



Emmy Uehara Pires

**Ontogênese das Funções Cognitivas:
Uma Abordagem Neuropsicológica**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Psicologia Clínica do Departamento de Psicologia do Centro de Teologia e Ciências Humanas da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Jesus Landeira-Fernandez

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2010



Emmy Uehara Pires

**Ontogênese das Funções Cognitivas:
Uma Abordagem Neuropsicológica**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Psicologia Clínica do Departamento de Psicologia do Centro de Teologia e Ciências Humanas da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Jesus Landeira Fernandez
Orientador

Departamento de Psicologia - PUC-Rio

Prof^a. Helenice Charchart-Fichmann
Departamento de Psicologia - PUC-Rio

Prof^a. Rosinda Martins Oliveira
Departamento de Psicologia - UFRJ

Prof. Paulo Fernando Carneiro de Andrade
Coordenador Setorial de Pós-Graduação
e Pesquisa do Centro de Teologia
e Ciências Humanas – PUC-Rio

Rio de Janeiro, ____/____/2010.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização do autor, do orientador e da universidade.

Emmy Uehara Pires

Graduou-se em Psicologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2005. Possui experiência na área de Neuropsicologia, atuando principalmente no seguinte tema: desenvolvimento infantil, avaliação neuropsicológica e maturação cerebral.

Ficha Catalográfica

Pires, Emmy Uehara

Ontogênese das funções cognitivas : uma abordagem neuropsicológica / Emmy Uehara Pires ; orientador: Jesus Landeira-Fernandez. – 2010.

127 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Psicologia)– Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

Inclui bibliografia

1. Psicologia – Teses. 2. Desenvolvimento infantil. 3. Funções cognitivas. 4. Neuropsicologia cognitiva. I. Landeira-Fernandez, Jesus. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Psicologia. III. Título.

CDD: 150

Aos meus queridos pais, que tornaram tudo
possível em minha vida e por terem feito
de mim a pessoa que sou hoje.

Agradecimentos

Manifesto meu sincero agradecimento a todas as pessoas que, de forma significativa, fizeram com que este trabalho fosse possível:

Ao meu orientador, J. Landeira, pelo exemplo acadêmico, onde a cordialidade e respeito estiveram sempre presentes.

À professora Helenice Charchat, pelos preciosos e descompromissados conselhos.

Aos professores que fazem parte desta banca examinadora, pela atenção e disponibilidade em pleno período de férias.

À PUC-Rio e à CAPES, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

À minha querida UFRJ, pela formação profissional e pessoal.

À Secretaria Municipal de Educação da Cidade do Rio de Janeiro, aos diretores, professores e funcionários das escolas, por terem confiado em nosso trabalho e colaborado cedendo espaço e tempo de seus horários para a pesquisa.

À todas as crianças/adolescentes e responsáveis e, que consentiram a participação nesta pesquisa e contribuíram para o aprimoramento do nosso conhecimento.

À todos meus ex-pacientes e examinandos, que me ensinaram aquilo que não se encontra em livros. Muito obrigada pela lição de vida!

Aos funcionários do Departamento de Psicologia PUC-Rio, pelo constante carinho e simpatia.

Aos meus amigos da equipe, Ana Carolina Fioravanti, Bruno Larrubia, Bruno Galvão, Erica de Lana, Flávia Paes, Luciene Rocinholi, Marta Bolshaw, Renata Vianna, Tânia Netto, Vitor Castro e Yossi Zana, pelos momentos de companherismo, força e motivação durante meu mestrado.

Aos meus amigos de pesquisa, Luciana Brooking, Raphael Suwwan, Glória Marques, Gabriela Tuche e Adriano Miranda, por me ajudarem em todos os problemas enfrentados, meus ataques de pânico e sem dúvida alguma, disponibilidade de tempo.

Aos meus inseparáveis amigos da faculdade: Bárbara, Eduardo, Livia e Mariana, pelas vidas compartilhadas, risadas, afeto e palavras doces nas horas mais difíceis.

Em especial, ao meu companheiro de vida, Fabiano, que soube em cada momento, me amar, compreender e incentivar todos meus sonhos. Simplesmente, por tudo aquilo que você significa pra mim.

Resumo

Pires, Emmy Uehara; Landeira-Fernandez, Jesus (Orientador). **Ontogênese das funções cognitivas: Uma abordagem neuropsicológica.** Rio de Janeiro, 2010. 127p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Psicologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O presente estudo teve como objetivo compreender como se dá a ontogênese das funções cognitivas no período entre o nascimento até o início da adolescência. A partir da perspectiva da neurociência e neuropsicologia cognitiva, questões como as influências biológicas e ambientais, a maturação cerebral e o processo de aprendizagem, assim como as bases neuroanatômicas e circuitos neurais serão discutidas. A ênfase será dada aos marcos mais relevantes no processo típico do desenvolvimento das principais funções cognitivas tais como a sensação, a percepção, a atenção, a memória, a linguagem, as habilidades visuo-construtivas, e as funções executivas.

Palavras-chave

Desenvolvimento Infantil; funções cognitivas; neuropsicologia cognitiva.

Abstract

Pires, Emmy Uehara; Landeira-Fernandez, Jesus (Advisor). **Ontogenese of cognitive functions: A neuropsychological approach**. Rio de Janeiro, 2010.127p. MSc. Dissertation – Departamento de Psicologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This study aimed to understand how the ontogeny of cognitive functions during the period from birth to early adolescence. From the perspective of neuroscience and cognitive neuropsychology, issues such as biological and environmental influences, brain maturation and learning processes, as neuroanatomical bases and neural circuits will be discussed. Emphasis will be given to the most important milestones in the typical development of the main cognitive functions such as sensation, perception, attention, memory, language, visual-constructive skills and executive functions.

Keywords

Child development; cognitive functions; cognitive neuropsychology.

Sumário

1. Introdução	12
2. A Neuropsicologia do Ser Humano	15
2.1. Desenvolvimento Infantil	17
2.2. Maturação Cerebral e Aprendizagem	18
2.3. Funções Cognitivas	22
3. Funções Cognitivas: Bases Neuroanatômicas e Circuitarias	24
3.1. Sensação e Percepção	26
3.2. Atenção	28
3.3. Memória	29
3.4. Linguagem	32
3.5. Habilidades Visuo-Construtivas	33
3.6. Funções Executivas	34
4. Funções Cognitivas: Ontogênese/Desenvolvimento	38
4.1. Sensação e Percepção	39
4.1.1. Visão	40
4.1.2. Audição	41
4.1.3. Olfato, Paladar e Tato	43
4.1.4. Percepção intermodal ou multissensorial	44
4.2. Atenção	45
4.2.1. Ativação ou Estado de Alerta	46
4.2.2. Orientação e Atenção Visual	47
4.2.3. Atenção Voluntária e Seletiva	49
4.2.4. Atenção Sustentada	50
4.3. Memória	51
4.3.1. Memória de Trabalho: Alça Fonológica	52
4.3.2. Memória de Trabalho: Esboço Visuo-espacial	53
4.3.3. Memória de Trabalho: Executivo Central e Retentor Episódico	54
4.3.4. Memória de Longo Prazo: Explícita ou Declarativa	55
4.3.5. Memória de Longo Prazo: Implícita ou Não-Declarativa	56
4.4. Linguagem	58
4.4.1. Fonologia-Fonética: Os Sons e a Percepção da Fala	59
4.4.2. Semântica-Léxico: As Palavras e Seus Significados	61
4.4.3. Morfossintaxe-Gramática: Combinação das Palavras	62
4.4.4. Pragmática: Os Usos Comuns da Linguagem	63
4.5. Habilidades visuo-construtivas:	64
4.5.1. Desenho Livre e da Figura Humana	65
4.5.1. Reprodução, Construção e Escrita	66

4.6. Funções Executivas	67
4.6.1. Controle Inibitório	68
4.6.2. Organização e Planejamento	69
4.6.3. Flexibilidade Cognitiva	70
4.6.4. Fluência Verbal	71
4.6.5. Teoria da Mente	72
5. Conclusão	73
5.1. Uma visão geral nas fases do desenvolvimento	75
5.2. Um olhar específico em cada função cognitiva	76
5.3. Funções executivas: Uma nova perspectiva ao pensar sobre o desenvolvimento?	78
6. Referências Bibliográficas	81
Anexo	113

Lista de Figuras e Tabelas

Figura 1 - Período de maturação cerebral	19
Figura 2 - Períodos decisivos para desenvolvimento e aprendizado	21
Figura 3 - Esquema das vias dorsal e ventral	27
Figura 4 - Memória de longo prazo e suas estruturas associadas	30
Tabela 1 - Áreas corticais relacionadas aos diferentes componentes da memória de trabalho	31
Figura 5 - Circuitos do córtex pré-frontal e as funções executivas	35
Figura 6 - Desenvolvimento das principais funções da atenção visual	49
Tabela 2 - Desenvolvimento da linguagem falada	60
Tabela 3 - Desenvolvimento lexical até os seis anos	61

“Things do not change; we change.”
Henry D. Thoreu

1

Introdução

A criança é uma caixinha de surpresas. Anos se passaram e ainda não temos respostas para muitas perguntas. Num dia, são dependentes dos reflexos e comportamentos automáticos, em outros, já conseguem se locomover de maneira autônoma e até usar palavras para se comunicar. Apesar de todas as diferenças individuais, o ser humano segue um mesmo curso de desenvolvimento, uns mais lentamente, outros de modo mais rápido. Mas, em geral, os processos maturacionais ocorrem da mesma forma, além de sofrerem influência de múltiplos fatores, sejam eles biológicos ou ambientais.

Questão muito discutida sobre o desenvolvimento é a maneira pela qual os fatores biológicos, geneticamente determinados, interagem com os fatores ambientais através das experiências e do aprendizado. Esse debate “natureza” (*nature*) x “criação” (*nurture*) sempre esteve presente entre os estudiosos. As crenças sobre as contribuições da natureza e da educação para o desenvolvimento podem ter efeitos sobre a maneira como a sociedade lida com as crianças. Portanto, ao olhar o desenvolvimento infantil, não é possível enfatizar somente a natureza ou a educação isoladamente, pois ambos constituem um único processo de vida (Gottlieb, 1997).

O processo de desenvolvimento humano tem caráter multidimensional, pois envolve a dimensão psicomotora, cognitiva, emocional e social, as quais se comunicam de maneira integrada. Da mesma forma, a ontogênese das funções cognitivas está intimamente relacionada com o desenvolvimento infantil, que é fortemente influenciado pelos fatores genéticos e maturacionais, assim como as interações sociais, nível sócio-econômico e valores culturais. Estas experiências vivenciadas pela criança acabam modificando a circuitaria de redes neurais do cérebro que está em constante crescimento.

À medida que ocorre a maturação cerebral, novas estruturas se desenvolvem, facilitando as habilidades que a criança possui para a

experimentação sobre o mundo. Ao mesmo tempo, quanto mais as crianças interagem e aprendem, há um fortalecimento das sinapses relativas àquela região e enfraquecimento das sinapses subutilizadas. Desta forma, o processo de desenvolvimento deve ser percebido como uma via de mão dupla.

A compreensão sobre o funcionamento cerebral está continuamente evoluindo. Hoje, sabe-se que o cérebro humano não possui um desenvolvimento linear; existem períodos críticos e sensíveis para a aquisição de conhecimentos e aprimoramento das habilidades. O cérebro é composto por um conjunto de sistemas integrados e é rico em redes neurais, as quais participam intensamente no desempenho das funções cognitivas.

No entanto, para facilitar o entendimento e investigar de maneira mais aprofundada cada aspecto do desenvolvimento infantil, torna-se necessário separar em fragmentos menores e mais simples. Sem perder de vista, o desenvolvimento e o funcionamento global, como é o caso das funções cognitivas.

É a partir da integração de todas as funções cognitivas, que a cognição humana se constitui como um fenômeno biológico onde o ser, o fazer e o conhecer são aspectos indissociáveis do comportamento. Desse modo, a *sensação* capta os estímulos do meio externo; a *percepção* recebe essas informações sensoriais, dando significação a esse estímulo; a *atenção* seleciona o foco da atividade; a *memória* evoca e fornece informações armazenadas; a *linguagem* comunica essas idéias e sentimentos; as *habilidades visuo-construtivas* integram essas informações num todo maior; o *pensamento e o raciocínio* processam mentalmente essas idéias; e as *funções executivas* gerenciam todas essas atividades/habilidades.

Portanto, estudar o desenvolvimento humano e o desenvolvimento das funções cognitivas significa conhecer as características comuns de uma faixa etária. Assim, auxilia não só o neuropsicólogo, mas também o educador, pois facilita a compreensão, o planejamento do que e como ensinar quando se sabe como uma criança de cada faixa etária se comporta e percebe o mundo.

Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo entender um pouco melhor como se dá a ontogênese das funções cognitivas do nascimento até o início da adolescência a partir de uma abordagem neuropsicológica. Para atingir este propósito, foram escolhidas as funções mais discutidas na literatura e relevantes para o desenvolvimento infantil. Além disso, devo ressaltar que todos

os transtornos do desenvolvimento, assim como qualquer tipo de alteração desenvolvimental, foram deixados de lado, sendo o enfoque dado ao processo padrão ou normal do desenvolvimento.

A primeira parte desta dissertação diz respeito aos diversos aspectos que permeiam o desenvolvimento infantil, a maturação cerebral e os processos de aprendizagem. Através de uma perspectiva da neuropsicologia cognitiva e do desenvolvimento, serão discutidos questões acerca dos fatores ambientais e biológicos que influenciam o desenvolvimento humano, em especial, o infantil.

A partir do avanço tecnológico, técnicas de neuroimagem menos intrusivas têm surgido. Através delas, podemos observar o funcionamento cerebral de maneira mais aprofundada e minuciosa. Assim, na segunda parte, veremos um pouco sobre as bases neuroanatômicas e circuitarias envolvidas nas funções cognitivas e a relação existente entre elas.

Finalmente, na última parte, discutiremos sobre a ontogênese das funções cognitivas em si. Nele, são apresentadas as mudanças mais marcantes ao longo dos anos em cada função cognitiva. A partir das informações desse capítulo, um quadro esquemático encontra-se no final desse capítulo, fornecendo um panorama geral do desenvolvimento para o leitor. Além disso, no anexo, encontra-se nosso artigo "*O desenvolvimento da memória de trabalho e sua relação com o aprendizado escolar*", o qual foi submetido na revista científica *Ciência e Cognição* (UFRJ).

2

A Neuropsicologia do Ser Humano

Desde a antiguidade, o ser humano observou uma possível relação entre o cérebro e o seu comportamento, em busca de explicações acerca do pensamento humano (Kolb e Whishaw, 2003). Ao longo dos séculos, essas questões se desenvolveram e estiveram presentes, em muitos aspectos. Atualmente, esta discussão ganhou forças com o desenvolvimento da neurociência. A partir de avanços tecnológicos e científicos, observa-se uma investigação mais complexa e profunda da atividade cerebral e sua correlação com o comportamento humano.

A crescente neurociência tem provocado cada vez mais a convergência de diversas disciplinas – tais como neuroanatomia, neurofisiologia, neuroimagem, neurologia, psicologia, psiquiatria, e mais recentemente, genética, inteligência artificial e engenharia – com intuito de estudar as várias relações entre o comportamento e a atividade cerebral (Bennett e Hacker, 2003). Assim, o psicólogo vem conquistando um grande destaque, especialmente com a prática da neuropsicologia que pode ser considerada como uma das disciplinas que compõe a tentativa de síntese representada pela neurociência cognitiva como uma possibilidade de uma moderna ciência da mente (Kandel e Kupfermann, 1997).

De acordo com Bruce (1985), o termo *Neuropsicologia* foi utilizado pela primeira vez em 1913 por William Osler, porém, o seu desenvolvimento começou nos anos 40, com os trabalhos de Hebb (1949). Ao longo das décadas, o estudo e o desenvolvimento da neuropsicologia foram ganhando força. À medida que progredem os conhecimentos nas diversas disciplinas que integram a neuropsicologia, aumentam significativamente as aplicações da mesma (Cosenza, Fuentes e Malloy-Diniz, 2008).

Apesar de óbvia a concepção de que o sistema nervoso relaciona-se com o comportamento e processos mentais, foram necessários vários séculos para que essa idéia se tornasse sólida e aplicável à prática clínica. Desta forma, os pilares da neuropsicologia partem da busca pela compreensão sobre a relação entre o

organismo e os processos mentais até o estágio atual, em que buscamos compreender como o sistema nervoso modula nossas funções cognitivas, comportamentais, motivacionais e emocionais, ressalta Cosenza, et al (2008).

A neuropsicologia refere-se, então, ao estudo das relações entre a cognição, o comportamento humano e a atividade do sistema nervoso em condições preservadas ou alteradas (Nitrini, 2003). Além disso, possibilita integrar ao diagnóstico a história clínica do sujeito, as diferenças individuais, as características ambientais e comportamentais, assim como a história de tratamentos anteriores.

A atuação do neuropsicólogo se dá, principalmente, na avaliação (exame neuropsicológico) e no tratamento (reabilitação cognitiva). O exame neuropsicológico deve promover e aprofundar o conhecimento do funcionamento cerebral, permitindo avaliar como se desenvolvem os processos psicológicos, lingüísticos e perceptuais. Seu estudo e prática oferecem oportunidade de correlacionar conhecimentos clínicos permitindo não somente a precisão diagnóstica, como também possibilidades terapêuticas por meio da reabilitação cognitiva (Tabaquim, 2003).

Para entender o funcionamento cerebral humano por completo, é necessário abordar uma perspectiva desenvolvimental, que enfoca as fases do ciclo vital em que o indivíduo se encontra. Desta forma, a neuropsicologia do desenvolvimento vai auxiliar no estudo do desenvolvimento normal e do funcionamento neurobiológico, neurocognitivo e neurocomportamental ao longo dos anos (Baltes, 1987).

A neuropsicologia do desenvolvimento juntamente com a neuropsicologia infantil têm se destacado no auxílio do diagnóstico, no tratamento precoce de alterações e principalmente, como se dá o desenvolvimento das funções cognitivas (Ellison e Semrud-Clikeman, 2007; Costa et al, 2004; Lefèvre, 2004; Welsh e Pennington, 1988).

Assim, a importância do estudo das capacidades cognitivas justifica-se pela influência determinante da cognição sobre a emoção e o comportamento da criança. As funções neuropsicológicas se desenvolvem na dependência de vários fatores, por meio de uma interação dinâmica e contínua das experiências ambientais e sociais. Por isso, é necessário não apenas identificar os fatores que interferem nesse processo, mas também sua influência. Para que se possa

compreender de forma mais aprofundada a ontogênese das funções cognitivas, trataremos rapidamente do desenvolvimento infantil e suas principais influências.

2.1.

O Desenvolvimento Infantil

O desenvolvimento humano é um processo que se estende continuamente ao longo da vida dos indivíduos. Desde o nascimento, a criança apresenta um padrão de desenvolvimento em diferentes domínios, tais como o biológico, o psicossocial e o cognitivo. Todos eles são importantes e sofrem a influência de múltiplos fatores nos diferentes momentos do desenvolvimento humano. Estas influências, que são referentes a esses domínios e que ao mesmo tempo, produzem correlações entre eles, apresentam um caráter multidirecional e interativo. Diferentes ambientes culturais levam ao desenvolvimento de diferentes padrões e habilidades. Consequentemente, o ser humano se desenvolve individualmente e dentro de um padrão dado pela espécie, pelo gênero e pela idade.

Acompanhar o desenvolvimento da criança envolve observar o modo como ela estabelece contato com o meio circundante, percebe este meio, assimila a experiência cultural e se torna parte ativa do sistema de grupos sociais que constitui seu ambiente. Portanto, deve abranger as condições para o seu pleno desenvolvimento, que inclui o crescimento físico, psicológico, social e a aquisição de habilidades, capacidades e comportamento humano. Adquirindo estratégias para assegurar a sobrevivência, manter a saúde e o bem-estar.

Ao longo dos anos, o ser humano pode se constituir através de dois processos fundamentais: o crescimento e desenvolvimento. O crescimento é o processo que diz respeito às mudanças físicas e no tamanho que dependem da maturação. Já o desenvolvimento, são as mudanças do organismo como um todo, na sua complexidade ou plano geral, que também sofre influência do processo maturacional e da aprendizagem (Pinheiro, 1996).

De acordo com Gomes (2005), a maturação condensa os processos biológicos elementares que, ao longo do tempo, vão funcionando de modo cada vez mais complexo e específico, orientados por um programa geneticamente determinado. A aprendizagem refere-se à processos psicológicos superiores, dependentes da fala na sua organização, e determinados sócio-historicamente

pelas condições de vida de cada sujeito. Isto é, o processo de maturação prepara e possibilita uma determinada aprendizagem, enquanto o processo de aprendizagem estimula a maturação. Desta forma, esta diferenciação recíproca faz o desenvolvimento avançar.

2.2. Maturação Cerebral e Aprendizagem

O cérebro humano é um órgão altamente complexo e privilegiado da aprendizagem. Conhecer sua estrutura e funcionamento é fundamental na compreensão das relações dinâmicas e complexas das funções cognitivas. De acordo com Luria (1981), o cérebro é um sistema integrador, coordenador e regulador entre o meio ambiente e o organismo, entre o comportamento e a aprendizagem.

Por muitos anos, o cérebro do adulto foi utilizado como modelo a ser seguido no estudo cerebral infantil. Entretanto, percebeu-se que como o cérebro infantil está em processo de desenvolvimento, diferia do cérebro adulto em muitos aspectos. Segundo Baron, Fennel e Voeller (1995), para estudar o cérebro infantil é preciso levar em consideração as mudanças maturacionais, o potencial de reorganização funcional, as limitações intrínsecas dos modelos correlacionais estrutura-função, as diferenças nos quadros clínicos e etiologias, a variabilidade situacional do desempenho e a sensibilidade ao contexto social, cultural e familiar.

No recém-nascido, o cérebro está mais próximo que qualquer outro órgão do seu estado adulto de desenvolvimento. O cérebro humano cresce de maneira substancial, tendo seu volume quadruplicado até a idade adulta com o aumento de quatro vezes no tamanho e no peso. Porém, diferente de outras espécies, se desenvolve mais lentamente, só atingindo sua maturidade completa no final da adolescência (Spear, 2000; Johnson, 1998).

O processo de desenvolvimento cortical não se dá por igual, algumas fases possuem desenvolvimento mais rápido que outras (vide figura 1 abaixo). As regiões subcorticais e áreas associadas ao cerebelo amadurecem mais cedo devido as necessidades mais urgentes à sobrevivência. E à medida que novas informações são processadas e recebem significado, a criança alcança uma esfera de competência cada vez maior. (Cole e Cole, 2003). No nascimento, as regiões

sensoriais e motoras estão mais desenvolvidas que o córtex parietal e temporal. Posteriormente, nas regiões pré-frontais do cérebro observa-se um maior desenvolvimento a partir dos dez anos de idade, sendo que a partir dos quatorze anos ocorre uma maior associação entre as regiões pré-frontais e as áreas límbicas (Rose, 2006).

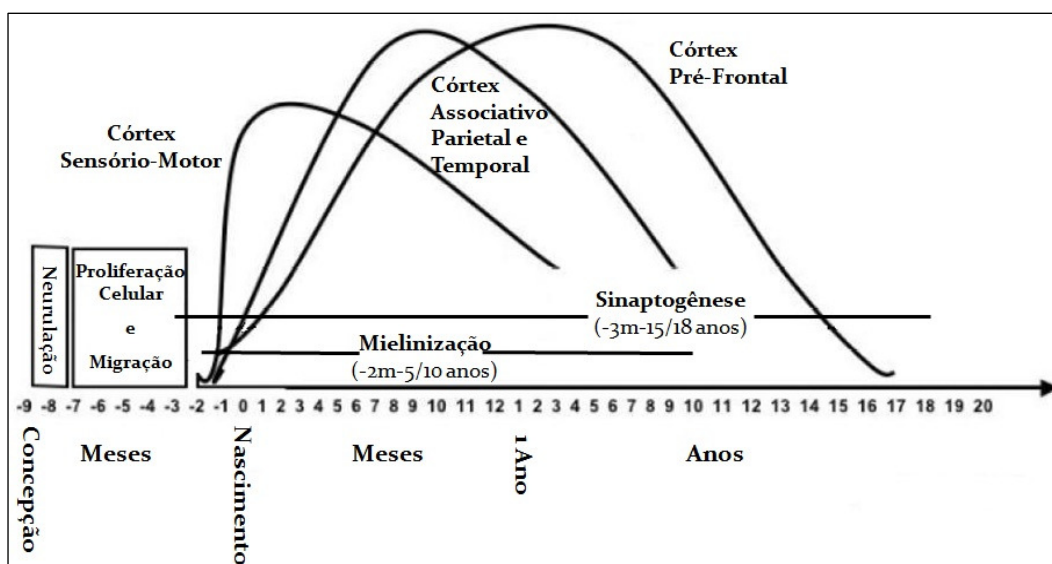


Figura 1 – Período de maturação cerebral. Adaptado de Thompson e Nelson (2001); em Casey et al. (2005).

Esse processo parece resultar de três outros tipos de crescimento: a *sinaptogênese* (formação de novas sinapses), a *mielinização de axônios* e o *aumento na ramificação dos dendritos* (Pinel, 2005). Durante os primeiros meses e anos, ocorrem os principais estírios de crescimento e o refinamento das redes, principalmente a formação sináptica. Grandes ocorrências de sinaptogênese ocorrem no quarto mês pós-natal, aonde a densidade máxima de sinapses chega a atingir 150% dos níveis adultos no sétimo ou oitavo mês, diferente do córtex pré-frontal que ocorre com certa constância, atingindo sua densidade máxima no segundo ano de vida (Huttenlocher, 1994). Desta forma, desde a concepção até a adolescência, o cérebro apresenta uma grande quantidade de sinapses, quando começa a ser reduzida por eventos regressivos (Pinheiro, 2007).

Já nos primeiros dezoito meses após o parto há uma grande proliferação das células da glia, que são pouco frequentes ao nascer (Rose, 2006). A partir desse aumento no assentamento das bainhas de mielina nos dois primeiros anos de vida, tem início a mielinização das áreas sensoriais e, posteriormente, das áreas

motoras, desenvolvendo-se até a adolescência com o córtex pré-frontal (Reed, 2005). Isto é, certas regiões corticais controlam movimentos mais simples e sensoriais, enquanto, outras, controlam as funções mentais mais elevadas. Este processo de mielinização vai permitir às crianças alcançarem maior controle neurológico sobre suas funções e habilidades (Kolb e Whishaw, 2002).

Segundo Diamond (1990), estima-se um aumento na densidade dos dendritos do córtex em cinco vezes até os dois anos de idade. A complexa ramificação de trajetos dendríticos e suas interações resultam em uma mudança no relacionamento entre os neurônios. O alastramento destes provocaria um aumento de distâncias e áreas da superfície, forçando o desenvolvimento de mais giros cerebrais e o aumento de contatos sinápticos entre as células.

Diferentes estruturas corticais e subcorticais sofrem maturação em ocasiões, níveis e velocidades distintas, influenciando e sendo influenciado pelo processo de aprendizagem. Isto provocaria modificações no comportamento da criança e, por conseguinte, nas suas habilidades (Berger, 2003; Thatcher, 1994). Acredita-se que enquanto a criança não tiver atingido determinado grau de maturação cerebral, não irá adquirir certas habilidades cognitivas.

No entanto, existe um período no processo de maturação do sistema nervoso, que o organismo é particularmente susceptível à influência externa, chamado de “período sensível” (Miranda e Muszkat, 2004). Um período sensível é uma época propícia para a ocorrência de algumas mudanças evolutivas e é quando as influências ambientais têm maior probabilidade de ser eficientes no estímulo da sua ocorrência.

Durante esses períodos sensíveis, ocorrem a expressão máxima de capacidades - sensoriais, motoras, motivacionais e psicológicas - podendo ser mais facilmente modificados ou tornarem-se permanentes (Scott, 1986). Por isso, qualquer dano ou lesão ocorrido em alguma das fases pode ter uma consequência mais grave no desenvolvimento do ser humano. Atualmente, tal conceito também tem se relacionado ao que ficou popularmente conhecido como “janela de oportunidade”, ou seja, é um período ideal durante a maturação para o desenvolvimento de determinadas habilidades como demonstrado na figura 2.

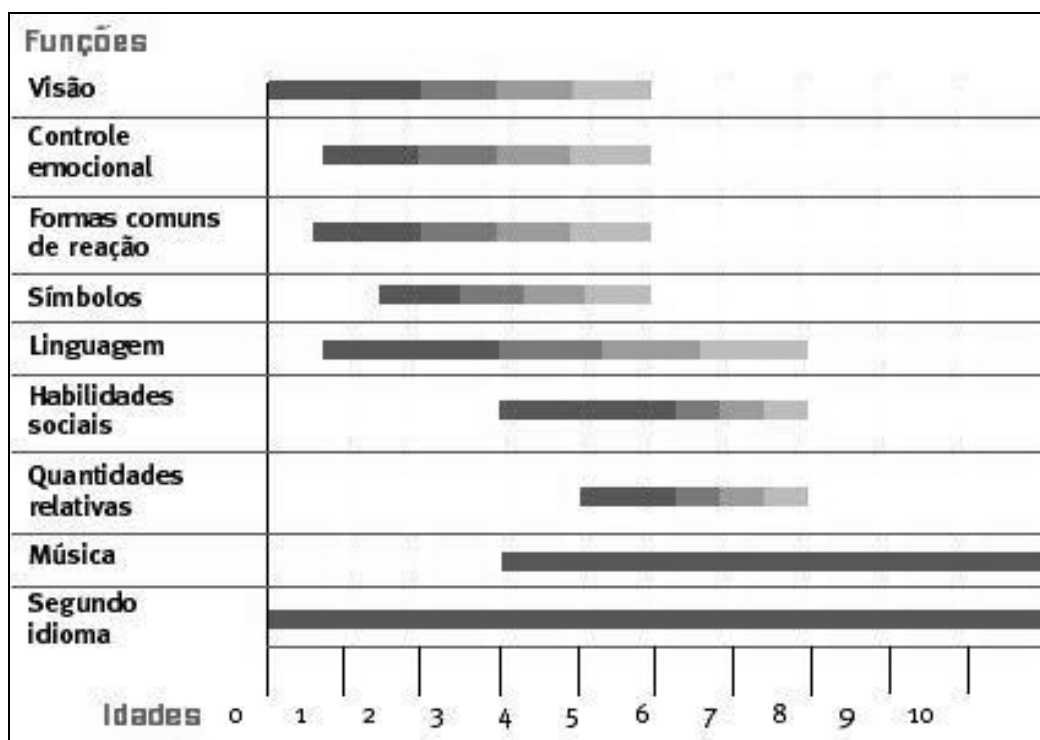


Figura 2 – Períodos decisivos para desenvolvimento e aprendizado. Adaptado de McCain e Mustard, (1999); e Doherty (1997).

Além das mudanças biológicas, o processo evolutivo humano também sofre influência de fatores externos ao indivíduo, tais como as experiências, a interação social, cultural e familiar (Oliveira, Salina e Annunciato, 2001). Por meio de um processo de aprendizagem, esses múltiplos fatores modulam o organismo, através de uma constante flexibilidade e reorganização estrutural do cérebro infantil graças à neuroplasticidade. Haase e Lacerda (2003) definem a neuroplasticidade ou plasticidade neural como a capacidade do sistema nervoso modificar sua estrutura e função em decorrência dos padrões de experiência ou ainda como resultante de traumatismos e lesões que afetam o ambiente neural.

Os fatores ditos culturais também modificam de maneira dinâmica o desenvolvimento cerebral. Assim, é essencial compreender que o cérebro não funciona como uma variável independente que dita ou controla o comportamento, mas que atua como uma variável dependente que reflete e é influenciado pelos fatores ambientais. Pode-se verificar que o desenvolvimento e a plasticidade sináptica das funções cognitivas são ativados no processo do contato social e não

somente determinados por fatores estruturais e de mielinização das regiões corticais (Miranda e Muszkat, 2004).

A dinâmica interação organismo-ambiente vivenciada por um indivíduo acabam diferenciando e moldando circuitos e redes neurais (Kandel e Hawkins, 1992). Portanto, pensar no desenvolvimento cerebral significa considerar o grau de maturação atingido em cada faixa etária, assim como os fatores ambientais que podem influenciar cada habilidade e função cognitiva em determinado momento da vida.

As contribuições teóricas apresentadas pela psicologia cognitiva e pela neuropsicologia têm sido cruciais para a avaliação psicológica infantil. A confluência dos modelos mais recentes apresentados está cada vez mais sendo observada, demonstrando a importância dos fatores biológicos, estruturais e ambientais no processamento cognitivo.

2.3. Funções Cognitivas

O termo “cognição” diz respeito ao conjunto de habilidades relacionadas à capacidade de percepção, atenção, raciocínio, solução de problemas, tomada de decisão, planejamento das ações e comunicação verbal e não-verbal. Isto é, aquilo que antigamente Luria (1966) denominava “funções mentais superiores” ou Vygotsky (1996) chamava de “processos ou funções psicológicas superiores”. Feuerstein et al (2002) definem as funções cognitivas como os processos estruturais e complexos do funcionamento mental que, quando combinados, fazem operar e organizar a estrutura cognitiva.

Neste sentido, pode-se perceber que ao longo dos anos, o termo “cognição” ganhou muitas outras nomenclaturas tais como operações ou estruturas mentais, funções corticais superiores e processos cognitivos, foram dadas por diversos autores ao mesmo conceito. Mas independente da denominação, essas funções dizem respeito às habilidades mentais relacionadas à capacidade de percepção, atenção, memória, linguagem, habilidades visuo-construtivas, pensamento, raciocínio, funções executivas, entre outras.

Da mesma forma que a cognição, os conceitos que serão discorridos na próxima seção, também sofreram inúmeras alterações. À medida que o

conhecimento acerca dessas funções aumenta, há a inserção de novos componentes, como é o caso da memória de curto-prazo, e conseqüentemente, uma ampliação das teorias e modelos que embasam os respectivos constructos.

