

O PAPEL DE MECANISMOS DE CONTROLE EXECUTIVO NO PROCESSAMENTO LINGÜÍSTICO: DIFERENÇAS DE DESEMPENHO ENTRE CRIANÇAS E ADULTOS EM TAREFAS EXPERIMENTAIS

Erica dos Santos Rodrigues (LAPAL/PUC-Rio)

RESUMO

Este trabalho focaliza a atuação de mecanismos de controle executivo no processamento linguístico, buscando explorar em que medida diferenças de desempenho entre crianças e adultos em determinadas tarefas experimentais podem ser atribuídas à atuação desses mecanismos. Apresenta-se uma caracterização da função executiva e de seus componentes, com indicação de evidências de base neurológica e de dados relativos ao curso temporal de desenvolvimento dessa função. Discutem-se, em seguida, resultados de experimentos envolvendo estruturas linguísticas cujo processamento parece mobilizar mecanismos de controle executivo. Encerra-se o artigo com a sugestão de questões para pesquisa futura.

PALAVRAS-CHAVE: processamento linguístico; controle executivo; desenvolvimento linguístico; metodologia experimental.

INTRODUÇÃO

Mecanismos de controle executivo exercem papel fundamental no desenvolvimento de funções cognitivas e sociais. Estes mecanismos atuam na organização de pensamentos e ações de acordo com objetivos internos. Compreendem, entre outros, processos de monitoramento e resolução de conflitos de modo a poder inibir informação irrelevante para a resolução de uma dada tarefa. No caso de tarefas linguísticas, processos inibitórios são mobilizados em situações em que pode haver mais de uma representação ativa, sendo necessário suprimir informação irrelevante e/ou conflitante – seleção lexical; processos de alternância de código; interpretação de sentenças com ambiguidade total ou temporária (Ye & Zhou, 2009). Considerando-se que mecanismos de controle executivo mobilizados no processamento linguístico devam ser similares àqueles mobilizados na percepção e atenção e que estes só se desenvolveriam plenamente ao final da adolescência (Choi & Trueswell, 2010; Novick et al., 2005), discute-se, neste artigo, em que medida diferenças de desempenho observadas na realização de tarefas linguísticas por adultos e crianças podem ser atribuídas ao domínio de funções

executivas e de planejamento e se essas diferenças podem ser minimizadas a partir de manipulações que reduzam demandas cognitivas associadas às tarefas experimentais. São comentados resultados de experimentos relativos a interpretação de quantificadores universais, processamento de estruturas envolvendo recursividade e resolução de ambiguidades sintáticas temporárias.

O texto apresenta a seguinte organização: na primeira seção, faz-se uma breve explanação acerca da função executiva e seu funcionamento, com apresentação de evidências de uma base neurológica para tal construto. Na seção seguinte, são analisadas tarefas linguísticas que mobilizam mecanismos de controle executivo, buscando-se indicar em que medida alterações de natureza metodológica podem reduzir demandas associadas a essas tarefas e se é possível sustentar ou não a hipótese da Continuidade (Crain, 1991; 2002; Crain & Pietroski, 2001; Crain & Thornton, 1998; Pinker, 1984) no que tange aos mecanismos cognitivos acessados por crianças e adultos no processamento linguístico. Encerra-se o trabalho com um breve resumo e com o encaminhamento de questões para pesquisa futura.

1. CONTROLE EXECUTIVO

O termo controle executivo vem sendo empregado em conjunto com uma variedade de outros rótulos – como controle cognitivo, função executiva, viés atencional, sistemas de controle de atenção – em referência a processos cognitivos mobilizados em tarefas que envolvem planejamento e gerenciamento de ações voltadas a um determinado objetivo, em que estão presentes informações em competição. Diferentes modelos têm sido propostos para caracterizar o funcionamento de mecanismos de controle executivo.

No modelo de memória de trabalho de Baddeley (1986; 1996; 1998; 2000), tais mecanismos estão associados a um sistema executivo central que controla e regula outros sistemas e subprocessos. Esse sistema seria responsável por atenção seletiva e inibição de informações distratoras, pela coordenação dos chamados sistemas “escravo” (a alça fonológica e o esboço visuo-espacial), pela articulação de informações provenientes de diferentes fontes, pela alternância de tarefas e recuperação de estratégias, pela evocação/recuperação de informações da memória de longo prazo. Nesse modelo, em particular em sua versão inicial, tal sistema é apresentado como um construto unitário, singular.¹ Há propostas, por outro lado, que operam com uma visão componencial da função executiva. Miyake et al. (2000), a partir de revisão de literatura sobre função executiva, consideram os seguintes componentes: alternância de estado mental, atualização informacional e monitoramento (que, para vários autores, seria relacionado à memória de trabalho) e um componente inibitório. Zhou, Chen & Main (2011) referem-se a essa visão como um modelo de três fatores e afirmam que há evidências que sustentam uma abordagem multifatorial da função executiva para crianças em idade escolar e para adolescentes (Huizinga, Dolan & van der Molen, 2006). Observam, não obstante, com base no trabalho de Wiebe, Espy e Charak (2008), que modelos de fator único são mais compatíveis com resultados relativos ao desempenho de crianças em idade pré-escolar. Apontam, ainda, para uma terceira visão acerca da função executiva, segundo a qual esta seria um construto unitário com componentes dissociáveis, conforme proposto por Garon, Bryson & Smith (2008). Estes pesquisadores partem da proposta de Miyake et al. (2000) e trabalham com uma abordagem integrativa, segundo a qual o executivo central é concebido como um sistema de atenção central que estaria envolvido em todas as operações da função executiva. Atenção voluntária e seletiva seria o fator comum que estaria subjacente e permitiria o desenvolvimento dos componentes da função executiva.

1. Cumpre observar que o próprio Baddeley (1998), em um artigo de debate, esclarece que o sistema executivo central é um conceito científico, sujeito a restrições de ordem empírica e, assim como outros componentes da memória de trabalho, é passível de fracionamento em subsistemas, sendo questão de pesquisa como tais subsistemas se inter-relacionariam e qual seria seu substrato anatômico.

Uma questão importante, independentemente do modelo assumido, é a relação entre idade e desenvolvimento de controle executivo. Resultados comportamentais bem como evidências neurocognitivas indicam diferenças entre crianças e adultos em tarefas que mobilizam funções executivas.

Diamond (2006) reporta que há evidências provenientes de diferentes fontes -- desde trabalhos com pacientes com danos cerebrais até estudos com imagens cerebrais de adultos saudáveis e pesquisas com primatas não humanos -- de que tanto as áreas dorso-lateral como ventro-lateral do córtex pré-frontal estão associadas a funções executivas.²

Segundo Casey, Galvan & Hare (2005), o desenvolvimento do córtex pré-frontal está associado ao amadurecimento de habilidades cognitivas superiores, as quais mobilizariam mecanismos de controle executivo. De acordo com os autores, regiões relacionadas a funções primárias, como sistema motor e sensorial, amadurecem cedo enquanto áreas que integram essas funções primárias amadurecem mais tarde. Isso pode ser verificado a partir imagens de ressonância magnética que mostram que perda de matéria cinzenta cortical ocorre mais cedo nas áreas sensorio-motoras primárias e, mais tarde, na porção dorso-lateral do córtex pré-frontal e no córtex temporal lateral. Os pesquisadores apontam que esses dados são consistentes com estudos *post-mortem* envolvendo primatas humanos e não humanos, os quais mostram que o córtex pré-frontal é uma das últimas regiões do cérebro a amadurecer. Acrescentam, ainda, que em paralelo à redução de matéria cinzenta ocorre um aumento de matéria branca que se observa ao longo do desenvolvimento até aproximadamente o início da idade adulta.

Turner & Spreng (no prelo) afirmam que resultados de trabalhos em que se faz uso de ressonância magnética funcional para investigar processos de controle executivo indicam diferenças robustas de atividade cerebral entre indivíduos mais jovens e mais velhos, em especial em condições de alta demanda de controle executivo³. Segundo esses autores, o padrão de atividade cerebral relacionado à idade mais comumente reportado nesses trabalhos é o aumento no recrutamento de aspectos laterais do córtex pré-frontal bilateralmente.

Em termos de desenvolvimento, considera-se que os primeiros sinais de função executiva aparecem por volta dos 8/9 meses de idade. Resultados de testes realizados com crianças entre 8 e 12 meses empregando tarefa de *detour reaching*⁴ e o experimento clássico de Piaget “A-não-B”⁵ indicam que nessa faixa etária crianças já são capazes de planejar ações, inibir respostas prepotentes e alterar o comportamento em função de mudanças de cenário. Segundo Diamond (2006), embora não se saiba ao certo o que ocorre no cérebro que torna possível esses avanços cognitivos ao final do primeiro ano de vida, observa-se que, entre os 7 ½ e 12 meses de idade, os dendritos dos neurônios piramidais na camada III da área dorso-lateral do córtex pré-frontal (DL-CPF) sofrem uma de suas mais dramáticas expansões; além disso, a superfície dos corpos celulares desses neurônios se amplia nessa faixa de idade e o nível de metabolismo de glucose no DL-CPF sofre aumento vindo a atingir, por volta do

2. Para lista completa de trabalhos citados pela autora, consultar original.

3. Para lista significativa de trabalhos, ver texto original.

4. A tarefa de *detour-reaching* permite avaliar a habilidade de um sujeito aprender a transpor uma barreira de modo a recuperar uma recompensa. Para ilustração desse tipo de tarefa, ver vídeo 037. Tâche de détour pour récupérer un objet, disponível em <http://development.ccdmd.qc.ca>.

