a avaliação neuropsicológica.

Pesquisas usando tais instrumentos têm sido conduzidas. Numa primeira pesquisa (Cozza, 2005) participaram 154 crianças, sendo 56,5% do sexo masculino e 43,5% do sexo feminino, com idades variando de 8 anos e 5 meses a 13 anos e 1 mês, sendo a média de idade dos participantes de 10 anos e 6 meses e desvio-padrão de 10,4 meses. Os participantes cursavam cinco salas de aula do ensino fundamental, sendo duas salas de terceira série e três salas de quarta série, provenientes de uma escola pública e uma escola municipal da Grande São Paulo.

Foram aplicados os Testes de Trilhas, de Memória de Trabalho Auditiva, de Memória de Trabalho Visual e Torre de Londres que, conforme a bibliografia, avaliam flexibilidade, memória de trabalho auditiva, memória de trabalho visual e planejamento, respectivamente. Além disso, os professores das crianças responderam à Escala de Déficit de Atenção e Hiperatividade – ETDAH (Benczik, 2000).

Houve correlações significativas entre percentis na ETDAH e medidas dos Testes de Trilhas, de Memória de Trabalho Auditiva, de Memória de Trabalho Visual e Torre de Londres. Não houve correlações com Testes de Stroop e de Geração Semântica, que avaliam atenção seletiva e controle inibitório, provavelmente porque foi computado apenas o score, e não o tempo de reação. Análise multivariada do tipo de grupo (crianças com percentis acima ou abaixo de 75 na ETDAH) revelou diferenças em medidas dos Testes de Trilhas e de Memória de Trabalho Auditiva, fornecendo evidências de validade concorrente de tais testes na identificação de crianças com sintomas de desatenção e hiperatividade.

A ausência de efeito significativo sobre os desempenhos no Testes de Stroop e de Geração Semântica, conforme já discutido, pode ser devido ao fato do desempenho ter sido avaliado apenas em termos de número de acertos, e não em termos de tempo de reação, que poderia ser uma medida mais sensível. Já a ausência de efeito significativo de grupo sobre os desempenhos na Torre de Londres e no Teste de Memória de Trabalho Visual pode sugerir que tais testes não avaliam as mesmas áreas que a Escala de Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade.

De modo a compreender mais detalhadamente a relação entre os componentes das funções executivas e TDAH, uma segunda pesquisa (Assef, 2005) avaliou 62 participantes, divididos em dois grupos, com idades entre 8 e 12 anos. O grupo 1 foi formado por 31 crianças com diagnóstico de

TDAH, realizado por psiquiatra segundo os critérios da Associação Psiquiátrica Americana – DSM-IV-TR™ (American Psychiatric Association, 2002). O grupo 2 foi formado por outras 31 crianças que não apresentavam sintomas de desatenção ou hiperatividade, conforme avaliada pela ETDAH, pareadas por idade e sexo com as crianças do grupo 1.

Houve diferenças significativas entre os dois grupos para os tempos de reação nos Testes de Geração Semântica e de Stroop, e para os escores no Teste de Trilhas, fornecendo validade para esses instrumentos na identificação de crianças com TDAH. Nas análises de correlação de Pearson, todos os desempenhos nos diferentes testes correlacionaram-se com alguma outra medida. De forma geral as correlações significativas foram baixas, sugerindo que tais testes avaliam construtos distintos, embora relacionados, o que corrobora a hipótese de dissociação entre componentes de funções executivas.

Desta forma, as pesquisas anteriormente descritas têm contribuído para fornecer evidências de validade de diversos instrumentos que avaliam as funções executivas, revelando o comprometimento de alguns aspectos no TDAH. Têm, ainda, corroborado a hipótese de que as funções executivas devem ser consideradas incluindo diferentes componentes, tais como atenção seletiva, planejamento, controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade.

