

A influência do processo atencional nas funções executivas para a aprendizagem - uma revisão sistemática, à luz das Neurociências¹

Elizabete Kuczynski Nunes²

Resumo

O objetivo deste artigo foi pesquisar, à luz das Neurociências, o papel dos processos atencionais nas funções executivas (FEs), relacionando-os a achados neuroanatômicos. Posteriormente, foi verificada em que medida a atenção influencia as FEs, em situações de aprendizagem. Para tanto, com base no Método Prisma, uma revisão sistemática foi realizada, e noventa e seis (96) artigos foram encontrados, a partir das palavras-chave: atenção, atenção seletiva, atenção sustentada, funções executivas, memória de trabalho, flexibilidade cognitiva, controle inibitório, inibição, aprendizagem e desempenho escolar. No total, treze (13) artigos foram escolhidos pelos critérios de inclusão: humanos saudáveis, publicações entre 2013 e 2017, publicações somente em inglês (Pubmed) e revisões sistemáticas, meta-análises e ensaio clínico randomizado. Dos artigos pesquisados, concluiu-se que à medida que os sistemas neurocognitivos amadurecem, há o amadurecimento gradual das FEs (controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva), e a atenção subjaz a todo esse processo cognitivo. A relação entre córtex cerebral, estruturas encefálicas e funções cognitivas é essencial para a aprendizagem.

Palavras-chave: Atenção. Funções executivas (FEs). Aprendizagem.

Abstract

The objective of this article was to investigate, in the light of Neurosciences, the role of the attentional processes in the executive functions (EFs), relating them to neuroanatomical findings. Later, it was verified to what extent the attention influences the EFs in learning situations. Therefore, based on the Prism Method, a systematic review was performed, and ninety-six (96) articles were found, from the following keywords: attention, selective attention, sustained attention, executive functions, working memory, cognitive flexibility, inhibitory control, inhibition, learning and academic performance. In total, thirteen (13) articles were chosen, according to the inclusion criteria: healthy humans, publications between 2013 and 2017, English-only publications (Pubmed) and systematic review, meta-analyzes and randomized clinical trials. From the articles researched, it was concluded that as the neurocognitive systems mature, there is a gradual maturation of the EFs (inhibitory control, working memory and cognitive flexibility), and attention underlines this whole cognitive processing. The relationship among cerebral cortex, brain structures and cognitive functions is essential for learning.

Keywords: Attention. Executive functions (EFs). Learning.

¹ Artigo apresentado no curso de Especialização em Neurocognição e Aprendizagem, na Instituição Evangélica de Novo Hamburgo (IENH), Novo Hamburgo, RS, Brasil, defendido em 11.05.2018, sob a orientação da Doutoranda e mestre em Psicologia Natalie Pereira pela Pontifícia Universidade Católica (PUCRS), Porto Alegre, RS.

² Doutora em Letras pela Pontifícia Universidade Católica (PUCRS), mestre em Educação pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, RS; especialista e graduada em Letras pela UNISINOS. Professora na Fundação Escola Liberato Salzano Vieira da Cunha (FETLSVC), Novo Hamburgo, RS e na Rede Municipal de São Leopoldo. E-mail: eknunes1@gmail.com.

1 Introdução

A capacidade de aprendizagem é inerente a várias espécies, mas aprender de forma intencional e sistemática pertence à espécie humana. Isso porque o cérebro humano é capaz de refletir as complexidades e os emaranhados do mundo ao seu redor (LURIA, 1981). Saber como o cérebro se constitui e como as informações advindas do ambiente são organizadas têm sido pauta nas Neurociências (disciplina que estuda a relação do cérebro e seu comportamento), nas práticas clínicas e nas práticas educacionais nos últimos anos (HAM DAN; PEREIRA, 2009).

Embora seja consenso entre os estudiosos de que os limites das áreas do lobo frontal não sejam precisos, é possível afirmar que o córtex pré-frontal lateral e o cíngulo anterior (aglomerado de substância branca) são responsáveis por tarefas cognitivas. Em outras palavras, o pré-frontal lateral realiza as funções executivas (FEs), o cíngulo (formato de C) atua nas memórias e na aprendizagem, e o ventromedial desempenha funções de inibição, controle e tomada de decisão. Sua participação também está na memória, pelo sistema límbico e nos processos de atenção, pelo tálamo. E esse, por sua vez, liga-se ao tronco encefálico pelos núcleos intralaminares (influenciam no estado de vigília) (FUSTER, 2008; GIL, 2002; ROYALL *et al.*, 2002; SERUCA, 2013).