5. O experimento “A-não-B” é realizado da seguinte maneira: o experimentador esconde um objeto interessante debaixo de uma superfície (por exemplo, um pano) e incentiva a criança a buscar o objeto nesse local (Local A). Após várias repetições desse procedimento, o experimentador, na presença da criança, altera o lugar onde o objeto foi colocado (Local B). Antes dos 7/8 meses de idade, a criança continua buscando o objeto no primeiro local, a despeito de ter observado a mudança feita pelo experimentador – o objeto é procurado em A e não em B (erro A-não-B).

primeiro ano, níveis próximos aos verificados em adultos. Outra mudança relevante é o aumento do nível de dopamina no DL-CPF, um neurotransmissor cuja redução pode vir a comprometer desempenho em tarefas de função executiva. Resultados de pesquisas com macacos também são relevantes para ajudar a entender o que ocorre com as crianças. Verificou-se que macacos com lesão na porção dorso-lateral do córtex pré-frontal apresentam falhas similares às das crianças em tarefas citadas acima e estudos com macacos *rhesus* filhotes mostraram que, durante o período em que estes estão melhorando o desempenho nessas mesmas tarefas, há um aumento do nível de dopamina no cérebro; ocorre, também, aumento da densidade dos receptores de dopamina no córtex pré-frontal e mudanças importantes no DL-CPF no que diz respeito à distribuição de axônios contendo a enzima crítica para a produção de dopamina (a tirosina hidroxilase).

Durante o segundo ano de vida, desenvolve-se outra habilidade relevante no que tange à função executiva - a compreensão de conexões entre elementos fisicamente relacionados e a dedução de regras abstratas com base nessas conexões. O bom desempenho de crianças em teste de escolha diferente do modelo com atraso (*Delayed non-matching to sample*) é analisado por Diamond (2006) como evidência do desenvolvimento dessa habilidade. Segundo a autora, embora seja um teste clássico de avaliação das funções do lobo temporal medial – em especial, da memória de reconhecimento visual –, a dificuldade enfrentada por crianças com menos de 20-21 meses não estaria associada à retenção de informação após períodos de longos retardos, visto que essa capacidade já estaria presente bem antes dessa faixa etária. A dificuldade residiria em compreender o que está envolvido no desempenho correto da tarefa, mais especificamente em apreender a relação baseada em uma regra abstrata entre um estímulo e uma recompensa quando não há uma conexão física óbvia entre eles.⁶ No caso de crianças de 9-12 meses, a conexão física parece ser crucial para apreensão do princípio abstrato que conecta o estímulo e a recompensa. Crianças nessa faixa etária obtêm sucesso na realização do teste desde que a conexão física seja óbvia, não importando se existe ou não proximidade espacial ou temporal entre o objeto e a recompensa.

O período entre 3 e 5 anos de vida é marcado por expressivo desenvolvimento da capacidade de mudar de perspectivas, o que implica flexibilidade cognitiva e controle inibitório. Há uma melhora significativa em testes relacionados à chamada Teoria da Mente⁷ e em testes empregados para avaliar funções executivas – como o *Dimensional Change Card Sort* (DCCS – Frye, Zelazo & Palfai, 1995; Zelazo, Reznick & Piñon, 1995), o de figuras ambíguas (Gopnik & Rosati, 2001), o teste Dia-Noite baseado no teste *Stroop* (Gerstadt, Hong & Diamond, 1994), testes do tipo *go/no go* (Livesey & Morgan, 1991), entre outros.⁸

6. O teste “escolha diferente do modelo” é uma adaptação do teste “escolha de acordo com o modelo”, concebidos para investigar memória de reconhecimento visual. Nesses testes, o participante deve se lembrar das características de um objeto de modo a obter uma recompensa. Em uma primeira etapa, um objeto é apresentado e removido do campo de visão. Esse objeto deve ser mantido na memória por um determinado tempo, após o qual deve ser pareado (mentalmente) com um objeto semelhante (no caso, do teste de escolha de acordo com o modelo) ou com um objeto diferente (no caso do teste de escolha diferente do modelo). Para detalhamento de aplicação do teste “escolha diferente do modelo” a crianças, ver Diamond et al. (1999) e Diamond, Lee & Hayden (2003).

7. Por Teoria da Mente, entende-se a capacidade de fazer inferências sobre o estado mental de outro indivíduo, sobre seu estado de conhecimento, suas crenças e desejos (Premack & Woodruff, 1978). Testes para avaliar Teoria da Mente envolvem a manutenção de duas representações diferentes sobre uma mesma situação (o estado real de coisas e a falsa crença de outra pessoa), com inibição de uma dessas representações. Em um teste típico, realizado em geral com o auxílio de figuras, um determinado objeto é escondido de um personagem quando este sai do cenário em que havia visto o referido objeto originalmente. Pergunta-se ao participante do experimento onde o personagem irá procurar o objeto. Crianças de 3 anos falham na realização da tarefa e dizem que o personagem irá procurar o objeto no local onde este foi escondido (mesmo sabendo que o personagem não presenciou a cena). Crianças de 4-5anos respondem corretamente: dizem que o personagem irá buscar o objeto onde este foi visto pela última vez. Em termos de controle executivo, pode-se dizer que as crianças mais velhas são capazes de manter, na memória, informação relativa ao local onde o objeto foi visto pelo personagem antes de deixar a cena e inibir a tendência de dizer onde o objeto de fato está.

8. Para uma apresentação sucinta desses testes, consultar Diamond (2006).

Entre os 5 e 11 anos, os principais avanços no que tange ao desenvolvimento da função executiva dizem respeito à flexibilidade cognitiva (em especial em tarefas nas quais o participante deve alternar regras de realização), memória de trabalho e velocidade de processamento. Em relação a esse último aspecto, Diamond (2006) observa que, embora não se possa considerar velocidade de processamento como um componente de função executiva, trabalhos indicam que há uma forte relação entre velocidade de processamento e desempenho em testes de função executiva (Duncan, Burgess & Emslie, 1995; Fry & Hale, 1996; Kail & Salthouse, 1994). Acrescenta, ainda, que há um decréscimo na velocidade de processamento com o envelhecimento, a qual pode ser correlacionada com um declínio no desempenho em tarefas que avaliam função executiva. A autora lista as seguintes tarefas e testes em que as crianças exibem avanços significativos nessa faixa etária: tarefas anti-sacádicas; teste *Wisconsin* de classificação de cartas (*Wisconsin Card Sort Test*); tarefa de *Stroop* direcional; testes de capacidade de memória.

Algumas habilidades relacionadas à função executiva continuam a se desenvolver até a idade adulta (por volta dos 20 anos). Cepeda, Kramer & Gonzalez de Sather (2001) conduziram um estudo com indivíduos de 7 a 82 anos, empregando um paradigma experimental conhecido como *task-switching*. A tarefa consistia de dois blocos em que não havia alternância de tarefa e oito blocos, com alternância. No primeiro bloco, a tarefa era do tipo “qual número”: os participantes deveriam identificar o número apresentado na tela de um computador (no caso, o número 1 ou 3); no segundo bloco, a tarefa era do tipo “quantos”: os participantes deveriam informar quantos dígitos apareciam na tela do computador, sendo metade dos estímulos compatíveis com a resposta (resposta 3 para o estímulo 333; e 1 para o estímulo 1) e metade incompatível (resposta 1 para o estímulo 3 e resposta 3 para o estímulo 111). Nos blocos com alternância, os participantes deveriam alternar entre tarefas do tipo “qual número” e “quantos”. Nesses blocos, também metade dos estímulos era compatível e metade incompatível com a resposta. As respostas eram dadas no teclado numérico, pressionando os números “1” e “3”. Os autores observaram que o desempenho dos indivíduos era melhor aos 10-12 anos do que aos 7-9 anos, mas só atinge o pico de desenvolvimento por volta dos 20 anos, mantinha-se constante ao longo da idade adulta e começava a piorar depois dos 60 anos.