Atualmente, um dos constructos que tem despertado bastante interesse científico em razão de seus muitos pontos de intersecção com várias áreas da psicologia é o de *Funções Executivas*. Certamente, o interesse se dá pelo grupo de habilidades e sub-componentes intimamente relacionados aos processos de aprendizagem do ser humano, em especial o pensamento crítico, julgamento, planejamento e auto-monitoramento.

Devido às habilidades particulares de cada função cognitiva, cada uma delas possui uma ontogênese específica com maturação e internalização em momentos diferentes, que poderá ser observado de maneira mais detalhada no capítulo três. Algumas funções estão mais relacionadas à determinadas estruturas corticais e subcorticais, organizadas no momento do nascimento, outras vão se estruturando ao longo dos anos. Portanto, no processo de desenvolvimento infantil, cada função se modifica, transformando os circuitos neurais e as relações entre elas. Circuitos estes, que serão percorridos no próximo capítulo.

3

Funções Cognitivas: Bases Neuroanatômicas e Circuitarias

O cérebro humano sempre despertou interesse nas mais diversas áreas científicas. Entretanto, foi apenas em 1891, a partir dos trabalhos de Ramón y Cajal (1889), que tomamos conhecimento da unidade básica do cérebro: o neurônio (Rapport, 2005). Desde então, podemos observar um crescente acúmulo de conhecimento acerca da composição e funcionamento do cérebro, principalmente em questões relacionadas à localização das funções mentais surgiam através do debate entre os localizacionistas e os holistas (Cosenza et al 2008).

Segundo o localizacionismo, o cérebro atua de forma fragmentada, onde cada uma das regiões seria responsável por uma função mental e comportamental específica. Esta visão deriva da frenologia elaborada por Franz Joseph Gall no início do século XIX. Gall acreditava que ao analisar a superfície do crânio, seria possível saber se uma faculdade mental era bem desenvolvida ou não. Os trabalhos de Paul Broca (em relação o centro do controle da fala) e Karl Wernicke (em relação à área de compreensão da fala) ofereceram evidências sólidas sobre essa questão.

Entre os grandes opositores do localizacionismo, destaca-se o neurologista Hughlings Jackson. Para ele, os processos mentais deveriam ser associados ao cérebro não por sua localização em áreas específicas, mas sim através de uma compreensão hierárquica do sistema nervoso. A visão localizacionista foi superada por um novo conceito de função: o holismo. Para os holistas, não haveria uma especificidade regional no cérebro, o qual controlaria o comportamento atuando como um todo, mas todas as regiões colaborariam num determinado momento na execução de uma tarefa.

Estudos como os de Ivan Pavlov, Lev Vygotsky e Aleksandr Luria auxiliaram no fortalecimento de uma visão que integrava os princípios localizacionistas e holistas. Por exemplo, Luria (1966) postula o conceito de

“sistemas funcionais”. Em sua teoria, as funções mais elementares poderiam até ser localizadas, mas os processos mentais geralmente envolviam sistemas que atuavam em conjunto, situando-se em áreas distintas do cérebro.

Diferente de Luria, Norman e Shallice (1980) propõe a idéia de que mesmo os sistemas centrais tais como o Sistema Atencional Supervisor (SAS), possuem graus de modularidade diferenciados, uma modularidade em cascata. Assim, influenciado pela perspectiva de modularidade contemporânea de Marr (1982), Shallice introduz questões de importância teórico-clínicas na Neuropsicologia. Essa íntima ligação entre a Neuropsicologia Cognitiva e Psicologia Cognitiva, que surge por volta das décadas de 60 e 70, irá cada vez mais, contribuir para o estudo da cognição humana.

Do mesmo modo, o diálogo entre a Psicologia do Desenvolvimento e a Neuropsicologia Cognitiva do Desenvolvimento vem se estreitando. De acordo com Cagnin (2009), os achados da Neuropsicologia infantil têm muito colaborado para a reestruturação de questões no âmbito da Psicologia do Desenvolvimento Cognitivo. Um exemplo desse tipo de contribuição são as novas versões dadas à perspectivas mais tradicionais como as de Piaget, que preconizam um desenvolvimento cognitivo de domínio geral.

Após 100 anos dos trabalhos de Ramón y Cajal, pudemos pela primeira vez observar, de forma não intrusiva, um cérebro humano vivo e consciente em pleno funcionamento através do advento das técnicas de neuroimagem. Atualmente, contamos não só com a Ressonância Magnética funcional (fMRI), mas também com tomografia computadorizada por emissão de pósitrons (PET Scan) ou por fóton único (SPECT), magnetoencefalografia (MEG) e traçadores de atividade neuronal baseados em expressão gênica (c-Fos). Através dos inúmeros métodos de investigação, novas evidências têm ampliado nosso conhecimento acerca das correlações anátomo-funcionais, bem como de localizações mais precisas das atividades mentais.

Desta forma, tanto a revolução cognitiva quanto a revolução tecnológica vem reformulando questões sobre a relação mente-cérebro. Ao mesmo tempo, aponta os próprios limites de se pensar isoladamente na localização das funções cognitivas, mas sim, a importância de se conhecer as conexões existentes entre elas como um todo (Capovilla, 2007).

O desenvolvimento de diversos estudos que investigam a localização das funções cerebrais no campo da neurociência tem contribuído em uma melhor compreensão dos substratos neurais do comportamento humano e seu funcionamento cerebral. Assim, é possível nesta seção apontar as principais áreas e estruturas relacionadas aos processos cognitivos citados abaixo.

3.1. Sensação e Percepção

A sensação e a percepção constituem a base para a formação de todo nosso conhecimento acerca do mundo externo e interno, através dos órgãos dos sentidos e as células. De acordo com Engelhardt, Laks e Rozenthal (1995), a sequência de eventos resultantes na percepção de estímulos se inicia em células especializadas. Desde os receptores periféricos e as vias aferentes, até o córtex, passando pela medula, tronco cerebral e tálamo, o processamento se por diferentes níveis. Cada sistema sensorial apresenta uma modulação própria para o reconhecimento consciente do estímulo aplicado. Posteriormente, os receptores sensoriais se encarregam de traduzir os estímulos, que são codificados e levados por vias complexas para os centros superiores, onde por fim, essas informações são processadas.

Os sistemas sensoriais apresentam uma organização mista, hierárquica e em paralelo de acordo com a etapa de processamento. Um bom exemplo dessa organização é o sistema visual. Os olhos e suas estruturas desempenham um papel fundamental nesse processo. Eles captam as imagens, transformando-as em impulsos elétricos, que serão enviados através do nervo óptico, ao cérebro. Os processos visuais são centralizados no lobo occipital, em especial no córtex visual primário e no córtex visual de associação. Os inúmeros aspectos de um estímulo visual estão vinculados à atividade da área visual primária (Grill-Spector e Malach, 2004).

Grande parte das informações para as áreas especializadas provém da V1, que juntamente com a V2 que distribuem os diferentes sinais para as áreas apropriadas. Assim, o córtex temporal medial (MT ou V5) está relacionada com o movimento e a profundidade, a área V4 à percepção de cor e forma, que alcança o córtex temporal inferior (IT). Desta forma, a percepção de forma e cor utiliza uma

via ventral (“o que”), relacionada com a identificação de um objeto. Enquanto a percepção de movimento e de profundidade depende de uma via dorsal (“onde”), envolvida na localização espacial dos objetos (Milner e Goodale, 1995; Ungerleider e Mishkin, 1982).

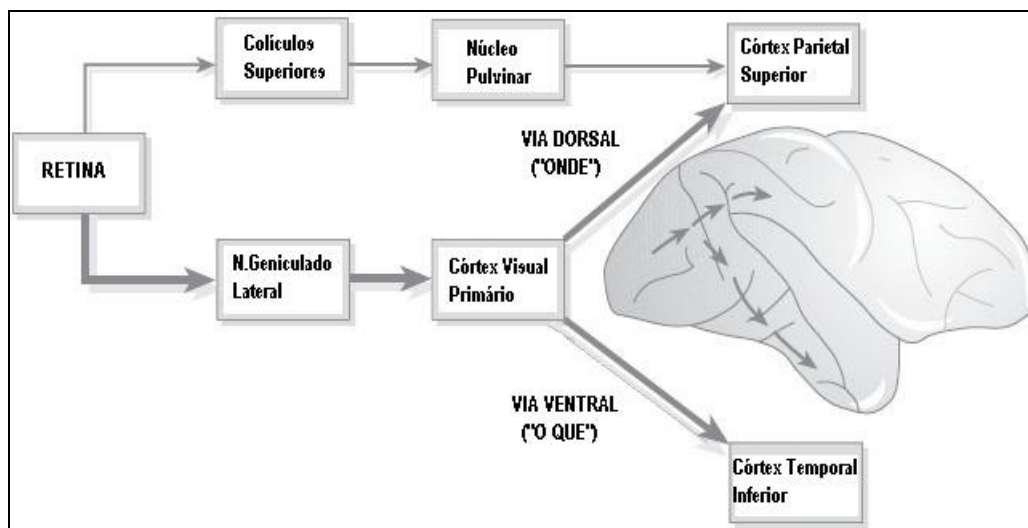


Figura 3 – Esquema das vias dorsal e ventral (adaptado de Milner e Goodale, 1995).

O processamento auditivo é centralizado no lobo temporal, principalmente no córtex auditivo primário. As informações da cóclea apresentam conexões complexas ao nível do tronco cerebral (Phillips, 1995). Os estímulos auditivos são processados por vias paralelas ascendentes, diretas e cruzadas, a partir dos núcleos cocleares. Neles, as vias binaural e monaural formam o lemnisco lateral, que terminam no colículo superior, projetado para o corpo geniculado medial.

As informações acústicas ascendem ao córtex auditivo através de vias paralelas e terminam em regiões específicas para o processamento do tempo, intensidade e frequência do som. Dessa forma, as diferentes regiões funcionais do córtex decompõem a informação auditiva em componentes menores para gerar a percepção da localização, altura e volume. Finalmente, são direcionadas para as áreas de associação onde os sons são apreciados de acordo com seu tipo (Celesia, 1976).

A gustação tem seu processamento a partir da estimulação de células receptoras que estão agrupadas nas papilas gustativas. Kinnamon e Cummings (1992) ressaltam os diferentes métodos para converter a informação da estrutura

química dos estímulos gustativos em sinais elétricos. Estímulos salgados e azedos, por exemplo, agem diretamente sobre os canais iônicos específicos localizados nas membranas das células receptoras. No entanto, os estímulos doce, amargo e umami apresentam conversão mediada por receptores acoplados a G-Proteínas.

Em todos os casos, os sinais elétricos produzidos são enviados ao sistema nervoso central através dos nervos cranianos. Os sinais elétricos são enviados até a medula, onde fibras aferentes as projetam diretamente para o núcleo ventral póstero-medial do tálamo. Além disso, foram observadas projeções adicionais para o córtex somatosensorial primário, possível região que integra os aspectos quimo e somatosensórios dos estímulos gustativos (Araújo, 2003).

Em comparação aos outros mamíferos, o olfato do ser humano é pouco desenvolvido. Combinado com a gustação, o olfato nos ajuda a identificar os alimentos e alertar sobre alguma substância nociva. Os receptores olfativos projetam seus axônios para o interior dos bulbos olfatórios, onde convergem para formar estruturas sinápticas chamadas glomérulos. Estas se conectam em grupos que convergem para as células mitrais. Posteriormente, os axônios de saída dos bulbos, estendem-se pelos tractos olfativos, projetando diretamente para regiões primitivas do córtex. Então, a informação vai para o tálamo e depois, para o néocórtex (Bear, Connors e Paradiso, 2002). As percepções conscientes do cheiro podem ser mediadas por uma via que vai do tubérculo olfatório ao núcleo medial dorsal do tálamo, e por fim, para o córtex orbitofrontal.

3.2. Atenção

Devido sua complexidade, a atenção é um produto do funcionamento integrado de inúmeras estruturas corticais e sub-corticais, além de sistemas de redes neurais, que constituem a neuroanatomia da atenção. O estado de alerta dá início à recepção de estímulos provenientes dos órgãos sensoriais. No tronco encefálico, mais especificamente na formação reticular, ocorre então a regulação da tenacidade (Brandão, 1995). Porém, são as projeções do sistema ativador reticular ascendente (SARA) que possibilitam a ativação cortical, a manutenção do alerta e vigília e a escolha das respostas comportamentais. A ativação inicial do córtex parietal na recepção de informações sensoriais, os núcleos da base e do

colículo superior com as informações motoras, além das informações límbicas advindas do giro do cíngulo e da amígdala são reguladas através de aferências da formação reticular (Lima, 2005).

As habilidades de seleção de estímulos relevantes e inibição de estímulos distratores são fatores essenciais para a cognição e processo de aprendizagem. Para Mesulam (1999), três estruturas estão relacionadas à atenção seletiva: o córtex parietal superior, relacionado com a representação espacial exterior; o córtex pré-motor lateral, responsável pela orientação e movimentos de exploração; e o giro do cíngulo anterior, associado com a monitoração da resposta.

Além dessas áreas, autores como Muskat (2008) e Lima (2005) também relacionaram o córtex pré-frontal no controle voluntário da atenção, o córtex fronto-parietal e os núcleos da base no acoplamento de novos estímulos e o núcleo pulvinar no filtro de informações relevantes das irrelevantes, localização do alvo visual, engajamento. De maneira inversa, a inibição de estímulos irrelevantes está ligada aos componentes do sistema límbico com o foco dado pelos processos emocionais e motivacionais, o córtex parietal pela inibição do foco do estímulo e as áreas frontais com a alocação dos processos inibitórios (Muskat; 2008).

Nos processos atencionais, diversas regiões cerebrais são acionadas, trabalhando de maneira integrada, mas para que todos componentes funcionem em harmonia é necessário um gerenciador de atividades. O controle e organização executiva da atenção têm papel fundamental não só na manutenção da disposição para agir e controle inibitório como também no planejamento e execução direcionados à metas e auto-regulação da ação. Essa função possui grande relação com as áreas anteriores do cérebro, sobretudo nas áreas pré-frontais e órbito-frontais (Estévez-González, García-Sánchez e Junque, 1997).

Por fim, outras duas funções importantes na atenção é a atenção sustentada, que estaria envolvida com o tálamo e o córtex frontal anterior, e a atenção dividida, que seria ativada pelo córtex parietal anterior, córtex pré-frontal e pelo tálamo (Engelhardt et al 1996).

3.3. Memória

Consideráveis avanços têm ocorrido, nas ultimas décadas, em relação à compreensão sobre o funcionamento da memória. Resultados apontam cada vez

mais que a memória não se localiza apenas em uma região, tendo suas funções compartilhadas por múltiplas estruturas de acordo com sua especificidade (Fuster, 1995; Oliveira e Bueno, 1993, Weiskrantz, 1987).

Acredita-se que a região temporal medial, mais especificamente, o hipocampo seja uma das estruturas mais importantes na codificação e formação de novas memórias. Mais do que isso, Moscovitch (2003) acredita que sua função seja de integração e consolidação de informações sensoriais separadas, além da transferência de informações recém-sintetizadas para estruturas de longo prazo (Squire e Zola-Morgan, 1991; Zola-Morgan e Squire, 1990). Enquanto o hipocampo parece ser responsável pela formação da memória declarativa, a amígdala estaria relacionada à memória emocional, dando uma tonalidade afetiva ao material aprendido (Ledoux, 2001; Cahill et al., 1995). Da mesma forma, outras estruturas parecem ter relação com as memórias não-declarativas, demonstrado na figura 4.

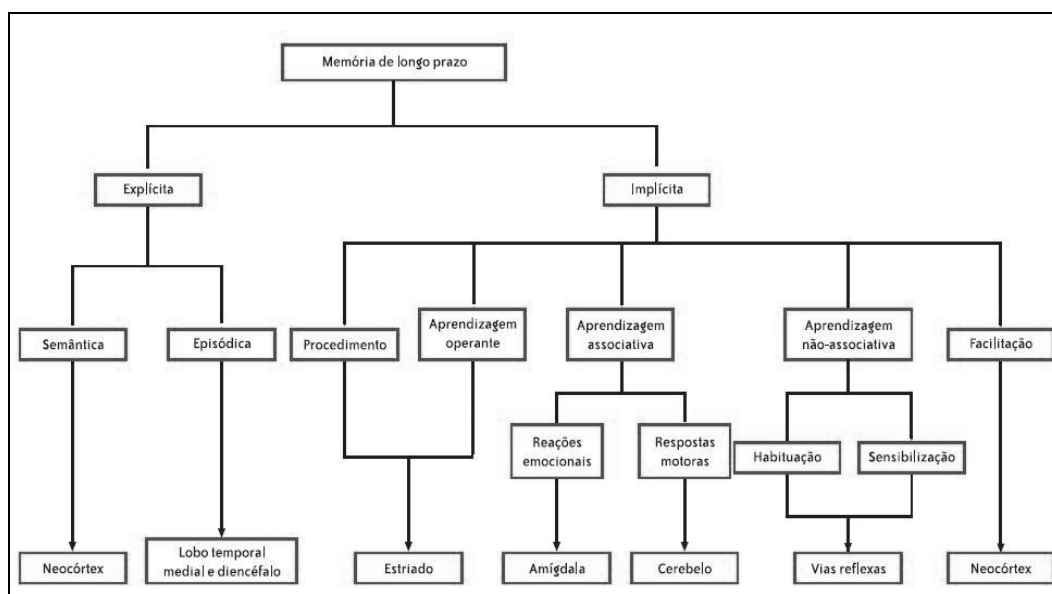


Figura 4 - Memória de longo prazo e suas estruturas associadas. Adaptado de Callegaro e Landeira-Fernandez (2007).

A partir de estudo realizado por Mishkin e Petri (1984), foi observado um envolvimento dos núcleos da base, em especial o núcleo caudado, na memória de procedimentos. O cerebelo apresenta papel relevante no aprendizado condicionado de respostas motoras (Bugalho, Correa e Viana-Baptista, 2006; Thompson, 1987), enquanto a amígdala relaciona-se às respostas emocionais. Por outro lado, os

aprendizados não-associativos, estão envolvidos com as vias reflexas sensoriais. Estudos com neuroimagem apontam ativação da área neocortical no que diz respeito ao efeito de pré-ativação ou priming (Squire e Knowlton, 1995; Tulving e Schacter, 1990).

Assim como os diversos tipos de memória citadas anteriormente, as estruturas cerebrais envolvidas em cada componente da memória operacional abarcam amplas regiões do sistema nervoso que pode ser observado na tabela 1. Contudo, o córtex pré-frontal desempenha um papel crucial no processamento desse tipo de memória (Izquierdo, 2002).

Tipo de Memória	Áreas Corticais	Hemisfério	Área de Broadman
Alça Fonológica Armazenamento Reverberação	Parietal Posterior Área de Broca, Córtex Pré-Motor e Motor Suplementar	Esquerdo	40 44, 6 6
Esboço Visuo-Espacial Armazenamento Reverberação	Pré-Frontal Inferior Occipital Anterior, Parietal Posterior e Córtex Pré-Motor	Direito	47 19, 40 6
Executivo Central Processos Executivos	Córtex Frontal Dorsolateral e o Córtex Pré-Frontal	Esquerdo / Bilateral	9, 10, 44, 45, 46

Tabela 1 – Áreas corticais relacionadas aos diferentes componentes da memória de trabalho. Adaptado de Gathercole (1999).

A alça fonológica tem seus sub-componentes localizados no hemisfério esquerdo, onde o armazenador estaria associado ao córtex parietal posterior, enquanto o mecanismo de reverberação se sobrepõe à Área de Broca e ao córtex pré-motor (Smith e Jonides, 1998). Ao mesmo tempo, o esboço visuo-espacial é composto pelo armazenador visual, localizado no córtex pré-frontal inferior e pelo mecanismo espacial, ocupando o córtex occipital anterior, córtex parietal posterior e o córtex pré-motor, ambos no hemisfério direito (O'Reilly, Braver e Cohen, 1999). Por fim, o executivo central tem representações bilaterais no córtex cerebral, e está relacionado principalmente ao córtex frontal dorso-lateral e ao córtex pré-frontal (Collete e Linden, 2002; Gathercole, 1999).

3.4. Linguagem

Durante muitas décadas, grande ênfase foi dada aos estudos sobre linguagem. Contribuições como as de Paul Broca e Karl Wernicke continuam sendo lembradas até hoje. O avanço da tecnologia e a utilização de técnicas avançadas de neuroimagem permitiram uma importante evolução a respeito do conhecimento de circuitos neurais relacionados à linguagem (Vieira, Fay e Neiva-Silva, 2007).

Através de técnicas menos invasivas é possível observar como os processos se dão em indivíduos normais e não apenas em lesionados, como antigamente. Entretanto, sabe-se muito mais sobre as áreas envolvidas na linguagem em adultos do que em crianças. O fato de estarem em constante desenvolvimento, torna-as mais susceptíveis à plasticidade e mudanças funcionais, podendo não ser as mesmas áreas nas crianças (Muszkat e Mello, 2008).

O processamento da linguagem é bastante complexo, ocorrendo em estruturas específicas e localizações determinadas. Desde Marc Dax (1865), inúmeros estudos foram realizados envolvendo a questão da especialização hemisférica da linguagem. Atualmente, há uma grande aceitação que alguns aspectos da linguagem seriam mediados por um hemisfério dominante (Knecht et al., 2000). Em geral, é o hemisfério esquerdo que estaria relacionado à articulação e compreensão da linguagem, assim como no reconhecimento da palavra; e o direito, com aspectos prosódicos e afetivo-emocionais da linguagem (Springer e Deutsch, 1998).

Quanto aos aspectos neurais relacionados à linguagem expressiva, temos o cerebelo, responsável pelo seqüenciamento dos movimentos na fala e pela monitoração da fonação; o córtex motor (porção posterior do lobo frontal), que estaria associado aos atos motores de fonação; os nervos motores, que controlam a motricidade dos músculos faciais e órgãos fonoarticulatórios; e os núcleos da base, responsáveis pelo controle do automatismo motor (Rocha, 1999). Além dessas estruturas, temos a área de Broca, situado no giro frontal ascendente esquerdo, com papel fundamental no planejamento motor da linguagem, na articulação e produção da fala (Machado, 2002). Os aspectos não-verbais como a

prosódia e pragmática estão associados ao hemisfério direito. No entanto, o aspecto motivacional da linguagem está relacionado ao giro do cíngulo e outras áreas mais límbicas do lobo frontal (Muszkat e Mello, 2008).

As funções receptivas envolvem as áreas auditivas, localizada no lobo temporal, e as áreas visuais, predominantes no lobo occipital, além dos nervos sensitivos e as áreas motoras, assim como as relacionadas com os movimentos oculares e a rotação da cabeça, movimentos presentes durante a leitura (Machado, 2002). A área de Wernicke, localizada na porção medial e superior do lobo temporal esquerdo, é responsável pela compreensão da linguagem (Price, 2000). Outra estrutura importante é o giro angular situado no lobo parietal, participa do processo de decodificação da linguagem escrita, processo de leitura e integração de informações sensoriais (Bookheimer et al., 1995).

3.5. Habilidades Visuoespaciais

A partir do estudo de pacientes com lesões unilaterais, observa-se uma diferenciação entre os dois hemisférios cerebrais quanto suas capacidades no processamento das informações para a realização de tarefas visuo-espaciais. Assim, considera-se o hemisfério direito associado à configuração global de um estímulo, enquanto o hemisfério esquerdo estaria associado à discriminação de suas partes constituintes (Zuccolo, Rzezak e Góis, 2010).

Além de uma diferenciação hemisférica, as habilidades visuo-espaciais dependem de regiões corticais posteriores, tais como o córtex occipital fundamental na análise e integração dos componentes visuais (formas, cores, tamanho) e córtex parietal (giro angular e supramarginal), relacionado aos componentes espaciais do estímulo e questões visuo-espaciais da grafia (Giannakopoulos et al, 1998; Roncato et al., 1987).

Em relação à elaboração da representação mental, as áreas frontais são ativadas no planejamento da ação motora. Por fim, a execução de qualquer tarefa visuo-espaciais exige a participação das áreas do córtex motor seja para a construção ou para reprodução de algum padrão visual (Bushnell e Boudreau, 1993).

3.6. Funções Executivas

Por muito tempo, acreditou-se que as funções executivas estavam relacionadas apenas ao lobo frontal, especificamente ao córtex pré-frontal. Atualmente, através dos métodos de neuroimagem sabe-se que esse constructo está associado a diferentes regiões dos lobos frontais (Stuss et al. 2002; Stuss e Alexander 2000; Koechlin et al. 2000), bem como distribuídos em uma ampla rede cerebral, que inclui estruturas subcorticais e vias do tálamo (Monchi et al. 2006; Lewis et al. 2004). Presume-se que o córtex pré-frontal seja a região mais relacionada ao funcionamento executivo e possui papel central na coordenação e integração entre os diferentes processos cognitivos e emocionais. (Mitchell e Phillips, 2007). Além disso, Weinberger (1993) ressalta seu alto grau de conectividade, compreendendo mais de trinta por cento do peso cerebral e sua superfície.

O córtex pré-frontal possui aspectos únicos que sugerem a mediação e o controle do funcionamento executivo, sendo a área que possui mais regiões cerebrais conectadas a elas, além de receber diretamente entrada de outras áreas heteromodais associativas. O córtex pré-frontal é o maior alvo neocortical das informações processada nos circuitos límbicos e das projeções dos circuitos (Royall et al., 2002). Deste modo, é a única região cortical capaz de integrar informações motivacionais, mnêmicas, emocionais, somatossensoriais e sensações externas, de maneira unificada e com metas direcionadas. (Anderson et al., 2001a).

O córtex frontal pode estar organizado de acordo com a natureza do material a ser processado ou com o tipo de processamento requerido (Owen, 2000; Goldman-Rakic, 1996). Por exemplo, a manipulação de informação em tarefas complexas normalmente ativa o córtex pré-frontal inferior direito, enquanto o córtex frontal superior é mais ativado quando a informação precisa ser renovada e mantida na memória (Wager e Smith, 2003). Stuss et al (2002) notaram que a área frontal dorsolateral direita estaria envolvida no monitoramento do comportamento e a mesma área só que do lado esquerdo estaria relacionada ao processamento verbal. De acordo com Fuster (2002) a região pré-frontal medial e cingulado

anterior estariam envolvidos na reorganização da atenção e na motivação, a região pré-frontal lateral na memória de trabalho e definir, e a região órbito-medial no controle inibitório de impulsos e interferência.

Como visto anteriormente, o córtex pré-frontal está envolvido com muitos aspectos cognitivos e comportamentais específicos. Contudo, Royall e colaboradores (2002) identificaram três importantes circuitos (síntese apresentada na figura 5) que estão mais relacionados ao desempenho das funções executivas, com origem no lobo frontal e enviando projeções para os núcleos da base e para o tálamo.

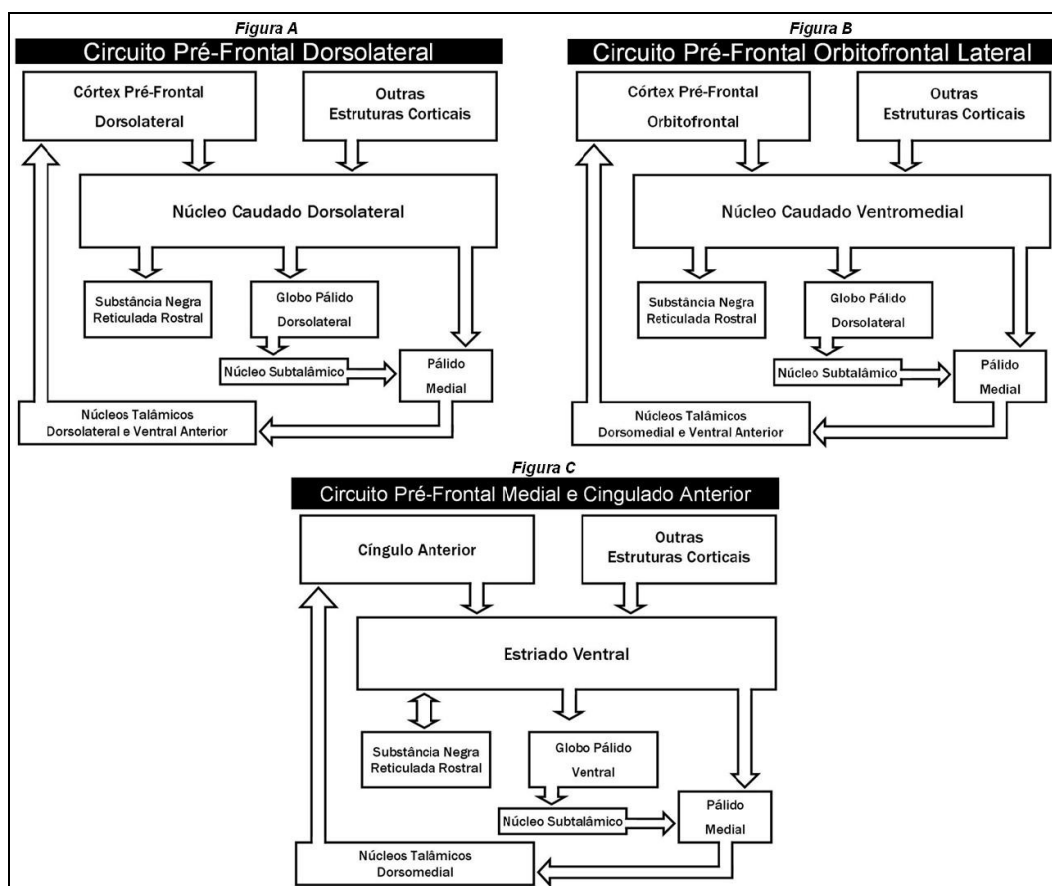


Figura 5 – Circuitos do córtex pré-frontal e as funções executivas. Adaptado de Royall e colaboradores (2002).

O primeiro é o circuito córtex pré-frontal dorsolateral que se projeta para parte dorsolateral do núcleo caudado e também recebe informações do córtex parietal e da área pré-motora. Esta região pré-frontal dorsolateral é uma área de convergência multimodal e parece ter relação com o planejamento,

estabelecimento de metas, flexibilidade cognitiva, fluência, memória de trabalho verbal e visuo-espacial, auto-regulação e tomada de decisão.

Em seguida, o circuito órbito-frontal lateral têm origem no córtex pré-frontal lateral inferior e ventral anterior, projeta-se para o núcleo caudado ventromedial e recebe informações de outras áreas corticais. Esta região também recebe entrada de informação das áreas de processamento visual e auditivo dos lobos occipital e temporal. No córtex orbitofrontal, há uma forte interconexão com as áreas de processamento cognitivo e emocional. Portanto, estaria envolvido em alguns aspectos de comportamento social como controle inibitório, empatia e cumprimento de regras sociais.

Por fim, o circuito do cíngulo anterior/córtex pré-frontal medial se projeta para o estriado ventral, recebe sinais do córtex de associação paralímbico, continuando até o núcleo talâmico dorsomedial. Este circuito teria relação com o monitoramento do comportamento, motivação, controle executivo da atenção, seleção e controle de respostas, recebendo informação de regiões como o hipocampo e a amígdala.

De fato, os aspectos multifacetados das funções executivas e os múltiplos componentes das tarefas, dificultam a investigação e o controle das variáveis. Assim, não permitem o isolamento de uma habilidade executiva específica, o que provoca certo questionamento sobre as localizações cerebrais relacionadas ao funcionamento executivo (Collete et al., 2005). Ao mesmo tempo, a grande quantidade de conexões com diversas regiões do cérebro demonstra sua importância no controle da função executiva e no funcionamento de outras funções cognitivas.

Essa perspectiva mais abrangente e "holista" das funções executivas pode ser lida no trabalho de Faw (2003). Nele, o autor lança a idéia do lobo pré-frontal servir como um "comitê executivo" composto de cinco membros ou cinco sistemas sub-corticais-e-posteriores: o *apreendedor*, o *verbalizador*, o *motivador*, o *atentivo* e o *coordenador*. Cada membro desse comitê estaria relacionado a um sistema pré-frontal e à habilidades cognitivas específicas. Segue descrição abaixo.

No caso do *apreendedor*, via pre-frontal ventro lateral, recebe informações bem básicas sobre objetos e o ambiente de cada um dos cinco sistemas exteroceptivos. Esse sistema utiliza essas informações para discriminar e identificar objetos e situações. O sistema verbalizador, via ventro lateral, também

recebe informações sobre objetos e o ambiente, mas se utiliza das informações relacionadas à comunicação. Já o sistema motivador, via ventro medial orbital, recebe informações diretamente da parte perceptual, aprimorando as informações do sistema apreendedor e verbaizador. Ele também recebe informações interoceptivas, sensações do corpo, respostas emocionais. O sistema atento, via dorso medial, está intimamente ligado ao foco atencional, recebe e processa informações básicas dos objetos e do ambiente, assim como o sistema apreendedor, motivador e coordenador. Por fim, o coordenador, via dorso lateral, recebe informações espaciais e de todos os outros sistemas.

Segundo Faw (2003), todos esses sistemas e vias pré-frontais relacionam-se com várias funções cognitivas tais como a percepção, atenção, memória, controle motor, pensamento, entre outras. De certa forma, esse comitê executivo proposto pelo autor tem um papel relevante não só para o estudo dos circuitos neurais, mas também, para a maneira de pensar o funcionamento e desenvolvimento das funções cognitivas como um todo. Certas áreas podem ter relação com certas habilidades cognitivas, assim como as funções executivas podem coordenar todas elas, por que não? Ou quem sabe, as funções executivas sejam habilidades mais avançadas de cada função cognitiva, possuindo assim circuitos comuns?