De forma a aumentar a compreensão dos comprometimentos de crianças com TDAH, os resultados obtidos devem ser investigados mais detalhadamente em pesquisas ulteriores. Alguns fatores são especialmente relevantes, tais como uso de medicação (especialmente metilfenidato), tipo de escola, nível sócio-econômico, idade, gênero e comorbidades, entre outros, visto que, conforme descrito na literatura (Houghton e colaboradores, 1999; Sergeant e colaboradores, 2002), muitas variáveis externas aos testes podem interferir na avaliação dos comprometimentos em distúrbios neuropsicológicos.

É importante estudar, também, as características intrínsecas a cada versão dos testes anteriormente descritos. Por exemplo, na versão aqui empregada do Teste de Stroop (Capovilla e colaboradores, 2005), de apresentação informatizada, cada estímulo é apresentado isoladamente na tela, e a passagem para o próximo estímulo só é realizada após a emissão da resposta ao estímulo apresentado. Esse fator elimina a

interferência da distração pela apresentação de vários estímulos numa única situação, como ocorre, por exemplo, na versão de Regard (1981) em papel. Se por um lado isso elimina a interferência da distração, por outro lado restringe a possibilidade de erros de resposta e aumenta o tempo de reação.

De forma a dar continuidade às pesquisas com a aplicação de testes para avaliar funções executivas, novos estudos estão sendo conduzidos, buscando derivar dados normativos para crianças brasileiras, o que permitirá ao neuropsicólogo comparar o desempenho de seus pacientes. Nesta ampla pesquisa de normatização poderão ser estudados, de forma mais aprofundada, possíveis efeitos de variáveis importantes como gênero, tipo de escola e idade sobre o desempenho nos testes neuropsicológicos em crianças sem transtornos psiquiátricos, verificando se os mesmos padrões observados nas crianças com TDAH emergem.

REFERÊNCIAS

- Amaral, A. H. & Guerreiro, M. M. (2001). Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade: proposta de avaliação neuropsicológica para diagnóstico. *Arquivos de Neuropsiquiatria*, 59(4), 884-888.
- American Psychiatric Association (2002). *Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais*. Porto Alegre: Artmed.
- Ardila, A. & Ostrosky-Solís, F. (1996). *Diagnóstico del daño cerebral: enfoque neuropsicológico*. Mexico: Editorial Trillas.
- Assef, E. C. S. (2005). *Funções executivas e TDAH: um estudo de evidências de validade*. Dissertação de Mestrado não-publicada. Programa de Pós-Graduação Strico-Sensu em Psicologia, Universidade São Francisco. Itatiba, SP.
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121 (1), 65-94.
- Barnett, R., Maruff, P., Vance, A., Luk, E. S. L., Costin, J., Wood, C. & Pantelis, C. (2001). Abnormal executive function in attention deficit hyperactivity disorder: the effect of stimulant medication and age on spatial working memory. *Psychological Medicine*, 31 (6), 114-121.
- Bear, M. F., Connors B. W. & Paradiso, M. A. (2002). *Neurociências desvendando o sistema nervoso*. Porto Alegre: ArtMed.
- Benczik, E. B. P. (2000). *Manual da Escala de Transtorno de Déficit de Atenção e*