Outro estudo que apresenta evidências de que a maturação cognitiva e cerebral da função executiva continua até a idade adulta é o realizado por Luna et al. (2001). Os autores conduziram um teste com indivíduos de 8 a 30 anos no qual empregaram uma tarefa anti-sacádica, que consiste na inibição de uma resposta oculomotora esperada. Os participantes foram instruídos a dirigir o olhar para a direção oposta àquela em que aparecia um dado alvo na tela de um computador, ou seja, deveriam realizar um movimento anti-sacádico, contrário ao que seria a resposta involuntária que se observa quando da apresentação de um estímulo visual (resposta pró-sacádica). Os resultados comportamentais indicaram que a habilidade de inibir uma resposta prepotente (olhar na direção do alvo) amadurece gradualmente ao longo da infância e adolescência. Em relação aos resultados de ativação cerebral, imagens de ressonância magnética funcional mostraram que o córtex pré-frontal estava mais ativo nos adolescentes do que nas crianças e adultos, e que os adultos tiveram maior ativação no cerebelo lateral do que os sujeitos mais novos.

2. CONTROLE EXECUTIVO E DESENVOLVIMENTO LINGUÍSTICO

Nesta seção, analisa-se o papel dos mecanismos de controle executivo para o desenvolvimento linguístico, em especial no que tange ao processamento de informação linguística em tempo real. Discute-se em que medida diferenças de desempenho entre crianças e adultos na realização de tarefas linguísticas podem ser atribuídas ao domínio da função executiva. Figurativamente, pode-se dizer que as crianças pequenas são “teimosas” e “insistentes” em suas análises de determinadas estruturas linguísticas. Elas apresentam uma tendência a “perseverar” em suas respostas e dificuldade de rever escolhas e análises inicialmente feitas. Essa “falta de flexibilidade” na realização de tarefas linguísticas, tendo como resultado desempenho diferente daquele apresentado pelo adulto, parece estar associada a uma imaturidade relativa ao desenvolvimento de funções executivas e não a uma questão de conhecimento linguístico.

A interpretação de quantificadores universais parece trazer dificuldades para crianças em comparação a adultos. Em uma tarefa linguística em que é apresentada uma frase do tipo *Is every cat kicking a ball*, juntamente com uma figura em que há 4 gatos chutando uma bola e uma bola sozinha, as crianças tendem julgar a sentença como incorreta.

Philip (1995) explica esse resultado a partir da hipótese de julgamento simétrico: a criança trataria o quantificador *every* em *Every cat is kicking a ball* como um quantificador adverbial (e não como um quantificador determinante), cujo domínio se estenderia para além do constituinte nominal que contém o quantificador; *every* quantificaria sobre o evento todo. Para o autor, diferentemente dos adultos, as crianças ignorariam a questão do escopo envolvido nas sentenças e, possivelmente, não disporiam em sua gramática da possibilidade de movimentar quantificadores.

Crain et al. (1996), por seu turno, consideram que a criança teria conhecimento sobre quantificação universal e que as respostas simétricas seriam causadas por falhas no *design* experimental. Segundo os autores, no estudo de Philip, as circunstâncias em que a pergunta é realizada são inapropriadas para a formulação de uma pergunta do tipo sim/não. Para que a pergunta pudesse ser respondida de modo feliz como “sim”, seria necessário criar uma situação em que a afirmação sobre a qual incidisse a pergunta pudesse ser colocada em dúvida em algum momento do teste. Ou seja, para que a criança respondesse “sim”, seria necessário poder conceber uma situação diferente daquela expressa pela afirmação. Crain et al. conduzem experimentos empregando a tarefa de julgamento de valor de verdade e obtêm 88% de respostas corretas por parte de crianças falantes de inglês.

Sugisaki & Isobe (2001) levantam a hipótese de que o crucial para eliciar respostas semelhantes às dos adultos no experimento de Crain et al. (1996) teria sido o número relativamente alto de objetos remanescentes, mencionados nas histórias. Adaptam, então, a gravura usada originalmente por Philip (1995), incluindo mais objetos, e o resultado das crianças melhora expressivamente. Enquanto o grupo controle, que vê a figura com apenas um objeto remanescente (como no experimento de Philip), apresenta 37,5% de respostas corretas, o grupo que faz a tarefa modificada tem uma média de acerto de 87,5%.

Os resultados de Crain et al. (1996) e os de Sugisaki & Isobe (2001), com técnicas experimentais distintas, proveem evidência de que as crianças possuem conhecimento linguístico acerca de quantificadores universais. Demandas da tarefa em que este conhecimento é avaliado (e provavelmente alguns contextos em que estes são usados em situações naturais de interação) é que poderiam gerar dificuldades para as crianças.

Mazuka, Jincho & Oishi (2009) explicam o melhor desempenho das crianças na tarefa aplicada por Sugisaki & Isobe (2001) em termos do funcionamento de mecanismos de função executiva. Na figura em que há apenas um objeto remanescente, este teria uma saliência perceptual maior e seria fonte de distração para a criança, que não conseguiria inibir essa informação e analisar corretamente a sentença. Essa tendência de a criança ser influenciada por propriedades perceptualmente salientes do estímulo e a incapacidade de suprimir essa tendência estariam em conformidade com a ideia de imaturidade da função executiva.

Algate e Lopes (2009) obtiveram resultado semelhante ao de Sugisaki & Isobe (2001), em atividade de julgamento de valor de verdade com emprego de figuras, conduzido com 40 crianças falantes de português, com faixa etária entre 3 e 6 anos. As pesquisadoras também fizeram adaptação no material experimental utilizado por Philip (1995); no entanto, ao invés, de inserir múltiplos objetos remanescentes, as pesquisadoras mantiveram um objeto remanescente e acrescentaram um objeto extra, distrator (por exemplo, para a frase “Toda menina tem um cavalinho”, apresentaram uma figura com três meninas, cada uma segurando a rédea de um cavalinho, um cavalinho sozinho e um cachorrinho sozinho). Segundo conclusões parciais das autoras, a inserção do objeto distrator parece ter tirado o foco do objeto sozinho, fazendo com que as crianças apresentassem a mesma resposta esperada dos adultos. Das 40 crianças testadas, 31 responderam corretamente. Interpretando esse resultado nos termos de Mazuka, Jincho & Oishi (2009), pode-se dizer que a alteração do material experimental deve ter reduzido a saliência perceptual do objeto similar que aparecia isolado (cavalinho sozinho), facilitando a realização da tarefa pela criança.

O amadurecimento da função executiva também parece afetar o processamento de estruturas envolvendo recursividade. Matthei (1982) verificou que crianças na faixa etária de 4 a 6 anos apresentavam dificuldade com a interpretação de numerais na posição de modificador pré-nominal, como em *the second striped ball* (a segunda bola listrada). Para figuras como a exemplificada abaixo (fig.1), enquanto os adultos realizavam corretamente a tarefa, apontando para o terceiro objeto na sequência, as crianças tendiam a apontar para a segunda bola, a qual apresentava a propriedade de ser listrada. As crianças representariam o sintagma com modificador ordinal como uma estrutura coordenada [[second] [striped] [ball]] e não com uma estrutura hierárquica [second [striped ball]].

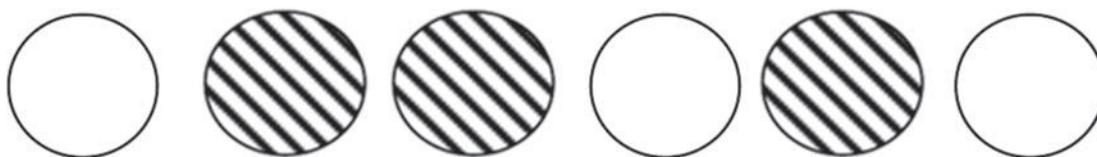


Figura 1: Exemplo de figura utilizada por Matthei (1982) em experimento de interpretação de numerais em posição de modificador pré-nominal. A figura corresponde ao sintagma *the second striped ball*.

Hamburger and Crain (1984) apresentam uma explicação alternativa: segundo os pesquisadores, a criança começaria a planejar e agir enquanto a sentença estivesse sendo construída, o que a levaria a tomar uma decisão incorreta e prematura. Tomando emprestado terminologia de linguagem de programação, os autores caracterizam dois modos de realização de uma tarefa: um modo de compilação (*compile mode*), em que a pessoa gera um plano completo e então começa a realizá-lo, e um modo de interpretação (*interpret mode*), em que a pessoa pode começar a executar o plano enquanto instruções estão sendo dadas.⁹ As crianças agiriam de acordo com o segundo modo, intercalando plano e execução (talvez também por restrições de capacidade de memória de trabalho). Quando a sentença é produzida antes de a criança ver a figura, isto é, só o modo de compilação está disponível, o desempenho desta iguala-se ao do adulto.