Enfim, explicar os modelos de cognição normal e suas respectivas áreas cerebrais e circuitarias têm sido um constante desafio. Devido à complexidade do processamento cognitivo, as funções complexas precisam ser divididas em processos mais simples e gerais, assim como serem localizadas anatomicamente de maneira isolada. É possível ter um olhar abrangente sobre o funcionamento cerebral e ao mesmo tempo, compreender mais facilmente os aspectos cognitivos e comportamentais do ser humano.

A neurociência e a neuropsicologia cognitiva, as novas descobertas sobre a circuitaria cerebral e as respectivas relações com funções complexas do cérebro têm gerado muitas explicações e aplicações. Esses fatos nos convencem cada vez mais da importância que a pesquisa e o conhecimento produzido pelas Ciências cognitivas possuem, em especial na grande contribuição para o desenvolvimento humano.

4

Funções Cognitivas: Ontogênese/Desenvolvimento

Entender sobre a ontogênese das funções cognitivas se configura como um fator de grande relevância para uma compreensão da constituição do sujeito em si. É através dessas diversas funções que o ser humano percebe e assimila o mundo em que está inserido, da mesma forma que se modifica e se reorganiza. Entretanto, o processo de desenvolvimento das funções cognitivas passa pela compreensão dos aspectos mais amplos que cerceiam o desenvolvimento humano, principalmente, relacionado à questões de natureza biológica e social.

Assim, inclui todos os processos mentais utilizados pelos seres humanos no ato de se pensar, decidir e aprender, bem como o próprio cuidado oriundo da família, da escola e dos amigos. Ao mesmo tempo que são as funções cognitivas que permitem ao sujeito uma interação apropriada com o mundo externo, é esta mesma interação que proporciona e molda o desenvolvimento das diversas funções cognitivas.

Desse modo, o amadurecimento de cada função cognitiva não deve ser encarado como algo isolado, mas sim, uma inter-relação de todas as funções. Sua evolução se dá paralela e simultaneamente, onde cada mudança individual influencia toda a configuração do processamento cognitivo. Portanto, para um entendimento do funcionamento global das funções cognitivas, torna-se necessário um olhar abrangente de todas elas.

Por isso, deve-se ter em mente que, apesar de apresentadas aqui de forma separada, essa divisão foi apenas uma maneira didática e sistematizada de apresentar o conteúdo. O desenvolvimento em si deve ser visto como parte de um domínio único e interligado, que compreende mudanças mais significativas em certas faixas etárias mais do que em outras.

4.1. **Sensação e Percepção**

Desde William James (1890), as habilidades associadas ao ato de percepção são alvo de interesse em estudos na área da psicologia. Entretanto, é com a psicologia da Gestalt e estudiosos como Wertheimer, Koffka, Kohler que o tema ganha força. Segundo Johnson (1997), investigações sistemáticas sobre o desenvolvimento perceptivo não foram relatados até cerca de trinta e cinco anos atrás, com o trabalho pioneiro de Robert Fantz (1961, 1963).

A sensação é um fenômeno que ocorre quando um sistema sensorial detecta um estímulo ambiental através de órgãos e células especializadas. As sensações são tão importantes quanto o pensamento em si. Sem elas, os processos psicológicos básicos não aconteceriam, pois toda idéia é composta por sensações simples.

A percepção (tomada de consciência dos estímulos sensoriais) é definida como o conjunto de processos ativos pelos quais selecionamos, reconhecemos, organizamos e interpretamos as sensações. A percepção pode ser influenciada por fatores internos tais como o estado psicológico, a motivação, as expectativas e as experiências passadas; e por fatores externos tais como a intensidade do estímulo, contraste, tamanho, forma, cor, movimento entre muitos outros (Simões e Tiedermann, 1985).

Através da percepção, o cérebro analisa e interpreta suas impressões sensoriais, para lhes atribuir significado cognitivo. Isto é, acrescentamos aos estímulos ambientais elementos da memória, do raciocínio, do juízo e do afeto, integrando às qualidades objetivas dos sentidos outros elementos subjetivos e próprios de cada indivíduo (Epstein e Rogers, 1995; Goodale, 2000; Pomerantz, 2003).

A maioria de nossas experiências perceptivas é composta de sensações múltiplas e simultâneas em diferentes modalidades sensoriais, denominada percepção intermodal ou intersensorial (Lewkowicz, 2000). No entanto, não percebemos um conjunto de sensações singulares, mas sim um mundo de objetos e eventos multisensoriais unificados. Um exemplo é o ato de vermos e ouvirmos uma pessoa falar (Driver e Spence, 2000; Slater et al. 1999).

Todo o aparato sensorial é essencial para o aprendizado do bebê sobre o mundo. Os recém-nascidos entram em contato com o meio através de todos os órgãos sensoriais em pleno funcionamento, graças ao desenvolvimento do organismo durante a vida pré-natal. Contudo, a completa maturação dos órgãos, assim como das vias sensoriais e estruturas cerebrais têm ainda um longo caminho a percorrer até chegar aos níveis semelhantes aos dos adultos. (Slater, 1998; Slater e Oates, 2005).

4.1.1. Visão

De todos os sentidos humanos, a visão tem sido o mais estudado, sem dúvida devido à importância que o visual possui para os humanos. Entretanto, no nascimento, tanto o olho como as estruturas cerebrais encarregadas da visão ainda não estão plenamente desenvolvidos. A visão é limitada, mas suficiente para enxergar o rosto de familiares e o seio materno (Boothe, Dobson, e Teller, 1985). Os movimentos oculares não são coordenados a ponto de formar imagens nas duas retinas, resultando em uma visão nebulosa. Essa imaturidade neuronal da transmissão das informações da retina para o cérebro limita ainda mais a capacidade visual do bebê, tornando o foco lento e difícil. Assim, sua acuidade visual é pobre, só enxergando objetos próximos ao rosto (Martin, 1998).

Ao longo do primeiro trimestre, a visão torna-se cada vez mais clara e refinada, principalmente em certas condições de luz, contraste e distância. De acordo com Teller (1997), durante os primeiros meses, a visão para cores torna-se mais apurada. À medida que as células cone da retina e regiões do córtex visual se desenvolvem, os bebês se tornam cada vez mais capazes de distinguir entre vermelho, verde e branco. Além disso, há um maior interesse por objetos que se movem e luzes que flutuam do que por objetos estáticos e apagados.

Porém, a habilidade para seguir com o olhar um objeto e focalizá-lo ainda é instável. É somente por volta dos dois aos três meses que ocorre uma melhora da acuidade visual; parte devido à maturação do cristalino, que já é capaz de se adaptar a distância do objeto que está sendo percebido (Atkinson e Braddick, 1982; Catford e Oliver, 1973). Além disso, os olhos deixam de apresentar movimentos rápidos e já convergem sobre um mesmo objeto, o que melhora a

acuidade visual, a percepção da profundidade e da tridimensionalidade (Atkinson, 2000; Johnson e Aslin, 1996).

As capacidades visuais melhoram muito ao longo do segundo trimestre de vida. Aproximadamente aos cinco a seis meses, é possível extrair informações de pistas para percepção de profundidade tais como a disparidade binocular (Johnson, Hannon, e Amso, 2005). Dos sete aos doze meses, os bebês já desenvolveram grande parte das habilidades perceptivas de profundidade, provavelmente associado ao progresso do desenvolvimento de habilidades básicas como a obtenção de objetos e a locomoção independente (Granrud, Yonas e Pettersen, 1984; Kaufmann, Maland e Yonas, 1981).

O desenvolvimento da percepção do movimento é mais complexo. A sensibilidade aos diversos tipos de movimentos desenvolve-se em níveis diferentes, sugerindo diferença na maturação dos mecanismos de processamento. Entretanto, essas diferenças não são grandes, estando completos por volta dos seis meses (Banton e Bertenthal, 1997; Smith, Johnson e Spelke, 2003). Percebe-se, assim, que as funções visuais fundamentais indicam estar perto de níveis adultos por volta dos seis a oito meses. No entanto, as capacidades visuais continuam se refinando ao longo dos anos (Kellman e Banks, 1998).

4.1.2. Audição

Diferente da visão, que surge tardiamente e amadurece rapidamente, a audição tem seu início cedo, amadurecendo gradualmente até a idade escolar (Moore, 2002). Recém-nascidos conseguem discriminar a voz humana frente a qualquer outro estímulo auditivo, em especial a voz materna, escutada desde o período intra-uterino (DeCasper e Fifer, 1980). Além disso, diferenciam os sons da fala que não são usados em suas línguas nativas, o que acaba permitindo ao bebê uma disposição generalizada para a linguagem humana (Aslin, Jusczyk e Pisoni, 1998). Mas, depois de alguns dias, mostram preferência pelas características prosódicas da língua vigente (Werker, 1989).

Além de sua predisposição aos sons da voz humana, as habilidades perceptuais auditiva devem ser vistas como uma forma de exploração do ambiente. Desde os primeiros dias de vida, os bebês são sensíveis a aspectos

sonoros. Os bebês viram os olhos e a cabeça em direção à fonte de som (Morrongiello et al., 1994); alguns meses depois, utilizam o som como uma fonte de informação sobre a distância em que se encontra o objeto que o produz (Clifton, Perris e Bullinger, 1991).

Durante os primeiros meses, a sensibilidade sonora melhora dramaticamente e depois, mais lentamente, até os dez anos, quando atinge níveis de um adulto (Werner e VandenBos, 1993). Aos três meses, a discriminação das frequências é pobre, havendo uma melhor discriminação das baixas frequências do que das altas. Em torno dos cinco a oito meses, conseguem discernir as mudanças das frequências altas (1-3 kHz), ao contrário das baixas, que alcançam uma melhora entre as idades de quatro a seis anos de idade (Werner e Gray, 1998).

Um último aspecto a ser discutido sobre as funções básicas auditivas é a habilidade de localização sonora, dada ao cérebro pela diferença de amplitude e tempo. Os recém-nascidos são capazes de discriminar a direção do som entre esquerda ou direita e longe ou perto, mas são imprecisos na orientação mais sutil de variações no local (Clifton et al., 1981; Morrongiello et al., 1994). Existem duas possíveis explicações para o processo de localização: a primeira estaria relacionada ao crescimento da cabeça e sua instabilidade quanto à fixação (Clifton et al., 1988); a segunda estaria ligada à maturação do córtex auditivo (Werner e Gray, 1998).

Assim, ao contrário da visão, as funções auditivas elementares já existem antes do nascimento. A sensibilidade ao som é rapidamente adquirida, e em muitos aspectos simples da escuta atingem sua maturidade durante o primeiro ano de vida. No entanto, alguns aspectos, tais como localização sonora e processamento temporal, parecem exigir um processamento mais extenso no sistema auditivo central, não alcançando um desempenho maduro por muitos anos, até mesmo na adolescência. É através da audição que a criança experimenta a linguagem e a música, grande estimulador do desenvolvimento cognitivo e emocional.

4.1.3. Olfato, Paladar e Tato

O paladar, assim como o olfato, desenvolve-se durante a vida fetal. Ao nascer, ambos os sentidos são agudos, mas é no final da infância que esses sentidos estão mais acentuados (Crook, 1987). O sistema olfativo dos recém-nascidos responde por inúmeros estímulos, incluindo odores de comida, odores artificiais e em especial ao odor do corpo materno. Porém, somente aos seis anos de vida as preferências e aversões olfativas são comparáveis as de um adulto. (Porter, Balogh e Makin, 1988; Porter et al., 1992). Além disso, o fluído amniótico possui papel essencial para o desenvolvimento olfativo, por ser rico em substâncias químicas que estimulam o desenvolvimento de quimiorreceptores nas membranas nasais do feto (Schaal, Marlier e Soussignan, 1998; Orgeur e Rognon, 1995).

Desde o nascimento, os bebês já conseguem distinguir diferentes sabores, devido ao amadurecimento das papilas gustativas na língua durante o período pré-natal, mostrando agrado diante de uns e desagrado diante de outros (Ganchrow e Mennella, 2003). Há uma preferência por gostos doces a gostos amargos, além de sugarem por mais tempo e com mais continuidade uma mamadeira contendo substâncias doces do que contendo água pura (Liem e Mennella, 2002). As expressões faciais em resposta aos vários paladares parecem-se muito com aquelas que os adultos fazem quando se deparam com os mesmos gostos, evidência de que essas expressões são inatas (Rosenstein e Oster, 1988). Além disso, os bebês detectam no fluído amniótico (Mennella, Johnson e Beauchamp, 1995) e posteriormente, no leite materno (Mennella e Beauchamp, 1991) o sabor dos alimentos ingeridos por ela, o que provavelmente desenvolve certa predisposição para comidas típicas de sua família e de sua cultura (Mennella, Jagnow e Beaucham, 2001).

Por fim, o sentido do tato também está bastante desenvolvido no momento do nascimento, embora ainda leve um tempo para discriminar diferentes tipos de sensações táteis e determinar a localização de um estímulo em seu corpo, devendo se aperfeiçoar no primeiro ano (Bushnell e Boudreau, 1993). O tato possui um papel fundamental, tanto para o desenvolvimento sensório-motor, assim como no bem-estar emocional e potencial cognitivo (Hertenstein, 2002). Até mesmo nos

primeiros meses, muito antes que suas limitadas habilidades visuais permitam uma inspeção visual mais cuidadosa, os bebês manipulam objetos para examiná-los e frequentemente os levam à boca para explorá-los com a língua (Lew e Butterworth, 1997). A partir dos seis ou sete meses, a exploração tátil toma boa parte do protagonismo anteriormente atribuído à boca (Ruff et al., 1992). E aos poucos, os bebês se tornam capazes de diferenciá-los com base em sua temperatura, tamanho, solidez, textura e peso (Ruff, 1984).

43.1.4.

Percepção intermodal ou multissensorial

Além de compreender como ocorre o processamento do sistema sensorial, também é necessário entender os mecanismos que permitem a transformação da sensação em percepção propriamente dita. Ou seja, como se atribui um significado às experiências e como estas são percebidas de forma global. Sem dúvida, a capacidade de perceber a natureza através de vários aspectos é altamente adaptativa. A percepção integrada de diversos objetos e eventos é uma vantagem, pois reduz a grande quantidade de informação que deve ser assimilada, tornando o processamento mais eficiente e rápido (Lewkowicz, 2002; Lewkowicz e Ghazanfar, 2009).

A imaturidade do sistema nervoso e a falta de experiência perceptual restringem o bebê no mundo multisensorial. Entretanto, gradualmente são capazes de superar essas limitações (Lewkowicz, 2002; Lickliter e Bahrick, 2000). Estudos acerca do assunto indicam duas vertentes teóricas: os nativistas, onde as capacidades multisensoriais não estão presentes no nascimento, emergindo durante os primeiros anos de vida através da exploração e da experiência (Humphrey e Tees, 1980); e os inatistas, que acreditam na presença destas capacidades no nascimento, tornando-se cada vez mais diferenciada e sofisticada (Radeau, 1994; Slater e Kirby, 1998). Independente do ponto de vista (Johnston, 1987), é importante considerar o desenvolvimento multisensorial como um processo progressivo, sendo cada vez mais aprimorada pela interação com o meio, além de modulada e organizada adaptativamente pelo corpo e pelo cérebro (Ayres, 2005; Schweinle e Wilcox, 2004).

A capacidade de integração perceptual foi demonstrada através de diversas modalidades como na informação tátil-oral (Butterworth e Hopkins, 1988; Kaye e Bower, 1994; Meltzoff e Borton, 1979), auditiva-visual (Bahrick, Netto e Hernandez-Reif, 1998; Lewkowicz, 1998; Lewkowicz, 1996; Neil et al., 2006; Walker-Andrews e Lennon, 1991), e visual-tátil (Gibson e Walker, 1984; Rose, Gottfried e Bridger, 1981; Streri, 1987; Streri e Molina, 1993). Contudo, o surgimento dessas capacidades intersensoriais depende das características das informações a serem integradas.

Meltzoff e Borton (1979) relatam umas das primeiras demonstrações da coordenação visão-tato em bebês de um mês. Após manuseio de uma chupeta lisa e outra rugosa, foi possível observar uma preferência visual por aquela que haviam chupado, sugerindo o reconhecimento visão daquilo que conheceram pelo tato. Esses achados foram replicados em estudos como o de Maurer, Stager e Mondloch (1999), e o de Pêcheux, Lepecq e Salzarulo (1988). A transferência visual-tátil também pode ser vista em bebês de seis a doze meses. Porém, quando mais novos precisam de mais tempo para codificar a informação em uma modalidade antes da transferência entre modalidades (Gottfried, Rose e Bridger, 1977; Rose et al., 1981).

Estudos como o de Spelke (1976) investigaram a capacidade associativa de um estímulo auditivo utilizando a modalidade visual. Lewkowicz e Turkewitz (1980) observaram que bebês de três semanas podem perceber a equivalência entre as informações auditivas e visuais com base em suas intensidades. Morrongiello, Fenwick e Chance (1998) demonstraram que recém-nascidos associam objetos e sons a partir da combinação de pistas sobre o posicionamento e sincronia. Além disso, por volta dos quatro meses, compreendem a equivalência de uma informação auditiva e visual especificando uma sílaba (Kuhl e Meltzoff, 1982); aos sete meses, são capazes de reconhecer relações auditivo-visual em múltiplas modalidades, especialmente associado às expressões emocionais (Walker-Andrews, 1986).

4.2.

Atenção

Ao longo das últimas décadas, o conceito de atenção sofreu muitas modificações devido à algumas confusões e ambigüidades do termo, assim como

inserções de novos elementos (Allport, 1993). Para Mesulam (2000), os principais aspectos que definiriam a integridade da atenção seriam a orientação, a exploração, a concentração e a vigilância. Atualmente, podemos defini-la como o meio pelo qual uma informação é processada ativamente em quantidade limitada, sendo selecionada a partir de uma grande quantidade disponível (Sternberg, 2008).

Fica evidente que a atenção não poderia representar um fenômeno unitário. Esta é um processo complexo e multifacetado, que está em constante monitoramento do ambiente, como um fenômeno que envolve outros processos de aprendizagem e/ou cognitivos como percepção, memória, motivação e níveis de consciência. Conseqüentemente, um déficit atencional pode se manifestar por diferentes sintomas em múltiplas áreas da vida diária (Helene e Xavier, 2003; Jacoby, Lindsay e Toth, 1992).

Os mecanismos atencionais atuam de modo dinâmico. Outra maneira de se classificar a atenção é pensando em seus aspectos clínicos como o conceito de ativação, seletividade, alternância, divisão e sustentação (Coutinho, Mattos e Abreu, 2010; Lezak, Howieson e Loring, 2004; Leclercq, 2002; Dalgalarrrondo, 2000; Posner e Petersen, 1990).

Desde seu nascimento, a criança está inserida num mundo repleto de informações e cercada por uma grande quantidade de estímulos, relevantes ou não, que são selecionados de acordo com motivações e objetivos específicos. Entretanto, a atenção ainda é elementar e se enquadra num plano mais involuntário, não havendo assim o controle da atenção (Nahas e Xavier, 2005).

A partir da maturação de determinadas estruturas corticais e subcorticais, há o desenvolvimento e conseqüente aparição de novas habilidades e comportamentos. Além disso, deve-se atentar ao fato de que alguns mecanismos e componentes atencionais apresentam definições similares e com limites tênues entre eles, podendo haver diferença entre autores.

4.2.1. Ativação ou Estado de Alerta

A ativação ou estado de alerta corresponde a um mecanismo regulador da responsividade global à estimulação ambiental incluindo o ciclo sono-vigília, nível de vigilância, potencial de foco, assim como modificações momentâneas na

responsividade (Coutinho et al., 2010). Segundo Lent (2002), o estado geral de sensibilização dos órgãos sensoriais e o estabelecimento e manutenção do tônus cortical são fundamentais para a recepção dos estímulos.

Durante os primeiros meses de vida, o nível de alerta do bebê muda frequentemente (Dittrichova e Lapackova, 1964). O recém-nascido apresenta um curto período de ativação, estando acordado de 11 a 19% dos dias, em torno de três quartos do tempo nas duas primeiras semanas. Eles gastam três quartos do tempo dormindo (Colombo e Horowitz, 1987; Wolff, 1987). Após os primeiros meses, enquanto estão acordados e alertas, seus olhares não são aleatórios; ao contrário, já conseguem fixar o olhar em estímulos, acompanhar com maior facilidade os objetos visualmente, assim como a interagir com os pais (Ruff et al., 1982). Entre as quatro e dez semanas pós-natais, a ativação se dá mais frequentemente e por períodos mais longos de tempo, que são cada vez mais consolidadas pelo ciclo sono-vigília (Colombo, 2001).

Essas mudanças em torno dos três a seis meses estão relacionadas com a maturação do sistema visual, em especial da retina, o que facilita a maior exploração do campo visual infantil e dos movimentos oculares (Ruff e Rothbart, 1996). A partir dos seis meses de vida, a atenção começa a ter uma orientação endógena, tornando-se mais estável aos dois anos e ganhando assim um aspecto mais direcionado e seletivo (Muszkat, 2008).

4.2.2. Orientação e Atenção Visual

Todos os estímulos apresentados visualmente podem ser captados pela orientação aberta ou encoberta da atenção. A orientação da atenção aberta diz respeito à habilidade quem temos de movimentar os olhos ou mover a cabeça para um determinado local. No entanto, o deslocamento da atenção também pode ser feito sem a mudança na posição dos olhos ou sem movimento da cabeça, denominada atenção encoberta (Posner e Fan, 2002).

O processamento e o desenvolvimento atencional em crianças têm sido amplamente estudados pela modalidade visual. Segundo Colombo (2001), a orientação espacial da atenção diz respeito à capacidade de engajamento e

desengajamento da atenção visual em um estímulo/local específico, além da capacidade de deslocamento de um estímulo para outro.

Todos os estímulos apresentados visualmente podem ser captados pela orientação aberta ou encoberta da atenção. A orientação da atenção aberta diz respeito à habilidade quem temos de movimentar os olhos ou mover a cabeça para um determinado local. No entanto, o deslocamento da atenção também pode ser feito sem a mudança na posição dos olhos ou sem movimento da cabeça, denominada atenção encoberta (Posner e Fan, 2002).

O desenvolvimento da orientação visual sugere um curso diferente para cada componente integrante. Entretanto, de uma maneira geral, a maioria parece estar razoavelmente estabelecida aos seis meses (Colombo, 2001). Um exemplo disso é o monitoramento do estímulo visual. De fato, o movimento ocular suave (*smooth pursuit*), parece emergir nos primeiros seis meses (Richards e Holley, 1999). Do nascimento até o primeiro mês de vida, o monitoramento é pobre e ocorre lentamente (Aslin, 1981). Entre os três aos quatro meses, parece haver um rápido aprimoramento nessa habilidade (Phillips et al., 1997, Von Hofsten e Rosander, 1997). Além de apresentarem um monitoramento aprimorado, as crianças mais velhas fixam melhor um alvo móvel do que as crianças mais novas (Richards e Holley, 1999).

A questão da fixação do olhar pode ser vista nos primeiros meses após o nascimento. Devido à maturação das camadas mais profundas do córtex, os bebês já conseguem fixar o olhar no primeiro mês de vida (Rueda et al., 2004). Ao conseguirem executar tal ação, passam para uma fase onde há uma fixação mais prolongada do olhar, fenômeno chamado de *obligatory looking*. Este fenômeno parece terminar em torno dos quatro meses (Johnson, Posner e Rothbart, 1991). A partir desse momento, as crianças conseguem controlar um pouco melhor sua orientação para novos estímulos e além de um maior desengajamento do olhar (Frick, Colombo e Saxon, 1999). Na figura 6 é apresentada uma visão geral desse desenvolvimento da orientação e atenção visual ao longo do primeiro ano da criança.

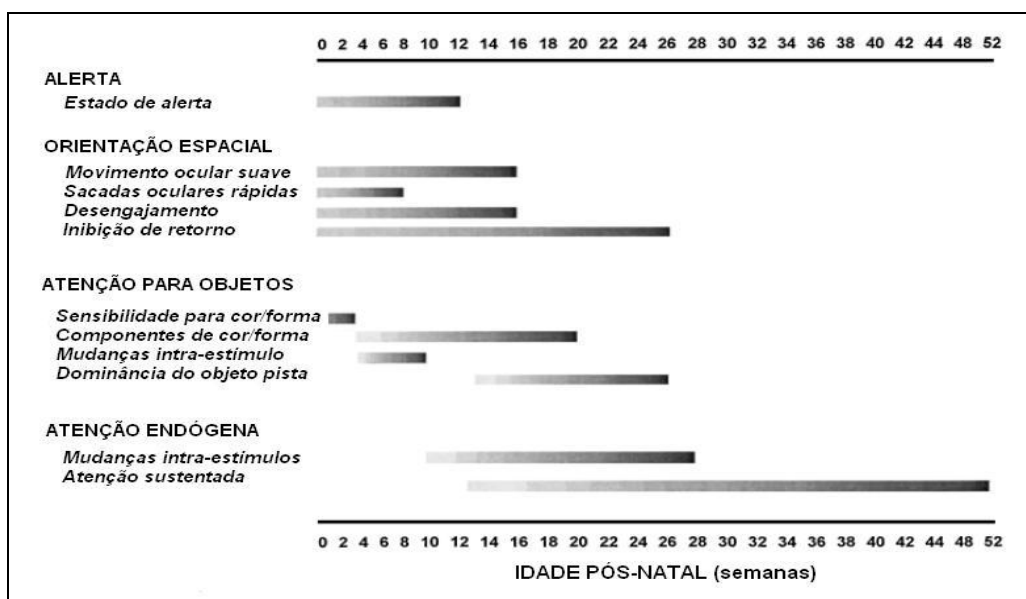


Figura 6 – Desenvolvimento das principais funções da atenção visual (adaptado de Colombo, 2001)

4.2.3. Atenção Voluntária e Seletiva

A atenção seletiva diz respeito à capacidade do indivíduo de direcionar o foco para determinados estímulos relevantes em detrimento de estímulos distratores (Mesulam, 1999). O direcionamento da atenção pode ocorrer de forma endógena ou exógena, o que seria equivalente aos processos controlados e automáticos (Posner, 1980). Esse mecanismo de controle atencional possui um papel importante no funcionamento cognitivo e no comportamental eficaz (Huang-Pollock, Carr, e Nigg, 2002).

A melhora associada com a idade em relação ao controle voluntário da atenção seletiva está entre os mais relevantes avanços na eficiência do processamento de informação que ocorre ao longo do desenvolvimento infantil (Ridderinkhof e Stelt, 2000). Entretanto, essa capacidade seletiva só é possível devido ao mecanismo de inibição presente no controle atencional, suprimindo as informações irrelevantes do ambiente. O mecanismo de controle inibitório será melhor explicado posteriormente na seção de funções executivas.

Em torno dos dois anos de idade, a orientação da atenção ganha um caráter um pouco mais direcional e seletivo. A aquisição da linguagem juntamente com as interações sociais são elementos essenciais no processo de desenvolvimento

atencional (Ruth e Rothbart, 1996). Por volta dos quatro a cinco anos, as crianças são cada vez mais capazes de direcionar sua própria atenção, conseguindo eliminar, mais eficazmente, alguns distratores (Marti, 2004). Ao mesmo tempo, como o córtex pré-frontal ainda está imaturo, elas ainda não têm uma boa capacidade de concentração. Isto dificultaria assim a manutenção da atenção e o controle inibitório, estando mais suscetíveis à distração e dispersão (Mesulam, 2000).

Durante o período escolar, há um grande avanço nas habilidades seletivas e inibitórias. As crianças mais velhas já sabem quando e como prestar atenção (Manga e Ramos, 1991; Rutter, 1994). Surgem as estratégias de atenção e o planejamento das ações, que auxiliam na otimização do processamento de outros processos cognitivos tais como a memória, o raciocínio e a resolução de problemas (Lane e Pearson, 1992). Desta forma, por volta dos seis a oito anos de idade, a atenção torna-se mais seletiva, controlada e eficaz, através da organização dada pela linguagem (Cooley e Morris, 1990; Muszkat, 2008).

4.2.4. Atenção Sustentada

A atenção sustentada está relacionada à capacidade de manter o foco atencional em um determinado estímulo ou tarefa, durante um período mais prolongado e com o mesmo padrão de consistência da resposta (Sarter, Givens, e Bruno, 2001). O prolongamento da atenção é um elemento importante para o aprendizado e conseqüentemente, para diversos processos cognitivos tais como a codificação, armazenamento, planejamento e resolução de problemas (Choudhury e Gorman, 2000).

Em crianças pequenas, a atenção sustentada pode ser medida pela variação do batimento cardíaco; pela duração ao brincar e manipulação de brinquedos, ao assistir à televisão, vídeo ou situações que remetem à vida real (Goldman, Shapiro, e Nelson, 2004; Richards, 1988).

A questão da habituação e familiarização de um estímulo é uma medida importante para observação da sustentação atencional em crianças pequenas. Por exemplo, crianças de doze anos de idade, por serem muito reguladas pelas características físicas dos objetos, há um decréscimo da atenção quando estão

familiarizados ao objeto. Este fato pode ser percebido nos experimentos de comparação pareada, onde há uma preferência pelo novo estímulo ao antigo (Weizmann, Cohen, e Pratt, 1971).

Assim como a atenção seletiva, a atenção sustentada também melhora com a idade. Moyer e Gilmer (1955) descrevem quatro estudos que demonstram um aumento na duração da atenção entre os dois a seis anos durante o brincar, o que sugere uma tendência das crianças em mobilizar e sustentar a atenção ao longo do tempo. Alguns estudos também observaram aumento na sustentação da atenção à medida que se desenvolvem (Krakow e Kopp, 1987; Krakow, Kopp, e Vaughn, 1982; Paus, 1989). Entretanto, apesar das melhoras com o avanço dos anos, a atenção sustentada só atingirá um desempenho adulto durante o período escolar com a maturação no lobo frontal.

4.3. Memória

A memória, assim com a atenção, é uma das mais importantes funções cognitivas, pois é através dela que formamos a base para o processo de aprendizagem. De acordo com Bear, Connors e Paradiso (2002), o aprendizado pode ser visto como um processo de aquisição de novas informações, enquanto a memória como a consolidação e recuperação desse conhecimento adquirido. Este constructo sofreu modificações ao longo dos anos a partir de estudos com animais e em humanos lesionados. De fato, diversos modelos de memória foram elaborados. Desde William James (1890), passando por Waugh e Norman (1965), Atkinson e Shiffrin (1968), Baddeley e Hitch (1974) entre outros.

Para compreender como a memória funciona, é necessário antes conhecer os processos que envolvem a aquisição, a codificação, o armazenamento e a evocação (Izquierdo, 2002). Desta forma, o primeiro passo que se deve tomar é saber que a memória não é um armazenador unitário, existindo vários sistemas e subsistemas, cada qual com sua especificidade, tempo de duração e conteúdo (Schacter, Wagner e Buckner, 2000). A formação das memórias se dá pela entrada das informações pelas vias sensoriais na forma de estímulos, sendo então processados pelo cérebro em diferentes regiões, resultando em memórias. As memórias podem ser classificadas em memórias de curta duração, atualmente denominada memória

operacional/de trabalho ou memórias de longa duração (Strauss, Sherman e Spreen, 2006).

A memória de curto prazo, atualmente denominada memória de trabalho ou operacional, mantém e retém informação que está sendo processada, por um curto período de tempo, segundos ou poucos minutos, antes de desaparecerem por completo (Gathercole, 1999). É um espaço de trabalho em que a informação evocada é efetivamente usada, manipulada e relacionada a outras informações e/ou processos cognitivos (Yudofsky e Hales, 2006). A memória de trabalho é constituída por quatro componentes: o executivo central, a alça fonológica, o esboço visuo-espacial e o retentor episódico, cada qual com uma função específica (Baddeley, 2002). Lembrando que esse tipo de memória também tem sido classificado como um subcomponente das Funções Executivas.

A memória de longo prazo é aquela que retém de forma definitiva a informação, permitindo sua recuperação ou evocação. Sua capacidade de armazenamento é ilimitada, podendo permanecer durante dias, semanas e até mesmo anos. Contém informações necessárias para a constituição do indivíduo e para nossas atividades cotidianas. Elas são divididas em dois tipos: a memória explícita ou declarativa e a memória implícita ou não-declarativa (Tulving, 1985).

Para cada modalidade de memória, há um período de desenvolvimento diferente, devido às fatores tais como a interação com outras funções cognitivas e o amadurecimento de estruturas subcorticais e corticais. De uma maneira geral, sua capacidade vai se aprimorar com o avanço da idade, principalmente devido ao foco atencional, uso de estratégias de memória, velocidade de processamento e domínio da linguagem (Ornstein e Haden, 2001).

4.3.1. Memória de Trabalho: Alça Fonológica

A alça fonológica processa as informações verbalmente codificadas. Conta com dois subcomponentes: o armazenador fonológico ou memória fonológica, que armazena temporariamente o material verbal; e o processo de reverberação ou ensaio subvocal, que permite resgatar as informações verbais em declínio e manter o material na memória (Baddeley, 1986). O acesso ao armazenador fonológico

pode ser dado diretamente, pela via auditiva ou indiretamente, por letras impressas ou objetos visuais familiares (Baddeley, 2003).

Ao longo dos anos durante o desenvolvimento da criança, a capacidade da memória operacional de reter informações verbais aumenta gradualmente. De acordo com Gathercole e Hitch (1993), o armazenador fonológico corresponde à capacidade da alça fonológica em crianças pré-escolares, já que o processo de ensaio subvocal não emerge até os sete anos de idade.

Este dado pode ser observado no estudo de Flavell, Beach e Chinsky (1966), em que crianças mais novas não apresentavam sinais de ensaio como movimento dos lábios ou murmúrio de palavras no intervalo entre as memorizações. Outro estudo realizado por Johnston, Johnson e Gray (1987) com crianças de cinco anos verificou que os ensaios subvocais não são usados espontaneamente, mas podem ser induzidos através de treinamento. Apesar disso, há um aumento na capacidade de armazenamento ou amplitude (*span*) da memória de trabalho nos anos anteriores à utilização do ensaio.