Essa estreita relação entre córtex cerebral, estruturas encefálicas subcorticais, aferências sensoriais e funções cognitivas (entrada, processamento de estímulos internos e externos e resposta) é essencial para o processo de aprendizagem. Em decorrência disso, as investigações têm apontado que a atenção e as FEs, habilidades cognitivas complexas, estão associadas ao lobo frontal e às suas conexões basais talâmico-ganglionares (LEZAK *et al.*, 2012; ROYALL *et al.*, 2002; STUSS; ALEXANDER, 2000).

Apesar da tentativa de se buscar correlatos neuroanatômicos funcionais, sabe-se que as estruturas cerebrais agem em cooperação hemisférica

e em rede de ativação bilateral (OLIVEIRA *et al.*, 2012). Na relação entre as funções cognitivas e a aprendizagem como um todo, os estudos apontam a atenção como parte essencial nesse processo distribuído. E ainda, a condição básica para o uso da atenção é a vigília, pois ela exerce influência excitadora em todo o cérebro, principalmente, no córtex. Os processos de atenção orientam os estímulos recebidos, ao desencadear um processo de intensa atividade mental, deixando os estímulos periféricos para segundo plano. Nesse sentido, a atenção passa a ser vista, não como um processo único, mas atuando por várias combinações (GIL, 2002).

Em 1890, William James já teria abordado a possibilidade de se exercer controle voluntário sobre a atenção; incapacidade de se atender a diversos estímulos simultaneamente (caráter seletivo e focalizado) e capacidade limitada do processamento atencional. Como um importante constructo para a compreensão dos processos perceptivos e funções cognitivas em geral (em especial capacidades executivas), ela subjaz a todo processo cognitivo, direcionando os processos mentais conscientes e inconscientes, através dos sentidos, memórias e outros processos. Na verdade, os processos atencionais estão em diferentes áreas do córtex pré-frontal, do córtex dorso-lateral (atenção dividida), do córtex cíngulo anterior (atenção seletiva, resistência a distratores), etc. (CAPOVILLA; ASSEF; COZZA, 2007; CAPOVILLA; DIAS, 2008; DAVIDOFF, 2001; KAIRALLA *et al.*, 1999; LIMA, 2005; LIMA; TRAVAINI; CIASCA, 2009; MONTIEL *et al.*, 2014; SERUCA, 2013; STERNBERG, 2008).

No que tange às FEs, estudiosos têm pesquisado para compreendê-las. Um dos pioneiros foi Lezak (1982), que as definiu como “o coração” das habilidades sociais. Diamond (2006) e Diamond e Lee (2011), definiram-nas como habilidades vitais - indicadores de saúde, bem-estar, sucesso educacional e profissional. Bettcher *et al.* (2016) entendem-nas como construção complexa e heterogênea que requer integração e manipulação dos múltiplos processos

cognitivos (*inputs*). Para Léon *et al.* (2013), elas são um conjunto de habilidades cognitivas fundamentais para se aprender coisas novas, raciocinar ou se concentrar em ambiente com muitos estímulos, permitindo que o indivíduo interaja, direcione e regule suas habilidades intelectuais, emocionais e sociais.

A evolução dessas concepções deu origem a dois modelos: Construto Único e Múltiplos Processos. No modelo de Construto Único de Luria (1973), o cérebro é subdividido em três unidades: excitabilidade do córtex; processamento e armazenamento da informação; programação, regulação e verificação do comportamento humano, além disso, os processos cognitivos, vinculados ao lobo frontal, são um único sistema que organiza e engloba as FEs. Nessa mesma linha, estão os trabalhos de: Memória de Trabalho (MT) de Baddeley e Hitch (1974), Sistema Atencional Supervisor (SAS) - específico para processamento da informação de Norman e Shallice (1986), Teoria da Informação Contextual de Cohen (1992) e Acontecimentos Complexos Estruturados de Grafman (1995). Nos modelos de Múltiplos Processos, a compreensão é de que haja uma série de fatores distintos no cérebro, porém interligados, e o controle executivo é fruto de funções primárias do córtex pré-frontal. Estão nesse modelo temos: a Representação Hierárquica dos Lobos Frontais de Fuster (2008), a teoria da Complexidade Cognitiva e Controle de Zelazo e Frye (1998) e as Sete Funções Atencionais de Stuss e Alexander (2000), distinguindo-se, assim, o processamento automático do processamento controlado na seleção de respostas. Encontramos, também, os trabalhos de: Cardoso *et al.* (2015); Diamond, (2006); Hamdan e Pereira (2009); Kluwe-Schiavon, Viola e Grassi-Oliveira (2012); Lima, Traivani e Ciasca (2009); Sporns, (2011), entre outros. Atualmente, o modelo de Diamond (2012), inspirado no modelo de Miyake *et al.* (2000), tem explicado a complexidade e interação das FEs com as habilidades cognitivas. Tal modelo