Marcilese (2011), em experimento sobre interpretação de numerais ordinais em estruturas recursivas, compara o desempenho de adultos com o de crianças na faixa etária de 4 a 6 anos, falantes de português. É definida como variável independente o “tipo de arranjo visual” dos elementos que compõem as figuras do teste, podendo estes se apresentar em uma organização não tendenciosa ou tendenciosa. Na condição “arranjo não tendencioso”, o elemento que aparece na posição linear indicada na instrução não apresenta as propriedades esperadas. Por exemplo: para a frase – *Mostre a segunda estrela amarela*, a imagem “não tendenciosa” corresponderia a uma sequência cujo segundo elemento seria uma estrela vermelha. Na condição “arranjo tendencioso”, figura de mesmo tipo e mesma propriedade apareceria em uma posição ordinal incorreta. Por exemplo: para a mesma frase acima, teríamos uma sequência cujo elemento em segunda posição seria uma estrela amarela, mas, em termos ordinais, seria a primeira com as duas propriedades (ser estrela e ser amarela). Um dado importante em termos metodológicos é que os estímulos visuais eram apresentados à criança após terem ouvido a frase experimental. Os resultados mostraram um efeito principal das variáveis idade e tipo de arranjo visual, com melhora no desempenho em função da idade e maior número de respostas corretas com arranjos visuais não tendenciosos. Esse segundo tipo de arranjo parece reduzir as demandas cognitivas da tarefa, em especial o número de informação a ser inibida.

Teste semelhante foi conduzido com os adultos, porém fazendo uso de equipamento de *eye-tracking*. Não houve efeito da variável “tipo de arranjo”. Nesse experimento, além de uma forma de apresentação sequencial dos estímulos - instrução seguida de apresentação dos estímulos -, também havia uma condição simultânea, em que instrução e estímulos eram apresentados concomitantemente. Houve mais fixações não alvo na condição simultânea do que na sequencial e preferência por interpretação inicial coordenada (incorreta). Segundo Marcilese, os adultos conseguiriam se desfazer de uma interpretação incorreta, mas isso seria mais custoso para as crianças, que prefeririam uma interpretação coordenada dos modificadores pré-nominais. Em termos de controle executivo, os resultados obtidos por Marcilese são compatíveis com a ideia de que as crianças são menos flexíveis e tendem a perseverar nas decisões tomadas, como ocorre em testes clássicos de função executiva.

A ideia de que as crianças tendem a perseverar em suas decisões é claramente evidenciada quando se contrasta como crianças e adultos resolvem ambiguidades sintáticas temporárias. Trueswell et al. (1999), em experimento empregando o paradigma do mundo visual (em que o movimento do olhar é monitorado por um equipamento de *eye-tracking* enquanto participantes manipulam objetos em

9. “In programming language translation, one distinguishes a compiler, which completes the translation before starting to execute, from an interpreter, which interleaves translation and execution. Correspondingly, the child subject might form a complete plan at the outset or else might start to plan and even act while the sentence is being uttered, possibly making a premature and incorrect decision.” (p.92)

resposta a instruções verbais), verificaram que crianças com média de idade de 5 anos, diante de frases como *Put the frog on the napkin in the box*, mantém a análise do primeiro PP (*on the napkin*) como modificador do verbo (*put*) mesmo após terem acesso ao segundo PP (*in the box*), que as levaria a rever essa interpretação. Essa dificuldade observada em crianças de se recuperar de um efeito de *garden-path*¹⁰ é citado na literatura da área como *the kindergarten-path effect*. No estudo realizado por Trueswell et al. (1999), foram tomadas como variáveis dependentes o movimento do olhar e as ações realizadas pelas crianças a partir de instruções contendo ambiguidades temporárias, como a exemplificada acima, e instruções não ambíguas correspondentes, como *Put the frog that's on the napkin in the box*. A fim de verificar se fatores de ordem discursiva poderiam afetar decisões de processamento na análise de sentenças ambíguas (chamado *Princípio Referencial*, Crain & Steedman, 1985), foram considerados dois contextos distintos – contexto de 1-referente, que favoreceria modificação de VP e contexto de 2-referentes, que favoreceria modificação de NP. A figura 2 ilustra a organização dos objetos, para as duas condições experimentais, tomando-se como exemplo as frases em que um sapo sobre um guardanapo é o objeto-alvo:

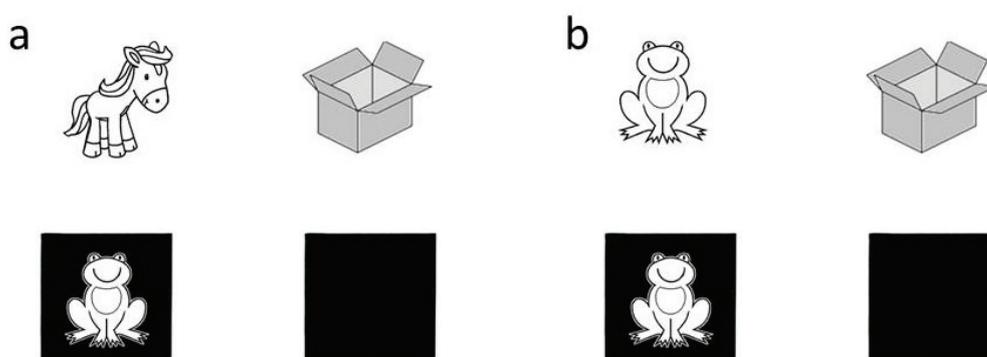


Figura 2: (a) Contexto de 1-referente; (b) Contexto de 2-referentes.

10. O termo *garden-path* (literalmente “caminho de jardim”) tem sido empregado na literatura em Psicolinguística para fazer referência a um caminho estrutural com o qual o *parser* (analisador sintático) se compromete em uma primeira análise da sentença, realizada em unidades de milésimos de segundos, a partir de um procedimento automático, não-consciente, anterior a uma fase interpretativa da sentença. Ocorre um efeito *garden-path* (traduzido como efeito “labirinto”, por Dillinger 1992) quando, no processamento de uma estrutura temporariamente ambígua, o *parser* realiza uma análise estrutural inicial, a qual se mostra incorreta diante de material linguístico a que tem acesso em seguida. Na frase exemplificada, como visto, a aposição do PP ao verbo se mostra inadequada diante de evidência posterior – o segundo PP. O ouvinte/leitor percebe que está perdido no labirinto, que escolheu o caminho errado, e precisa voltar e reanalisar a sentença. Esse tipo de efeito foi caracterizado no âmbito da chamada Teoria do *Garden-Path* – TGP (Frazier & Fodor, 1978; Frazier, 1979; Frazier & Rayner, 1982), um desdobramento de modelos anteriores, como o de Bever (1970) e, em especial, o de Kimball (1973). Nessa proposta, as decisões iniciais do *parser* são de ordem estrutural e são limitadas tanto pela competência gramatical quanto por restrições relacionadas ao funcionamento da memória de trabalho. Considera-se que o processamento seria modular, serial, fechado à introspecção e que dois princípios fundamentais guiarão o funcionamento do *parser*: o Princípio da Aposição Mínima (*Minimal Attachment*) e o Princípio da Aposição Local (*Late Closure*). No exemplo em questão, tem-se um caso de atuação do Princípio da Aposição Mínima, segundo o qual o *parser* concatena o material linguístico que vai encontrando ao marcador frasal em construção, usando o menor número de nós sintáticos possível, de acordo com as regras de boa formação da língua. A escolha pela aposição do primeiro PP ao verbo é analisada como menos custosa, pois, de acordo com a teoria linguística adotada na época (Teoria X-barra), diferentemente do que ocorre na aposição de um modificador (o PP *napkin* como adjunto do NP *frog*), a concatenação de um PP na posição de argumento não exige a construção de nós adicionais à árvore sintática. Para um detalhamento da Teoria do *Garden-Path* e exemplos de estruturas ambíguas em português, ver Maia & Finger (2005).

No contexto de 1-referente, a leitura do PP *on the napkin* como destino é favorecida, pois há apenas um sapo na cena e não se faz necessária a presença de um modificador do NP para identificar a referência. No contexto de 2-referentes, como há dois objetos do mesmo tipo (sapo), é preciso informação adicional para especificar a referência, o que favorece a interpretação do PP como modificador do NP.

Em trabalho anterior, realizado com adultos (Tanenhaus et al., 1995), verificou-se efeito de contexto, o que pode ser tomado como indicativo de atuação do Princípio Referencial: como previsto, os adultos interpretaram inicialmente de forma equivocada o PP como modificador do VP no contexto de 1-referente, mas não no contexto de 2-referentes, o que se traduziu em termos de movimentos de olhar mais representativas para o destino incorreto (o guardanapo vazio) no contexto de 1-referente do que no contexto de 2-referentes.

Nos experimentos conduzidos por Trueswell et al. (1999), verificou-se o mesmo resultado para os adultos; no caso das crianças, contudo, não houve efeito de contexto: tanto na condição 1-referente quanto na condição 2-referentes, as crianças preferiram, para as frases ambíguas, uma interpretação de “Destino” para o PP “on the napkin”, o que se verifica pela análise do movimento do olhar e pela movimentação dos objetos.