Segundo Kail (1992), uma criança de dois anos consegue evocar uma média de dois números em uma seqüência, enquanto uma de nove anos pode evocar seis. Na recordação seqüencial de palavras, parece haver um prejuízo no armazenamento devido a uma sensibilidade à similaridade fonológica e extensão da palavra (Snowling, Chiat e Hulme, 1991). Isto é, letras ou palavras muito parecidas, assim como muito extensas, dificultam o armazenamento dos mesmos. Um dos fatores que levam a esse avanço na retenção é o aumento na velocidade em que os itens são articulados na evocação. Assim como a aquisição do vocabulário e desenvolvimento da leitura e compreensão da linguagem, implicam numa redução no declínio dos itens mantidos no armazenador fonológico (Gathercole et al., 1992; Wagner e Torgesen, 1987).

4.3.2. Memória de Trabalho: Esboço Visuo-espacial

O esboço visuo-espacial realiza o processamento e a manutenção de informações visuais e espaciais, e é composto pelos seguintes subcomponentes: o armazenador visual (*visual cache*), em que as características físicas dos objetos e eventos podem ser representadas; e um mecanismo espacial (*inner scribe*), usado

para o planejamento de movimentos e manutenção da informação armazenada (Logie, 1994).

Ao contrário da alça fonológica, o esboço visuo-espacial oferece grande auxílio às crianças abaixo dos sete anos (Hitch et al., 1988). Em tarefas de memória imediata para conteúdo visual, as crianças mais novas geralmente tendem a usar o esboço visuo-espacial para memorizar as características físicas dos objetos. No entanto, as crianças mais velhas, utilizam como estratégia a recordação de figuras sob a forma verbal. Assim, a alça fonológica atua como mediador do desempenho na tarefa de memória visual (Hitch, Woodin e Baker, 1989).

A amplitude da memória de trabalho visuo-espacial aumenta regularmente e de maneira considerável com a idade (Miles et al., 1996). Enquanto uma criança de cinco anos obtém uma média de quatro blocos, crianças de onze alcançam valores próximos à quatorze blocos na tarefa de padrão visual (Wilson, Scott e Power, 1987). Na tarefa denominada blocos de corsi, há um aumento de um item por ano entre crianças de sete à quinze anos (Isaacs e Vargha-Khadem, 1989). O aumento na amplitude parece ter relação não só com o aumento na capacidade de armazenar o material visualmente, mas também no subsídio dado pela alça fonológica e pelo executivo central na otimização do desempenho da memória (Gathercole, 1998).

43.3.3.

Memória de Trabalho: Executivo Central e Retentor Episódico

De acordo com Baddeley e Della Sala (1998), o executivo central seria responsável pelo controle do fluxo de informação da memória de trabalho, controle atencional e da ação, organização de aprendizagem, planejamento de evocação, raciocínio lógico, assim como o acesso e manipulação de informação na memória de longo prazo. Em 2000, Baddeley incorpora mais um subcomponente de trabalho ao seu modelo, o retentor ou buffer episódico. Este subcomponente estaria responsável tanto pelo processo de integração da informação verbal e visual quanto da memória de longo prazo, em uma representação episódica única, porém de códigos multidimensionais.

O desenvolvimento do executivo central tem sido estudado através de tarefas complexas que requerem o armazenamento da informação e a transformação do material, como a tarefa de dígitos em sentido inverso e tarefas relacionadas com a compreensão da linguagem, leitura e escuta (Bayliss et al., 2003). Apesar de poucos estudos e da capacidade limitada da memória de trabalho, parece existir um aumento do desempenho em tarefas complexas de memória de trabalho ao longo dos anos (Gathercole, 1998). Um exemplo é o estudo de Siegel (1994) que indica a existência de um aumento regular na amplitude entre os seis e os quinze anos de idade.

De uma maneira geral, a capacidade da memória de trabalho aumenta com a idade durante a infância (Fry e Hale, 1996; Gathercole, 1999; Westerberg et al., 2004). Por volta dos seis anos de idade, a estrutura básica da memória de trabalho está formada, porém, a capacidade de cada componente irá aumentar linearmente até a adolescência (Gathercole et al., 2004).

4.3.4.

Memória de Longo Prazo: Explícita ou Declarativa

A memória explícita, também conhecida como declarativa, possui caráter episódico ou semântico e compõe nossas memórias para fatos e lembranças, aquilo que pode ser declarado de forma verbal ou como imagem mental (Jones e Herbert, 2006). A memória semântica diz respeito aos conceitos e significados, responsável pelos conhecimentos gerais, envolvendo conceitos atemporais (Martin e Chao, 2001). Já a memória episódica relaciona-se com fatos contextuais e autobiográficos que já assistimos ou participamos. Nela, os fatos ocorrem em um tempo e lugar específico (Wheeler, Stuss e Tulving, 1997).

Normalmente, as primeiras memórias a se desenvolverem são as implícitas, permanecendo constante até a fase adulta. Desde seus primeiros dias, os bebês reconhecem a voz da mãe, mas sua habilidade mnemônica ainda é breve, frágil e incerta. Apesar disso, os bebês são capazes de registrar acontecimentos e situações muito simples por tempo limitado, facilitadas pela repetição, por lembranças e pelo envolvimento ativo (Rovee-Collier, Hartshorn e DiRubbo, 1999).

Segundo Bauer (1996), os bebês já demonstram formas de memória explícita antes do primeiro ano de vida. A partir dos dois e três meses, os vestígios

mnêmicos podem se estender a períodos de mais de duas semanas, prolongando-se até mais seis semanas em bebês de seis meses (Myers, Perris e Speaker, 1994; Rovee-Collier e Hayne, 1987; Rovee-Collier e Shyi, 1992). A partir dos três anos de idade, a criança já pode ser considerada como detentora de uma memória considerada explícita que sofrerá alterações, dando origem à novas formas de memória (Carneiro, 2008).

Devido ao fenômeno conhecido como amnésia infantil, a maioria dos acontecimentos anteriores ao período de três anos não são lembrados (Eacott e Crawley, 1998; Usher e Neisser, 1993). É por volta dos três a quatro anos que ocorre o desenvolvimento da memória autobiográfica, dando fim este período sem recordações. Gradualmente, as crianças vão se tornando capazes de descrever suas lembranças, a partir da construção de um “eu” protagonista de acontecimentos, que irá organizar as memórias pessoais (Nelson, 1992).

Além do desenvolvimento do *self*, Nelson (1993) considera a interação social como possuidor de uma importante função, principalmente, no relato das experiências e riqueza de sua construção. Segundo Cowan (1990), a memória autobiográfica dará origem posteriormente a um tipo de memória episódica mais delineada, sem a necessidade de pistas específicas para a recordação de detalhes. Durante o período escolar, o desenvolvimento da linguagem, a utilização de estratégias e a metacognição irão auxiliar na recordação dos acontecimentos e riqueza da narrativa, assim como aprimorar a capacidade de armazenamento de novas memórias (Flavell, Miller e Miller, 1999).

4.3.5.

Memória de Longo Prazo: Implícita ou Não-Declarativa

As memórias implícitas ou não-declarativas são adquiridas sem que ocorra a tomada de consciência e geralmente são classificadas em: memória de procedimentos ou procedural, relacionada aos hábitos e habilidades motoras; *priming* ou pré-ativação, associada com a identificação de estímulos previamente percebidos; aprendizado condicionado, relativo à ligação entre um estímulo e uma resposta; e aprendizado não-associativo, onde não há dependência da associação entre estímulos (Graf e Schacter, 1985; Schacter, Chiu e Ochsner, 1993).

De forma geral, as primeiras memórias a se desenvolverem são as implícitas, permanecendo constantes até a fase adulta. Durante os primeiros meses, as conexões sinápticas mais relevantes para a memória de longo prazo e algumas regiões do cérebro ainda não estão completamente desenvolvidas (Johnson, 1998; Kempermann e Gage, 1998). Contudo, as regiões subcorticais como os núcleos da base, cerebelo e tronco cerebral permitem que o bebê demonstre aprendizagem visual, condicionamento operante e clássico (Nelson, 1995). A memória para procedimentos, por exemplo, se desenvolve durante os primeiros meses a partir da maturação dos gânglios da base, em especial o estriado (Pittenger et al., 2006).

Em um estudo realizado por Blass, Ganchrow e Steiner (1984), foi demonstrado que o condicionamento dito clássico pode ocorrer horas após o nascimento. Para que ele ocorra, os recém-nascidos precisam estar despertos e os estímulos devem ser biologicamente relevantes para eles. Ainda nesse estudo, os pesquisadores condicionaram bebês a sugarem uma pipeta com sacarose quando suas testas fossem acariciadas.

Em um estudo realizado por Lipsitt (1990), observou-se o reflexo condicionado a um estímulo nocivo em bebês de vinte e trinta dias. De forma geral, o condicionamento operante em bebês tem sido demonstrado com vários reforçadores tais como leite, chupeta, exibição de interesse visual, som do batimento cardíaco e voz materna (DeCasper e Fifer, 1980; DeCasper e Sigafos, 1983; Moon e Fifer, 1990; Rovee-Collier, 1987).

O efeito de *priming* em crianças pode ser visto em tarefas de identificação de figuras ou palavras fragmentadas (Carneiro, 2008). Um dos primeiros estudos utilizando este paradigma foi o de Parkin e Streete (1988) em crianças de três, cinco e sete anos, além de utilizarem adultos. Concluíram que o *priming* manteve-se estável em relação à aprendizagem inicial, enquanto, o reconhecimento aumentou com a idade. Outros estudos corroboraram com os resultados desse experimento (Carneiro e Estevez, 2001; Haynes e Henessy, 1996; Perez, Peynircioglu e Blaxton, 1998; Russo et al., 1995).

A duração do efeito do *priming* varia de acordo com o intervalo de tempo e com o contexto, em alguns casos as recordações não tem efeito (Fagen et al., 1997; Hayne e Rovee-Collier, 1995). Rovee-Collier e Hayne (1987) realizaram um experimento em que ensinaram bebês de três meses a mexer um móvel através do movimento de suas pernas. Após uma semana, a maioria dos bebês apresentava o

comportamento de chute. Entretanto, ao ser realizado um reteste duas semanas depois, estas crianças não mexiam mais o móbile da mesma forma. A partir disso, foi dado uma breve recordação antes do experimento como a movimentação do móbile sem estarem conectados a ele. Essa observação foi o bastante para a reativação da memória enfraquecida. De uma forma geral, as crianças demonstram uma pobre evocação, mas quando auxiliados através de pistas, se apresentam hábeis na realização da tarefa de maneira correta.

4.4. Linguagem

A linguagem é provavelmente uma das faculdades mais típicas da espécie humana, que individualiza, distingue e demarca a condição humana dos demais seres vivos (Lima, 2000). Diferentes de outros animais, nossa linguagem não é apenas um sistema de sons, mas também de símbolos e gestos que são usados para a comunicação (Bear et al., 2002). Ela é o produto da confluência de múltiplas capacidades que ao longo do tempo foram somadas e organizadas para um objetivo comum (Castro-Caldas, 2004). Estudiosos como Chomsky (1968) e Pinker (2002) tem discutido sobre as origens da linguagem e seu caráter biológico ou social.

De uma maneira geral, podemos considerá-la como uma forma de comportamento usada pelos seres humanos num contexto social, que serve para a representação, expressão e comunicação de pensamentos e/ou idéias, mediante o uso de um sistema de símbolos e a possibilidade de combinação dos mesmos (Castro, 1997; Habib, 2000; Kandel e Kupfermann, 1997; Ruiz e Ortega, 1993). Para um estudo mais minucioso desta função cognitiva, Pereira (2004) classificou a linguagem em quatro domínios: a fonológica, a semântica, a morfossintaxe; e por fim, a pragmática. Por sua vez, Bloom e Lahey (1978) simplificaram em três dimensões: o conteúdo (semântica), a forma (fonologia e sintaxe) e o uso (pragmática).

Cada domínio lingüístico interage e se desenvolve paralelamente, resultando nas habilidades comunicativas do ser humano. A linguagem, apesar de possuir mecanismos geneticamente preparados para a comunicação, necessita também das interações sociais para munir-se das competências necessárias para ser

capaz de dominar a estrutura da língua (Borges e Salomão, 2003). Portanto, o desenvolvimento de certas dimensões da linguagem parece ter relação com o desenvolvimento de outros domínios como o desenvolvimento cognitivo ou social.

4.4.1.

Fonologia-Fonética: Os Sons e a Percepção da Fala

Segundo Pereira (2004), a *fonologia e a fonética* estudam o material sonoro da linguagem humana e estão relacionadas com a forma como a fala é produzida pelos falantes e percebida pelos ouvintes. Os processos de produção e percepção da fala, as capacidades articulatórias e auditivas humanas desempenham um papel fundamental para a linguagem humana (Faria et al., 2005).

Ainda no período pré-natal, o bebê já é capaz de responder aos estímulos sonoros e as sensações vivenciadas pela mãe (Joseph, 2000). Desde as primeiras semanas, há uma predileção pela fala humana a outros sons (Vouloumanos e Werker, 2007). Ainda, demonstram preferência pela voz materna (DeCasper e Fifer, 1980) e seu discurso composto por características específicas como a utilização de vocabulário simplificado, frases curtas, articulação clara – denominado fala materna (*motherese ou baby-talk*) –, o que auxilia a apreensão da língua por parte da criança (Kemler-Nelson et al., 1989).

Ao nascer, os bebês já possuem uma facilidade para discriminar e categorizar alguns elementos da fala tais como a diferença entre os fonemas (Eimas, Siqueland, Jusczyk e Vigorito, 1971), entonação entre línguas diferentes (Nazzi, Bertoncini e Mehler, 1998), padrões de acentuação das palavras multisilábicas (Sansavini, Bertoncini e Giovanelli, 1997) e as palavras lexicais das gramaticais (Shi, Werker & Morgan, 1999). A habilidade discriminativa sugere que as crianças estão focadas nas distinções necessárias para a aquisição de palavras de sua própria língua e não de outras. Tais fatos demonstram a compreensão da fala antes da produção da mesma. Isto é, a linguagem receptiva vem antes da expressiva.

Da mesma forma que a percepção da fala, as crianças demonstram uma grande capacidade de emitir sons de caráter expressivo indispensáveis à sua sobrevivência. Após o nascimento, sua capacidade de comunicação é limitada,

restringindo-se a um conjunto de expressões faciais e ao choro associada aos estados de bem-estar ou desconforto (Fernald, 1992). Aos dois meses, os bebês começam emitir risadas e sons de arrulho com vogais, podendo apresentar variação nas entonações. Ao redor dos seis a oito meses, já desenvolveram o balbucio e combinam os sons das vogais e das consoantes a partir da obtenção de um maior controle muscular (Mitchell e Kent, 1990). Por volta dos dez meses, as crianças combinam os sons com a linguagem gestual para pedir algo. Aproximadamente aos doze meses, as primeiras palavras começam a aparecer (Fenson et al., 1994). Durante o segundo ano de vida, ocorre um grande aumento qualitativo e quantitativo no repertório fonológico da criança (Werker e Tees, 1999). Posteriormente, a aquisição de palavras e conceitos ocorre de maneira veloz.

Na Tabela 2, vemos um breve resumo do desenvolvimento da aquisição da fala na criança, ao longo dos primeiros anos de vida. Além disso, percebe-se que à medida que elas começam a depender mais das palavras para se expressarem, os sons e os ritmos da fala tornam-se mais elaborados. Dessa forma, o vocabulário continua a aumentar assim como o avanço lingüístico.

Idade	Descrição
Recém-nascido	Comunicação limitada: choro, movimentos e expressões faciais
2 a 6 meses	Ruídos significativos e vocalizações
6 a 10 meses	Balbucio e repetição da fala de outras pessoas
10 a 12 meses	Compreensão de palavras simples
12 a 18 meses	Primeiras palavras faladas, crescimento do vocabulário,
18 a 24 meses	Explosão do vocabulário, frases de duas ou mais palavras
2 a 3 anos	Produção de sentenças simples
3 a 5 anos	Produção de sentenças mais elaboradas

Tabela 2 - Desenvolvimento da linguagem falada. Adaptado de Navas, 2006, Bloom, 1993; Lenneberg, 1967.

4.4.2.

Semântica-Léxico: As Palavras e Seus Significados

Entretanto, para que a linguagem se desenvolva, é necessário também, adquirir novas palavras e conhecer os significados e combinações das mesmas. Portanto, as *dimensões lexicais e semânticas* das palavras são essenciais para a aquisição de vocabulário e compreensão do conteúdo da linguagem pelo ser humano (Acosta et al., 2003).

A partir da produção da primeira palavra, a aquisição de novos vocábulos se dá gradativamente até o segundo ano de vida. Neste momento, há um salto na aquisição do vocabulário (Casey e Barlett, 1978). Aproximadamente aos dezoito meses, o repertório léxico atinge a marca de cinquenta palavras; aos quatro anos de idade, a estimativa é de três mil palavras, e até os seis anos adquirem uma média de cinco a nove palavras por dia, obtendo assim um vocabulário cada vez mais rico (MacWhinney, 1998; Owens, 2001).

Apesar de ocorrer uma diferença entre as crianças em relação ao desenvolvimento de seu vocabulário, de maneira geral, há uma média de palavras adquiridas. Esta média na aquisição lexical está representada na Tabela 3. Enquanto algumas crianças aprendem inicialmente as palavras substantivas, outras parecem adquirir principalmente palavras utilizadas em interações sociais (Nelson, 1981).

Idade	Média de palavras	Aumento
Até os 11 meses	1	1
1 ano e três meses	10	9
1 ano e sete meses	50	40
2 anos	450	400
4 anos	2.450	1.500
6 anos	4.500	2.050

Tabela 3 – Desenvolvimento lexical até os seis anos. Adaptado de Barret 1986, 1995)

O processo de aquisição lexical não diz respeito somente ao mero aumento de palavras isoladas. Mais do que apenas uma alteração quantitativa, ocorre também uma melhora qualitativa. Mudanças fundamentais acompanham a

maneira pela qual as crianças relacionam as palavras, os contextos, criando sistemas de significado qualitativamente novos (Clark, 1995).

Ao mesmo tempo em que a criança adquire novos atributos semânticos, ela também estabelece diferenciações entre as palavras, o que enriquece as ferramentas lingüísticas para sua resignificação e categorização (Keil, 1989). Essa maior distinção nas estruturas fonológicas e semânticas das palavras, associado com o aprimoramento dos mecanismos da memória, acaba estimulando a consciência fonológica e os processos de aprendizagem da leitura e da escrita (Baddeley, Gathercole e Papagno, 1998; Carroll et al., 2003).

4.4.3.

Morfossintaxe-Gramática: Combinação das Palavras

O estudo da *morfossintaxe* se concentra na organização estrutural da linguagem, incluindo a formação e função das palavras (Dubois, 1979). A morfologia estuda a estrutura das formas das palavras tais como os verbos, artigos, pronomes, advérbios, entre outros. Já a sintaxe está relacionada com as relações de dependência existentes entre os elementos das frases – sujeito, predicado, objetos – e se concentra no estudo gramatical das sentenças (Carroll, 1986).

Para Cole e Cole (2003), o potencial em se criar novos significados a partir da disposição dos elementos lingüísticos sinalizam a origem de uma gramática. Inicialmente, as crianças usam apenas gestos e uma única palavra em todos os contextos, as chamadas holofrases (Bates, O'Connell e Shore, 1987). Aos poucos, aprendem a fazer combinações ao dominar a forma de se acrescentar morfemas.

Somente nos dois primeiros anos, as crianças são capazes de unir duas palavras de maneira mais veloz. Nesse estágio, a linguagem é telegráfica. As frases ainda são curtas e simples e incluem substantivos, verbos e adjetivos com frequência (Brown e Bellugi, 1964). Isso acontece ao adquirirem um repertório de cinquenta a duzentas palavras (Boysson-Bardies, 1999). No final do estágio teleográfico, surgem palavras com função gramatical como os artigos, preposições, conjugações e advérbios.

À medida que as crianças vão unindo mais palavras para formar frases completas, aumentam a complexidade. Tornam-se capazes de utilizar, cada vez

mais, dispositivos gramaticais mais elaborados. Desenvolve-se, então, a sintaxe, que determina a maneira pela qual as palavras podem ser combinadas no interior das sentenças (Pinker, 2002). Aos poucos, as crianças começam a completar tanto as desinências que faltam quanto as palavras, melhorando também a sua ordem. Ao chegar aos três anos e meio, a maioria das crianças já apresenta um grau razoável de exatidão com respeito tanto à morfologia quanto à sintaxe (Bates & Goodman, 1997).

4.4.4.

Pragmática: Os Usos Comuns da Linguagem

O comportamento da fala não se reduz à aprendizagem de uma série de elementos e de regras lingüísticas; consiste também da necessidade de um conhecimento para seu uso. Desta forma, a *pragmática* se refere à utilização da linguagem em contexto social, suas habilidades conversacionais e função comunicativa. As funções comunicativas refletem a intenção do falante, envolve a motivação e objetivo da comunicação em si. Ao mesmo tempo, as habilidades conversacionais dizem respeito ao discurso coeso e a seqüência interativa dos atos da fala (Mayor, 1991).

As habilidades fonológicas e comunicativas ajudam a discriminar e produzir os sons da fala, assim como permitem uma troca de intenções com outras pessoas ainda no período pré-verbal (Flavell et al., 1999). Desde o nascimento, os bebês já estão voltados para as relações interpessoais, seja através de reações às vozes ou rostos daqueles à sua volta.

Ainda nesta fase pré-verbal, o choro pode ser considerado como o primeiro intercâmbio comunicativo, pelo qual o adulto dá resposta e atenção (Soltis, 2004). Ao conceder ao bebê o papel de interlocutor, o adulto vai promovendo a habilidade pragmática. Em torno dos oito meses, os bebês já apresentam padrões de olhar quando estão conversando com os adultos (Rutter e Drkin, 1987). Aos dez meses são capazes de demonstrar ações intencionais como apontar objetos à sua volta. Ao final do primeiro ano, o comportamento intencional se torna claramente explícito.

O surgimento da linguagem é um elemento determinante para o desenvolvimento das funções comunicativas. Assim, a habilidade básica para

conversar surge entre os dois e quatro anos (Garvey, 1987). Pouco a pouco, as crianças vão aprendendo a conversar, a tomar iniciativa, responder apropriadamente, assim como expressar intenções e seus estados psicológicos na linguagem (Snow et al., 1996). A partir dos quatro anos, são capazes de realizar ajustes em sua forma de falar quando se dirigem às crianças menores e aos adultos (Tomasello, 1992).

Ao estarem inseridos em um sistema social compartilhado, as crianças observam as regras e as reproduzem. Assimilam as normas sociais através da cultura e dos valores, apropriando-se adequadamente em diferentes contextos concretos (Acosta et al., 2003). Assim, as capacidades pragmáticas e metacognitivas se desenvolvem e surgem apenas por volta dos oito a dez anos. A partir da adolescência, são capazes de pensar em termos abstratos, fazendo uso de metáforas e de uma linguagem simbólica sem maiores dificuldades (Miranda, Borges e Rocca, 2010).

4.5. Habilidades visuo-construtivas

Zuccolo, Rzezak e Góis (2010) definem as habilidades visuo-construtivas como a capacidade de realizar atividades formativas ou construtivas; relacionada à habilidade de montar ou manejar partes físicas organizadamente, formando um objeto ou imagem única. Do mesmo modo, podem estar relacionadas com o desenho livre, cópia de figuras geométricas ou objetos, de forma bidimensional ou tridimensional, reprodução de letras e palavras escritas, entre outros (Mello, 2008). Isto é, qualquer tipo de ação em que a manipulação resulte em um produto final desejado.

Segundo Camargo e Cid (2001), a realização das atividades visuoconstrutivas requer algumas condições: percepção visual, comportamento motor, raciocínio espacial, capacidade para monitorar o próprio desempenho e formulação de planos ou metas. Para Lezak et al (2004), as habilidades visuo-construtivas combinam a resposta motora e um componente espacial.

4.5.1

Desenho Livre e da Figura Humana

O ato de desenhar, por exemplo, é uma atividade repleta de componentes cognitivos, em especial as habilidades visuo-construtivas. Segundo Derdyk (1989), O desenho é um eficiente meio de comunicação por expressar graficamente as idéias. Sua evolução é considerada como um reflexo do desenvolvimento intelectual e emocional da criança (Lowenfeld, 1977). Apesar de o desenvolvimento gráfico variar de acordo com cada indivíduo, certas etapas são marcantes com o avanço da idade.

A partir das primeiras experiências gráficas da criança, os traços e formas surgem naturalmente em seus desenhos. Desta forma, as cópias de formas geométricas assim como os processos motores da escrita são possíveis graças à melhora nas habilidades motoras, visuo-perceptivas e no uso de estratégias de planejamento.

O surgimento do desenho ocorre por volta dos dezoito meses a dois anos. Nesta faixa etária, seus movimentos são espontâneos e apresentam pouco controle (Malchiodi, 1998). Próximo aos dois anos, a criança consegue manter ritmos regulares, produzindo seus primeiros traços gráficos ou garatujas (Lowenfield, 1977). Entre os dois anos e meio e três anos, as crianças progridem seus traços, combinando formas retas e circulares. Posteriormente, apresentam maior ordenação, relacionam seu grafismo com objetos, pessoas e animais. Crianças entre três e quatro anos, já são capazes de controlar e combinar seus traços para formar uma figura ou reproduzir um objeto. Nesta etapa, as crianças têm consciência do que estão desenhando. Emerge então a função de intencionalidade representativa (Palácios et al., 2004). Por volta dos cinco anos, tornam-se aptas a produzir desenhos já reconhecíveis, mas que ainda não se integram na formação de uma cena. A partir dos seis anos, as figuras são distribuídas pelo espaço, onde as linhas demarcam o chão, constituindo uma cena (Mello, 2008).

As primeiras representações da figura humana aparecem por volta dos três a quatro anos (Palácios et al., 2004). Representações constituídas por um único círculo do qual saem alguns riscos que podem conter traços faciais e braços, denominado de boneco girino (Barros, 1995). À medida que progridem na coordenação dos movimentos, as formas ganham mais estrutura. Aparece o corpo

e diferenciam-se os braços e pernas de mãos e pés. Entre os cinco e sete anos, são acrescentados novos elementos, ganhando um toque mais realista (Luquet, 1969).

Normalmente, os desenhos de crianças em idade escolar possuem mais detalhes, pois se tornam mais críticos de seu desenho. Entre os seis e sete anos, o desenho começa a representar a perspectiva pela qual o objeto é visto (Goodnow, 1977). Por volta dos oito a dez anos, algumas crianças começam um período de transição traçando um perfil do rosto. Além disso, desenham a figura em outras posições e com movimento. Durante este período transitório, há a inserção do sombreamento e de representações tridimensionais (Edwards, 2002). Na faixa etária dos dez aos doze anos, as crianças preferem trabalhar em grupo, o que possibilita a troca de experiência pela interação social (Lowenfield, 1977).

4.5.2. Reprodução, Construção e Escrita

Antes de saber desenhar as formas geométricas simples, as crianças já percebem suas diferenças. A partir dos dois anos, desenham traços verticais e circulares. Aos poucos, os rabiscos vão se arredondando até o aparecimento do primeiro círculo fechado, que se dá aos três anos (Diamante e Cypel, 1989). Aproximadamente aos quatro anos, conseguem organizar as ações motoras na cópia do desenho de um quadrado e de uma cruz. Por volta dos cinco e seis anos, as crianças se tornam hábeis em copiar um círculo e um quadrado. No entanto, somente aos sete anos que figuras mais complexas são copiadas, tais como losangos e cubos. Segundo Van Sommers (1989), esse fato se deve ao desenvolvimento de estratégias de planejamento na cópia. Assim, a reprodução de padrões visuais está bem estabelecida aos dez anos.

As habilidades visuo-construtivas relacionadas à construção de material concreto se dá desde cedo. Mello (2008) descreve algumas mudanças importantes no desenvolvimento dessa função. Em torno dos quinze meses, já são observadas construções de torres com dois cubos e aos dois anos, as crianças conseguem montar torres com oito cubos. A partir dos três anos, constroem uma ponte unindo três cubos através de um modelo. Estas mesmas pontes podem alcançar um total de cinco cubos aos cinco anos. A simetria perante o material concreto já pode ser observadas a partir dos seis a sete anos de idade.

O ato motor da escrita surge paralelamente aos desenhos infantis. De fato, é possível que o desenho exerça um papel estratégico na pré-escrita (Norris, Mokhtari e Reichard, 1998). De acordo com Condemarín e Chadwick (1990), o desenvolvimento da escrita pode ser dividido em três etapas: a etapa pré-caligráfica, a etapa caligráfica infantil e a etapa pós-caligráfica. A primeira se caracteriza por um período de aquisição de destrezas gráficas especializadas. Nesta fase, as crianças esboçam letras no formato de círculos, riscos ou pente. Seu traço é trêmulo, não existe ligação entre as letras e há irregularidade no tamanho e na inclinação. O progressivo domínio no controle motor auxilia na elaboração de uma escrita mais clara e ordenada entrando assim na segunda etapa. Nela, as formas são convencionais e a letra ainda não está personalizada. Por fim, a etapa pós-caligráfica é alcançada após a adolescência. O estilo caligráfico se define e os aspectos instrumentais da escrita vão sendo subordinados à sua funcionalidade.

4.6. Funções Executivas

Ao longo das últimas décadas, o termo função executiva, tem recebido crescente atenção, sendo um termo relativamente novo nas neurociências. Luria (1966, 1973) é o antecessor direto desse conceito com a terceira unidade funcional relacionado à programação, regulação e verificação das atividades mentais. Baddeley e Hitch (1974) descreveram o componente “executivo central” e posteriormente, Norman e Shallice (1980) com o “sistema atencional supervisor”. Lezak (1983) refere-se ao “funcionamento executivo” como a maneira que lidamos com o nosso comportamento humano.

Inúmeras definições para o conceito de funções executivas têm surgido, bem como para os possíveis sub-componentes que as integra. Miller e Cohen (2001) consideram o constructo como um termo “guarda-chuva” que abarca vários processos cognitivos relacionados ao comportamento orientado. Isto acaba enfraquecendo a noção de um conceito unitário (Miyake et al., 2000).

Essas habilidades executivas apresentam relevante valor adaptativo para o indivíduo, permitindo uma mudança rápida e flexível do comportamento frente às novas exigências do ambiente (Zelazo et al., 2003). Mais recentemente, Zelazo, QuLi e Muller, (2005) propuseram uma classificação dicotômica das funções

executivas dividindo em processos executivos "frios", relacionados aos aspectos cognitivos; e "quentes", ligados aos aspectos afetivos e motivacionais.

Portanto, as funções executivas englobam um conjunto altamente complexo de habilidades inter-relacionadas tais como a atenção seletiva e vigilância, controle de impulsos e auto-regulação, memória de trabalho, flexibilidade mental, organização e planejamento, resolução de problemas, fluência verbal e criatividade (Delis, Kaplan e Kramer, 2001; Gioia et al., 2000).

O desenvolvimento das funções executivas tem se mostrado não-linear. As diferentes habilidades executivas e suas respectivas trajetórias de desenvolvimento têm seu início na infância, continuam na adolescência, chegando até a idade adulta (Huizinga, Dolan e Molen, 2006). As funções executivas parecem melhorar sequencialmente ao longo dos anos tais como entre o nascimento e os dois anos de idade, dos sete aos nove, e um salto no final da adolescência, entre dezesseis e dezenove anos de idade (Anderson et al., 2001). Seu lento desenvolvimento geralmente é atribuído à maturação prolongada do córtex pré-frontal (Diamond, Kirkham e Amso, 2002; Gogtay et al., 2004; Zelazo, Craik e Booth, 2004).

4.6.1. Controle Inibitório

O controle inibitório se refere à habilidade de inibir respostas prepotentes (forte tendência do indivíduo) ou respostas a estímulos distratores que interrompam o curso eficaz de uma ação, ou ainda a interrupção de respostas que estejam em curso (Barkley, 2001). A inibição também implica no controle de interferência, emocional e motor (Barkley, 1997; Nigg, 2000). Desde os primeiros meses de vida, é possível perceber algumas formas elementares de inibição em bebês tais como, por exemplo, o ato de interromper uma ação quando os pais os repreendem (Braver, Cohen e Barch, 2002).

Um modelo de autocontrole muito utilizado em crianças menores é o de atraso de gratificação (Mischel, Shoda e Rodriguez, 1989). Nele, a criança deve esperar até que o experimentador volte para receber a recompensa de maior magnitude ou tocar a campainha e produzir o reforço imediato de menor dimensão. Em um estudo realizado por Carlson (2005), metade das crianças de

dois anos conseguiu não comer o doce durante vinte segundos, enquanto a maioria das crianças de três anos esperou por um minuto. Essa habilidade parece melhorar nos anos pré-escolares, demonstrando intervalo de cinco minutos em crianças de quatro anos.

Durante o período pré-escolar, há uma melhora substancial na capacidade de inibir respostas mais complexas (Garon, Bryson e Smith, 2008). No entanto, a falta de controle inibitório e susceptibilidade a interferência continuam a ser o principal fator limitante no desempenho das crianças nessa idade. Melhoras significativas só poderão ser vistas entre os cinco e oito anos (Romine e Reynolds, 2005). Entretanto, só atingem o desempenho de um adulto em torno dos doze anos (Van den Wildenberg e Van der Molen, 2004) ou até mesmo após o início da adolescência (Williams et al., 1999).

4.6.2. Organização e Planejamento

A organização e o planejamento são elementos importantes na ação direcionada a metas e memória prospectiva (antecipação do futuro). Ele constitui a habilidade de formular ações antecipadamente e auxilia a realização de uma tarefa de forma organizada, estratégica e eficiente. Isto é, a partir de um objetivo definido, estabelecer a melhor maneira de alcançar um objetivo definido, levando em consideração a hierarquização de passos e a utilização de instrumentos necessários para a conquista da meta (Anderson, 2002).