divide as FEs em três principais habilidades e seus subcomponentes que são: controle inibitório, MT e flexibilidade cognitiva.

Numa situação de ensino e aprendizagem, a atuação das FEs torna-se mais clara, se compararmos a *performance* de um estudante a do maestro e sua orquestra. Num concerto, cada músico é responsável por tocar o seu instrumento, porém, somente isso não basta para se ter uma boa sinfonia. Um maestro tem função importante na condução de todos os integrantes dessa orquestra, começando pela escolha da peça a ser tocada, pela manutenção dos músicos no ritmo e tempo certos na apresentação, bem como, pela introdução de diferentes instrumentos no momento apropriado. Se na orquestra, a atuação do maestro é essencial para a integração uníssona de seus músicos, na complexidade do funcionamento cerebral, as FEs coordenam a forma integrada de seus componentes (PINTO, 2008). Em suma, as demandas cognitivas são intimamente influenciadas pela atenção e pelas FEs (LIMA; TRAVAINI; CIASCA, 2009).

Nesse cenário, vale comparar a sintonia que existe entre a prática educativa e os processos de aprendizagem na educação básica brasileira. Em 2005, através do Ideb (Índice de Desenvolvimento da Educação Básica), o Brasil estabeleceu metas para avaliar o ambiente de sala de aula e a qualidade da educação. Nesse sentido, o objetivo, até 2021, é atingir a nota 6,0 (patamar educacional dos Estados Unidos, o Canadá, a Inglaterra e a Suécia); já que os dados de 2015 não foram animadores. Isso porque os municípios alcançaram 74,7% das metas dos anos iniciais (1º ao 5º), enquanto que elas não foram cumpridas nos anos finais (6º ao 9º). No ensino médio, os dados permanecem estagnados, desde 2011 (BRASIL, 2016).

Alterar essa rota, com vistas ao sucesso, é sempre um desafio. Como professora atuante, nos ensinamentos fundamental e médio, entendo que temos muito a aprender sobre o cérebro, habilidades cognitivas, dificuldades de

aprendizagem, etc., buscando justificativas para os fracassos em sala de aula. Por isso, a importância desse tema ser pauta de investigação e ser compartilhamento em reuniões pedagógicas. Certamente, o debate sobre esse assunto provocará reflexão, mudanças e direcionamento a novas práticas educativas.

Diante do exposto, este artigo teve o propósito de identificar trabalhos publicados, à luz das Neurociências, que contribuem para elucidar o papel dos processos atencionais nas FEs. Num segundo momento, foram verificados quais desses estudos estabelecem relações com os achados neuroanatômicos. Para tanto, através de uma revisão sistemática dos últimos 5 anos, verificou-se em que medida a atenção influencia as FEs para a aprendizagem de maneira positiva ou negativa. Na sequência, descreveram-se os tipos de atenção, subcomponentes executivos e as regiões cerebrais, envolvidos no desenvolvimento da atenção e FEs e a sua relação com o processo de aprendizagem.

2 Método

O presente artigo é uma revisão sistemática, com base nas recomendações do Método Prisma. Uma revisão da literatura foi feita para compilar dados, a partir de informações dos últimos cinco (5) anos, que constavam no indexador eletrônico – Pubmed (artigos em língua inglesa). A seleção e escolha desses artigos foram de outubro a dezembro de 2017.

Para a seleção dos artigos, os critérios de inclusão foram: (a) humanos saudáveis; (b) publicações entre 2013 e 2017; (c) publicações somente em inglês e (d) revisões sistemáticas, meta-análises e ensaio clínico randomizado. As palavras-chave utilizadas foram: attention OR selective attention OR sustained attention AND executive functions OR executive function OR working memory OR cognitive flexibility OR inhibitory control OR inhibition AND learning OR school performance OR academic. E ainda, para atender os critérios

de exclusão, adicionou-se a conjunção NOR seguida de: adhd, disability, psychiatric childhood, stress, disease, illness, disorder.