Em relação à medida do olhar, verificou-se que aproximadamente 70% das instâncias ambíguas envolveram olhar para o destino incorreto (guardanapo vazio) em comparação a 35% das instâncias não ambíguas. O olhar para o destino incorreto se deu 300 ms. após o *onset* da palavra *napkin*, tendo ocorrido o maior número dessas fixações para as frases ambíguas.¹¹ Outro dado relevante no que diz respeito ao curso temporal do olhar é que, depois de ouvir a palavra *napkin*, os participantes fixaram mais no alvo (sapo sobre guardanapo) em todas as condições, exceto na condição ambígua de 2-referentes.

Quanto à ação das crianças, verificou-se que estas praticamente não apresentaram erros no caso das frases não ambíguas, mas tiveram grande dificuldade nas instâncias ambíguas. Não se observou diferença de *performance* relativa à variável contexto, tanto para as frases ambíguas quanto para as frases não ambíguas. Os erros mais comuns envolveram a colocação do animal alvo (sapo sobre o guardanapo) ou do outro animal no destino incorreto (guardanapo vazio) e o movimento de nenhum item para o destino correto (caixa vazia). Essas ações sugerem que as crianças atribuíam uma leitura de destino ao primeiro PP (*on the napkin*) e que ignoravam o segundo sintagma preposicionado. Outro tipo de erro envolvia mover um dos animais para o destino incorreto e, em seguida, para o destino correto. Houve também casos em que as crianças moveram um animal para o destino incorreto e o outro, para o destino correto. Tanto nesse erro como no anterior, a criança parece ter atribuído uma leitura de “destino” para os dois PPs. Ainda se verificou erro de movimentação do outro animal para o destino correto. Nesse último caso, atribuíram ao segundo PP o papel temático de destino, como nas respostas corretas.

Cumpramos observar que a distribuição dos erros foi diferente do contexto de 1-referente para o de 2-referentes. No contexto de 1-referente, o animal movido era quase sempre o alvo (sapo), já que só havia um sapo na cena. No contexto de 2-referentes, em que o animal alvo e o outro animal eram do mesmo tipo (dois sapos), os movimentos recaíram igualmente sobre os dois animais, o que sugere que o PP *on the napkin* raramente foi interpretado como modificador do NP. Um ponto importante

11. Os autores, com base em Matin, Shao & Boff (1993) observam que leva em torno de 200 ms para se programar o movimento do olhar. Logo, 300ms indica que o olhar para o destino incorreto ocorreu em um momento bastante inicial do processamento on-line.

levantado pelos autores diz respeito à análise das respostas corretas – é possível que algumas destas sejam resultado de uma decisão de ignorar o primeiro PP, ao invés de analisá-lo como modificador. O participante pode ter selecionado o sapo alvo (sapo sobre o guardanapo) no nível da chance e tê-lo movido para o local correto (caixa vazia).

No experimento realizado com os adultos, diferentemente do observado com as crianças, houve efeito de interação entre contexto e ambiguidade. Verificou-se efeito de *garden-path* apenas na condição ambígua de 1-referente; apenas para itens desta condição houve olhar direcionado para um destino incorreto (ou seja, no contexto de 1-referente, em que o modificador é desnecessário para identificar o animal alvo visto que só há um sapo, o *PP on the napkin* foi interpretado inicialmente como destino). No contexto de 2-referentes, especialmente na condição ambígua, um dado interessante é que a seleção do referente correto (sapo sobre guardanapo – *frog on the napkin*) parece ter acontecido cedo, com base na preposição *on* (que ocorre aproximadamente 250-350 ms após o *onset* de *frog*). Outro dado relevante é que, após ouvirem a palavra *napkin*, os participantes olharam mais para o animal alvo do que para o outro animal em todas as condições, o que, como reportam os autores, indica que a interpretação de modificador ocorreu tanto para as condições ambíguas como para as não ambíguas, permitindo distinguir o animal alvo do outro animal. Note-se que, diferentemente das crianças, praticamente não houve erros na manipulação dos objetos.

A conclusão a que se chega a partir dos dois experimentos é que crianças, diferentemente de adultos, não levam em consideração informação de ordem pragmática/discursiva na resolução de ambiguidades temporárias e parecem não ter condições de rever decisões iniciais do *parser* (não conseguiram realizar reanálise). Adultos, por sua vez, são sensíveis a restrições discursivas nas etapas iniciais do processamento e são capazes de revisar análises que se mostram incorretas no curso da computação sintática.

Meroni & Crain (2003) afirmam que os resultados reportados em Trueswell et al. (1999) parecem, em princípio, contrariar a chamada Hipótese da Continuidade (Crain, 1991; 2002; Crain & Pietroski, 2001; Crain & Thornton, 1998; Pinker, 1984), segundo a qual crianças e adultos compartilhariam os mesmos mecanismos cognitivos no processamento linguístico, incluindo princípios linguísticos e princípios de *parsing*. Os autores, contudo, propõem uma interpretação alternativa dos resultados. Com base nas colocações de Hamburger & Crain (1984), os autores procuram, por meio de alterações de ordem metodológica, forçar o emprego de um modo compilação na análise das sentenças temporariamente ambíguas, de modo a verificar se as crianças conseguiriam superar o efeito de *garden-path* e reanalisariam a estrutura. Segundo os pesquisadores, para realizar a tarefa solicitada (encenar o que é dito em uma sentença), a criança deve gerar um plano para selecionar e executar ações apropriadas correspondentes ao *input* linguístico, usando os brinquedos e fantoches disponíveis no espaço experimental. Assim, o resultado das crianças poderia ser explicado não com base em seus mecanismos de processamento linguístico, mas em termos de como realizam a tarefa. Semelhantemente ao que ocorreria no teste de numerais ordinais, as crianças fariam uso do modo interpretação – isto é, encenariam as instruções na ordem em que as informações fossem recebidas. Alterações na tarefa experimental poderiam forçar as crianças a usarem o modo de compilação (comportamento semelhante ao dos adultos).

Meroni & Crain (2003) empregam, então, o que chamam de método de subtração. Alteram propriedades do *design* experimental e do contexto referencial com vistas a verificar se, mediante essas modificações, as respostas das crianças se aproximariam das dos adultos. Para encorajar o emprego do modo compilação na

resolução da tarefa, a frase era lida antes da apresentação do *display* com os objetos a serem manuseados. Para bloquear possível inferência pragmática (de que um sapo seria mais saliente do que outro), os dois sapos foram colocados sobre guardanapos (com cores diferentes). A seguir, apresenta-se figura ilustrativa do contexto de 2 referentes com as adaptações propostas pelos pesquisadores (fig. 3). Observe-se que, na adaptação aplicada por Meroni & Crain, a frase teste era *Put the frog on the red napkin in the box*.

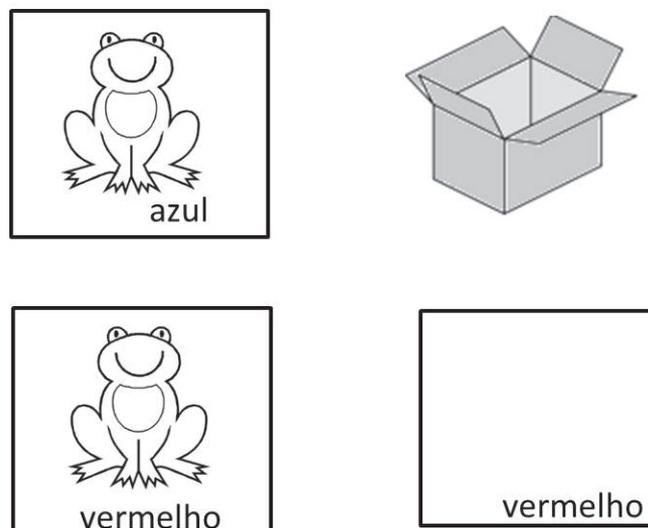


Figura 3: Adaptação de Meroni & Crain (2003) do material experimental empregado por Trueswell et al. (1999) na condição de 2-referentes.

O experimento foi aplicado a 22 crianças de 3;09 a 5;09 (média =4;09), com percentual de acerto de 93%.

De acordo com Meroni & Crain (2003), esse resultado sugere que a não utilização pelas crianças de informação referencial no experimento de Trueswell et al. (1999) deve-se a inferências de ordem pragmática e à execução de planos de ação no curso desta. Alterado o *design* do experimento, o desempenho das crianças aproximou-se do dos adultos, o que pode ser tomado como indicativo de que a criança tem recursos para gerar uma análise estrutural da sentença em consonância com o Princípio Referencial e em conformidade com a Hipótese da Continuidade.

Considerando-se uma explicação alicerçada no desenvolvimento de função executiva, pode-se aventar que as dificuldades das crianças no experimento de Trueswell et al. (1999) estariam associadas à imaturidade da função executiva, em especial do componente inibitório: as crianças se comprometeriam com a análise inicialmente atribuída ao PP pelo *parser* e, diante de evidência contrária, não conseguiriam inibir essa representação (inflexibilidade infantil). Alterações na tarefa experimental, caso viessem a reduzir a necessidade ou a carga de emprego de mecanismos de controle cognitivo, poderiam afetar positivamente o desempenho das crianças.