De acordo com Hudson e colaboradores (1995), crianças de até três anos são capazes de construir diferentes planos verbais tal como o de acontecimentos familiares. Em tarefas clássicas de torre com três discos, crianças de quatro e cinco anos obtiveram melhor desempenho do que crianças de dois e três anos (Espy et al., 2001). Outra tarefa muito utilizada como medida de planejamento é a cópia de figuras complexas. Waber e Holmes (1985) avaliaram crianças e adolescentes de cinco a quatorze anos e observaram uma organização e planejamento mais refinado em crianças a partir dos nove anos.

O período de desenvolvimento da organização e do planejamento varia muito de autor para autor. Romine e Reynolds (2005), em seu estudo de meta-análise, observaram uma melhora no desenvolvimento em crianças de cinco a oito anos, continuando até o início da vida adulta. Por outro lado, Welsh, Pennington e

Groissier (1991) sugerem que a maturação dessa função ocorre aos doze anos. Anderson, Anderson e Lajoie (1996) encontraram resultados similares em tarefas de torre. Em seu estudo, as crianças menores cometem mais erros e atingem menos respostas corretas que as mais velhas, atingindo um bom desempenho entre os nove e treze anos.

4.6.3. Flexibilidade Cognitiva

Segundo Anderson (2002), a flexibilidade cognitiva diz respeito à habilidade de mudar (alternar) o curso das ações ou dos pensamentos de acordo com as exigências do ambiente. Relacionam-se com o aprendizado a partir dos erros, geração de novas estratégias, atenção dividida e processamento de múltiplas informações concomitantemente.

Espy (1997) estima que o surgimento dessa habilidade emirja em crianças entre três a cinco anos em tarefas simples. Em uma tarefa clássica de classificação de cartas, o qual há mudança de regra/categoria sem aviso prévio à criança, observou-se que à medida que a complexidade aumenta, mais erros perseverativos são cometidos pelas crianças. A maioria das crianças de três anos não consegue sair da primeira categoria, enquanto as de quatro anos já conseguem (Kloo e Perner, 2005). Por isso, até o momento em que a criança seja capaz de refletir sobre um sistema mais complexo de regras, os erros na classificação de categorias continuarão. Durante o período pré-escolar, há uma melhora na flexibilidade cognitiva.

Por volta dos quatro a oito anos de idade, a capacidade de armazenamento da memória aumenta, proporcionando uma base para o desenvolvimento de estratégias mais elaboradas e mudança mais eficiente entre as idéias (Luciana e Nelson, 1998). A flexibilidade na mudança de categorias irá se aprimorar aos dez anos (Chelune e Baer, 1986), continuando até a adolescência (Zelazo e Frye, 1998).

4.6.4 Fluência Verbal

Além de estar relacionada à linguagem, a *fluência verbal* também pode ser considerada como um componente das funções executivas. A capacidade de gerar uma quantidade de palavras em uma determinada categoria ou em resposta a um estímulo em um tempo limitado é denominada fluência verbal (Lezak et al., 2004). Ela está intimamente ligada à eficiência das redes neurais pré-frontais e podem ser avaliadas em termos de velocidade, quantidade e qualidade do *output* (Kail, 1991). Ao mesmo tempo, nas tarefas de fluência é possível verificar a habilidade de organização e estratégias de busca em seu léxico interno de maneira eficiente (Este, 1974).

O desenvolvimento da fluência em crianças está intimamente relacionado à idade (Cohen, 1999). Assim, para que haja uma melhora e bom desempenho na fluência, é necessário que a criança desenvolva certas habilidades linguísticas (aquisição de vocabulário e ortografia) e habilidades executivas (controle inibitório, flexibilidade cognitiva, organização) (McCarthy, 1970).

Brocki e Bohlin (2004) encontraram uma melhora significativa da fluência verbal em dois momentos ao longo do desenvolvimento: entre os oito e doze anos. Alguns pesquisadores constataram desempenho aos dez anos de idade similares aos de adultos (Regard, Strauss e Knapp, 1982), enquanto outros (Welsh et al., 1991) verificaram que crianças de doze anos apresentaram desempenho menos fluente comparado aos adultos, sugerindo que a fluência verbal continua a se desenvolver na adolescência.

Outro fato é o melhor desempenho nas tarefas de natureza semântica ao contrário das fonológicas, que atingem a maturidade em crianças um pouco mais velhas (Hurks et al., 2006; Klenberg, Korkman e Lahti-Nuuttila, 2001; Riva, Nichelli e Devoti, 2000). O nível educacional dos pais ou responsáveis também é um fator que influencia o desenvolvimento da fluência verbal. Em seu estudo, Ardila e colaboradores (2005) observaram que o baixo nível de escolaridade dos pais estava fortemente associado ao pobre desempenho das crianças na tarefa de fluência.

4.6.5. Teoria da Mente

Os precursores de uma teoria da mente aparecem em crianças pequenas a partir da realização de contato com o olhar e a atenção compartilhada, aos nove meses (Baron-Cohen, 1991). Até o final do segundo ano de vida, há o surgimento de uma simples compreensão das emoções, intenções, desejos e sua relação com as metas (Brune e Brune-Cohrs, 2006). Ocorre também o aparecimento da capacidade de distinguir a realidade, utilizar diferentes níveis de representação mental e das brincadeiras de faz-de-conta (Leslie, 1987; Perner, 1991).

Aproximadamente aos quatro anos de idade, a criança começa a compreender que existem diferentes interpretações para os mesmos objetos, figuras ou eventos (Jou e Sperb, 1999). Entretanto, somente aos seis e sete anos que as crianças começam a entender que a outra pessoa também pode ter uma representação mental das outras pessoas, isto é, “compreender que a outra pessoa sabe que você também sabe” (Perner e Wimmer, 1985).

Um método muito utilizado para investigação da teoria da mente é a tarefa de crença falsa (Wimmer e Perner, 1983). De acordo com Jou e Sperb (1999), a tarefa consiste em contar uma história à criança, na qual existem dados que permitem inferir que o protagonista tem uma crença diferente da realidade. Em estudo clássico realizado por Wimmer e Perner (1983), os resultados demonstraram claramente o desenvolvimento da teoria da mente em crianças de três a nove anos. Enquanto nenhuma das crianças de três a quatro anos foi capaz de fornecer a resposta correta, crianças de quatro a seis anos obtiveram um pouco do que a metade das respostas corretas. Por fim, crianças de seis a nove anos obtiveram quase o total de respostas corretas. Isto serve como indício acerca da dificuldade em que crianças pequenas possuem em atribuir uma crença falsa a outras pessoas e a elas próprias (Souza, 2006).

5 Conclusão

Estudar sobre as funções cognitivas é uma tarefa árdua. Ainda mais quando essas funções compõem um organismo que está em pleno desenvolvimento. Além disso, não podemos nos esquecer de todos os múltiplos fatores que influenciam o ser humano e todas as mudanças que resultam dessa influência. Enfim, sem dúvida alguma, o desenvolvimento é um processo complexo; seja ele com enfoque no ser humano como um todo ou em apenas um domínio – como é o caso do presente trabalho, o domínio cognitivo.

Ao longo dessas últimas décadas, a psicologia do desenvolvimento, juntamente com a neurociência cognitiva e a neuropsicologia do desenvolvimento, têm ampliado o conhecimento sobre o desenvolvimento infantil. Da mesma forma, elas têm se preocupado com o impacto dos fatores neurobiológicos e interações sociais na vida da criança, bem como suas relações entre o cérebro e o comportamento.

Atualmente, o avanço das técnicas de neuroimagem e da avaliação funcional permitiu uma importante evolução a respeito do conhecimento de circuitos cerebrais responsáveis por distintas atividades da cognição humana. Além de tornar possível a correlação entre as funções cognitivas e estruturas mentais. Entretanto, devido à complexidade dos processos cognitivos, essa correlação não está diretamente voltada para uma região ou estrutura, mas sim a diversas áreas e redes neurais, formando um sistema integrado de funcionamento.

A maturação do cérebro e os saltos em seu crescimento acabam coincidindo com mudanças no comportamento cognitivo. Assim, dependendo da função, as mudanças podem ocorrer de maneira mais rápida ou mais lentamente, bem como paralela ou de forma sequenciada. As experiências e interações sociais reforçam as conexões sinápticas, desenvolvendo então, regiões relativas à determinado processo cognitivo.

As funções cognitivas podem ser estudadas através dessas técnicas de imageamento cerebral ou por outros métodos de investigação, como por exemplo,

a avaliação neuropsicológica. Dentro da perspectiva da neurociência e da neuropsicologia cognitiva, a avaliação é um método que tem se mostrado bastante útil e efetivo, pois fornece informações sobre o funcionamento de cada função cognitiva, podendo correlacionar seus resultados ao desempenho cerebral. Contudo, no que diz respeito à metodologias utilizadas em pesquisas com crianças, algumas questões ainda precisam ser melhor trabalhadas.

Ao realizar pesquisas envolvendo crianças, o pesquisador pode ter algumas dificuldades e, quiçá, limitações. Um exemplo são aquelas que envolvem a neuroimagem. Normalmente, estudos com essa tecnologia são realizados com adultos, devido ao grau de cooperação e imobilidade física. Mesmo que técnicas de relaxamento sejam utilizadas em crianças, as condições experimentais ainda exigem certo cuidado.

Outro fator é a escassez de instrumentos validados para a população infantil. No Brasil, utilizam-se muitos testes que ainda não possuem normas e padronizações, auxiliando apenas nos aspectos qualitativos. Ao mesmo tempo, os aspectos motivacionais, cooperativos e desenvolvimentais da criança também são questões bem delicadas durante a avaliação infantil. Por exemplo, os comportamentos apresentados ao longo do desenvolvimento. Enquanto em alguns casos, são considerados impróprios para certas idades, em outros, já são previstos.

Apesar da grande variabilidade no desenvolvimento cognitivo de cada criança, existe uma sequência cronológica semelhante para todas, na qual é possível descrever fases evolutivas e observar um domínio crescente das habilidades cognitivas. Desta forma, o estudo da ontogênese das funções cognitivas em diferentes faixas etárias possui um papel fundamental para o desenvolvimento humano. Conhecer as funções mentais significa entender a peculiaridade de cada uma e a sua contribuição específica para cada atividade cognitiva como um todo.

Deste modo, estudos que avaliem o desenvolvimento da cognição humana são extremamente importantes para compreender funções e disfunções relacionadas, principalmente, aos processos de aprendizagem infantil. O entendimento de como a criança apreende o conhecimento e suas limitações cognitivas decorrentes de cada faixa etária ajudam não só o psicólogo, mas também, educadores, possibilitando novas técnicas de intervenção em sala de aula.

5.1.

Uma visão geral acerca das fases do desenvolvimento

O processo do desenvolvimento também deve ser visto como uma mudança global no ser humano, constituído por inúmeras modificações em todas as fases da vida. Assim, ao longo dessa caminhada, foi possível perceber que o processo de desenvolvimento é constituído por uma série de períodos alternados de crescimento e períodos de consolidação. As mudanças acontecem o tempo todo, porém, em certos momentos, elas ocorrem de maneira mais significativa. Desse modo, um rápido desenvolvimento de uma habilidade em uma área específica, exige adaptações em todas as partes do cérebro. À medida que novas sinapses são criadas, as antigas - redundantes e subutilizadas - morrem.

Durante o período inicial de vida, o recém-nascido apresenta melhoras notáveis, em especial nas habilidades perceptivas, em um período muito curto de tempo. Mudanças nas respostas automáticas e reflexivas dão lugar a comportamentos um pouco mais voluntários, assim como uma maior interação mãe-bebê. A partir do aprimoramento de algumas habilidades motoras, o bebê começa a se movimentar de modo mais independente, explorando progressivamente o mundo que a cerca.

Nos anos pré-escolares, as crianças se comunicam com maior clareza, apresentando habilidades cognitivas e sociais que lhes permitem interagir de maneira mais completa e bem-sucedida. Nesse período, ela deixa de usar a si própria como a única estrutura de referência. No entanto, não possuem bom controle de impulsos e de limites. Apenas por volta dos cinco anos desenvolvem a capacidade de compartilhar, interpretar as pistas dadas pelas outras pessoas e manter o controle da agressividade e impulsividade.

Os anos escolares representam uma espécie de transição. De uma maneira geral, as crianças tornam-se mais atentas, responsáveis e capazes de entender idéias mais complexas. Aumentam as interações sociais e o entendimento das habilidades comunicativas e pragmáticas, bem como da reciprocidade cognitiva e existência de perspectivas diferentes. Ao chegar na adolescência, há uma consolidação das habilidades cognitivas, mas acima de tudo, o estabelecimento de uma identidade e de um papel na sociedade.

5.2.

Um olhar específico em cada função cognitiva

Como dito anteriormente, o desenvolvimento das funções cognitivas é apoiado em mudanças genéticas e biológicas, mas intimamente influenciado por fatores ambientais no qual o indivíduo está inserido. De maneira cronológica, é caracterizado por modificações que ocorrem junto a um conjunto de outras, desde a concepção até o processo de envelhecimento do sujeito. Um exemplo são as funções cognitivas, que demonstram, de maneira harmônica, como ocorre a interação desses aspectos biológicos e sociais.

Em relação à *sensação* e *percepção*, pode-se perceber que são funções fortemente dependentes do biológico, assim como da experiência e da ação. No nascimento, os elementos sensoriais fundamentais já estão praticamente desenvolvidos e é através da interação social e cuidados dos adultos que essas habilidades são estimuladas e reforçadas. À medida que a capacidade de cada sentido se torna mais precisa, a coordenação intersensorial se desenvolve, tornando-se mais complexa. Assim, a percepção se constitui como uma construção individual, que permite formar uma visão da realidade, onde cada um pode atribuir um significado particular para esse processo. Conforme o tempo passa, o papel da cognição vai ganhando mais significado.

De uma maneira geral, a *atenção* se aprimora com a idade, principalmente aqueles aspectos relacionados à estabilidade e adaptabilidade, podendo se manter até a adolescência. Nos primeiros meses, a atenção é elementar e involuntária, não havendo um controle da mesma. A partir da maturação de determinadas estruturas, surgem novas habilidades e comportamentos, permitindo gradualmente um maior controle sobre os processos atencionais. No entanto, o completo desenvolvimento da atenção seletiva e sustentada, velocidade de processamento visual e controle inibitório só vão ocorrer por volta dos doze anos de idade.

Já o desenvolvimento da *memória* está intimamente associado à maturação de inúmeras estruturas cerebrais, principalmente à região do hipocampo e áreas frontais. Devido às diversas modalidades da memória, elas apresentam um curso de desenvolvimento diferente. A melhora do foco atencional juntamente ao surgimento de estratégias de armazenamento e evocação auxilia na memorização

das informações. Além disso, a aquisição da linguagem e seu aprimoramento também são fatores de importância para uma memória mais flexível e eficiente.

O desenvolvimento da *linguagem* está relacionado tanto aos aspectos biológicos-maturacionais quanto as interações do bebê com seu meio, que assume um papel extremamente relevante durante todo esse processo de aquisição e aprimoramento da linguagem. As capacidades lingüísticas acompanham um curso de mielinização cerebral e de sua maturação, ocorrendo assim num gradiente pósterio-anterior. Desta forma, as funções receptivas e semânticas da linguagem se desenvolvem anteriormente às funções expressivas e funções morfossintáticas. Por exemplo, o domínio fonológico se concentra nos sete primeiros anos de vida, enquanto o componente semântico, embora mais precoce, apresenta uma maturação mais prolongada, desenvolvendo-se durante toda a vida.

As habilidades *visuo-construtivas* parecem surgir de forma espontânea e evoluem junto ao processo de desenvolvimento motor e cognitivo da criança. O ato de desenhar ou de construir algo demonstra um meio de comunicação, representação e simbolização da criança perante o mundo. Assim, seu progressivo desenvolvimento determina significativas mudanças na maneira de agir e pensar da criança.

Por fim, a natureza multidimensional das *habilidades executivas* e a interdependência dos circuitos neurais relacionados promovem um impacto sobre o desenvolvimento de outras competências afins. Além disso, a maturação prolongada dos lobos frontais faz com que as funções executivas levem mais tempo para se desenvolver por completo. Ao longo dos anos, os circuitos executivos tornam-se mais refinados e melhores conectados. Conseqüentemente, apresentam um caráter mais eficiente na organização e no acompanhamento do comportamento humano. Deste modo, esta função cognitiva é a última a ter seu desenvolvimento completo no processo do desenvolvimento cognitivo humano.

Mas, será que essa diferença no tempo de maturação não sugere uma nova maneira de pensar o processo de desenvolvimento? Será que as outras funções cognitivas não são a base para a formação das funções executivas? Ou será que as funções executivas se constituem pelas habilidades mais elaboradas das funções cognitivas?

5.3.

Funções executivas: Uma nova perspectiva ao pensar sobre o desenvolvimento?

As funções executivas englobam um amplo conjunto de capacidades e funções supramodais de auto-regulação, que permitem o controle, organização, planejamento e coordenação de outras funções cognitivas, respostas emocionais e comportamentos (Stuss e Alexander, 2000). Estas funções são responsáveis diretas ou indiretas de processos relacionados aos lobos frontais, principalmente, do córtex pré-frontal, o que indica sua maturação tardia comparado às outras funções cognitivas.

Ao contrário de Stuss e Alexander, Denckla (1996) considera as funções executivas como processos de controle central e não necessariamente a processos cognitivos complexos. Já Garcia-Molina e colaboradores (2010), lançam a idéia das funções cognitivas possuírem a mesma função que a inteligência – função não abordada nesse estudo devido seu múltiplo caráter funcional. De qualquer forma, o conceito neuropsicológico de funções executivas e o conceito de controle executivo/processos executivos acabam se sobrepondo, havendo uma fronteira tênue entre a nomenclatura. Definições à parte, as funções executivas desempenham um papel de extrema importância no desenvolvimento do ser humano.

Um aspecto a ser ressaltado é a inter-relação entre as funções apresentadas no presente estudo. Grande parte dos componentes e das habilidades que compõe as funções executivas também é encontrada em outras funções cognitivas, sugerindo uma hierárquica no desenvolvimento das funções. Por exemplo, na atenção, encontramos a atenção seletiva e o controle inibitório, componentes também das funções executivas; na memória, temos a memória prospectiva e de trabalho; na linguagem, a expressão e a fluência verbal; na inteligência, a resolução de problemas e pensamentos lógicos, entre outras.

De fato, quando olhamos o desenvolvimento dessas habilidades constituintes tanto em funções cognitivas específicas como nas executivas, percebe-se que estas têm um período de desenvolvimento mais tardio ou longo. Esse fato peculiar nos faz repensar no processo de desenvolvimento, olhando por outro ângulo. Talvez não devamos pensar nas funções executivas como uma função cognitiva propriamente dita, mas sim observar essas habilidades como

sendo as mais superiores e elaboradas de cada função cognitiva. Assim, porque não pensar num processo de desenvolvimento hierárquico e em formato de cascata, onde cada função cognitiva se desenvolva de maneira a complementar a outra e que apenas alcance um nível mais complexo ao atingir um platô de maturação cognitiva.

De qualquer modo, essa proposta resolveria, pelo menos em parte, a questão das funções executivas e sua relação com a cognição humana. Novos estudos que investiguem essa hipótese e seus desdobramentos podem ser realizados afim de confirmar (ou não) uma nova maneira de se pensar a evolução do desenvolvimento humano.

Apesar das inúmeras pesquisas realizadas, ainda é necessário dar continuidade às mesmas, para que cada vez mais, possamos compreender de uma melhor forma os elementos que constituem a cognição humana. Um exemplo disso é a habilidade visuo-construtiva, que possui uma escassez de literatura ou estudos muito antigos. Mas, acima de tudo, um estudo que lance um olhar para a questão das funções executivas: uma definição mais clara, seu desenvolvimento e sua relação com outras funções cognitivas.

O benefício gerado pelas novas tecnologias pode ser o próximo passo para a ampliação do nosso conhecimento acerca dessas funções. Nos últimos anos, as áreas de saúde e educação vêm sendo impulsionadas (e invadidas) cada vez mais pelas novas tecnologias integradas aos procedimentos de intervenção, tais como a utilização de jogos eletrônicos como formas de avaliação e treinamento de diferentes habilidades cognitivas. De fato, o uso de diversos programas eletrônicos permite desenvolver potencialidades físicas, mentais e sensoriais proporcionada por diferentes modalidades dos softwares.

Certamente, futuros estudos que possam lançar um novo olhar sobre a ontogênese das funções cognitivas, podem ser pertinentes no acréscimo e desenvolvimento das observações iniciais feitas aqui. Além disso, o entendimento de como cada função cognitiva se desenvolve em cada faixa etária guiam de forma mais clara a construção de novas metodologias e instrumentos mais fidedignos, intervenções clínicas e prognósticos mais precisos, ou até mesmo, possíveis intervenções dentro do ambiente escolar.

Desse modo, a compreensão dos aspectos mais amplos que cerceiam o desenvolvimento das funções cognitivas passa por questões relacionadas à natureza biológica e social do desenvolvimento infantil. Apesar de muitas pesquisas terem sido desenvolvidas com enfoque nesse assunto, as incertezas e divergências ainda persistem. Foi possível, com esta “breve” revisão, observar que mesmo com grandes avanços no entendimento das funções cognitivas, ainda há um longo caminho pela frente.

ACOSTA, M. V. et al. **A Avaliação da Linguagem: Teoria e Prática do Processo de Avaliação do Comportamento Lingüístico Infantil**. São Paulo: Livraria Editora, 2003

AHL, V.; MOORE, C. F.; DIXON, J. A. Development of intuitive and numerical proportional reasoning. **Cognitive Development**, V. 7, p. 81-108, 1992.

ALLPORT, A. Attention and control: have we been asking the wrong questions? A critical review of twenty-five years. In: MEYER, P.; KORNBLUM, M. (Eds.). **Attention and performance XIV**. New Jersey: Erlbaum, 1993.

ANDERSON, P. Assessment and development of executive function (EF) during childhood. **Child Neuropsychology**, V. 8, p. 71-82, 2002.

ANDERSON, P.; ANDERSON, V.; LAJOIE, G. The Tower of London Test: Validation and standardization for pediatric population. **Clinical Neuropsychologist**, V. 10, p. 64-65, 1996.

ANDERSON, V. et al. Development of executive functions through late childhood and adolescence in an Australian sample. **Developmental Neuropsychology**, V. 20, p. 385-406, 2001.

ANDERSON, V. et al. **Developmental neuropsychology: A clinical approach**. New York: Psychology Press, 2001a.

ARAÚJO, I. E. Representações gustativas no córtex humano, e o controle central do apetite. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, V. 25, supl. 2, p. 25-28, 2003.

ARDILA, A. et al. The influence of the parents' educational level on the development of executive functions. **Developmental Neuropsychology**, V.28, p. 539-560, 2005.

ASLIN, R. N. Development of smooth pursuit in human infants. In: FISHER, D. F.; MONTY, R. A.; SENDERS, J. W. (Eds.). **Eye movements: cognition and visual perception**. Haildsdale: Erlbaum, 1981, p. 31-51.

ASLIN, R. N.; JUSCZYK, P. W.; PISONI, D. B. Speech and auditory processing during infancy: constraints on and precursors to language. In: KUHN, D.; SIEGLER, R. (Eds.). **Handbook of child psychology: cognition, perception and language**. Vol. 2. New York: Wiley Press, 1998.

ATKINSON, J. **The developing visual brain**. Oxford: Oxford University Press., 2000.

ATKINSON, J.; BRADDICK, O. Sensory and Perceptual Capacities of the Neonate. In: STRATTON. P. (Ed.). **Psychobiology of the Human Newborn**. London: John Wiley, 1982.

AYRES, A. J. **Sensory integration and the child: Understanding hidden sensory challenges**. Los Angeles: Western Psychological Services, 2005.

BADDELEY, A. **Working memory**. Oxford: Oxford University Press, 1986.

BADDELEY, A. The episodic buffer: a new component of working memory? **Trends in Cognitive Science**, v. 4, p. 417-423, 2000.

BADDELEY, A. Is working memory still working? **European Psychologist**, v. 7, p. 85-97, 2002.

BADDELEY, A. Working Memory and Language: an overview. **Journal Communication Disorders**, v. 36, p. 189-208, 2003.

BADDELEY A.; DELLA SALA, S. Working memory and executive control. In: ROBERTS, A. C.; ROBBINS, T. W.; WEISKRANTZ L. (Orgs). **The Prefrontal cortex – executive and cognitive functions**. Oxford: Oxford University Press, 1998.

BADDELEY, A.; GATHERCOLE, S. E.; PAPAGNO, C. The phonological loop as a language learning device. **Psychological Review**, v. 105, p. 58-173, 1998.

BADDELEY, A.; HITCH, G. Working memory. In: BOWER, G. (Ed.). **The Psychology of Learning and Motivation**. Elsevier: Academic Press, 1974.

BAHRICK, L. E.; NETTO D.; HERNANDEZ-REIF, M. Intermodal perception of adult and child faces and voices by infants. **Child Development**, v. 69, p. 1263–1275, 1998.

BALTES, P.B. Theoretical propositions of life-span developmental psychology: on the dynamics between growth and decline. **Developmental Psychology**, v. 23, p. 611-626, 1987.

BANTON, T.; BERTENTHAL, B. I. Multiple developmental pathways for motion processing. **Optometry and Vision Science**, v. 74, p. 751-760, 1997.

BARKLEY, R. Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory. **Psychological Bulletin**, v. 121, p. 65–94, 1997.

BARKLEY, R. The executive functions and self-regulation: an evolutionary neuropsychological perspective. **Neuropsychology**, v. 11, n. 1, p. 1-29, 2001.

BARON, I. S.; FENNELL, E. B.; VOELLER, K. S. **Pediatric neuropsychology in the medical setting**. New York: Oxford University Press, 1995.

BARON-COHEN, S. Precursors to a theory of mind: understanding attention in others. In: WHITEN, A. (Ed.). **Natural theories of mind: Evolution, development and simulation of everyday mindreading**. Oxford: Basil Blackwell, 1991. p. 233-251.

BARRET, M. Early semantic representations and early word-usage. In: KUCZAJ, S.A.; BARRET, M. (Eds.). **The development of word meaning**. New York: Springer-Verlag, 1986. p. 39-67.

BARRET, M. Early lexical development. In: FLETCHER, P.; MACWHITNEY, B. (Eds.). **The handbook of child language**. Oxford: Blackwell, 1995. p. 362-391.

BATES, E.; GOODMAN, J. On the inseparability of grammar and the lexicon: evidence from acquisition, aphasia and real-time processing. **Language and Cognitive Processes**, v. 12, p. 507-584, 1997.

BATES, E.; O'CONNELL, B.; SHORE, C. Language and communication in infancy. In: OSOFSKY, J. D. (Ed.). **Handbook of infant development**. 2. ed. New York: Wiley, 1987.

BAUER, P. J. What do infants recall of their lives? **American Psychologist**, v. 51, n. 1, p. 29-41, 1996).

BAYLISS, D. M. et al. The complexities of complex span: Explaining individual differences in working memory in children and adults. **Journal of Experimental Psychology: General**, v. 132, n. 1, p. 71-92, 2003.

BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. **Neurociências: Desvendando o sistema nervoso**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

BENNETT, M.; HACKER, P. **Philosophical Foundations of Neuroscience**. Malden, MA: Blackwell Publishing, 2003.

- BENTON, A.; TRANEL, D. Visuo-perceptual, visuo-spatial, and visuo-constructive disorders. In: HEILMAN, K. M.; VALENSTEIN, E. (Eds.). **Clinical neuropsychology**. New York: Oxford University Press, 1993.
- BERGER, K. S. **O desenvolvimento da pessoa – da infância à adolescência**. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.
- BLASS, E. M.; GANCHROW, J. R.; STEINER, J. E. Classical conditioning in newborn humans 2-48 hours of age. **Infant Behavior and Development**, v. 7, p. 223-235, 1984.
- BLOOM, L. **The transition from infancy to language**: Acquiring the power of expression. New York: Cambridge University Press, 1993.
- BLOOM, L.; LAHEY, M. **Language development and language disorders**. New York: Wiley, 1978.
- BOOKHEIMER, S. Y. et al. Regional Cerebral Blood Flow during Object Naming and Word Reading. **Human Brain Mapping**, v. 3, n. 2, p. 93-106, 1995.
- BOOTHE, R. G.; DOBSON, M. V.; TELLER, D. Y. Postnatal development of vision in human and nonhuman primates. **Annual Review of Neuroscience**, v. 8, p. 495-545, 1985.
- BORGES, L. C.; SALOMÃO, N. M. R. Aquisição da linguagem: Considerações da perspectiva da interação social. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 16, n. 2, p. 327-336, 2003.
- BOYSSON-BARDIES, B. **How language comes to children**. Cambridge: The MIT Press, 1999.
- BRANDÃO, M. (Org.). **Psicofisiologia**. São Paulo: Atheneu, 1995.
- BRAVER, T. S.; COHEN, J. D.; BARCH, D. M. The role of the prefrontal cortex in normal and disordered cognitive control: A cognitive neuroscience perspective. In: STUSS, D. T.; KNIGHT, R. T. (Eds.). **Principles of frontal lobe function**. Oxford: Oxford University Press, 2002.
- BROCKI, K. C.; BOHLIN, G. Executive functions in children aged 6 to 13: A dimensional and developmental study. **Developmental Neuropsychology**, v. 26, n. 2, p. 571-593, 2004.
- BROWN, R.; BELLUGI, U. Three processes in the acquisition of syntax. **Harvard Educational Review**, v. 334, p. 33-151, 1964.
- BRUCE, D. On the origin of the term "neuropsychology." **Neuropsychologia**, v. 23, p. 813-814, 1985.

- BRUNE, M.; BRUNE-COHRN, U. Theory of mind – evolution, ontogeny, brain mechanisms and psychopathology. **Neuroscience and Behavioural Reviews**, v. 30, p. 437-355, 2006.
- BUGALHO, P.; CORREA, B.; VIANA-BAPTISTA, M. Papel do Cerebelo nas Funções Cognitivas e Comportamentais. **Acta Médica Portuguesa**, v. 19, p. 257-268, 2006.
- BUSHNELL, E. W.; BOUDREAU, J. P. Motor development and the mind: The potential role of motor abilities as a determinant of aspects of perceptual development. **Child Development**, v. 64, p. 1005–1021, 1993.
- BUTTERWORTH, G. E.; HOPKINS, B. Hand-mouth coordination in the newborn human infant. **British Journal of Developmental Psychology**, v. 6, p. 303-314, 1988.
- CAGNIN, S. Neuropsicologia Cognitiva e Psicologia Cognitiva: o que o estudo da cognição deficitária pode nos dizer sobre o funcionamento cognitivo normal? **Psicologia em Pesquisa UFJF**, v. 3, n. 1, p.16-30, 2009.
- CAHILL, L. et al. The amygdale and emotional memory. **Nature**, v. 377, p. 295-296, 1995.
- CAIXETA, L.; NITRINI, R. Teoria da Mente: Uma Revisão com Enfoque na sua Incorporação pela Psicologia Médica. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 15, n.1, p. 105-112, 2002.
- CALEGARO, M. M.; LANDEIRA-FERNANDEZ, J. Pesquisas em neurociência e suas implicações na prática psicoterápica. In: CORDIOLI, A.V. (Org.). **Psicoterapias abordagens atuais**. 2.ed. Porto Alegre: ArtMed, 2007, p. 851-872.
- CAMARGO, C. H. P.; BOLOGNANI, S. A. P.; ZUCCOLO, P. F. O exame neuropsicológico e os diferentes contextos de aplicação. In: MALLOY-DINIZ, L. F. et al. **Neuropsicologia: teoria e prática**. Porto Alegre: Artmed, 2008.
- CAMARGO, C. H. P.; CID, C. G. Habilidades viso-espaciais. In: FORLENZA, O. V.; CARAMELLI, P. **Neuropsiquiatria Geriátrica**. São Paulo: Atheneu, 2001.
- CAPOVILLA, A. G. S. Contribuições da neuropsicologia cognitiva e da avaliação neuropsicológica à compreensão do funcionamento cognitivo humano. **Cadernos de Psicopedagogia**, v. 6, n. 11, p. 1-24, 2007.
- CARLSON, S. Developmentally sensitive measures of executive function in preschool children. **Developmental Neuropsychology**, v. 28, p. 595-616, 2005.

- CARNEIRO, M. P. Desenvolvimento da memória na criança: o que muda com a idade? **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 21, n. 1, p. 51-59, 2008.
- CARNEIRO, M. P.; ESTEVES, F. Dissociação entre o desenvolvimento da memória explícita e implícita em crianças. **Psicologia, Educação e Cultura**, v. 5, p. 195-216, 2001.
- CARROLL, D. W. **Psychology of language**. Monterey: Brooks/Cole, 1986.
- CARROLL, J. M. et al. The development of phonological awareness in preschool children. **Developmental Psychology**, v. 39, n. 5, p. 913-923, 2003.
- CASTRO, S. L. **Elementos de um Estudo em Psicologia da Linguagem e da Cognição**. Porto: Colectânea FPCE – UP, 1997.
- CASTRO-CALDAS, A. Neuropsicologia da linguagem. In: ANDRADE, V. M.; DOS SANTOS, F.H.; BUENO, O. F. A. (Orgs.). **Neuropsicologia Hoje**. São Paulo: Artes Médicas, 2004.
- CATFORD, G. V.; OLIVER, A. Development of visual acuity. **Archives of Disease in Childhood**, v. 48, n. 1, p. 47-50, 1973.
- CELESIA, G. G. Organization of auditory cortical areas in man. **Brain**, v. 99, p.403-414, 1976.
- CHARCHAT-FICHMAN, H. **Heterogeneidade neuropsicológica no processo de envelhecimento**: transição do normal aos estágios iniciais da doença de Alzheimer. São Paulo, 2003. Tese de Doutorado. Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo.
- CHELUNE, G. J.; BAER, R. A. Developmental norms of the Wisconsin Card Sorting Test. **Journal of clinical and experimental neuropsychology**, v. 8, n. 3, p. 219-228, 1986.
- CHOMSKY, N. Language and the mind. **Psychology Today**, v. 1, n. 9, p. 48-68, 1968.
- CHOUDHURY, N.; GORMAN, K. S. The relationship between sustained attention and cognitive performance in 17-24-month old toddlers. **Infant and Child Development**, v. 9, p. 127-146, 2000.
- CLARK, E. V. Later lexical development and word formation. In: FLETCHER, P.; MACWHINNEY, B. (Eds.). **The handbook of child language**. Cambridge: Basil Blackwell, 1995.
- CLIFTON, R. K. et al. Growth in head size during infancy: Implications for sound localization. **Developmental Psychology**, v. 24, p. 477-483, 1988.