A exclusão dos artigos foi da seguinte forma: a) primeira etapa, foram eliminados quarenta e nove (49) artigos, agrupados em: animais (1), problemas de maus-tratos, impulsividade, desnutrição, dependência de fumo, discalculia (8), doenças (epilepsia, leucemia, obesidade, câncer, excesso de hormônios, síndrome do X-frágil, ansiedade, dano cerebral, diabetes, risco de vida, paralisia) (31), memória visoespacial (2) e interferência cultural, musical, bilinguismo, exercícios físicos (7); b) segunda etapa, foram eliminados vinte e nove (29) artigos, categorizados em: animais (1), impulsividade, distúrbio emocional, interferência socioeconômico, racial e genética (8), doenças (risco neonatal, lesão cerebral, auditiva, autismo) (10), foco em memória visoespacial, memória trabalho e velocidade cognitiva (5), modelos de intervenção (4) e aleta (por marca d'água) de erro na pesquisa (1); e c) terceira, última etapa, foram desconsiderados sete (7) artigos, reunidos em: doenças (risco neonatal, lesão cerebral) (5) e foco em problemas (atenção e memória visoespacial) (2).

No que tange a elegibilidade dos estudos, a seleção dos artigos foi conduzida de forma independente, sem a participação de juízes, nas três etapas distintas. Nas etapas 1 e 2, a análise dos artigos deu-se pela avaliação dos títulos e resumos. Na terceira etapa, cada texto, separadamente, foi analisado na íntegra, dando origem a um quadro-síntese (Apêndice), cujo conteúdo está nos resumos deste artigo.

3 Resultados

A busca bibliográfica resultou em 96 artigos. Na primeira etapa, quarenta e nove (49) desses artigos não estavam relacionados ao tema, possibilitando a escolha de quarenta e sete (47) artigos. Na segunda etapa, vinte e nove (29) artigos foram excluídos e dezoito

(18) selecionados. Na última etapa, sete (7) artigos foram eliminados, resultando onze (11) artigos a serem analisados. Nessa última etapa, acrescentaram-se dois (2) artigos, porque tratavam de questões neuroanatômicas.

Dito isso, o resultado dessa amostra foi de treze (13) artigos. As palavras-chave, utilizadas para as buscas na base de dados, e o resultado final de artigos encontrados e aceitos, de acordo com os critérios pré-definidos, são apresentados na figura 1.