Weighall (2008) retoma o trabalho de Trueswell et al. (1999) a partir das críticas de Meroni & Crain (2003) de que a insensibilidade das crianças ao contexto referencial seria um artefato do *design* experimental. A pesquisadora considera que o trabalho dos últimos requer investigação adicional, visto que testaram apenas o contexto de 2-referentes e não houve manipulação da forma de

apresentação de estímulos (as crianças sempre ouviram as frases sem ver o *display*). Nota também que a alteração feita não permite analisar separadamente um possível efeito de bloqueio pragmático. Weighall propõe, então, um novo experimento em que manipula as seguintes variáveis: idade (3 grupos – crianças com idade média de 5, 8 e 11 anos), número de referentes (contexto de 1-referente e contexto de 2-referentes) e modo de apresentação dos estímulos. Essa última variável apresenta 4 níveis, materializados nas seguintes condições:

(a) Condição THSL – réplica da apresentação feita por Trueswell, Sekerina, Hill & Logrip (1999);

(b) Condição THSL com olhos fechados – mesmo tipo de sentenças e *display* usado por Trueswell et al. (1999), porém com alteração na apresentação dos estímulos conforme proposta por Merroni & Crain (a criança permanece de olhos fechados enquanto está ouvindo as sentenças);

(c) Condição de bloqueio pragmático – mesmo tipo de sentenças e *display* usado por Merroni & Crain (2003), mas com estímulo apresentado como em Trueswell et al. (1999) – *display* acessível à observação quando da apresentação da instrução.

(d) Condição M&C - réplica completa do procedimento adotado por Merroni & Crain (2003).

Todos os participantes de cada grupo etário viam os estímulos nas quatro condições experimentais, sendo metade dos estímulos apresentada no contexto de 1-referente e a outra metade, no contexto de 2-referentes. No total, cada criança realizou 48 encenações (12 por condição).

De forma resumida, foram os seguintes os resultados da análise estatística (Anova): houve efeito principal das variáveis “número de referentes”, com maior incidência de respostas corretas para 1 referente, e “idade” (fator grupal), com melhora no desempenho observada com o aumento da idade. Não houve efeito do modo de apresentação dos estímulos. Em linhas gerais, verificou-se que as crianças mais novas (5 anos), nos contextos com 2-referentes, foram frequentemente incapazes de evitar uma interpretação equivocada do “destino”, o que é consistente com os achados de Trueswell et al. (1999). Em relação à manipulação do cenário, diferentemente do obtido no estudo de Merroni & Crain (2003), não houve alteração no desempenho das crianças na faixa etária citada. Os resultados sugerem, portanto, que crianças mais novas não utilizam informação contextual mesmo sob condições em que pistas referenciais são maximizadas; além disso, um comportamento semelhante ao de adultos é evidenciado em crianças na faixa etária de 8 anos.

Há, no entanto, que se considerar que a “carga” da tarefa realizada pelas crianças no experimento de Weighall (2008) é expressivamente mais alta do que no experimento aplicado por Merroni & Crain (2003). Esse ponto não é desconsiderado por Weighall. Partindo da hipótese de que a exposição da criança a múltiplas condições pode ter interferido na informatividade da cena visual (as crianças podem ter se dado conta de que a cena visual nem sempre seria útil na desambigüização das sentenças e, por conta disso, podem tê-las ignorado), a autora compara o desempenho das crianças em um primeiro bloco de estímulos com o desempenho em um último bloco. Essa análise revelou um efeito principal de bloco para as crianças de 5 anos. Este grupo foi o que apresentou mais erros; seu desempenho foi fraco nos dois blocos e sua *performance* piorou ao final: há um percentual de 46% de ações corretas no primeiro bloco comparado com 25% no último bloco. As crianças de 8 e 11 anos apresentam um comportamento relativamente estável ao longo do experimento. Quanto ao tipo de

contexto, também se registrou efeito principal desta variável para as crianças de 5 anos, com piores resultados associados ao contexto de 2-referentes.

Outra forma de olhar para esses resultados é considerar um possível impacto que a alternância de condições pode ter tido em termos de sobrecarga da função executiva. Uma das habilidades associadas à função executiva que pode ser tomada como indicativa de flexibilidade cognitiva é a capacidade de alternar tarefas. Essa habilidade é altamente complexa e parece só atingir seu pico de desenvolvimento por volta de 20 anos (retomar experimento Cepeda, Kramer & Gonzalez de Sather, 2001, reportado ao final da primeira seção). No experimento proposto por Weighall, poder-se-ia atribuir a piora no desempenho das crianças abaixo de 5 anos à alternância de condições; já no experimento de Meroni & Crain (2003), o bom desempenho pode estar associado a uma redução de demanda da função executiva, já que todos os estímulos são apresentados em um mesmo tipo de cenário (2 referentes) e há apenas uma forma de apresentação dos estímulos, a qual, por sua vez, também reduz exigências relativas a controle inibitório. Uma explicação baseada em diferenças relativas ao emprego de mecanismos de controle executivo por crianças e adultos parece prover uma resposta unificada para os três estudos voltados à investigação do *kindergarten-path effect*.¹²

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscou-se, ao longo deste artigo, discutir a relevância dos mecanismos associados à função executiva para o processamento linguístico. Como visto na primeira seção, a função executiva pode ser entendida como compreendendo um conjunto de componentes com atribuições distintas no planejamento e realização de ações com vistas um dado objetivo, tendo como base física a região do córtex pré-frontal. Seu desenvolvimento parece estender-se até adolescência/idade adulta, sendo possível identificar, a partir de um conjunto expressivo de testes psicológicos bem como de dados de neuroimagem, diferenças entre crianças e adultos no que tange, respectivamente, a aspectos comportamentais e regiões cerebrais associados ao amadurecimento da função executiva e habilidades a ela relacionadas. No que diz respeito especificamente a questões linguísticas, foram analisadas construções e estruturas linguísticas para cujo processamento parece ser necessário mobilizar mecanismos de controle executivo, como por exemplo processos inibitórios. Foi visto que diferenças entre crianças e adultos podem ser atribuídas à disponibilidade desses mecanismos e que alterações nas tarefas experimentais podem aproximar o comportamento dos dois grupos. Pesquisas futuras devem ser conduzidas no sentido de identificar outras estruturas cujo processamento possa envolver a ativação da função executiva.

Em termos de desdobramentos dos estudos aqui reportados, também nos parece relevante investigar qual o exato papel dos diferentes componentes da função executiva para o desenvolvimento linguístico e por que o desenvolvimento destes ocorre de forma lenta, completando-se apenas ao final da adolescência/início da idade adulta.

12. Os três trabalhos comentados nesta seção foram realizados com falantes de inglês. Ver Choi & Trueswell (2010) para estudo de rastreamento ocular em que se investigou como adultos e crianças na faixa etária de 4-5 anos, falantes de coreano, lidam com ambigüidades temporárias. Nesse estudo, observa-se que, a despeito de diferenças estruturais em relação ao inglês (o coreano é uma língua de núcleo final), os resultados foram semelhantes aos observados no experimento original de Trueswell et al. (1999): dados relativos ao movimento do olhar e ações revelaram que crianças, diferentemente de adultos, têm dificuldade de se recuperar de interpretações equivocadas. Os autores atribuem essas diferenças de processamento ao desenvolvimento de habilidades de controle cognitivo: "The findings implicate a general cross-linguistic pattern for parsing development, in which late developing cognitive control abilities mediate the recovery from so-called 'garden-path' sentences. Children's limited cognitive control prevents them from inhibiting misinterpretations even when the disambiguating evidence comes from highly informative verb information." (p.41)

Em relação à primeira questão, uma estratégia de pesquisa que pode se mostrar produtiva é buscar, em primeiro lugar, identificar, com base em um modelo acerca do funcionamento da função executiva, que tipo de habilidade um dado teste ou conjunto de testes pode estar avaliando e, em seguida, buscar estabelecer correlações entre o desempenho nesse tipo de teste e em uma determinada tarefa linguística em que, potencialmente, habilidade correlata esteja sendo mobilizada no processamento de material linguístico. Nessa direção, por exemplo, tem-se o estudo de Khanna & Boland, 2010, em que se examinou sensibilidade à informação contextual na resolução de ambigüidades lexicais a partir da comparação do desempenho de adultos e de crianças na faixa etária entre 7 e 10 em uma tarefa de nomeação *cross-modal* e testes para avaliar função executiva, mais especificamente, capacidade de memória e controle inibitório (paradigma “go/no-go”). Os resultados obtidos mostraram que habilidades de função executiva mais maduras estavam associadas à maior sensibilidade ao contexto sentencial em que um item lexical ocorre. Esse trabalho aponta para necessidade de pesquisas que busquem investigar em que medida é possível fazer previsões sobre comportamento linguístico no que tange ao processamento de determinadas estruturas, com base no desempenho em tarefas clássicas de controle executivo e vice-versa. Identificar o que há de propriamente linguístico, isto é, associado a conhecimento linguístico, e o que é mobilizado no processamento em termos de mecanismos de controle executivo parece ser, pois, crucial para a melhor compreensão de diferenças observadas entre crianças e adultos em testes linguísticos (cf. Rodrigues, 2011). Esse tipo de pesquisa também é particularmente importante para o esclarecimento da natureza dos problemas de aprendizagem atribuídos a dificuldades/déficits de linguagem e para um melhor entendimento dos casos de DEL – Déficit Específico da Linguagem, cuja identificação se faz com base em um diagnóstico de exclusão (ver Corrêa, 2011¹³).