- CLIFTON, R. K. et al. Newborns' orientation toward sound: Possible implications for cortical development. **Child Development**, v. 52, p. 833-838, 1981.
- CLIFTON, R. K. et al. Infants' perception of auditory space. **Developmental Psychology**, v. 27, p. 187-197, 1991.
- COHEN, M. J. Verbal Fluency in Children: Developmental Issues and Differential Validity in Distinguishing Children with Attention-Deficit Hyperactivity Disorder and Two Subtypes of Dyslexia. **Archives of Clinical Neuropsychology**, v. 14, n. 5, p. 433-443, 1999.
- COLE, M.; COLE, S. R. **O desenvolvimento da criança e do adolescente**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2003.
- COLOMBO, J. The development of visual attention in infancy. **Annual Review of Psychology**, v. 52, p. 337-367, 2001.
- COLOMBO, J.; HOROWITZ, F. D. Behavioral state as a lead variable in neonatal research. **Merrill-Palmer Quarterly**, v. 33, p. 423-437, 1987.
- CONDEMARÍN, M.; CHADWICK, M. **La enseñanza de la escritura. Bases teóricas y prácticas**. Madrid: Visor-Aprendizaje, 1990.
- COOLEY, E. L.; MORRIS, R. D. Attention in children: A neuropsychological based model for assessment. **Developmental Neuropsychology**, v. 6, p. 239-274, 1990.
- COSENZA, R. M.; FUENTES, D.; MALLOY-DINIZ, L. F. A evolução das idéias sobre a relação entre cérebro, comportamento e cognição. In: FUENTES, D. et al (Org.). **Neuropsicologia. Teoria e prática**. Porto Alegre: Artmed, 2008, p. 15-18.
- COSTA, D. I. et al. Avaliação Neuropsicológica da Criança. **Jornal de Pediatria**, v.80, n. 2, p. 111-116, 2004.
- COUTINHO, G.; MATTOS, P.; ABREU, N. Atenção. In: MALLOY-DINIZ, L. F. et al (Orgs.). **Avaliação Neuropsicológica**. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- CRAWFORD, J. R.; PARKER, D. M.; MCKINLAY, W. W. (Eds.). **A handbook of neuropsychological assessment**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1994.
- CROOK, C. Taste and olfaction. Handbook of infant perception. New York: Academic Press, 1987.
- DALGALARRONDO, P. **Psicopatologia e semiologia dos transtornos mentais**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

- DAX, M. Lesions de la moitié gauche de l'encephale coincidant avec l'oubli des signes de la pensee (lu au Congres m6riodional tenu a Montpellier en 1836). **Gazette Hcbdomadaire de Midecine et de Chirurgie**, v. 2, p. 259-260, 1865.
- DE RENZI, E.; VIGNOLO, L. A. The Token Test: a sensitive test to detect receptive disturbances in aphasics. **Brain**, v. 85, p. 665-678, 1962.
- DECASPER, A. J.; FIFER, W. P. Of human bonding: newborns prefer their mother's voices. **Science**, v. 209, p. 1174-1176, 1980.
- DECASPER, A. J.; SIGAFOOS, A. D. The intrauterine heartbeat: a potent reinforcer for newborns. **Infant behavior and development**, v. 6, p. 19-25, 1983.
- DELIS, D.; KAPLAN, E.; KRAMER, N. **Delis-Kaplan executive function system**. Odessa: Psychological Assessment Resources, 2001.
- DERDYK, E. **Formas de pensar o desenho: desenvolvimento do grafismo infantil**. São Paulo: Scipione, 1989.
- DIAMENT, A.; CYPEL, S. **Neurologia Infantil Lefevrè**. 2. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 1989.
- DIAMOND, A.; KIRKHAM, N.; AMSO, D. Conditions under which young children can hold two rules in mind and inhibit a pre-potent response. **Developmental Psychology**, v. 38, p. 352-362, 2002.
- DITTRICHOVA, J.; LAPACKOVA, V. Development of the waking state in young infants. **Child Development**, v. 35, p. 365-370, 1964.
- DOHERTY, G. **Zero to six: the basis for school readiness**. Ottawa: Apllied Research Branch, 1997.
- DRIVER, J.; SPENCE, C. Multisensory perception: Beyond modularity and convergence. **Current Biology**, v. 10, p. 731-735, 2000.
- DUBOIS, J. **Diccionario de Linguística**. Madrid: Alianza, 1979.
- DUCHESNE, M.; MATTOS, P. Normatização de um teste computadorizado de atenção visual. **Arquivos de Neuropsiquiatria**, v. 55, n. 1, p. 62-69, 1997.
- EACOTT, M. J.; CRAWLEY, R. A. The offset of childhood amnesia: Memory for events that occurred before age 3. **Journal of Experimental Psychology: General**, v. 127, p. 22-33, 1998.
- EDWARDS, B. **Desenhando com o artista interior: um guia para desenvolver seu potencial criativo**. São Paulo: Claridade, 2002.
- EIMAS, P. D. et al. Speech perception in infants. **Science**, v. 171, p. 303-306, 1971.

- ELLISON, A. T.; SEMRUD-CLIKEMAN, M. **Child neuropsychology: Assessment and interventions for neurodevelopmental disorders**. New York: Springer, 2007.
- ENGELHARDT, E.; LAKS, J.; ROZENTHAL, M. Neuropsicologia IV – Comprometimento sensorial – Manifestações neuropsicológicas e aspectos neuroanatômicos e funcionais. **Revista Brasileira de Neurologia**, v. 31, n. 4, p. 187-190, 1995.
- EPSTEIN, W.; ROGERS, S. **Perception of space and motion**. San Diego: Academic Press, 1995.
- ESPY, K. A. The shape school: Assessing executive function in preschool children. **Developmental Neuropsychology**, v. 13, p. 495–499, 1997.
- ESPY, K. A. al. New procedures to access executive functions in preschool children. **The clinical neuropsychologist**, v. 15, n. 1, p. 46-58, 2001.
- ESTÉVEZ-GONZÁLEZ, A.; GARCÍA-SÁNCHEZ, C.; JUNQUE, C. La atención: una compleja función cerebral. **Revista de Neurologia**, v. 25, n. 148, p. 1989-1997, 1997.
- FAGEN, J. et al. Auditory context and memory retrieval in young infants. **Child development**, v. 68, p. 1057-1066, 1997.
- FANTZ, R. L. The origin of form perception. **Scientific American**, v. 204, n. 5, p. 66-72, 1961.
- FANTZ, R. L. Pattern vision in newborn infants. **Science**, v. 140, p. 296-297, 1963.
- FARIA, I. H. et al. **Introdução à Linguística Geral e Portuguesa**. Lisboa: Editorial Caminho, 2005.
- FAW, B. Pre-frontal executive committee for perception, working memory, attention, long-term memory, motor control, and thinking: a tutorial review. **Conscious Cognition**. 12 1, p. 83-139, 2003.
- FENSON, L. et al. Variability in early communicative development. **Monographs of the Society for Research in Child Development**, v. 59, p. 5, 1995.
- FERNALD, A. Human maternal vocalizations to infants as biologically relevant signals: An evolutionary perspective. In: BARKOW, J. H.; COSMIDES, L.; TOOBY J. (Eds.). **The Adapted Mind**. New York: Oxford University Press, 1992.

- FEUERSTEIN, R. et al. **The Dynamic Assessment of Cognitive Modifiability: the learning propensity assessment device: theory, instruments and techniques.** Jerusalem: The ICELP Press, 2002.
- FLAVELL, J. H.; BEACH, D. R.; CHINSKY, J. M. Spontaneous verbal rehearsal in memory task as function of age. **Child Development**, v. 37, p. 283-299, 1966.
- FRICK, J. E.; COLOMBO, J.; SAXON, T. F. Individual and developmental differences in disengagement of fixation in early infancy. **Child Development**, v. 70, p. 537-548, 1999.
- FRY, A. F.; HALE, S. Processing speed, working memory, and fluid intelligence. **Psychological Science**, v. 7, p. 237-241, 1996.
- FUSTER, J. M. **Memory in the cerebral cortex.** Cambridge, MA: MIT Press, 1995.
- FUSTER, J. M. Frontal lobe and cognitive development. **Journal of Neurocytology**, v. 31, p. 373-385, 2002.
- GANCHROW, J. R.; MENNELLA, J. A. The ontogeny of human flavor perception. In: DOTY R. L. (Ed.). **Handbook of Olfaction and Gustation.** 2. ed. New York: Marcel Dekker, 2003. p. 823-946
- GARON, N.; BRYSON, S. E.; SMITH, I. M. Executive function in preschoolers: a review using an integrative framework. **Psychological Bulletin**, v. 134, n. 1, p. 31-60, 2008.
- GARVEY, C. **El habla infantil.** Madrid: Morata, 1987.
- GATHERCOLE, S. E. The development of memory. **Journal of Child Psychology and Psychiatry**, v. 39, n. 1, p. 3-27, 1998.
- GATHERCOLE, S. E. Cognitive approaches to the development of short-term memory. **Trends in Cognitive Science**, v. 3, p. 410-419, 1999.
- GATHERCOLE, S. E.; HITCH, G. J. Developmental changes in short-term memory: A revised working memory perspective. In: COLLINS, A. et al. (Eds.). **Theories of memory.** Hove: Erlbaum, 1993.
- GATHERCOLE, S. E. et al. The structure of working memory from 4 to 15 years of age. **Developmental Psychology**, v. 40, p. 177-190, 2004.
- GATHERCOLE, S. E. et al. Phonological memory and vocabulary development during the early school years: A longitudinal study. **Developmental Psychology**, v. 28, p. 887-898, 1992.

GERSTADT, C. L.; HONG, Y.J.; DIAMOND, A. The relationship between cognition and action: Performance of children 3 1/2-7 years old on a Stroop-like day night test. **Cognition**, v. 53, p. 129-153, 1994.

GIANNAKOPOULOS, P. et al. Pathologic correlates of apraxia in Alzheimer disease. **Archives of Neurology**, v. 55, p. 689-695, 1998.

GIBSON, E. J.; WALKER, A. S. Development of knowledge of visual-tactual affordances of substance. **Child Development**, v. 55, p.453–460, 1984.

GIOIA, G. A. et al. **Behavior Rating Inventory of Executive Function: Professional Manual**. Lutz: Psychological Assessment, 2000.

GOGTAY, N. et al. Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. **Proceedings of the National Academy of Science**, v. 101, p. 8174–8179, 2004.

GOLDMAN, D. Z.; SHAPIRO, E. G.; NELSON, C. A. Measurement of vigilance in 2-year-old children. **Developmental Neuropsychology**, v. 25, n. 3, p. 227-250, 2004.

GOLDMAN-RAKIC, P. S. The prefrontal landscape: Implications of functional architecture for understanding human mentation and the central executive. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences**, v. 351, p. 1443-1453, 1996.

GOLDSTEIN K., SCHEERE M. **Abstracts and concrete behavior**: An experimental study with special tests. *Psychology Monographs* 53:239.

GOMES, A. M. Fala: Sistema simbólico de mediação construído socialmente. In: GOMES, A. M. (Ed.). **A criança em desenvolvimento. Cérebro, cognição e comportamento**. Rio de Janeiro: Revinter, 2005.

GOODALE, M. A. Perception and action in the human visual system. In: GAZZANIGA M. (Ed.). **The new cognitive neurosciences**. Cambridge: MIT Press, 2000.

GOODNOW, J. J. **Children drawing**. Cambridge: Harvard University Press, 1977.

GOSWAMI, U. (1991). Analogical reasoning: What develops? A review of research and theory. **Child Development**, v. 62, p. 1-22, 1991.

GOTTFRIED, A. W.; ROSE, S. A.; BRIDGER, W. H. Cross-modal transfer in human infants. **Child Development**, v. 48, p. 118-123, 1977.

GOTTLIEB, G. **Synthesizing nature-nurture: Prenatal roots of instinctive behavior**. Mahwah: Erlbaum, 1997.

GRAF, P.; SCHACTER, D. L. Selective effects of interference on implicit and explicit memory for new associations. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition**, v. 13, p. 45-53, 1987.

GRANRUD, C. E.; YONAS, A.; PETTERSEN, L. A comparison of responsiveness to monocular and binocular depth information in 5- and 7-month-old infants. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 38, p. 19-32, 1984.

GRILL-SPECTOR, K.; MALACH, R. The human visual cortex. **Annual Review of Neuroscience**, v. 27, p. 649-677, 2004.

HAASE, S. S.; LACERDA, S. S. Neuroplasticidade, variação interindividual e recuperação funcional em neuropsicologia. **Temas em Psicologia da SBP**, v. 11, p. 28-42, 2003.

HABIB, M. **Bases Neurológicas dos Comportamentos**. Lisboa: Climepsi Editora, 2000.

HAYNE, H.; ROVEE-COLLIER, C. K. The organization of reactivated memory in infancy. **Child development**, v. 66, p. 893-906, 1995.

HEBB, D. O. **The organization of behavior**. New York: Wiley, 1949.

HELENE, A. F.; XAVIER, G. F. A construção da atenção a partir da memória. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, v. 25, supl. 2, 2003.

HERTENSTEIN, M. J. Touch: Its communicative functions in infancy. **Human Development**, v. 45, p. 70-94, 2002

HITCH, G. J. et al. Visual working memory in young children. **Memory and Cognition**, v. 16, p. 120-132, 1988.

HITCH, G. J. HALLIDAY et al. Development of rehearsal in short-term memory: Differences between pictorial and spoken stimuli. **British Journal of Developmental Psychology**, v. 7, p. 347-362, 1989.

HITCH, G. J. WOODIN et al. Visual and phonological components of working memory in children. **Memory and Cognition**, v. 17, p. 175-185, 1989.

HUANG-POLLOCK, C. L.; CARR, T. H.; NIGG, J. T. Development of selective attention: Perceptual load influences early versus late attentional selection in children and adults. **Developmental Psychology**, v. 38, p. 363-375, 2002.

- HUDSON, J. A.; SHAPIRO, L. R.; SOSA, B. B. Planning in the real world: Preschool children's scripts and plans for familiar events. **Child Development**, v. **66**, p. 984-998, 1995.
- HUIZINGA, M.; DOLAN, C. V.; VAN DER MOLEN, M. W. Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. **Neuropsychologia**, v. **44**, p. 2017-2036, 2006.
- HUMPHREY, K.; TEES, R. C. Auditory-visual coordination in infancy: Some limitations of the preference methodology. **Bulletin of the Psychonomic Society**, v. **16**, p. 213-216, 1980.
- HURKS, P. et al. Semantic category fluency versus initial letter fluency over 60 seconds as a measure of automatic and controlled processing in healthy school-aged children. **Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology**, v. **28**, p. 684-695, 2006.
- HUTTENLOCHER, P. R. Synaptogenesis in Human Cerebral Cortex. In: DAWSON, G.; FISCHER, K. W. (Orgs.). **Human Behavior and the Developing Brain**. London: Guildford Press, 1994.
- IZQUIERDO, I. **Memória**. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- JACOBY, L. L.; LINDSAY, D. S.; TOTH, J. P. Unconscious influences revealed: attention, awareness, and control. **American Psychologist**, v. **47**, p. 802-809, 1992.
- JAMES, W. **The Principles of Psychology**. New York: Holt, 1890.
- JENSEN, A. R. How much can we boost IQ and scholastic achievement? **Harvard Educational Review**, v. **39**, n. 1, p. 1-123, 1969.
- JOHNSON, M. H. **Developmental Cognitive Neuroscience: An Introduction**. Oxford: Blackwell, 1998.
- JOHNSON, M. H.; POSNER, M. I.; ROTHBART, M. K. Components of visual orienting in early infancy: contingency learning, anticipatory looking, and disengaging. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. **3**, p. 335-344, 1991.
- JOHNSON, S. P. Research in perceptual development: History, methods, and recent directions. **Early Development and Parenting**, v. **6**, p. 95-98, 1997.
- JOHNSON, S. P.; ASLIN, R. N. Perception of object unity in young infants: The roles of motion, depth, and orientation. **Cognitive Development**, v. **11**, p. 161-180, 1996.

- JOHNSON, S. P.; HANNON, E.; AMSO, D. Perceptual Development. In: HOPKINS, B. (Ed.). **The Cambridge Encyclopedia of Child Development**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- JOHNSTON, R. S.; JOHNSON, C.; GRAY, C. The emergence of word length effect in young children: The effects of overt and covert rehearsal. **British Journal of Developmental Psychology**, v. 5, p. 243-248, 1987.
- JOHNSTON, T. D. The persistence of dichotomies in the study of behavioral development. **Developmental Review**, v. 7, p. 149-182, 1987.
- JONES, E. J. H.; HERBERT, J. S. Exploring Memory in Infancy: Deferred Imitation and the Development of Declarative Memory. **Infant and Child Development**, v. 15, p. 195-205, 2006.
- JOSEPH, R. Fetal brain behavior and cognitive development. **Developmental Review**, v. 20, p. 81-98, 2000.
- JOU, G. I.; SPERB, T. M. Teoria da mente: Diferentes abordagens. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 12, p. 287-306, 1999.
- KAIL, R. Developmental change in speed of processing during the childhood and adolescence. **Psychological Bulletin**, v. 109, n. 3, p. 490-501, 1991.
- KAIL, R. Processing speed, speech rate, and memory. **Developmental Psychology**, v. 28, p. 899-904, 1992.
- KANDEL, E. R.; HAWKINS, R. D. The biological basis of learning and individuality. **Scientific American**, v. 267, p. 78-87, 1992.
- KANDEL, E. R.; KUPFERMANN, I. Das células nervosas à cognição In: KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M. (Orgs.). **Fundamentos da neurociência e do comportamento**. Rio de Janeiro: Prentice-Hall, 1997.
- KAPLAN, E.; GOODGLASS, H.; WEINTRAUB, S. **The Boston naming test**. Philadelphia: Lea & Febiger, 1983.
- KAUFMANN, R.; MALAND, J.; YONAS, A. Sensitivity of 5- and 7-month-old infants to pictorial depth information. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 32, p. 162-168, 1981.
- KAYE, K.; BOWER, T. G. R. Learning and intermodal transfer of information in newborns. **Psychological Science**, v. 5, p. 286-288, 1994.
- KELLMAN, P. J.; BANKS, M. S. Infant visual perception. In: KUHN, D.; SIEGLER, R. S. (Eds.). **Handbook of child psychology: Cognition, perception, and language**. 5. ed. New York: Wiley, 1998.

- KEMLER-NELSON, D. G. et al. How the prosodic cues in motherese might assist language learning. **Journal of Child Language**, v. 16, p. 55-68, 1989.
- KEMPERMANN, G.; GAGE, F. H. Experience-dependent regulation of adult hippocampal neurogenesis: effects of long-term stimulation and stimulus withdrawal. **Hippocampus**, v. 9, n. 3, p. 321-332, 1998.
- KINNAMON, S.; CUMMINGS, T. Chemosensory transduction mechanisms in taste. **Ann Rev Physiol**, v. 54, p. 715-731, 1992.
- KLAHR, D.; ROBINSON, M. Formal assessment of problem solving and planning processes in preschool children. **Cognitive Psychology**, v. 13, p. 113-148, 1981.
- KLENBERG, L.; KORKMAN, M.; LAHTI-NUUTTILA, P. Differential development of attention and executive functions in 3 to 12-yearold Finnish children. **Developmental Neuropsychology**, v. 20, p. 407-428, 2001.
- KLOO, D.; PERNER, J. Disentangling dimensions in the dimensional change card-sorting task. **Developmental Science**, v. 8, p. 44-56, 2005.
- KNECHT, S. et al. Handedness and hemispheric language dominance in healthy humans. **Brain**, v. 123, p. 2512-2518, 2000.
- KOLB, B.; WHISHAW, I. Q. **Fundamentals of Human Neuropsychology**. New York: Worth Publishers, 2003.
- KRAKOW, J. B.; KOPP, C. B. **The importance of sustained attention throughout the early years**. Paper apresentado no The Biennial Meeting of the Society for Research in Child Development, USA, 1987.
- KRAKOW, J. B., KOPP, C. B., VAUGHN, B. E. **Sustained attention during the second year: Age trends, individual differences and implications for development**. Manuscrito não-publicado (1982).
- KUHL, P. K.; MELTZOFF, A. N. The bimodal perception of speech in infancy. **Science**, v. 218, p. 1138-1140, 1982.
- LACHMAN, M. E.; BURACK, O. R. Planning and control processes across the life span: An overview. **International Journal of Behavioral Development**, v. 16, p.131-143, 1993.
- LAINE, M. Correlates of word fluency performance. In: KOIVUSELKA-SALLINEN, P.; SARAJARVI L. (Eds.). **Studies in languages**. Vol. 12. Joensuu: University of Joensuu, 1988.

- LANE, D. M.; PEARSON, D. A. The development of selective attention. **Merrill-Palmer Quarterly**; v. 28, p. 317-337, 1982.
- LECLERCQ, M. Theoretical aspects of the main componentes and functions of attention. In: LECLERCQ M.; ZIMMERMAN, P. (Eds.). **Applied neuropsychology of attention**. New York: Psychology Press, 2002.
- LEDOUX, J. **O Cérebro emocional: os misteriosos alicerces da via emocional**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.
- LEFÉVRE, B. H. Avaliação Neuropsicológica Infantil. In: ANDRADE, V. M; SANTOS, F. H.; BUENO, O. F. A. (Orgs.). **Neuropsicologia Hoje**. São Paulo: Artes Médicas, 2004.
- LENNEBERG, E. H. **Biological foundations of language**. New York: Wiley, 1967.
- LEW, A.; BUTTERWORTH., G. The development of hand-mouth coordination in 2- to 5-month-old infants: Similarities with receiving and grasping. **Infant Behavior and Development**, v. 20, n. 1, p. 59-69, 1997.
- LEWIS, S. J. et al. Striatal contributions to working memory: A functional magnetic resonance imaging study in humans. **European Journal of Neuroscience**, v. 19, p. 755-760, 2004.
- LEWKOWICZ, D. J. Perception of auditory–visual temporal synchrony in human infants. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v. 22, p. 1094–1106, 1996.
- LEWKOWICZ, D. J. Infants' response to the audible and visible properties of the human face: II. Discrimination of differences between singing and adult-directed speech. **Developmental Psychobiology**, v. 32, p. 261-274, 1998.
- LEWKOWICZ, D. J. Development of intersensory temporal perception: An epigenetic systems/limitations view. **Psychological Bulletin**, v. 126, n. 2, p. 281-308, 2000.
- LEWKOWICZ, D. J. Heterogeneity and heterochrony in the development of intersensory perception. **Cognitive Brain Research**, v. 14, p. 41-63, 2002.
- LEWKOWICZ, D. J.; GHAZANFAR, A. A. The emergence of multisensory systems through perceptual narrowing. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 13, p. 470-478, 2009.

- LEWKOWICZ, D. J.; TURKEWITZ, G. Cross-modal equivalence in early infancy: Auditory-visual intensity matching. **Developmental Psychology**, v. 16, p. 597-607, 1980.
- LEZAK, M. D. **Neuropsychological assessment**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 1983.
- LEZAK, M. D.; HOWIESON, D. B.; LORING, D. W. **Neuropsychological Assessment**. 4. ed. New York: Oxford University Press, 2004.
- LICKLITER, R.; BAHRICK, L. E. The development of infant intersensory perception: advantages of a comparative convergentoperations approach. **Psychological Bulletin**, v. 126, p. 260-280, 2000.
- LIEM, D. G.; MENNELLA, J. A. Sweet and sour preferences during childhood: role of early experiences. **Developmental Psychobiology**, v. 41, p. 388-395, 2002.
- LIGHT, P. et al. Pragmatic schemas and logical reasoning in 6- to 8-year-old children. **Cognitive Development**, v. 4, p. 49-64, 1989.
- LIMA, R. F. **A Linguagem Infantil – Da Normalidade à Patologia**. Braga: Edições APPACDM, 2000.
- LIMA, R. F. Compreendendo os mecanismos atencionais. **Ciências & Cognição**, Ano 02, v.06, 2005.
- LIPSITT, L. P. Learning and memory in infants. **Merrill-Palmer Quartely**, v. 36, n. 1, p. 53-66, 1990.
- LOGIE, R. H. **Visuospatial working memory**. Hove: Erlbaum, 1994.
- LOPES, V. P.; MAIA, J. A. R. Períodos críticos ou sensíveis: revistar um tema polêmico à luz da investigação empírica. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 14, n. 2, p. 128-190, 2000.
- LOWENFELD, V. **A criança e sua arte**. 2. ed. São Paulo: Mestre Jou, 1977.
- LUCIANA, M.; NELSON, C. A. The functional emergence of prefrontally-guided working memory systems in four-to-eight year-old children. **Neuropsychologia**, v. 36, n.3, p. 273-293, 1998.
- LUQUET, G. H. **O desenho Infantil**. Lisboa: Companhia Editora do Minho, 1969.
- LURIA, A. R. **Higher cortical functions in man**. London: Tavistock, 1966.
- LURIA, A. R. **The working brain**. London: Penguin, 1973.

- LURIA, A. R. **Fundamentos de Neuropsicologia**, São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Ed., 1981.
- MACHADO, A. **Neuroanatomia Funcional**. 2. ed. Atheneu, Rio de Janeiro, 2002.
- MACWHINNEY, B. **The emergence of language**. Mahway: Erlbaum, 1998.
- MÄDER-JOAQUIM, M. J. O neuropsicólogo e seu paciente. Introdução aos princípios da avaliação neuropsicológica. In: MALLOY-DINIZ, L. F. et al (Eds.). **Avaliação Neuropsicológica**. Porto Alegre: Artmed, 2010, p. 46-57.
- MALCHIODI, C. **Understanding children's drawings**. New York: The Guilford Press, 1998.
- MANGA, D.; RAMOS, F. **Neuropsicologia de la edad escolar**. Madri: Visor, 1991.
- MARR, D. **Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information**. New York: Freeman, 1982.
- MARTIN, A.; CHAO, L. L. Semantic memory and the brain: structure and processes. **Current Opinion in Neurobiology**, v. 11, p. 194-201, 2001.
- MARTIN, C. B., JR. Electronic fetal monitoring: A brief summary of its development, problems and prospects. **European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology**, v. 78, p. 133-140, 1998.
- MAURER, D.; STAGER, C. L.; MONDLOCH, C. J. Cross-modal transfer of shape is difficult to demonstrate in one-month-olds. **Child Development**, v. 70, n. 5, p. 1047-1057, 1999.
- MAYOR, A. La pragmática del lenguaje: consideraciones para la intervención. **Language y Comunicación**, v. 7, p. 17-21, 1991.
- MCCAIN, M. N.; MUSTARD, J. F. **Early Years Study—reversing the real brain drain. Final report**. Toronto: Canadian Institute for Advanced Research, 1999.
- MCCARTHY, D. **McCarthy Scales of Children's Abilities**. New York: Psychological Corporation, 1970.
- MELLO, C. B. Funções percepto-gnósticas, práxicas e visoconstrutivas. In: MUSZKAT, M.; MELLO, C. B. (Eds.). **Neuropsicologia do desenvolvimento e suas interfaces**. São Paulo: All Print Editora, 2008.

- MELTZOFF, A. N.; BORTON, R. W. Intermodal matching by human neonates. **Nature**, v. **282**, p. 403-404, 1979.
- MENNELLA, J. A.; BEAUCHAMP, G. K. Maternal diet alters the sensory qualities of human milk and the nursling's behavior. **Pediatrics**, v. **88**, p. 737-744, 1991.
- MENNELLA, J. A.; JAGNOW, C. J.; BEAUCHAMP, G. K. Pre- and postnatal flavor learning by human infants. **Pediatrics**, v. **107**, e88, 2001.
- MENNELLA, J. A.; JOHNSON, A.; BEAUCHAMP, G. K. Garlic ingestion by pregnant women alters the odor of amniotic fluid. **Chemical Senses**, v. **20**, p. 207-209, 1995.
- MESULAM, M. M. Spatial attention and neglect: parietal, frontal and cingulate contributions to the mental representation and attentional targeting of salient extrapersonal events. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. **354**, p. 1325-1346, 1999.
- MESULAM, M. M. **Principles of Behavioral and Cognitive Neurology**. New York: Oxford University Press, 2000.
- MILES, C. et al. Developmental and individual differences in visual memory span. **Current Psychology**, v. **15**, p. 53-67, 1996.
- MILLER, E. K.; COHEN, J. D. An integrative theory of prefrontal cortex function. **Annual Review of Neuroscience**, v. **24**, p. 167-202, 2001.
- MILNER, A. D.; GOODALE, M. A. The visual brain in action. Oxford: Oxford University Press, 1995.
- MILNER, B. Interhemispheric differences in the localization of psychological processes in man. **British Medical Bulletin**, v. **27**, p. 272-277, 1971.
- MIRANDA, M. C.; BORGES, M.; ROCCA, C. C. A. Avaliação neuropsicológica infantil. In MALLOY-DINIZ, L. F. et al. (Orgs), **Avaliação Neuropsicológica**. Porto Alegre: Artmed, 2010, p. 221-233.
- MIRANDA, M. C. et al. A comparative study of performance in the Conner's Continuous Performance Test between Brazilian and American children. **Journal of Attention Disorders**, v. 11, n. 5, p. 588-598, 2008.
- MIRANDA, M. C.; MUSZKAT, M. Neuropsicologia do Desenvolvimento. In: Andrade, V.M., Santos, F.H. dos & Bueno, O.F.A. **Neuropsicologia Hoje**. São Paulo: Artes Médicas, 2004.

- MISCHEL, W.; SHODA, Y.; RODRIGUEZ, M. L. Delay of gratification in children. **Science**, v. **244**, p. 933-938, 1989.
- MISHKIN, M.; PETRI, H. L. Memories and habits: some implications for the analysis of learning and retention. In: SQUIRE, L.R.; BUTTERS, N. (Eds.). **The neuropsychology of memory**. New York, Guilford Press, 1984.
- MITCHELL, P. R.; KENT, R. D. Phonetic variation in multissyllable babbling. **Journal of child language**, v. **17**, p. 247-265, 1990.
- MITCHELL, R. L.; PHILLIPS, L. H. The psychological, neurochemical and functional neuroanatomical mediators of the effects of positive and negative on executive functions. **Neuropsychologia**, v. **45**, p. 617-629, 2007.
- MIYAKE, A. et al. The unity and diversity of executive functions and their contribution to complex 'frontal lobe' tasks: A latent variable analysis. **Cognitive Psychology**, v. **41**, p. 49-100, 2000.
- MONCHI, O. et al. Functional role of the basal ganglia in the planning and execution of actions. **Annals of Neurology**, v. **59**, p. 257-264, 2006.
- MONTIEL, J. M.; CAPOVILLA, A. G. S. Teste de Atenção por Cancelamento. In: CAPOVILLA, A. G. S.; CAPOVILLA, F. C. (Orgs.). **Teoria e pesquisa em avaliação neuropsicológica**. São Paulo: Memnon, 2007. p. 119-124.
- MOON, C.; FIFER, W. P. Syllables as signals for 2-day-old infants. **Infant behavior and development**, v. **13**, p. 377-390, 1990.
- MOORE, D. R. Auditory development and the role of experience. **British Medical Bulletin**, v. **63**, p. 171-182, 2002.
- MORRONGIELLO, B. A. et al. Sound localization in newborn human infants. **Developmental Psychobiology**, V. **27**, N. **8**, P. 519-538, 1994.
- MORRONGIELLO, B. A.; FENWICK, K. D.; CHANCE, G. Crossmodal learning in newborn infants: Inferences about properties of auditoryvisual events. **Infant Behavior and Development**, v. **21**, p. 543-554, 1998.
- MOSCOVITCH, M. Memory consolidation. In: NADEL, L. (Ed). **Encyclopedia of cognitive neuroscience**. Vol.2. London: Nature Publishing Group, 2003.
- MUSZKAT, M. Atenção – Bases conceituais e neurobiológicas. In: MUSZKAT, M.; MELLO C. B. (Eds.). **Neuropsicologia do desenvolvimento e suas interfaces**. São Paulo: All Print Editora, 2008.

- MUSZKAT, M.; MELLO, C. B. Linguagem. In: MUSZKAT, M.; MELLO C. B. (Eds.). **Neuropsicologia do desenvolvimento e suas interfaces**. São Paulo: All Print Editora, 2008.
- MYERS, N. A.; PERRIS, E. E.; SPEAKER, C. J. Fifty months of memory: A longitudinal study in early childhood. **Memory**, v. 2, p. 383-415, 1994.
- NAHAS, T. R.; XAVIER, G. F. Atenção: Mecanismos e desenvolvimento. In: MELLO, C. B.; MIRANDA, M. C.; MUSZKAT, M. (Orgs.). **Neuropsicologia do desenvolvimento. Conceitos e Abordagens**. São Paulo: Mennon, 2005.
- NAVAS, A. L. G. P. Neurodesenvolvimento e Linguagem. In: MELLO, C. B.; MIRANDA, M. C.; MUSZKAT, M. **Neuropsicologia do desenvolvimento. Conceitos e Abordagens**. São Paulo: Memnon, 2006. p. 93-105.
- NAZZI, T.; BERTONCINI, J.; MEHLER, J. Language discrimination by newborns: toward an understanding of the role of rhythm. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v. 24, n. 3, p. 756–766, 1998.
- NEIL, P. A. et al. Development of multisensory spatial integration and perception in humans. **Developmental Science**, v. 9, p. 454-464, 2006.
- NELSON, C. A. The ontogeny of human memory: a cognitive neuroscience perspective. **Developmental Psychology**, v. 31, n. 5, p. 723-738, 1995.
- NELSON, K. Individual differences in language development: implications for development and language. **Developmental Psychology**, v. 17, p. 171-187, 1981.
- NELSON, K. Emergence of autobiographical memory at age 4. **Human Development**, v. 35, p. 172-177, 1992.
- NELSON, K. The psychological and social origins of autobiographical memory. **Psychological Science**, v. 4, p. 1-8, 1993.
- NIGG, J. T. On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: Views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. **Psychological Bulletin**, v. 126, p. 220–246, 2000.
- NITRINI, R. Conceitos anatômicos básicos em neuropsicologia. In: NITRINI, R.; CAMELLI, P.; MANSUR, L. L. (Orgs.). **Neuropsicologia. Das bases anatômicas à reabilitação**. São Paulo: FMUSP, 2003. p. 11-30.
- NORMAN D. A.; SHALLICE T. **Attention to action: willed and automatic control of behavior**. San Diego: University of Califórnia Press, 1980.