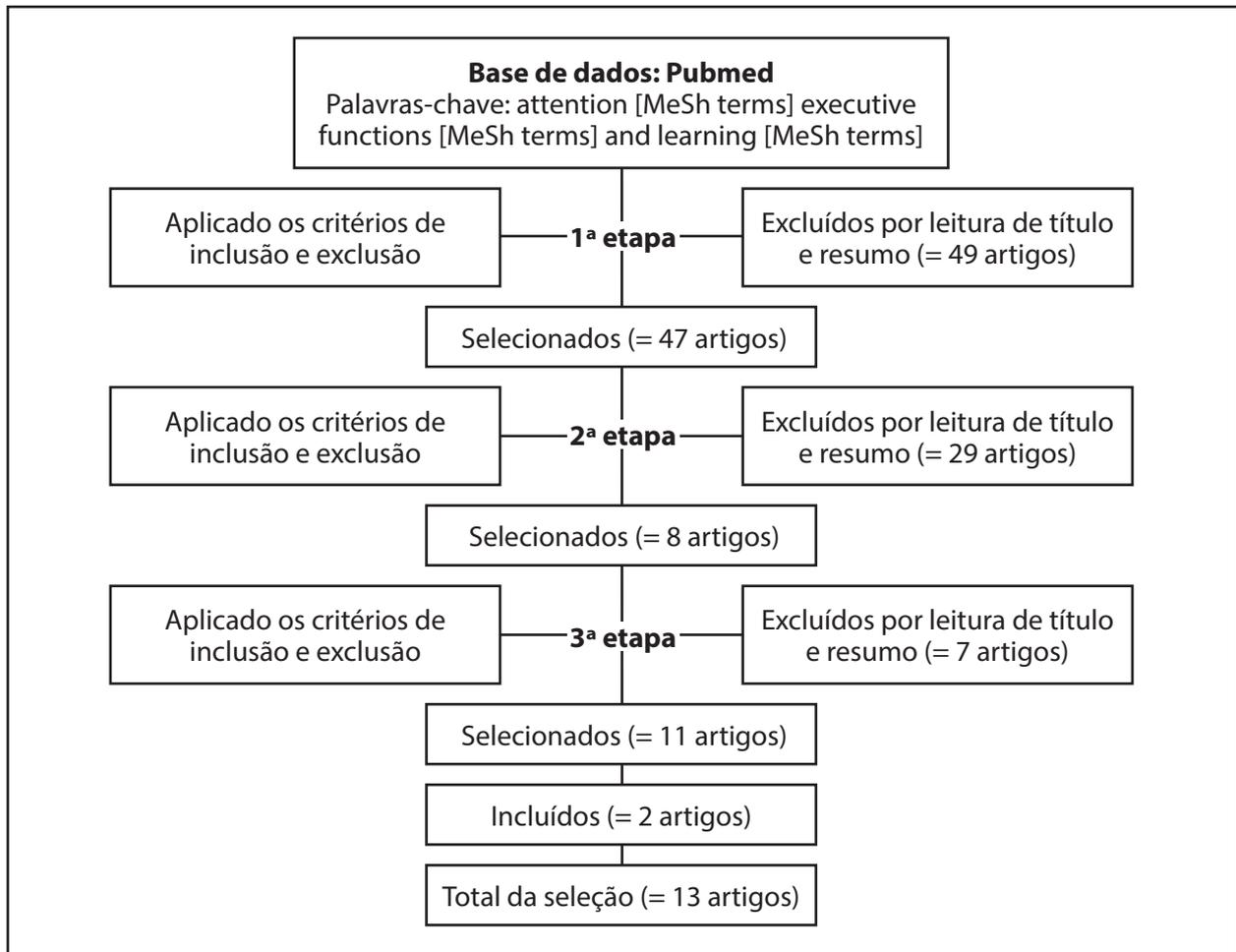


Figura 1 - Número de artigos excluídos e selecionados na base de dados Pubmed
Fonte: A autora (2018).

Na sequência das três triagens, os treze artigos foram lidos, resumidos e tabulados (Apêndice) para uma melhor visualização e adequação aos objetivos geral e específicos deste artigo. A seguir, serão descritos os estudos selecionados por ordem cronológica.

1) Xu *et al.* (2013) examinaram 457 crianças e adolescentes chinesas e testaram as diferenças no desenvolvimento das FEs em três grupos distintos: 7 a 9 anos, 10 a 12 anos e 13 a 15 anos. Os testes comprovaram que os sistemas

neurocognitivos (suportam diferentes aspectos das FEs), tornam-se específicos, progredindo de habilidade cognitiva geral para mais específica pela metade da adolescência (13-15 anos), atingindo a maturidade dos 25 aos 28 anos. Essa evolução parece estar relacionada à dinâmica estrutural e funcional da massa cinzenta no córtex pré-frontal (CPF) que muda pelos 12 anos. A partir daí, a MT, a inibição e flexibilidade cognitiva assumem diferentes trajetórias, amadurecendo gradualmente.

2) Passow *et al.* (2013) investigaram diferenças entre distratores (saliência perceptual) e controle atencional, durante o processamento auditivo em quatro grupos distintos, sendo: 24 crianças (7-8 anos) e crianças (11 - 12 anos); 24 jovens destros (23 - 35 anos) e 25 adultos destros (65-76 anos). Em tarefas de discriminação silábica (consoante e vogal, sonoras e surdas) e distratores das sílabas com redução de decibéis nos ouvidos direito e esquerdo, as crianças mais velhas (11-12 anos) foram capazes de exercer controle atencional para superar informações de audição irrelevantes nos ouvidos, diferente dos mais jovens. Os adultos mais velhos (65-76 anos) revelaram dificuldades nos estímulos distratores e no controle da atenção. Para os autores, há uma linha de desenvolvimento da rede de atenção executiva (*sistema de supervisão*) que resolve conflitos entre diferentes estímulos competitivos, bem como, em planejamento e tomada de decisão. A atenção executiva é necessária para resolver conflitos entre orientação exógena (*bottom-up*), onde a atenção é capturada involuntariamente, e orientação endógena (*top down*), onde a atenção é capturada voluntariamente pelos ouvidos. Sendo assim, a maturação das estruturas parietal e frontal (envolvidas na intensidade do som e na atenção) é provavelmente aos 10 anos, e a habilidade em focar numa tarefa relevante pode estar relacionada a diferenças individuais, ao exercer atenção em determinada tarefa.