- Hiperatividade*. São Paulo: Casa do Psicólogo.
- Bosa, C. A. (2001). As relações entre autismo, comportamento social e função executiva. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 14(2), 281-287.
- Bush, G., Frazier, J. A., Rauch, S. L., Seidman, L. J., Whalen, P. J., Jenike, M. A., Rosen, B. R. & Biederman, J. (1999) Anterior cingulate cortex dysfunction in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder revealed by MRI and the Counting Stroop. *Biological Psychiatry*, 45, 1542-1552.
- Capovilla, A. G. S., Montiel, J. M., Macedo, E. C., & Charin, S. (2005). *Teste de Stroop Computadorizado*. Programa de computador, Universidade São Francisco, Itatiba.
- Capovilla, A. G. S. & Macedo, E. C. (no prelo). *Teste de Geração Semântica*.
- Courtney, S. M., Ungerleider, L. G., Keil, K. & Haxby, J. V. (1997). Transient and sustained activity in a disturbed neural system for human working memory. *Nature*, 386, 608-611.
- Cozolino, L. (2002). *The neuroscience of psychotherapy: Building and rebuilding the human brain*. New York: W. W. Norton & Company.
- Cozza, H. F. P (2005). *Avaliação das funções executivas em crianças e correlação com atenção e hiperatividade*. Dissertação de Mestrado não-publicada. Programa de Pós-Graduação Strico-Sensu em Psicologia, Universidade São Francisco. Itatiba, SP.
- Cunha, J. A., Trentini, C. M., Argimom, I. L., Oliveira, M. S., Wetlang, B. G., & Prieb, R. G. (2005). *Teste Wisconsin de Classificação de Cartas - WCST Manual* (Revisado e Ampliado). São Paulo: Casa do Psicólogo.
- Dehaene, S., Posner, M. I. & Tucker, D. M. (1994). Localization of neural system for error detection and compensation. *Psychological Science*, 5, 303-305.
- Friedman, H. R. & Goldman-Rakic, P. S. (1994). Coactivation of prefrontal cortex and inferior parietal cortex in working memory tasks revealed by 2DG functional mapping in the rhesus monkey. *Journal of Neuroscience*, 14, 2775-2788.
- Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B. & Mangun, G. R. (2002). *Cognitive neuroscience: The biology of the mind*. New York: Norton & Company.
- Gil, R. (2002). *Neuropsicologia*. São Paulo: Editora Santos.
- Gomes, F., Mattos, P., Pastura, G., Ayrão, G. & Saboua, E. (2005). Funções executivas numa amostra não-clínica de crianças e adolescentes com Transtorno do Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH). *Jornal Brasileiro de Psiquiatria*, 54(3), 178-181.
- Houghton, S., Douglas, G., West, J., Whithing, K., Wall, M., Langsford, S., Powell, L. & Carroll, A. (1999). Differential patterns of executive function in children with attention deficit hyperactivity disorder according to gender and subtype. *Journal of Child Neurology*, 14 (12), 801-805.
- Knapp, P., Rohde, L. A., Lyszkowski, L. & Johannpeter, J. (2002). *Terapia cognitivo-comportamental no Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade: Manual do terapeuta*. Porto Alegre: Editora Artmed.
- Knight, R. T. & Grabowecky, M. (1995). Escape from linear time prefrontal cortex and conscious experience. Em M. S. Gazzaniga, R. B. Ivry & G. R. Mangun (2002), *Cognitive Neuroscience: The biology of the mind* (pp. 1357-1371). New York, NY: Norton & Company.
- Konishi, S., Nakajima, K., Uchida, I., Kameyama, M., Nakahara, K., Sekihara, K., and Miyashita, Y. (1998). Transient activation of inferior prefrontal cortex during cognitive set shifting. *Nature Neuroscience*, 1, 80-84.
- Krikorian, R., Bartok, J. & Gay, N. (1994). Tower of London procedure: A standard method and developmental data. *Journal of Clinical Experimental Neuropsychology*, 16 (6), 840-850.
- Leung, H. C., Skudlarski, P., Gatenby, J. C., Peterson, B. S. & Gore, J. C. (2000). An event-related functional MRI study of the Stroop color word interference task. *Cerebral Cortex*, 10 (6), 552-560.
- Lezak, M. D. (1995). *Neuropsychological assessment*. Oxford: University Press Inc.
- Lou, H. C., H. C., Henrihsen, L., & Bruhn, P. (1984). Focal cerebral hypoperfusion in children with dysphasia and/or attention deficit disorder. *Archives of Neurology*, 41, 825-829.
- Marcílio, L. F. (2004). Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade/Impulsividade: diagnóstico e tratamento farmacológico. Em L. E. L. R. Valle & F. C. Capovilla (Orgs.), *Temas multidisciplinares de neuropsicologia & aprendizagem* (pp. 647-653). Ribeirão Preto: Tecmedd.
- Mattos, P., Saboya, E., Kaefer, H., Knijnik, M. P., & Soncini, N. (2003). Neuropsicologia do TDAH. Em L. A. Rohde & P. Mattos (Orgs.), *Princípios e práticas em TDAH* (pp. 63-74). Porto Alegre: Artmed.
- Montiel, J. M. & Capovilla, A. G. S. (no prelo). Teste