- NORRIS, E.; MOKHTARI, K.; REICHARD, C. Children's use of drawing as a pre-writing strategy. **Journal of Research in Reading**, v. 21, n. 1, p. 69-74, 1998.
- OLIVEIRA, C. E. N.; SALINA, M. E.; ANNUNCIATO, N. F. Fatores ambientais que influenciam a plasticidade do SNC. **Acta Fisiátrica**, v. 8, n. 1, p. 6-13, 2001.
- OLIVEIRA, M. G. M.; BUENO, O. F. A. A neuropsicologia da memória humana. **Psicologia USP**, v. 4, n. 1-2 São Paulo, 1993.
- O'REILLY, R. C.; BRAVER, T. S.; COHEN, J. D. A Biologically Based Computational Model of Working Memory. In: MIYAKE, A.; SHAH, P. (Eds.). **Models of Working Memory: Mechanisms of Active Maintenance and Executive Control**. New York: Cambridge University Press, 1999. p. 375-411.
- ORNSTEIN, P. A.; HADEN, C. A. Memory development or the development of memory? **Current Directions in Psychological Science**, v. 10, n. 6, p. 202-205, 2001.
- OSTERRIETH, P. A. Le test de copie d'une figure complexe: contribution à l'étude de la perception et de la mémoire. **Archives De Psychologie**, v. 30, p. 205-253, 1945.
- OWEN, A. M. The role of the lateral frontal cortex in mnemonic processing: the contribution of functional neuroimaging. **Experimental Brain Research**, v. 133, n. 1, p. 33-43, 2000.
- OWENS, R. **Language development: An introduction**. 5. ed. Boston: Allyn and Bacon, 2001.
- PALÁCIOS, J. et al. Desenvolvimento físico e psicomotor depois dos dois anos. In: COLL, C.; MARCHESI, A.; PALÁCIOS, J. (Orgs.). **Desenvolvimento psicológico e educação. Psicologia evolutiva**. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- PARKIN, A. J.; STREETE, S. Implicit and explicit memory in young children and adults. **British Journal of Psychology**, v. 79, p. 361-369, 1988.
- PARTINGTON, J. E.; LEITER, R. G. Partington's Pathways Test. **Psychological Service Center Journal**, v. 1, p. 11-20, 1949.
- PAUS, T. The development of sustained attention in children might be related to the maturation of frontal cortical functions. **Acta Neurobiologiae Experimentalis**, v. 49, p. 51-55, 1989.
- PÊCHEUX, M.; LEPECQ, J.; SALZARULO, P. Oral activity and exploration in 1-2-month-old infants. **British Journal of Developmental Psychology**, v. 6, p. 245-256, 1988.

- PEREIRA, M. P. Desenvolvimento da linguagem. In: COLL, C.; MARCHESI, A.; PALÁCIOS, J. (Eds.). **Desenvolvimento psicológico e educação. Psicologia evolutiva**. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- PEREZ, L. A.; PEYNIRCIOGLU, Z. F.; BLAXTON, T. A. Developmental differences in implicit and explicit memory performance. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 70, p. 167-185, 1998.
- PERNER, J.; WIMMER, H. “John thinks that Mary thinks that...”: Attribution of second order false beliefs by 5- to 10-year-old children. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 39, p. 437-471, 1985.
- PHILLIPS, D. P. Central auditory processing: a view from auditory neuroscience. **American Journal of Otology**, v. 16, p. 338-352, 1995.
- PHILLIPS, J. O. et al. Smooth pursuit in 1- to 4- month-old human infants. **Vision Research**, v. 37, p. 3009-3020, 1997.
- PINEL, J. P. J. **Biopsicologia**. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- PINHEIRO, M. S. **Aspectos Bio-Psico-Sociais da Criança e do Adolescente**. Centro de Defesa da Criança e do Adolescente Yves de Roussan/ CEDECA, 1996: Disponível em: <http://www.cedeca.org.br/PDF/biopsicosocial_marcia_pinheiro.pdf>. Acesso em: 28 de dezembro de 2009.
- PINHEIRO, M. S. Fundamentos de neuropsicologia – o desenvolvimento cerebral da criança. **Vita et Sanitas**, v. 1, n. 01, 2007.
- PINKER, S. **O instinto da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2002.
- PITTENGER, C. et al. Impaired Bidirectional Synaptic Plasticity and Procedural Memory Formation in Striatum-Specific cAMP Response. **The Journal of Neuroscience**, v. 26, n. 10, p. 2808-2813, 2006.
- POMERANTZ, J. R. Perception: Overview. In: NADEL, L. (Ed.). **Encyclopedia of cognitive science**. London: Nature Publishing Group, 2003.
- POPPELREUTER, W. Disturbances of lower and higher visual capacities caused by occipital damage. Oxford, UK: Clarendon, 1970.
- PORTER, R. H.; BALOGH, R. D.; MAKIN, J. W. Olfactory influences on mother-infant interactions. In: ROVEE-COLLIER, C.; LIPSITT L. P. (Eds.). **Advances in Infancy Research**. New Jersey: L.P. ABLEX Publication Corporation, 1988.

- PORTER, R. H. et al. Breast-fed infants respond to olfactory cues from their own mother and unfamiliar lactating females. **Infant Behavior and Development**, v. **15**, p. 85-93, 1992.
- PORTEUS, S. D. **Porteus maze test: Fifty years of application**. Palo Alto: Pacific Books, 1965.
- POSNER, M. I. Orienting of attention. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v. **32**, p. 3-25, 1980
- POSNER, M. I.; FAN, J. Attention as an organ system. In: POMERANTZ, J. (Ed.), **Neurobiology of perception and communication: From synapse to Society the IVth De Lange Conference**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- POSNER, M. I.; PETERSEN, S. E. The attention system of the human brain. **Annual Review of Neuroscience**, v. **13**, p. 25-42, 1990
- PREMACK, D.; WOODRUFF, G. Does the chimpanzee have a theory of mind? **Behavioural and Brain Science**, v. **1**, p. 515-526, 1978.
- PRICE, C. J. The anatomy of language: contributions from functional neuroimaging. **Journal of Anatomy**, v. **197**, p. 335-359, 2000.
- RADEAU, M. Auditory-visual spatial interaction and modularity. **Cahiers de Psychologie**, v. **13**, p. 3-51, 1994.
- REED, U. C. **Desenvolvimento normal do sistema nervoso central**. In: NITRINI, R.; BACHESCHI, L. A. (Orgs). **A neurologia que todo médico deve saber**. 2.ed. São Paulo: Atheneu, 2005. p. 395-400.
- REGARD, M.; STRAUSS, E.; KNAPP, P. Children's production on verbal and non-verbal fluency tasks. **Perceptual & Motor Skills**, v. **55**, p. 839-844, 1982.
- REITAN, R. M. Validity of the trail making test as an indicator of organic brain damage. **Perceptual and Motor Skills**, v. **8**, p. 271-276, 1958.
- REY, A. L' examen psychologique dans les cas d'encéphalopathie traumatique, **Archives Suisses de Neurologie et de Psychiatrie**, v. **50**, n. **2**, p. 1-11, 1942.
- REY, A. **L'examen clinique en psychologie**. Paris: Presses Universitaires de France, 1964.
- REYNOLDS, C. R.; FLETCHER-JANZEN, E. **Handbook of Clinical Child Neuropsychology**. 2. ed. New York: Plenum, 1997.
- RICHARDS, J. E. Heart rate responses and heart rate rhythms, and infant visual sustained attention. **Advances in Psychophysiology**, v. **3**, p. 189-221, 1988.

- RICHARDS, J. E.; HOLLEY, F. B. Infant attention and the development of smooth pursuit tracking. **Developmental Psychology**, v. 35, p. 856–867, 1999.
- RIDDERINKHOF, K. R.; VAN DER STELT, O. Attention and selection in the growing child: Views from developmental psychophysiology. **Biological Psychology**, v. 54, p. 55-106, 2000.
- RIECHI, T. I. J. S. *Avaliação Neuropsicológica Infantil: O Ideal e o Real*. In: MACEDO, E. C. et al. **Avanços em Neuropsicologia: das Pesquisas à Aplicação Clínica**. São Paulo: Santos, 2007.
- RIVA, D.; NICHELLI, F.; DEVOTI, M. Developmental aspects of verbal fluency and confrontation naming in children. **Brain and Language**, v. 71, p. 267–284, 2000.
- ROCHA, A. F. **O Cérebro – Um breve relato de sua função**. São Paulo: FAPESP, 1999.
- ROMINE, C.; REYNOLDS, C. A model of the development of frontal lobe functioning: Findings from a meta-analysis. **Applied Neuropsychology**, v. 12, p. 190-201, 2005.
- RONCATO, S. et al. Constructional apraxia: An information processing analysis. **Cognitive Neuropsychology**, v. 4, p. 113–129, 1987.
- ROSE, S. A.; GOTTFRIED, A.W.; BRIDGER, W. H. Cross-modal transfer and information processing by the sense of touch in infancy. **Developmental Psychology**, v. 17, p. 90-98, 1981.
- ROSE, S. **O cérebro no século XXI: como entender, manipular e desenvolver a mente**. Rio de Janeiro: Globo, 2006.
- ROSENSTEIN, D.; OSTER, H. Differential facial responses to four basic tastes in newborns. **Child Development**, v. 59, p. 1555-1566, 1988.
- ROVEE-COLLIER, C. K. Learning and memory. In: OSOFSKY, J. D. (Org.). **Handbook of infant development**. New York: Wiley, 1987.
- ROVEE-COLLIER, C. K.; HARTSHORN, K.; DIRUBBO, M. Long-term maintenance of infant memory. **Developmental Psychobiology**, v. 35, p. 91-102, 1999.
- ROVEE-COLLIER, C. K.; HAYNE, H. Reactivation of infant memory: Implications for cognitive development. In: REESE, H. W. (Ed.). **Advances in child development and behavior**. Vol. 20. New York: Academic Press, 1987.

- ROVEE-COLLIER, C. K.; SHYI, G. A functional and cognitive analysis of infant long-term retention. In: Brainerd, C. J.; Howe, M. L.; Reyna, V. (Eds.). **Development of long-term retention**. New York: Springer-Verlag, 1992.
- ROYALL, P. et al. Executive control function: A review of its promise and challenges for clinical research. **Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neuroscience**, v. 14, p. 377-405, 2002.
- RUEDA, M. R. et al. Developmental of attention networks in childhood. **Neuropsychologia**, v. 42, n. 8, p. 1029-1040, 2004.
- RUFF, H. A. Infants' manipulative exploration of objects: Effects of age and object characteristics. **Developmental Psychology**, v. 20, p. 460-473, 1984.
- RUFF, H. A. et al. Visual following of moving objects by full-term and preterm infants. **Journal of pediatric psychology**, v. 7, n. 4, p. 375-386, 1982.
- RUFF, H. A. et al. The differentiation of activity in infants' exploration of objects. **Developmental Psychology**, v. 28, p. 851- 861, 1992.
- RUFF, H. A.; ROTHBART, M. K. **Attention in early development: Themes and variations**. New York: Oxford University Press, 1996.
- RUIZ, J. R. G.; ORTEGA, J. L. G. As Perturbações da Linguagem Verbal. In: BAUTISTA R. (Ed.). **Necessidades Educativas Especiais**. Lisboa: Dinalivro, 1993. p. 83-108.
- RUSSO, R. et al. Developmental trends in implicit and explicit memory: A picture completion study. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 59, p. 566-578, 1995.
- RUTTER, D. R.; DURKIN, K. Turn-taking in mother-infant interaction: An examination of vocalizations and gaze. **Developmental Psychology**, v. 23, p. 54-61, 1987.
- RUTTER, M.; TAYLOR, E.; HERSON, L. **Child and adolescent psychiatry modern approaches**. 3. ed. London: Blackwell Science Ltda, 1994.
- SANSAVINI, A.; BERTONCINI, J.; GIOVANELLI, G. Newborns discriminate the rhythm of multisyllabic stressed words. **Developmental Psychology**, v. 33, n. 1, p. 3-11, 1997.
- SANTUCCI, H.; PÊCHEUX, M. G. Prova Gráfica de Organização Perceptiva para Crianças de 6 a 14 anos. IN: Zazzo. R. (Org.). **Manual para o Exame Psicológico da Criança**. São Paulo: Mestre Jou, 1981. p. 291-438.

SARTER, M.; GIVENS, B.; BRUNO, J. P. The cognitive neuroscience of sustained attention: where top-down meets bottom-up. **Brain Research Review**, v. **35**, p. 146-160, 2001.

SCHAAL, B.; MARLIER, L.; SOUSSIGNAN, R. Olfactory function in the human fetus: evidence from selective neonatal responsiveness to the odor of amniotic fluid. **Behavioral Neurosciences**, v. **112**, p. 1438-1439, 1998.

SCHAAL, B.; ORGEUR, P.; ROGNON, C. Odor Sensing in the Human Fetus: Anatomical, Functional, and Chemo-ecological Bases. In: LECANUET, J. P. et al (Eds.). **Fetal Development: A Psychobiological Perspective**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1995.

SCHACTER, D. L.; CHIU, C. Y. P.; OCHSNER, K. N. Implicit memory: a selective review **Annual Review of Neurosciences**, v. **16**, p. 159-182, 1993.

SCHACTER, D. L.; WAGNER, A. D.; BUCKNER R. L. Memory Systems of 1999. In: TULVING, E.; CRAIK F. I. M. (Orgs.). **The oxford handbook of memory**. Oxford: Oxford University Press, 2000.

SCHWEINLE, A.; WILCOX, T. Intermodal perception and physical reasoning in young infants. **Infant Behavior and Development**, v. **27**, p. 246-265, 2004.

SCOTT, J. P. Critical periods in organizational process. In: Falkener, F.; Tanner, J. M. (Eds.). **Human growth**. New York: prenatal growth, 1986.

SHALLICE T. Specific impairments of planning. **Philosophical Transactions of the Royal Socieity of London**, v. 298, p. 199-209, 1982.

SHI, R.; WERKER, J. F.; MORGAN, J. L. Newborn infants' sensitivity to perceptual cues to lexical and grammatical words. **Cognition**, v. **72**, n. 2, p. 11–21, 1999.

SIEGEL, L. Working memory and reading: A lifespan perspective. **International Journal of Behavioural Development**, v. **17**, p. 109-124, 1994.

SIMÕES, E.; TIEDEMANN, K. Psicologia da Perecepção. In: RAPPAPORT, C.R (Coord.) **Temas básicos da psicologia**. São Paulo: EPU, 1985, 10-I.

SLATER, A. **Perceptual development visual, auditory and speech perception in infancy**. Reino Unido: Psychology Press, 1998.

SLATER, A. et al. Intermodal perception at birth: Intersensory redundancy guides newborn infants' learning of arbitrary auditory-visual pairings. **Developmental Science**, v. 2, p. 333-338, 1999.

SLATER, A.; KIRBY, R. Innate and learned perceptual abilities in the newborn infant. **Experimental Brain Research**, v. **123**, p. 90-94, 1998.

SLATER, A.; OATES, J. Sensation to Perception. In: OATES, J.; WOOD, C.; GRAYSON, A. (Eds.). **Psychological Development and Early Childhood**. Oxford: Blackwell, 2005.

SMITH, E. E.; JONIDES, J. Neuroimaging analyses of human working memory. **Proceedings of the National Academy of Science**, v. **95**, p. 12061-12068, 1998.

SMITH, W. C.; JOHNSON, S. P.; SPELKE, E. S. Motion and edge sensitivity in perception of object unity. **Cognitive Psychology**, v. **46**, p. 31-64, 2003.

SNOW, C. E. et al. Learning how to say what one means: A longitudinal study of children's speech act use. **Social Development**, v. **5**, p. 56-84, 1996.

SNOWLING, M.; CHIAT, S.; HULME, C. Words, nonwords and phonological processes: Some comments on Gathercole, Willis, Emslie, and Baddeley. **Applied Psycholinguistics**, v. **12**, p. 369-373, 1991.

SOLTIS, J. The signal functions of early infant crying. **Behavioral and Brain Sciences**, v. **27**, p. 443-490, 2004.

SOUZA, D. H. Falando sobre a Mente: Algumas Considerações sobre a Relação entre Linguagem e Teoria da Mente. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. **19**, n. 3, p. 387-394, 2006.

SPEAR, L. P. The adolescent brain and age-related behavioral manifestations. **Neurosci Biobehav Rev**, v. **24**, n. 4, p. 417-463, 2000.

SPELKE, E. S. Infants' intermodal perception of events. **Cognitive Psychology**, v. **8**, p. 553-560, 1976.

SPRINGER, S.; DEUTSCH, G. **Cérebro esquerdo, cérebro direito**. São Paulo: Editora Summus, 1998.

SQUIRE, L. R.; KNOWLTON, B. J. Learning about categories in the absence of memory. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 92, p. 12470-12474, 1995.

SQUIRE L. R.; ZOLA-MORGAN S. The medial temporal lobe memory system. **Science**, v. 253, p. 1380-1386, 1991.

STERNBERG, R. J. **Psicologia Cognitiva**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

STRAUSS, E.; SHERMAN, E. M. S.; SPREEN, O. **A compendium of neuropsychological tests: Administration, norms, and commentary**. New York: Oxford University, 2006.

- STRERI, A. Tactile discrimination of shape and intermodal transfer in 2- to 3-month-old infants. **British Journal of Developmental Psychology**, v. 5, p. 213–220, 1987.
- STRERI, A.; MOLINA, M. Visual-tactual and tactual-visual transfer between objects and pictures in 2-month-old infants. **Perception**, v. 22, n. 11, p. 1299–1318, 1993.
- STROOP, J. R. Studies of interference in serial verbal reactions. **Journal of Experimental Psychology**, v. 18, p. 643–662, 1935.
- STUSS, D. T.; ALEXANDER, M. Executive functions and the frontal lobes: A conceptual view. **Psychological Research**, v. 63, p. 289–298, 2000.
- STUSS, D. T. et al. Fractionation and localization of distinct frontal lobe processes: Evidence from focal lesions in humans. In: STUSS, D. T.; KNIGHT, R. T. (Eds.). **Principles of frontal lobe function**. New York: Oxford University Press, 2002.
- TABAQUIM, M. L. M. Avaliação Neuropsicológica nos Distúrbios de Aprendizagem. In: CIASCA, S. M. **Distúrbios de Aprendizagem: Proposta de Avaliação Interdisciplinar**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2003. p. 91–111.
- TELLER, D. Y. First glances: The vision of infants. The Friedenwald lecture. **Investigative Ophthalmology and Visual Science**, v. 38, p. 2183–2203, 1997.
- THATCHER, R. W. Cyclic cortical reorganization. In: DAWSON G.; FISCHER, K. W. (Orgs.). **Human behavior and the developing brain**. New York: Guilford Press, 1994.
- THOMPSON, R. F. The cerebellum and memory storage: A response to Bloedel. **Science**, v. 238, p. 1729–1730, 1987.
- TOMASELLO, M. The social bases of language acquisition. **Social Development**, v. 1, n. 1, p. 67–87, 1992.
- TRENERRY, M. R. et al. **The Stroop Neuropsychological Screening Test**. Odesa: Psychological Assessment Resources, 1989.
- TULVING, E. How many memory systems are there? **American Psychologist**, v. 40, n. 4, p. 385–398, 1985.
- TULVING, E.; SCHACTER, D. L. Priming and human memory systems. **Science**, v. 247, p. 301–306, 1990.

UNGERLEIDER, L. G.; MISHKIN, M. Two cortical visual systems. In: INGLE, D. J.; GOODALE, M. A. MANSFIELD, R. J. W. (Eds.). **Analysis of visual behaviour**. Cambridge, 1982.

USHER, J. A.; NEISSER, U. Childhood amnesia and the beginnings of memory for four early life events. **Journal of Experimental Psychology: General**, v. 122, p. 155-165, 1993.

VAN DEN WILDENBERG, W. P. M.; VAN DER MOLEN, M. W. Developmental trends in simple and selective inhibition of compatible and incompatible responses. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 87, n. 3, p. 201-220, 2004.

VAN SOMMERS, P. A system for drawing-related neuropsychology. **Cognitive Neuropsychology**, v. 6, p. 117-164, 1989.

VIEIRA, C.; FAY, E. M.; NEIVA-SILVA, L. Avaliação psicológica, neuropsicológica e recursos em neuroimagem: novas perspectivas em saúde mental. **Aletheia**, n. 26, p. 181-195, 2007.

VON HOFSTEN, C.; ROSANDER, K. Development of smooth pursuit tracking in young infants. **Vision Research**, v. 37, p. 1799-810. 1997.

VOULOUMANOS, A.; WERKER, J. F. Listening to language at birth: Evidence for a bias for speech in neonates. **Developmental Science**, v. 10, p. 159-164, 2007.

WABER, D. P.; HOLMES, J. M. Assessing children's copy productions of the Rey-Osterrieth Complex Figure. **Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology**, v. 7, p. 264-280, 1985.

WAGER, T. D.; SMITH, E. E. Neuroimaging studies of working memory: A meta analysis. **Behavioral Neuroscience**, v. 3, p. 241-253, 2003.

WAGNER, R. K.; TORGESEN, J. K. The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. **Psychological Bulletin**, v. 101, p. 192-212, 1987.

WALKER-ANDREWS, A. S. Intermodal perception of expressive behaviors: Relation of eye and voice? **Developmental Psychology**, v. 22, p. 373-377, 1986.

WALKER-ANDREWS, A. S.; LENNON, E. Infants' discrimination of vocal expressions: Contributions of auditory and visual information. **Infant Behavior and Development**, v. 14, p. 131-142, 1991.

WEINBERGER, D. R. A connectionist approach to the prefrontal cortex. **J. Neuropsychiatry Clin Neurosci** v. 5, p. 241-253, 1993.

WEISKRANTZ, L. Neuroanatomy of memory and amnesia: a case for multiple memory systems. **Human Neurobiology**, v. 6, n. 2, p. 93-105, 1987.

WEIZMANN, F.; COHEN, L. B.; PRATT, R. J. Novelty, familiarity, and the development of infant attention. **Developmental Psychology**, v. 4, p. 149-154, 1971.

WELSH, M. C.; PENNINGTON, B. F. Assessing frontal lobe functioning in children: Views from developmental psychology. **Developmental Neuropsychology**, v. 4, p. 199-230, 1988.

WELSH, M. C.; PENNINGTON, B. F.; GROISSIER, D. B. A normative developmental study of executive functions: A window on prefrontal function in children. **Developmental Neuropsychology**, v. 7, p. 131-149, 1991.

WERKER, J. F. Becoming a native listener. **American Scientist**, v. 77, p. 54-59, 1989.

WERKER, J. F.; TEES, R. C. Influences on infant speech processing: toward a new synthesis. **Annual review of psychology**, v. 50, p. 509-35, 1999.

WERNER, L. A.; GRAY, L. Behavioral studies of hearing development. In: RUBEL, E. W.; POPPER, A. N.; FAY R. R. (Eds.). **Springer Handbook of Auditory Research**, Vol. IX (pp. 12-79), *Development of the Auditory System*. New York: Springer, 1998.

WERNER, L. A.; VANDENBOS G. R. Developmental psychoacoustics: what infants and children hear. **Hospital and Community Psychiatry**, v. 44, p. 624-626, 1993.

WERTHEIMER, M. Studies in the theory of Gestalt Psychology. **Psychol. Forsch.**, v.4, 1923.

WESTERBERG, H. et al. Visuo-spatial working memory: a sensitive measurement of cognitive deficits in ADHD. **Child Neuropsychology**, v. 10, p. 155-161, 2004.

WHEELER, M. A.; STUSS, D. T.; TULVING, E. Toward a theory of episodic memory: The frontal lobes and autonoetic consciousness. **Psychological Bulletin**, v. 121, n. 3, p. 331-354, 1997.

WILLIAMS, B. R. et al. Development of inhibitory control across the life span. **Developmental Psychology**, v. 35, n. 1, p. 205-213, 1999.

WILSON, J. T. L.; SCOTT, J. H.; POWER, K. G. Developmental differences in the span of visual memory for pattern. **British Journal of Developmental Psychology**, v. 5, p. 249-255, 1987.

WIMMER, H.; PERNER, J. Beliefs about beliefs: Representation and constraining function of wrong beliefs in young children's understanding of deception. **Cognition**, v. 13, p. 103-128, 1983.

WOLFF, P. H. **The development of behavioral states and the expression of emotions in early infancy**. Chicago: University of Chicago Press, 1987.

XAVIER, G. F. A modularidade da memória e o sistema nervoso. **Psicologia USP**, v. 4, p. 61-115, 1993.

YUDOFISKY, S.; HALES, R. **Neuropsiquiatria e neurociências na prática clínica**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

ZELAZO, P. D.; CRAIK, F. I. M.; BOOTH, L. Executive function across the life span. **Acta Psychologica**, v. 115, p. 167-184, 2004.

ZELAZO, P. D. et al. The development of executive function in early childhood. **Monographs of the Society for Research in Child Development**, v. 68, n. 3, Serial N. 274, 2003.

ZELAZO, P. D.; FRYE, D. II. Cognitive complexity and control: The development of executive function. **Current directions in Psychological Science**, v. 7, p. 121-126, 1998.

ZELAZO, P. D.; QU, LI; MÜLLER, U. Hot and cool aspects of executive function: Relations in early development. In: SCHNEIDER, W.; SCHUMANN-HENGSTELER, R.; SODIAN, B. (Eds.). **Young children's cognitive development: Interrelationships among executive functioning, working memory, verbal ability, and theory of mind**. Mahwah: Erlbaum, 2005.

ZOLA-MORGAN, S. M.; SQUIRE, L. R. The primate hippocampal formation: evidence for a time-limited role in memory storage. **Science**, v. 250, n. 4978, p. 288-290, 1990.

ZUCCOLO, P. F.; RZEZAK, P.; GÓIS, J. O. Praxias e visuoconstrução. In: Malloy-Diniz, L. F. et al (Orgs.). **Avaliação Neuropsicológica**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

ANEXO

Artigo científico: O desenvolvimento da memória de trabalho e sua relação com o aprendizado escolar¹

Emmy Uehara^{a *} e J. Landeira-Fernandez^{a, b}

^a Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil ^b Universidade Estácio de Sá (UNESA)

Resumo

A memória de trabalho é um sistema de memória responsável pelo armazenamento temporário e processamento simultâneo de informação seja ela do ambiente ou da memória de longo-prazo. Seu funcionamento está intimamente relacionado com atividades cognitivas complexas, incluindo a compreensão da linguagem, o raciocínio e a resolução de problemas. De maneira gradual, cada componente se desenvolve, alcançando a maturidade plena somente no início da vida adulta. A investigação da memória de trabalho pode auxiliar na construção de novos instrumentos, capazes de avaliarem cada componente desta memória. Finalmente, distúrbios no funcionamento da memória de trabalho pode estar associado à problemas específicos na aprendizagem, tais como a dificuldade na leitura, escrita e resolução de problemas matemáticos.

Palavras-Chave: memória de trabalho; desenvolvimento; aprendizagem; educação.

Abstract

Working memory is a memory system responsible for temporary storage and simultaneous processing of information be it the environment or the long-term memory. Its operation is closely related to complex cognitive tasks, including language comprehension, reasoning and problem solving. Gradually, each component is developed, reaching full maturity only in early adulthood. The investigation of working memory can aid in the construction of new instruments capable of assessing each component of memory. Finally, disturbances in the functioning of working memory may be associated with specific problems in learning, such as difficulty in reading, writing and solving mathematics problems.

Key Words: working memory; development; learning; education.

1 Introdução

Em 1974, Baddeley e Hitch propuseram o modelo de memória de trabalho (*working memory*) também chamado de memória operacional. Este sistema múltiplo de memória veio substituir o conceito de memória de curto-prazo, deixando de ser apenas um armazenador temporário para ser um processador ativo capaz de manipular um conjunto limitado de informações por um curto período de

¹ O presente artigo foi submetido na revista científica Ciência e Cognição (UFRJ) e encontra-se formatado de acordo as normas da revista. Para mais informações acessar o site: <http://www.cienciasecognicao.org/>

tempo. Desde então, uma rica discussão acerca desse modelo de memória de trabalho tem despertado grande interesse na literatura (Daneman e Carpenter, 1980; Engle, 1996; Cowan, 1999). De fato, o modelo de Baddeley e Hitch (1974) continua a ser bastante influente e utilizado, não somente pela psicologia cognitiva como também pela neurociência, neuropsicologia e psicologia do desenvolvimento.

O modelo inicial definiu a memória de trabalho como um sistema composto por três componentes: o executivo central, que atuaria como controlador atencional; e dois subsistemas de apoio especializados no processamento e manipulação de quantidades limitadas de informações específicas, a alça fonológica e o esboço visuo-espacial. Em 2000, Baddeley ampliou o modelo, acrescentando um quarto componente: o retentor episódico, responsável pela integração das informações mantidas temporariamente na memória de trabalho com aquelas provenientes dos sistemas de longo-prazo, em uma representação episódica única. Juntos, esses componentes estariam envolvidos em atividades cognitivas superiores tais como a aprendizagem, compreensão da linguagem, leitura, aritmética, resolução de problemas e na produção da própria consciência (Alloway *et al.*, 2004; Baddeley, 1992).

O conceito de memória de trabalho provou também ser um modelo útil para investigar o desenvolvimento de processos cognitivos (para uma maior revisão ver Gathercole, 1998). Sabe-se hoje que a capacidade da memória de trabalho aumenta com a idade durante a infância (Gathercole, 1999) e diminui durante a terceira idade (Linden *et al.*, 1994). Gathercole e colaboradores (2004) constataram que os elementos básicos da memória de trabalho estariam formados aos 6 anos, ou até mais cedo, na idade pré-escolar. Entretanto, a capacidade de cada um dos componentes da memória de trabalho aumenta constantemente até a adolescência (Isaacs e Vargha-Khadem, 1989).

A memória de trabalho é fundamental na atividade cognitiva do dia-a-dia assim como para o desempenho acadêmico. Deste modo, estudos que avaliam o seu desenvolvimento são extremamente importantes para compreender funções e disfunções relacionadas aos processos de aprendizagem. Assim, o presente estudo tem como objetivo traçar um panorama atual sobre a memória de trabalho e o desenvolvimento de seus componentes. Através desse artigo, pretende-se dar ênfase às principais mudanças na memória de trabalho da pré-escola até a adolescência, bem como sua influência no aprendizado e possíveis prejuízos quando a mesma não se encontra em adequado funcionamento.

2 A memória de trabalho

Define-se memória de trabalho como um sistema de capacidade limitada que permite o armazenamento temporário e gerenciamento de informações. Tem como principal função manter informações que estão sendo processadas por um curto período de tempo. Como bem apontam Helene e Xavier (2007), a memória de trabalho se diferencia da memória de curto-prazo por privilegiar a utilização da informação, e não apenas o simples decorrer do tempo, como fator determinante na manutenção ou descarte das informações.

Ao longo de 35 anos, o modelo sofreu alterações em sua estrutura (Baddeley e Hitch, 1974; Baddeley, 1986; 1992; 2000). Atualmente, considera-se que a memória de trabalho é composta por quatro componentes. De acordo com Baddeley (2000), o primeiro deles é o executivo central, que desempenha

determinadas funções: a) atenção seletiva - habilidade de focar a atenção em uma informação relevante enquanto inibe outras informações distratoras; b) flexibilidade mental - capacidade de coordenar múltiplas atividades cognitivas simultaneamente; c) selecionar e executar planos e estratégias; d) capacidade de alocar recursos em outras partes da memória de trabalho; e e) capacidade de evocar informações armazenadas na memória de longo prazo.

O segundo componente é a alça fonológica, que armazenaria e processaria as informações codificadas verbalmente, sejam elas apresentadas por via auditiva ou visual. Conta com dois subcomponentes: o armazenador fonológico ou memória fonológica de curto-prazo, que armazena informações verbais, escritas ou faladas; e um mecanismo de reverberação ou ensaio articulatório subvocal, que permite resgatar informações verbais em declínio, mantendo-as na memória de trabalho (Gathercole, 1998; Baddeley, 2003). A alça fonológica transforma o estímulo perceptual em códigos fonológicos, que incluem propriedades acústica, temporal e sequencial do estímulo verbal (Gilliam e Van Kleeck, 1996). Posteriormente, esses códigos fonológicos são combinados com outros previamente armazenados memória de longo-prazo formando fonemas e palavras.

Outro componente é o esboço visuo-espacial, que realiza o processamento e a manutenção de informações visuais e espaciais referente aos objetos e às relações espaciais entre eles. Ao mesmo tempo, desempenha papel relevante na formação e manipulação de imagens mentais (Baddeley, 2006). Assim como a alça fonológica, o esboço visuo-espacial é composto por um armazenador temporário, em que as características físicas dos objetos são representadas na consciência. Além disso, esse componente da memória de trabalho, é constituído de um mecanismo espacial que permite que o indivíduo possa se localizar, inclusive planejando movimentos através da atualização de novas informações visuo-espaciais.