Em relação à segunda indagação, há alguns trabalhos que têm buscado explorar em que medida a “falta” de controle cognitivo observada em crianças pequenas pode ter um papel relevante para o aprendizado, em termos gerais, e para a aquisição da linguagem, em particular (Thompson-Schill et al. 2009; Chrysikou et al. 2011). Como vimos na seção 1, o córtex pré-frontal, ao qual têm sido associadas habilidades da função executiva, é uma das áreas cerebrais cujo amadurecimento é mais

13. A referência indicada diz respeito ao texto do projeto DEL (Déficit Específico da Linguagem) e DAp (Dificuldades de Aprendizagem): pontos em comum, especificidade no DEL e bases de possíveis intervenções, financiado pela FAPERJ, Edital CNE 2011. O projeto é coordenado pela profa. Letícia M. Sicuro Corrêa, responsável pelo LAPAL (Laboratório de Psicolinguística e Aquisição da Linguagem) e conta com a participação de integrantes do GPPAL- Grupo de Pesquisa em Processamento e Aquisição da Linguagem, ao qual a autora deste artigo se vincula. O projeto busca, entre seus objetivos, “prover um refinamento do que pode ser entendido como especificidade no DEL, diante de condições de comorbidade, partindo de um modelo de computação on-line e da aquisição da linguagem que incorporam uma concepção minimalista de língua”. Pretende-se verificar, entre outros pontos, se problemas de linguagem observados em diferentes transtornos de aprendizagem podem ser relacionados a problemas pertinentes ao controle executivo e à otimização da memória de trabalho.

14. O conceito de *trade-off* é empregado em artigo de Thompson-Schill, Ramscar & Chrysikou (2009) para caracterizar os benefícios do longo período de hipofrontalidade (atividade reduzida do córtex pré-frontal) no que tange ao aprendizado. Os autores estabelecem uma comparação, do ponto de vista evolutivo, entre os impactos da mudança na posição da laringe na espécie humana e os impactos do desenvolvimento tardio do córtex pré-frontal. Como se sabe, o posicionamento da laringe nos humanos, por um lado, gerou problemas/dificuldades para a coordenação da respiração e deglutição, mas, por outro, tal configuração permitiu-lhes a produção de um grande repertório de sons. Thompson-Schillet al. sugerem que, de modo análogo, se, por um lado, o desenvolvimento tardio do córtex pré-frontal trouxe sérias conseqüências negativas para o comportamento infantil – em especial para a realização de tarefas que requerem ações dirigidas a um objetivo, por outro lado, as vantagens seriam inúmeras em termos do aprendizado já que, para que este ocorra, é fundamental que informações possa ocorrer competição de informações: “Late prefrontal development clearly has some negative consequences for childhood behavior. Yet despite this, there are many examples of learning tasks (e.g., language acquisition) at which children do better than adults. Recalling the lesson of the larynx, we propose that these differences may reflect the costs and benefits of an immature frontal cortex (hypofrontality) that arise from the inherent trade-offs between learning and performance. That is, a system optimized for performance may not be optimal for learning, and vice versa.”/ “[...] The existence of competitors is an advantage in learning, not an obstacle. Learning is usually modeled as a process through which an organism’s ability to discriminate and predict its environment is successively refined by competition (e.g., between cues in associative models, or between hypotheses in Bayesian models; see Xu & Tenenbaum, 2007).”(p.260)

tardio. Essa imaturidade prolongada e, conseqüentemente, o lento desenvolvimento de mecanismos de controle cognitivo parece, em princípio, contrastar com o papel altamente importante destes para a realização de um conjunto expressivo de tarefas. Chrysikou et al. (2011) especulam que tal desenvolvimento demorado deve estar associado a alguma função adaptativa básica; consideram que a ausência de controle cognitivo poderia ter um papel no aprendizado linguístico e na elaboração do pensamento criativo. Afirmam que haveria uma espécie de *trade-off*⁴ entre um raciocínio de natureza *bottom-up* (ascendente, guiado pelos dados) e um raciocínio *top-down* (descendente, guiado por regras), este último privilegiado pelos adultos. Esse processo estaria presente, entre outros, no aprendizado de convenções linguísticas (por exemplo, o aprendizado de plurais irregulares) e também seria observado, em crianças pequenas, na resolução de certos problemas, para os quais uma solução baseada em regras poderia limitar a criatividade. Ainda são, contudo, muito preliminares essas reflexões, sendo bastante difícil delimitar qual o exato impacto do amadurecimento prolongado da função executiva. Parece fazer sentido, não obstante, imaginar que determinados processos de aprendizado possam exigir que a atenção esteja totalmente focada em um trajeto até que este seja efetivamente incorporado ou tal alternativa possa ser excluída por se mostrar insatisfatória. No caso, por exemplo, do processamento linguístico, considerando-se uma caracterização do funcionamento do *parser* nos termos do que propõe a Teoria do *Garden-Path*, que relaciona os princípios que orientam as decisões iniciais do processador a restrições de memória, talvez faça sentido que a criança, em tarefas de alta complexidade, inicialmente “foque” em um tipo de procedimento menos custoso até que haja condições operacionais para implementar novos procedimentos. Quando a carga da tarefa é reduzida, ela pode ser “liberada” para colocar em uso outros recursos e seu desempenho melhora significativamente. É o que se observa nos trabalhos reportados na seção 2. Evidentemente, ainda há muito que se explorar nessa direção e este artigo apresenta-se, pois, apenas como uma reflexão inicial.

THE ROLE OF MECHANISMS OF EXECUTIVE CONTROL IN LANGUAGE PROCESSING: PERFORMANCE DIFFERENCES BETWEEN CHILDREN AND ADULTS IN EXPERIMENTAL TASKS

ABSTRACT

This paper focuses on the role of mechanisms of executive control in language processing, seeking to explore the extent to which differences in performance between children and adults in certain experimental tasks can be assigned to those mechanisms. A characterization of executive function and its components is presented and neurological evidences for this construct are provided, along with developmental data. The article continues with a discussion of experiments concerning linguistic structures whose processing seems to activate mechanisms of executive control. In the last section, questions for future inquiry are suggested.

KEY WORDS: Language processing; executive control; language development; experimental methodology.

BIBLIOGRAFIA:

Algave, D. P.; Lopes, R. E. V. (2009). A aquisição do quantificador universal em português brasileiro. *Língua, Literatura e Ensino*, v. IV. , p. 13-23, maio.

Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.

Baddeley, A.D. (1996). Exploring the Central Executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, v. 49A, n. 1, p. 5-28.

Baddeley, A.D. (1998). The central executive: A concept and some misconceptions. *Journal of the International Neuropsychological Society*, v. 4, p. 523–526.

Baddeley, A. D. (2000). The Episodic Buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, v. 4, n. 11, p. 417-423.

Bever, T. G. (1970). The cognitive basis for linguistic structures. In: Hayes, J. R. (Ed.). *Cognition and the development of language*. New York, NY: Wiley, p. 279–362.

Casey, B. J.; Galvan, A.; Hare, T. A. (2005). Changes in cerebral functional organization during cognitive development. *Current Opinion in Neurobiology*, v.15, p.239–244.

Cepeda, N. J.; Kramer, A. F.; Gonzalez de Sather, J. C. (2001). Changes in executive control across the life span: Examination of task-switching performance. *Developmental Psychology*, v. 37, p. 715–730.

Choi, Y. ; Trueswell, J. C. (2010). Children's (in)ability to recover from garden paths in a verb-final language: Evidence for developing control in sentence processing. *Journal of Experimental Child Psychology*, v.106, n. 1, p. 41 – 61.

Corrêa, L. M. S. DEL (Déficit Específico da Linguagem) e DAp (Dificuldades de Aprendizagem): pontos em comum, especificidade no DEL e bases de possíveis intervenções. Projeto aprovado pela FAPERJ - Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesq. do Estado do Rio de Janeiro, Edital CNE 2011, com início em 2012.

Crain, S. (1991). Language acquisition in the absence of experience. *Behavioral and Brain Sciences*, v. 14, p. 597-650.

Crain, S. (2002). The continuity assumption. In Lasser, I. (ed.) *The Process of Language Acquisition*. NY: Peter Lang, p. 3-24.

Crain, S.; Pietroski, P. (2001). Nature, nurture and Universal Grammar. *Linguistics and Philosophy*, v. 24, p. 139-185.