3) Friedman *et al.* (2014) exploraram o desenvolvimento do planejamento executivo de crianças em idade escolar e, também, verificaram se as variáveis do ambiente familiar influenciam as habilidades cognitivas básicas, para o planejamento e, finalmente, ao desempenho acadêmico. Para verificar planejamento, foram feitos testes verbais com 1.364 crianças no primeiro (6-7 anos), terceiro (9-10 anos) e quinto (11-12 anos) anos escolares. Os testes foram *Tower of Hanoi* (TOH) e subtestes de reconhecimento de palavras, de compreensão por múltipla escolha e de matemática. Na sequência, os

autores concluíram que, através da atenção sustentada acessada pelo *Continuous Performance Task* (CPT), as crianças, durante o planejamento, reconheceram e responderam a um estímulo alvo. E mais, a educação familiar afeta o planejamento (habilidade-chave das FEs) que, por sua vez, influencia no desempenho acadêmico. A qualidade na educação, atenção sustentada, inibição e Memória de Curto Prazo (MCP) são significativas para o planejamento.

4) Dinteren *et al.* (2014) revisaram e analisaram a atuação da onda positiva de encefalograma (P300), cuja origem é no córtex pré-frontal e no hipocampo, em 1.572 participantes num estudo longitudinal (6- 87 anos) e em outros 75 estudos. Segundo os autores, o P300 parece ser o indicador direto de velocidade de processamento cognitivo e indireto de desempenho cognitivo. A amplitude dessa onda representa a atividade mental, quando distratores são apresentados. Quanto mais familiar e mais evidente um estímulo, menos processamento cognitivo é exigido, diminuindo as amplitudes do P300. Em crianças, a latência aumenta gradualmente, e a amplitude aumenta com a adolescência até um máximo, regredindo com a idade. Na fase adulta, há um declínio parietal da amplitude do P300 e, portanto, um declínio no desempenho em testes de processamento de informações superiores (memória, atenção, FEs). A latência e a amplitude refletem maturação do cérebro, sendo a melhor *performance* aos 30 anos. Em suma, o desenvolvimento do P300 é um processo endógeno, minimamente influenciado por processos exógenos (educação, ambiente familiar).

5) Cuevas e Bell (2014) realizaram um estudo com 202 crianças (24, 36 e 48 meses) e, por análise longitudinal sistemática, pesquisaram a relação da atenção com o surgimento das FEs (memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva) na primeira infância. Para tanto, revisaram sobre o desenvolvimento de diferentes sistemas atencionais e de circuitarias neurodesenvolvimental e, ainda, de como esses dois sistemas se relacionam com as FEs. Foram

realizados testes: de atenção, de motricidade intraoral (língua), de habilidade verbal. Para os autores, há uma forte conexão entre as áreas parietal (rede de orientação) e as áreas frontais-lateral e média (rede executiva). Conforme esses autores, o córtex frontal é fundamental para a atenção executiva e para as FEs (mediadas pela atenção endógena). A atenção endógena emerge, quando os processos básicos atencionais se integram aos da memória, através de maturação da circuitaria frontal. Dessa forma, a atenção endógena determina a cognição de ordem superior (dependentes do córtex frontal), que subjaz ao comportamento de ações direcionadas (planejamento), surgindo pela segunda metade do primeiro ano de vida, exibindo moderada estabilidade aos quatro (4) anos.

6) Gould *et al.* (2014) avaliaram 184 crianças nascidas de mães que ingeriram ômega-3 (ácido graxo poli-insaturado - DHA) nos três últimos meses de gravidez. O estudo se justificou, porque nesse período, há um intenso acúmulo de ômega-3 nos tecidos neurais, como também, há um intenso crescimento dos lobos frontais e do hipocampo, responsáveis por habilidades cognitivas de alta complexidade (FEs). Houve, então, a análise da placenta do cordão umbilical, para comprovar o efeito da concentração do DHA. Posteriormente, quando maiores, essas crianças foram submetidas a tarefas, para avaliar a atenção sustentada, MT e controle inibitório. Entre esses testes estavam: testes de objeto único (sem estímulos distratores), múltiplos objetos (cinco brinquedos) e tarefa de distração (quatro brinquedos e oito estímulos distratores). Como resultado, a pesquisa não teve êxito, porque a ingestão de DHA pelas gestantes não influencia o crescimento do cérebro do bebê. Em outras palavras, o armazenamento de DHA materno e a síntese da regulação do DHA protegem as estruturas neurológicas do feto de um suboptimal desenvolvimento.