Com o objetivo de buscar uma interface entre a memória de trabalho e a memória de longo-prazo, Baddeley (2000) adicionou ao modelo um quarto componente: o retentor episódico. Este é um componente de armazenamento temporário e com capacidade limitada, acessível à consciência, que dialoga com a memória de longo-prazo episódica e semântica na construção de representações integradas com base em uma nova informação. Desta forma, o retentor episódico permite gerenciar uma grande quantidade de informação, que ultrapasse a capacidade de armazenamento fonológico e visuo-espacial, sem depender do executivo central (Baddeley, 2003).

Calcado neste modelo de memória de trabalho, pode-se então investigar como ocorre o desenvolvimento de cada um destes componentes ao longo da infância e da adolescência.

3 O desenvolvimento da memória de trabalho

Estudar o desenvolvimento da memória de trabalho ainda é um desafio. Apesar do surgimento de instrumentos e tarefas voltadas para a investigação da memória de trabalho, ainda não existem medidas específicas capazes de avaliar cada um de seus componentes. Habilidades cognitivas tais como a atenção seletiva, o controle inibitório, a flexibilidade cognitiva e a memória de trabalho propriamente dita apresentam fronteiras muito tênues, dificultando assim o estudo mais detalhado de cada uma dessas funções. Ao mesmo tempo, compreender o desenvolvimento dessas funções na criança, que está em constante crescimento,

torna a tarefa mais árdua ainda. Mesmo com todas essas dificuldades, é possível traçar um panorama geral acerca do desenvolvimento da memória de trabalho.

A capacidade de processar, armazenar e manipular informações de forma dinâmica na nossa consciência está intimamente relacionado à capacidade de resolução de problemas. Embora a memória de trabalho seja uma função extremamente importante para a criança desempenhar suas atividades escolares, evidências demonstram que elementos precursores e formas rudimentares dessa função já estão presentes na primeira infância (Reiznick *et al.*, 2004). Um estudo que investigou a noção de permanência de objetos através da tarefa de atraso de resposta, constatou que bebês iniciam a procura por objetos escondidos entre os 4 a 8 meses de idade (Brainerd, 1978). Outro comportamento que requer memória fonológica de curto-prazo é a ação dos bebês imitarem os sons falados pelos pais.

À medida que o desenvolvimento progride, há uma melhora em todo funcionamento cognitivo da criança. Segundo Gathercole e Baddeley, (1993), a principal mudança que ocorre durante o desenvolvimento da memória de trabalho é o aumento da eficácia operacional e da velocidade de processamento de informação, bem como uma maior utilização de estratégias nas resoluções de problemas. Ou seja, a criança passa a processar informações mais rapidamente e de forma automática, permitindo lidar com um maior número de informações ao mesmo tempo. Entretanto, a habilidade que tem sido mais investigada são os armazenadores temporários fonológico e visuo-espacial, muito provavelmente devido a simplicidade destes subcomponentes da memória de trabalho.

Uma medida tradicional utilizada para investigar essa capacidade limitada da memória de curto-prazo são as tarefas de amplitude de memória ou *span* (*span* de dígitos, *span* de palavras, *span* visual, etc). Nesta tarefa, pede-se ao sujeito que repita dígitos ou palavras, na mesma ordem ou na ordem inversa, imediatamente após tê-los ouvido ou visto. Em seu artigo intitulado "*O mágico número sete, mais ou menos dois*", Miller (1956) constatou que um indivíduo adulto pode reter na memória de curto-prazo, entre cinco a nove itens de informações agrupadas. Estudos utilizando esse tipo de tarefa observaram diferenças entre as faixas etárias na capacidade de armazenamento da memória, havendo um aumento gradual com a idade. Crianças com 2 anos de idade apresentam uma amplitude em torno de dois itens, enquanto aquelas de 9 anos podem chegar aos seis itens (Dempster, 1981).

Ao longo do desenvolvimento, o funcionamento e a relação entre os componentes da memória de trabalho podem variar. Crianças aprendem a utilizar os componentes de inúmeras maneiras, seja através do emprego de novas estratégias ou por um maior grau de velocidade no processamento da informação. A seguir, serão apresentados alguns marcos no desenvolvimento de cada um dos componentes da memória de trabalho. Entretanto, não iremos abordar o retentor episódico uma vez que existe ainda uma enorme carência de trabalhos em relação a esse componente devido a sua inclusão mais recente no atual modelo de memória de trabalho.

A alça fonológica

Na maioria das crianças, o armazenador fonológico, um dos componentes da alça fonológica, parece estar estabelecido aos 3 anos. Por exemplo, crianças nessa faixa etária já são capazes de lembrar de duas ou três palavras em sequência. Aos 4 anos, encontra-se também presente um precursor do ensaio articulatório

subvocal que atinge seu pleno desenvolvimento aos 7 anos de idade (Gathercole, 1998). Flavell e colaboradores (1966) observaram que crianças menores de 7 anos não apresentavam sinais de ensaio tais como movimento dos lábios ou murmúrio de palavras no intervalo entre as memorizações. Outro estudo realizado por Johnston e colaboradores (1987) com crianças de 5 anos verificou que os ensaios não são usados espontaneamente, mas podem ser induzidos através de treinamento. Embora o armazenador fonológico seja basicamente passivo, a melhora no ensaio articulatório subvocal auxilia a expansão da amplitude de memória (Conway *et al.*, 2002).

Apesar dos inúmeros estudos já realizados, os mecanismos envolvidos no armazenador fonológico ainda não são totalmente compreendidos, especialmente aqueles que dizem respeito ao aumento da amplitude de memória em crianças pré-escolares. Geralmente, a melhora da capacidade de armazenamento fonológico é explicada devido a um aumento na velocidade da fala. Assim, quanto mais rápida é a velocidade da fala da criança, melhor é a velocidade de evocação, ocorrendo uma diminuição do declínio dos itens a serem evocados (Swanson e Howell, 2001). Embora o intervalo de retenção (quase dois segundos) permaneça constante durante o desenvolvimento e o envelhecimento, o número de itens retidos aumenta à medida que mais palavras podem ser armazenadas numa mesma quantidade de tempo. Uma articulação mais rápida durante uma recordação oral também reduz o intervalo de retenção total, o que significa que mais palavras podem ser lembradas antes de haver um declínio das mesmas (Henry e Millar, 1993).

Outros fatores que também podem influenciar no aumento ou diminuição da capacidade do armazenador fonológico são os efeitos de similaridade fonológica, de extensão de palavras e de supressão articulatória (Gathercole e Baddeley, 1993). No efeito de similaridade, sons, letras ou palavras que possuem semelhança auditiva são mais difíceis de serem lembrados. Já no efeito de extensão, quanto mais longas forem as palavras, mais difíceis de serem armazenadas e evocadas. Crianças menores de 7 anos parecem não sofrer os efeitos da extensão das palavras (Henry, 1991). Finalmente, o efeito de supressão articulatória está relacionado à impossibilidade de ativar o ensaio subvocal graças à presença de um distrator, tal como a emissão de um som sem significado ("a..a..a", por exemplo) durante o processo de evocação. Neste caso, ocorre um declínio expressivo no desempenho da criança ao evocar uma tarefa dessa natureza.

Mas, será que a aquisição de vocabulário pode estar relacionada ao aumento da amplitude de memória de trabalho? Sem dúvida esse aspecto possui grande influência no armazenamento fonológico temporário, sendo crucial para a construção de representações estáveis de novas palavras. Quanto maior o vocabulário, maior a capacidade de consolidar novas palavras na memória de longo-prazo (Baddeley *et al.*, 1998). Uma tentativa de isolar o aspecto lexical do aumento da amplitude de memória é a utilização de pseudopalavras (ou palavras sem sentido). Neste caso, o armazenador fonológico não sofre influências léxicas, seja ela de conhecimento fonológico, semântico ou sintático. Assim, a criança deve manter apenas as representações de palavras sem significado em sua memória de trabalho, independente de qualquer mecanismo associado à memória de longo-prazo (Gathercole *et al.*, 1999).

Por depender do material a ser recordado, bem como dos níveis das habilidades cognitivas adquiridas, a amplitude da memória fonológica varia de

indivíduo para indivíduo. Apesar das questões levantadas acerca dos mecanismos envolvidos na alça fonológica, é muito provável que esse aumento seja resultado da combinação de inúmeros fatores, relacionados aos processos da memória de trabalho como também do desenvolvimento de processos cognitivos subjacentes.

O esboço visuo-espacial

A característica mais peculiar do funcionamento do esboço visuo-espacial é que a retenção e ensaio das informações visuo-espaciais dependem fortemente da alça fonológica (Pickering, 2001). Na maioria dos casos, quando precisamos recordar informações visuais, utilizamos a alça fonológica para auxiliar na codificação do estímulo. Essa característica dificulta a investigação do funcionamento exclusivo do esboço visuo-espacial, uma vez que estão presentes elementos da alça fonológica. Para evitar esse problema, foram desenvolvidas tarefas que avaliam de forma mais específica o esboço visuo-espacial, tais como os blocos de Corsi ou as tarefas de padrões visuais. A partir do estudo de Logie e Pearson (1997), verificou-se que o desempenho nessas duas tarefas citadas aumentava com a idade, apesar disso, não se sabe o fator causal deste crescimento.

Por via de regra, seres humanos codificam informações visuo-espaciais por meio de sistemas lingüísticos. Por exemplo, símbolos, figuras e objetos familiares são interpretados verbalmente e não pelas suas características e disposições sensoriais. Essa interface entre o esboço visuo-espacial e a alça fonológica faz com que o processamento de estímulos visuo-espaciais não seja tão dependente das propriedades físicas do estímulo. A origem desse processo parece ocorrer entre os 6 e 8 anos, que corresponde ao período em que as crianças aprendem a ler. Antes da aquisição dessa interface, crianças pré-escolares lembram das informações não-verbais exclusivamente por vias visuais. Um exemplo é o estudo de Hitch e colaboradores (1988). Neste estudo observou-se que crianças de 10 anos eram menos sensíveis à similaridade dos objetos, bem como apresentaram menor nível de recordação quando os objetos possuíam um nome mais longo, comparadas à crianças de 5 anos.

A amplitude do esboço visuo-espacial também aumenta durante o desenvolvimento infantil. Normalmente, crianças de 4 anos de idade são capazes de lembrar uma seqüência de duas a três fotos (Gathercole e Baddeley, 1993). Entre os 5 e 11 anos de idade, a capacidade de memória de trabalho visuo-espacial duplica, atingindo um nível próximo a de um adulto (Riggs *et al.*, 2006). De qualquer forma, a facilidade de armazenamento depende do estímulo visual apresentado. Um estudo demonstrou que era mais fácil recordar blocos dispostos regularmente do que figuras assimétricas e desestruturadas (Kemps, 1999).

Ao contrário da amplitude da alça fonológica, a melhora no desempenho destas tarefas parece ser resultado de um aumento real da capacidade de armazenamento do esboço visuo-espacial, ao invés de uma melhora na eficácia do sistema ou na utilização de estratégias que facilitam o uso deste componente da memória de trabalho. Deve-se notar que existem situações onde o processamento visuo-espacial é extremamente complexo. Neste caso, o esboço visuo-espacial recorre às habilidades do executivo central para realizar tarefas dessa natureza (Gathercole e Baddeley, 1993).

O executivo central

Estudos neuropsicológicos têm demonstrado que o desenvolvimento do executivo central, bem como da capacidade da memória de trabalho em geral, estão relacionados à maturação do córtex pré-frontal (Kane e Engle, 2002). Quando comparado aos outros componentes da memória de trabalho, o executivo central apresenta seu desenvolvimento tardiamente, alcançando seu pleno amadurecimento no início da idade adulta. Outro fator relacionado ao aprimoramento do executivo central, é a habilidade de compreender e manipular a linguagem.

O desenvolvimento do executivo central tem sido estudado através de tarefas complexas que requerem tanto o armazenamento quanto a manipulação mental da informação. Exemplos de tarefas utilizadas são o *span* de dígitos ou blocos em sentido inverso e o *span* de leitura e escuta. Na primeira tarefa, a pessoa evoca os dígitos ou blocos na ordem inversa à apresentada pelo examinador. As tarefas de *span* de leitura e escuta consistem em processar a informação apresentada através da leitura ou da escuta e ao mesmo tempo reter a sequência das últimas palavras lidas ou ouvidas. Apesar da limitação das tarefas, Gathercole (1998) resalta um aumento do desempenho em tarefas complexas de memória de trabalho ao longo dos anos. Entre 6 e 15 anos de idade, ocorre aumento regular na amplitude de memória através do *span* de escuta (Siegel, 1994).

Um método muito utilizado para avaliar o executivo central é o paradigma *n-back* (Repovs e Baddeley, 2006). Nesta tarefa, o sujeito deve indicar se um estímulo apresentado na tela (estímulo alvo) é similar ou diferente do estímulo apresentado anteriormente (sendo *n* um valor pré-estabelecido pelo pesquisador, geralmente 1, 2 ou 3 ensaios, dependendo do nível de dificuldade exigido). Devido ao seu grau de especificidade, exige um acompanhamento ativo, atualização e manipulação da informação lembrada. Por esta razão, a tarefa tem sido bastante utilizada em estudos de neuroimagem (para revisão Owen *et al.*, 2005).

Utilizando o paradigma *n-back* com crianças escolares, Vuontela e colaboradores (2003) constataram que crianças de 9 e 10 anos obtiveram um melhor desempenho que as de 6 e 8 anos na tentativa de *2-back*. Ao mesmo tempo, crianças mais novas executaram a tarefa mais rapidamente, porém, com menos precisão que as mais velhas. Isto sugere um comportamento mais impulsivo, podendo estar associado a um maior grau de imaturidade nos sistemas inibitórios.

Os diversos estudos apresentados ao longo desse trabalho demonstram uma relativa independência entre os componentes durante a infância. No entanto, a partir do amadurecimento do executivo central, observou-se um maior grau de interdependência entre o executivo central e os demais componentes. Além disso, o desenvolvimento em processos cognitivos relacionados e a aquisição de novas habilidades acabam por alterar a natureza do funcionamento da memória de trabalho de maneira geral.

4 Memória de trabalho e aprendizagem escolar

Ao longo do desenvolvimento da memória de trabalho, nos é permitido extrair ou adquirir mais informações para usar em todas as nossas atividades do dia-a-dia. Muitas vezes, a memória de trabalho se sobrepõe em parte com outras

funções cognitivas, como por exemplo, a atenção, a inteligência fluida, as funções executivas e o controle de interferência (Engle *et al.*, 1999). Este sistema desempenha um papel crucial em muitas formas de cognição complexa tais como a aprendizagem, o raciocínio e a compreensão da linguagem. Entretanto, quando há alguma alteração na memória de trabalho, esta poderá provocar prejuízos no processo de aprendizagem, na leitura e compreensão de um texto, na resolução de problemas de matemática, no planejamento de novas estratégias. Dessa forma, relaciona-se intimamente com as dificuldades de aprendizagem e ao baixo rendimento escolar (Alloway, 2006).

Segundo Vallet (1977), o termo “distúrbio de aprendizagem” tem sido usado para indicar uma perturbação ou falha na aquisição e utilização de informações ou na habilidade para solução de problemas. Porém, essa falha implica na modificação dos padrões de aquisição, assimilação e transformação, seja por vias internas ou externas ao indivíduo. Essa alteração pode envolver algumas habilidades, tais como: linguagem oral (fonologia, morfologia, semântica, sintaxe), leitura (habilidade no uso da palavra, reconhecimento de letras, compreensão), escrita (soletrar, ditado, cópia), matemática (habilidade de cálculo básico, raciocínio matemático) e nas combinações e/ou relações entre elas (Ciasca, 2003).

Durante o processo de aprendizagem, as crianças com dificuldades de aprendizagem podem apresentar limitações na capacidade de armazenar ou reter informações processadas, apresentando assim problemas para evocar informações necessárias para a execução da tarefa. Além disso, podem apresentar dificuldades também para organizar informações processadas. Dessa forma, problemas de aprendizagem durante a infância podem estar relacionados com processos de desenvolvimento de um ou vários componentes da memória de trabalho (Souza e Sisto, 2001).

Outros exemplos de problemas associados à memória de trabalho referem-se à leitura e compreensão do texto. De acordo com De Jong (2006), o ato de aprender a ler envolve a aquisição da habilidade de decodificar uma palavra – que é a habilidade de identificar cada palavra separadamente – e a habilidade de compreender o texto escrito, obtendo uma coerência entre as idéias e o conhecimento já existente na memória de longo-prazo. Assim, um componente da memória de trabalho fundamental nesse processo é a alça fonológica.

Conforme Daneman e Carpenter (1980) apontam, a limitação na memória de trabalho estaria relacionada à prejuízos no processamento de linguagem. Ou seja, se o indivíduo executa os processos específicos à compreensão em leitura (decodificação de letras e palavras, acesso lexical, segmentação sintática, construção e monitoramento de inferências e integração de texto) de maneira ineficiente, consome grande parte dos seus recursos da memória de trabalho. Consequentemente, a criança passa a ter menos recursos disponíveis para armazenar na memória de trabalho informações já processadas assim como recursos necessários para dar continuidade ao processo de leitura.

De fato, estudos apontam forte associação entre a memória de trabalho e a habilidade de compreensão de um texto. Nesse sentido, crianças com problemas de compreensão de texto apresentam também limitações no funcionamento da memória de trabalho (Yuill *et al.*, 1989). Outros estudos indicam também que adultos ou crianças com uma pobre compreensão de leitura têm prejuízo em mecanismos inibitórios para suprimir significados de palavras ambíguas e irrelevantes (Barnes *et al.*, 2004). Em tarefas de memória, crianças com uma baixa

compreensão apresentam grande número de intrusões na evocação das palavras (De Beni e Palladino, 2000).

A matemática é um domínio complexo em que há a contribuição de uma série de habilidades cognitivas para seu desempenho. Uma delas é a memória de trabalho. A relação entre a memória de trabalho e as habilidades aritméticas varia de acordo com a idade das crianças e com a complexidade das tarefas matemáticas. No entanto, estima-se que aproximadamente 3 a 6% de crianças em idade escolar apresentam dificuldades nessa área de conhecimento (Gross-Tsur *et al.*, 1996).

Evidências sugerem que os diferentes componentes de memória de trabalho podem ter papéis especializados na aritmética (Ashcraft 1995). Por exemplo, a alça fonológica parece estar envolvida na contagem e na retenção de informação de cálculos complexos (Logie *et al.*, 1994). O esboço visuo-espacial parece ser um componente importante para a resolução de problemas com muitos dígitos, onde o conhecimento visual e espacial do posicionamento da coluna é necessário (Heathcote, 1994). O executivo central também tem papel importante na resolução de problemas matemáticos. Ashcraft e colaboradores (1992) sugeriram que o executivo central seria responsável por iniciar e orientar o processamento, bem como sua compreensão e recuperação na memória de longo-prazo.

5 Considerações Finais

A memória de trabalho representa um modelo atual que funciona como uma espécie de interface entre o processamento de estímulos do meio externo, mecanismos de atenção e memória de longo-prazo. É uma estrutura que apresenta vários componentes que se desenvolvem ao longo da infância e da adolescência.

O funcionamento adequado da memória de trabalho permite com que o indivíduo possa resolver atividades cognitivas que se apresentam no dia-a-dia. Prejuízos no funcionamento desse sistema estão associados a uma extensa gama de quadros psicológicos. Em particular, destaca-se os problemas específicos de aprendizagem tais como na leitura, ortografia e fraco desempenho em cálculos matemáticos.

A ausência de instrumentos capazes de avaliar cada um dos componentes da memória de trabalho representa uma grande limitação não só teórica e metodológica, como também clínica. Certamente, um método de diagnóstico mais preciso poderia guiar de forma mais clara intervenções dentro do ambiente escolar.

6 Referências Bibliográficas

- Alloway, T.P. (2006). How does working memory work in the classroom? *Educational Research and Reviews*, v. 1, p. 134-139.
- Alloway, T.P.; Gathercole, S.E.; Willis, C.E. e Adams, A. (2004). A structural analysis of working memory and related cognitive skills in young children. *J. Experim. Child Psychol.*, v. 7, n. 87, p. 85-106.
- Ashcraft, M.H. (1995). Cognitive psychology and simple arithmetic: A review and summary of new directions. *Mathematical Cognition*, v. 1, p. 3-34.

- Ashcraft, M.H.; Donley, R.D.; Halas, M.A. e Vakali, M. (1992). Working memory, automaticity, and problem difficulty. Em: Campbell, J.I.D. (Ed.), *The nature and origins of mathematical skills*. Amsterdam: Elsevier.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Science*, v. 4, p. 417-423.
- Baddeley, A. (2003). Working Memory and Language: an overview. *Journal Communication Disorders*, v. 36, p.189-208.
- Baddeley, A.D. (1986). *Working memory*. Oxford, England: Oxford University Press.
- Baddeley, A.D. (1992). Working memory. *Science*, 255,556-559.
- Baddeley, A.D. (1996). Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, v. 49, p. 5-28.
- Baddeley, A.D. e Hitch, G. (1974). Working Memory. Em: Bower, G.A. (Ed). *Recent advances in learning and motivation*. New York: Academic Press.
- Baddeley, A.D.; Gathercole S. e Papagno, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychology Review*, v.105, p. 158-173.
- Barnes, M.A.; Faulkner, H.; Wilkinson, M. e Dennis, M. (2004). Meaning construction and integration in children with hydrocephalus. *Brain and Language*, v. 89, p. 47-56.
- Brainerd, C.J. (1978). The stage question in cognitive-developmental theory. *The Behavioral and Brain Sciences*, v. 1, p. 173-213.
- Ciasca, S.M. (2003). Distúrbios e dificuldades de aprendizagem: questão de nomenclatura. Em: Ciasca S.M. (Org). *Distúrbios de aprendizagem: Proposta de avaliação interdisciplinar*. São Paulo: Casa do Psicólogo.
- Conway, A.R.A.; Cowan, N.; Bunting, M.F.; Theriault, D.J. e Minkoff, S.R.B. (2002). A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence. *Intelligence*, v. 30, p. 163-183.
- Cowan, N. (1999). An embedded-process model of working memory. Em: Miyake, A. e Shah, P. (Orgs). *Models of working memory: mechanisms of active maintenance and executive control*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Daneman, M. e Carpenter, P.A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, v. 19, p. 450-466.
- De Beni, R. e Palladino, P. (2000). Intrusion errors in working memory tasks: Are they related to reading comprehension ability. *Learning and Individual Differences*, v. 12, p. 131-143.
- De Jong, P.F. (2006). Understanding normal and impaired reading development: A working memory perspective. Em: Pickering, S.J. (Org). *Working memory and education*. Amsterdam:Elsevier Press.
- Dempster, E.N. (1981). Memory span: Sources of individual and developmental differences. *Psychological Bulletin*, v. 89, p. 63-100.
- Engle, R.W. (1996). Working memory and retrieval: An inhibition-resource approach. Em: Richardson, J.T.E.; Engle, R.W.; Hasher, L.; Logie, R.H.; Stoltzfus, E.R. e Zacks R.T. (Eds.). *Working memory and human cognition*. New York: Oxford U. Press.
- Engle R.W.; Tuholski S.W.; Laughlin J.E. e Conway A.R.A. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, v. 128, p.309-331.
- Flavell, J.H., Beach, D.H. e Chinsky, J.M. (1966). Spontaneous verbal rehearsal in a memory task as a function of age. *Child Development*, v. 37, p. 283-299.

- Gathercole, S.E. (1999). Cognitive approaches to the development of short-term memory, *Trends in Cognitive Science*, v. 3, p. 410–419.
- Gathercole, S.E. (1998). The development of memory. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, v. 39, p. 3-27.
- Gathercole, S.E. e Adams, A.M. (1993). Phonological working memory in very young children. *Developmental Psychology*, v. 29, p. 770-778.
- Gathercole, S.E. e Baddeley, A.D. (1993). *Working memory and language*. Hove, England: Erlbaum.
- Geary, D.C. (1990). A componential analysis of an early learning deficit in mathematics. *Journal of Experimental Child Psychology*, v. 49, p. 363-383.
- Geary, D.C. (1993). Mathematical disabilities: Cognitive, neuropsychological and genetic components. *Psychological Bulletin*, v. 114, p. 345-362.
- Geary, D.C.; Brown, S.C.; Samanayake, V.A. (1991). Cognitive addition: A short longitudinal study of strategy choice and speed-of-processing differences in normal and mathematically disabled children. *Developmental Psychology*, v. 27, p. 787-797.
- Gillam, R.B. e van Kleeck, A. (1996). Phonological awareness training and short-term working memory: Clinical implications. *Topics in Language Disorders*, v. 17, p. 72-81.
- Gross-Tsur, V.; Manor, O. e Shalev, R.S. (1996). Developmental dyscalculia: Prevalence and demographic features. *Dev. Med. Child Neurol.*, v. 38, p. 25-33.
- Heathcote, D. (1994). The role of visuo-spatial working memory in the mental addition of multi-digit addends. *Current Psychology of Cognition*, v. 13, p. 207-245.
- Helene, A.F. e Xavier, G.F. (2007). Memória e (a elaboração da) percepção, imaginação, inconsciente e consciência. Em: Landeira-Fernandez, J. e Silva, M.T.A. (Orgs). *Intersecções entre psicologia e neurociências*. Rio de Janeiro: MedBook.
- Henry, L.A. (1991). The effects of word length and phonemic similarity in young children's short-term memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, v. 43, p. 35-52.
- Henry, L.A. e Millar, S. (1993). Why does memory span improve with age? A review of the evidence for two current hypotheses. *European Journal of Cognitive Psychology*, v. 5, p. 241-287.
- Hitch, G.J.; Halliday, M.S.; Schaafstal, A.M. e Schraagen, J.M.C. (1988). Visual working memory in young children. *Memory & Cognition*, v. 16, p. 120-132.
- Hulme, C.E e Mackenzie, S. (1992). *Working memory and severe learning difficulties*. East Sussex: Lawrence Erlbaum.
- Isaacs, E.B. e Vargha-Khadem, F. (1989). Differential course of development of spatial and verbal memory span: A normative study. *British Journal of Developmental Psychology*, v. 7, p. 377–380.
- Johnston, R.S.; Johnson, C. e Gray, C. (1987). The emergence of the word length effect in young children: The effects of overt and covert rehearsal. *British Journal of Developmental Psychology*, v. 5, p. 243-248.
- Kane, M.J. e Engle R.W. (2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences perspective. *Psychonomic Bulletin Review*, v. 9, p. 637-671.
- Kemps, E. (1999). Effects of complexity on visuo-spatial working memory. *European Journal of Cognitive Psychology*, v.11, p. 335-356.

- Linden, M.V.D.; Bredart, S. e Beerten, A. (1994). Age-related differences in updating working memory. *British Journal of Psychology*, v. 85, p. 145-151.
- Logie, R.H. e Baddeley, A.D. (1987). Cognitive processes in counting. *Journal of Experimental Psychology*, v. 13, p. 310-326.
- Logie, R.H. e Pearson, D.G. (1997). The inner ear and the inner scribe of visuo-spatial working memory: Evidence from developmental fractionation. *European Journal of Cognitive Psychology*, v. 9, p.241-257.
- Longoni, A.M. e Scalisi, T.G. (1994). Developmental aspects of phonemic and visual similarity effects: Further evidence in Italian children. *International Journal of Behavioural Development*, v. 17, p. 57-71.
- Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, v. 63, p. 81-97
- Owen, A.M.; McMillan, K.; Laird, A. e Bullmore, E. (2005). The n-back working memory paradigm: a meta-analysis of normative fMRI studies. *Human Brain Mapping*, v. 25, p. 46-59.
- Pickering, S.J. (2001). The development of visuo-spatial working memory. *Memory*, v. 9, p. 423-432.
- Repos, G. e Baddeley, A. (2006). The multi-component model of working memory: explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience*, v.139, p. 5-21.
- Reznick, J.; Morrow, J.; Goldman, B. e Snyder, J. (2004). The onset of working memory in infants. *Infancy*, v. 6, p. 145-154.
- Riggs K.J.; McTaggart J.; Simpson A. e Freeman R.P.J. (2006). Changes in the capacity of visual working memory in 5- to 10-year-olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, v. 95, p.18-26.
- Siegel, L.S. (1994). Working memory and reading: A life-span perspective. *International Journal of Behavioural Development*, v. 17, p. 109-124.
- Souza, A.R.M. e Sisto, F.F. (2001). Dificuldade de aprendizagem em escrita, memória e contradições. *Psicologia Escolar e Educacional*, v. 5, p. 39-47.
- Swanson, H.L. e Siegel, L. (2001). Learning disabilities as a working memory deficit. Issues in Education. *Contributions from Educational Psychology*, v. 7, p. 1-48.
- Vallet, R.E. (1977). *Tratamento de distúrbios de aprendizagem: Manual de programas psicoeducacionais*. São Paulo: EDU/EDUSP.
- Vuontela V.; Steenari M.R.; Carlson S.; Koivisto J.; Fjallberg M. e Aronen E.T. (2003). Audiospatial and visuospatial working memory in 6-13 year old school children. *Learning & Memory*, v. 10, p. 74-81.
- Yuil, N.M.; Oakhill, J.V. e Parkin, A.J. (1989). Working memory, comprehension ability and the resolution of text anomaly. *British Journal of Psychology*, v. 80, p. 351-361.

Anexo 2 - Quadro esquemático dos principais marcos na ontogênese das funções cognitivas*:

Função Cognitiva Faixas Etárias	SENSAÇÃO E PERCEPÇÃO	ATENÇÃO	MEMÓRIA	LINGUAGEM	HABILIDADES VISUO-CONSTRUTIVAS	FUNÇÕES EXECUTIVAS
Nascimento a 1 ano	- Elementos fundamentais sensoriais desenvolvidos - Sensíveis aspectos sonoros - Melhora na acuidade visual, percepção de profundidade	- Atenção elementar e involuntária - Grande variação no nível de alerta - Início da fixação do olhar e monitoramento - Fim do período de <i>obligatory looking</i>	- Registro dos acontecimentos por tempo limitado - Vestígios da memória de procedimentos e condicionamentos já podem ser encontrados - Efeito <i>priming</i> através de pistas de recordação	- Comunicação limitada: choro e expressões faciais - Predileção pela fala humana e voz materna - Distingue diferenças entre fonemas, entonação e acentuações	- Não há controle do corpo - Reflexos neonatais - Desenvolvimento das habilidades motoras	- Formas elementares de inibição - Precusores da teoria da mente
1 a 2 anos	- Melhora na sensibilidade sonora, percepção do movimento, discriminação de diferentes sensações táteis e sua localização no corpo	- Orientação para novos estímulos e desengajamento do olhar	- Melhora da memória através de treinos e repetições	- Surgimento da primeira palavra - Léxico atinge 50 palavras - Linguagem telegráfica	- Surgimento do desenho - Movimentos espontâneos e pouco controle - Produz garatujas	- Compreensão das emoções, intenções, desejos e relação com as metas - Surge capacidade de distinguir a realidade do faz-de-conta
2 a 4 anos	- Aprimoramento das percepções intermodais	- Atenção torna-se um pouco mais voluntária e direcionada	- <i>Span</i> verbal (2 itens aos 2 anos) - Fim da amnésia infantil - Desenvolvimento da memória autobiográfica aos 3-4 anos	- Aumento qualitativo e quantitativo da fonologia - Habilidade básica para conversação - Melhora morfologia e sintaxe	- Ritmo mais regular - Combinam formas retas e circulares - Construção de torre com 8 cubos aos 2 anos - Primeiro círculo fechado - Reprodução da figura humana	- Melhora do auto-controle, controle inibitório e flexibilidade mental - Construção de planos verbais
4 a 6 anos	- Preferências e aversões olfativas comparáveis a de um adulto	- Melhora na atenção seletiva - Maior controle inibitório dos distratores	- Detentora de uma memória explícita - Auxílio da memória de trabalho visuo-espacial antes dos 7 anos - <i>Span</i> visuo-espacial (4 blocos aos 5 anos)	- Ajuste na forma de falar c/ crianças menores e adultos - Aprendizado de 5 a 9 palavras por dia	- Aptas a produzir desenhos reconhecíveis - Reprodução de círculos e quadrados - Figuras distribuídas pelo espaço - Construção de ponte com 5 cubos aos 5 anos	- Melhora significativa na inibição - Surgem estratégias mais elaboradas - Compreensão da existência de diferentes interpretações

6 a 8 anos		- Melhora na atenção sustentada - Aumento da utilização de estratégias e planejamento das ações	- Maior recordação dos eventos e riqueza de narrativa - Surgimento do ensaio subvocal aos 7 anos - Aumento do <i>span</i> do executivo central	- Média de 4.500 palavras aos 6 anos - Observação e reprodução de regras sociais	- Desenho com novos elementos - Toque mais realista - Reprodução de figuras mais complexas como losango e cubo aos 7 anos - Simetria material concreto	- Aumento significativo da fluência verbal - Entendimento da representação mental por outras pessoas assim como elas
8 a 10 anos	- Localização sonora e temporal atinge níveis adultos	- Atenção mais controlada e refinada	- Aumento <i>span</i> verbal (6 itens aos 9 anos)	- Maior desenvolvimento das habilidades pragmáticas e comunicativas	- Traçam perfil do rosto - Desenharam as figuras em outras posições e em movimento - Inserção de sombreamento e tridimensionalidade	- Flexibilidade mental, organização e planejamento mais refinados
10 anos a adolescência			- Aumento <i>span</i> visuo-espacial (14 blocos aos 12 anos)	- Surgimento de termos abstratos, metáforas e linguagem simbólica - Progressivo aumento lexical	- Reprodução de padrão visual bem estabelecido - Alcance da etapa pós-caligráfica na adolescência	- Níveis adultos de controle inibitório, planejamento e flexibilidade mental - Aumento da fluência verbal até idade adulta

(*) As idades refletem uma média do padrão normal. Referências podem ser encontradas ao longo do texto.