Crain, S.; Steedman, M. K. (1985). On not being led up the garden path: The use of context by the psychological parser. In D. Dowty, L. Karttunen, & A. Zwicky, *Natural Language Parsing: Psychological, Computational, and Theoretical Perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Crain, S.; Thornton, R. (1998). *Investigations in Universal Grammar: A guide to experiments on syntax and semantics*. Cambridge: MIT Press.
- Crain, S.; Thornton, R.; Boster, C.; Conway, L.; Lillo-Martin, D.; Woodams, E. (1996). Quantification without qualification. *Language Acquisition*, v.5, p. 83-153.
- Chrysikou, E. G.; Novick, J. M.; Trueswell, J. C.; Thompson-Schill, S. L. (2011). The other side of Cognitive Control: Can a lack of cognitive control benefit language and cognition. *Topics in Cognitive Science*, n.3, p.253-256.
- Diamond, A. (2006). The early development of executive functions. In Bialystok, E.; Craik, F. (eds.). *Lifespan Cognition: Mechanisms of Change*. NY: Oxford University Press, p.70-95.
- Diamond, A.; Churchland, A.; Cruess, L.; Kirkham, N. Z. (1999). Early developments in the ability to understand the relation between stimulus and reward. *Developmental Psychology*, v. 35, p. 1507–1517.
- Diamond, A.; Lee, E-Y; Hayden, M. (2003). Early success in using the relation between stimulus and reward to deduce an abstract rule: Perceived physical connectedness is key. *Developmental Psychology*, v. 39, p.825–847.
- Dillinger, M. (1992). Parsing sintático. *Boletim da ABRALIN*, v.13, p.30-42.
- Duncan, J.; Burgess, P.; Emslie, H. (1995). Fluid intelligence after frontal lesions. *Neuropsychologia*, v. 33, p. 261-268.
- Frazier, L. (1979). On comprehending sentences: Syntactic parsing strategies. Tese de Doutorado. University of Connecticut (reproduzida por: Indiana University Linguistics Club).
- Frazier, L.; Fodor, J. D. (1978). The sausage machine: A new two-stage parsing model. *Cognition*, v. 6, p. 291-325.
- Frazier, L.; Rayner, K. (1982). Making and correcting errors during sentence comprehension: Eye movements in the analysis of structurally ambiguous sentences. *Cognitive Psychology*, v.14, p.178-210.
- Fry, A. F.; Hale, S. (1996). Processing speed, working memory, and fluid intelligence: Evidence for a developmental cascade. *Psychological Science*, v. 7, p. 237-241.
- Frye, D.; Zelazo, P. D.; Palfai, T. (1995). Theory of mind and rule-based reasoning. *Cognitive Development*, v. 10, p. 483-527.
- Garon, N.; Bryson, S.E.; Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework. *Psychological Bulletin*, v.134, p. 31-60.
- Gerstadt, C. L.; Hong, Y. J.; Diamond, A. (1994). The relationship between cognition and action: Performance of 3.5–7 years old on Stroop-like day–night test. *Cognition*, v. 53, p. 129–153.

- Gopnik, A.; Rosati, A. (2001). Duck or Rabbit? Reversing ambiguous figures and understanding ambiguous reference. *Developmental Science*, v.4, n. 2, p. 174-182.
- Hamburger, H.; Crain, S. Acquisition of cognitive compiling. *Cognition*, v. 17, p. 85-136.
- Huizinga, M.; Dolan, C. V.; van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, v. 44, n. 11, p. 2017–2036.
- Kail, R.; Salthouse, T. A. (1994). Processing speed as a mental capacity. *Acta Psychologica*, v. 86, p. 199–255.
- Khanna, M. M.; Boland, J. E. (2010). Children’s use of language context in lexical ambiguity resolution. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, v. 63, n. 1, p. 160-193.
- Kimball, J. (1973). Seven principles of surface structure parsing in natural language. *Cognition*, v.2, p.15-47.
- Livesey, D.J.; Morgan, G. A. (1991). The development of response inhibition in 4- and 5-year-old children. *Australian Journal of Psychology*, v. 43, p.133–137.
- Luna, B.; Thulborn, K. R.; Munoz, D. P.; Merriam, E. P.; Garver, K. E.; Minshew, N. J.; Keshavan, M. S.; Genovese, C. R.; Eddy, W. F.; Sweeney, J.A. (2001). Maturation of widely distributed brain function subserves cognitive development. *Neuroimage*, v. 13, p.786–793.
- Maia, M.; Finger, I.(Eds.). (2005). *Processamento da Linguagem*. Pelotas: Educat.
- Marcilese, M. (2011). *Sobre o papel da língua no desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores: representação, recursividade e cognição numérica*. Tese de Doutorado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Letras. (Orientadora: Letícia Maria Sicuro Corrêa; coorientadora: Marina Rosa Ana Augusto)
- Matin, E.; Shao, K.; Boff, K. (1993). Saccadic overhead: Information-processing time with and without saccades. *Perception and Psychophysics*, v. 53, p. 372-380.
- Matthei, E. M. (1982).The acquisition of prenominal modifier sequences. *Cognition*, v.11, n.3, p. 301-332.
- Mazuka, R.; Jincho, N.; Oishi, H. (2009). Development of Executive Control and Language Processing. *Language and Linguistics Compass*, v. 3, n. 1, p. 59–89.
- Meroni, L.; Crain, S. (2003). On not being led down the kindergarten path. *Proceedings of the 27th Boston University Conference on Language Development*, p. 531-544, Cascadilla Press, Somerville, MA.
- Miyake, A.; Friedman, N.P.; Emerson, M.J.; Witzki, A.H.; Howerter, A.; Wager, T. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, v.41, p. 49–100.

Novick, J. M.; Trueswell, J. C.; Thompson-Schill, S. L. (2005). Cognitive control and parsing: Reexamining the role of Broca's area in sentence comprehension. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, v. 5, p. 263-281.

Philip, W. (1995). Event quantification in the acquisition of universal quantification. Doctoral Dissertation. University of Massachusetts at Amherst.

Pinker, S. (1984). *Language Learnability and Language Development*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Premack, D.; Woodruff, G. (1978). Does the Chimpanzee Have a Theory of Mind. *Behavioral and Brain Sciences*, v. 1, n. 4, p. 515-526.

Rodrigues, E. dos S. (2011). Realização de tarefas linguísticas por crianças e adultos: aspectos cognitivos e metodológicos. Comunicação apresentada no VIII ENAL – Encontro Nacional sobre Aquisição da Linguagem/II EIAL – Encontro Internacional sobre Aquisição da Linguagem, realizado na UFJF, Juiz de Fora, Minas Gerais, 17 a 19 de outubro.

Sugisaki, K.; Isobe, M. (2001). Quantification Without Qualification Without Plausible Dissent. In *Proceedings of The Semantics of Under-represented Languages of the Americas*, eds. Ji-Yung Kim and Adam Werle, p. 97-100.

Tanenhaus, M. K.; Spivey-Knowlton, M. J.; Eberhard, K. M.; Sedivy, J. C. (1995). Integration of visual and linguistic information in spoken language comprehension. *Science*, v. 268, p.1632-1634.

Thompson-Schill S. L.; Ramscar, M.; Chrysikou, E.G. (2009). Cognition without control: When a little frontal lobe goes a long way. *Current Direction in Psychological Science*, v.18, n.5, p.259–263.

Trueswell, J. C.; Sekerina, I.; Hill, N. M.; Logrip, M. L. (1999). The kindergarten-path effect: studying on-line sentence processing in young children. *Cognition*, v. 73, p. 89-134.

Turner, G. R.; Spreng, R. N. *Executive functions and neurocognitive aging: dissociable patterns of brain activity*. Neurobiology of Aging. (in press). Disponível em http://people.fas.harvard.edu/~spreng/Publications_files/Turner_Spreng_NBA_2011.pdf, acesso em 10 de janeiro de 2011.

Weighall, A. R. (2008). The kindergarten-path effect revisited: children's use of context in processing structural ambiguities. *Journal of Experimental Child Psychology*, v. 99, n.2, p. 75-95.

Wiebe, S. A.; Espy, K. A.; Charak, D. (2008). Using confirmatory factor analysis to understand executive control in preschool children: I. Latent structure. *Developmental Psychology*, v. 44, p. 575-587.

YE, Z.; Zhou, X. (2009). Executive control in language processing. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, v. 33, p.168–1177.

Zelazo, P. D.; Reznick, J. S.; Piñon, D. E. (1995). Response control and the execution of verbal rules. *Developmental Psychology*, v. 31, p. 508-517.

Zhou, Q.; Chen, S. H.; Main, A. (2011). Commonalities and Differences in the Research on Children's Effortful Control and Executive Function: A Call for an Integrated Model of Self-Regulation. *Child Development Perspectives*. Advance online publication. doi:10.1111/j.1750-8606.2011.00176.x