- de Trilhas – Partes A e B. Em A. G. S. Capovilla (Org.), *Teoria e pesquisa em avaliação neuropsicológica*. São Paulo: Memnon.
- Pliszka, S. R. (2004). *Neurociência para o clínico de saúde mental*. Porto Alegre: Artmed.
- Primi, R. (2002). *Bateria Informatizada de Capacidades Cognitivas*. Programa de computador, Itatiba: LabAPE.
- Raichle, M. E. (1994). Visualizing the mind. *Scientific American*, 270, 58-64.
- Regard, M. (1981). Cognitive rigidity and flexibility: A neuropsychological study. Em O. Spreen & E. Strauss (1998). *A compendium of neuropsychological tests*. Oxford: Oxford University Press.
- Rogers, R. D., Sahakian, R. A., Hodges, J. R., Polkei, C. E., Kenard, C. & Robbins, T. W. (1998). Dissociating executive mechanisms of task control following frontal lobe damage and Parkinson's disease. *Brain*, 121, 815-842.
- Sánchez-Carpintero, R. & Narbona, J. (2001). Revisión conceptual del sistema ejecutivo y su estudio en el niño por déficit de atención e hiperactividad. *Review of Neurology*, 33 (1), 47-53.
- Schweitzer, J. B., Faber, T. L., Grafton, S. T., Tune, L. E., Hoffman, J. M., & Kilts, C. D. (2000). Alterations in the functional anatomy of working memory in adult attention deficit hyperactivity disorder. *American Journal of Psychiatry*, 157 (2), 278-280.
- Sergeant, J. A., Geurts, H., & Oosterlaan, J. (2002). How specific is a deficit of executive functioning for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder? *Behavior Brain Research*, 130 (1), 3-28.
- Silberstein, R. B., Farrow, M., Levy, F., Pipingas, A., Hay, D. A., & Jarman, F. C. (1998). Functional brain electrical activity mapping in boys with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Archives of General Psychiatry*, 55, 1105-1112.
- Shallice, T. & Burgess, W. (1991). Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man. *Brain*, 114, 727-741.
- Shimamura, A. P. (2000). The role of the prefrontal cortex in dynamic filtering. *Psychobiology*, 28, 207-218.
- Souza, R. O., Ignácio, F. A., Cunha, F. C. R., Oliveira, D. L. G., & Moli, J. (2001). Contribuição à neuropsicologia do comportamento executivo: Torre de Londres e Teste de Wisconsin em indivíduos normais. *Arquivos de Neuropsiquiatria*, 59 (3-A), 526-531.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reaction. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.
- Szobot, C., Eizirik, M., Cunha, R. D., Langleben, D., & Rohde, L. A. (2001). Neuroimagem no transtorno de déficit de atenção/hiperatividade. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, 23 (1), 32-35.
- Szobot, C., & Stone, I. R. (2003). Transtorno de déficit de atenção/hiperatividade: base neurobiológica. Em L. A. Rohde & P. Mattos (Orgs.), *Princípios e práticas em TDAH* (pp. 53-62). Porto Alegre: Artmed.
- Thompson-Schill, S. L., Swich, D., Farah, M. J., D'Esposito, M., Kan, I. P. & Knight, R. T. (1998). Verb generation in patients with focal frontal lesions: A neuropsychological test of neuroimaging findings. *Proceedings of National Academic Sciences*, 95, 15.855-15.860.

Recebido em Agosto de 2006

Reformulado em Novembro de 2006

Aceito em Dezembro de 2006

SOBRE OS AUTORES:

Alessandra Gotuzo Seabra Capovilla: psicóloga, Mestre, Doutora e Pós-doutorada em Psicologia Experimental pela Universidade de São Paulo. Docente do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Psicologia da Universidade São Francisco.

Ellen Carolina dos Santos Assef: psicóloga e Mestre em Psicologia pela Universidade São Francisco. Docente do curso de Psicologia da Universidade do Oeste Paulista.

Heitor Francisco Pinto Cozza: psicólogo, Mestre e Doutorando em Psicologia pela Universidade São Francisco.