7) Anderson (2014), por revisão literária (27 estudos) e meta-análise (3.504 crianças), descreveu a natureza de dificuldades cognitivas em

crianças prematuras (menores de 32 semanas), em termos de frequência e severidade de déficits. Segundo o autor, há a aceitação de que o QI (Quociente de Inteligência) e a atenção (habilidade cognitiva fundamental para a aquisição de novas habilidades e conhecimentos) são reduzidos. E ainda, as tarefas de processamento cognitivo simples podem depender de atenção seletiva, MT e controle motor (habilidades cognitivas centrais). Déficits nesses domínios podem, mesmo que, parcialmente, explicar dificuldades de aprendizagem em níveis de ordem superior, língua e FEs. Em suma, crianças nascidas prematuras apresentam risco de debilidade acadêmica e cognitiva generalizada e requerem vigilância ao longo de seu desenvolvimento.

8) De Jong *et al.* (2016) investigaram a capacidade de atenção (seletiva e concentrada) em 95 bebês (18 meses). Foi utilizada uma bateria de testes, chamada *Utrecht Tasks of Attention* (UTATE), que é baseada nos movimentos dos olhos. Foram incluídos quatro modelos: a) um fator - atenção (construto único); b) dois fatores - orientação (capacidade de se orientar e mudar o foco atencional) / alerta (habilidade de atingir e manter o estado de alerta) e atenção executiva; c) dois fatores - orientação / atenção executiva e alerta ; d) três fatores - orientação, alerta e atenção executiva. O estudo trouxe as seguintes correlações: forte (sistemas de orientação e alerta), moderada (alerta e sistemas executivos de atenção, planejamento e comportamento inibitório) e fraca (orientação e sistemas de atenção executiva). Essas relações indicaram que os sistemas de atenção apresentam diferentes cursos desenvolvimentais. A orientação e alerta são mais fortes em bebês (da função adaptativa à função executiva nas demandas cognitivas).

9) Muhle-Karbe *et al.* (2016) produziram meta-análise de neuroimagens numa faixa de 45 a 190 experimentos, como objetivo de testar e elucidar o papel da área junção frontal inferior (IFJ) da cognição humana. A IFJ faz o controle da ação, atenção e memória. Segundo os autores, na região posterior final do sulco

intraparietal esquerdo (IFS), há um núcleo, chamado IFJ (dentro do lobo frontal), responsável pela transição dessa área com diferentes partes do córtex pré-frontal lateral (LPFC). Sua função é mais geral e pode contribuir com uma variedade de demandas cognitivas, distinguindo a informação irrelevante na codificação, tais como: controle da atenção visual seletiva, codificação de estímulos na MCP, flexibilidade cognitiva, estímulos distratores, controle inibitório e MT. Desse modo, o IFJ serve para afunilar a interface dos processamentos *bottom-up and top-down*, enquanto que regiões mais à frente do córtex pré-frontal dorsolateral (DLPFC) participam, de forma geral, no controle top-down, para fazer cumprir os objetivos das tarefas contra interferência externa.

10) Dippel *et al.* (2016) investigaram mecanismos neuropsicológicos e redes neuroanatômicas funcionais em tarefa de caráter inibitório em 18 participantes. Para isso, utilizaram testes computadorizados e EEG (eletroencefalograma) para avaliar a atenção sustentada (SART - GO/Nogo task). Na primeira tarefa, numa tela, em dígitos de 1 a 9, não deveria ser pressionado um botão, quando o dígito 3 aparecesse (inibição da resposta); na segunda tarefa, de forma contrária à primeira, se o número 3 aparecesse, o botão deveria ser pressionado. Os resultados corroboraram com a ideia de que, dependendo do modo de resposta, a atividade da banda theta não somente emerge na área pré-frontal medial, mas também na junção parietal-temporal (TPJ). Essa é uma parte do cérebro importante para o processamento de estímulos de tarefa relevante, particularmente, quando eles são inesperados ou raros. Em outras palavras, a TPJ atualiza as representações internas, por meio de informações sensoriais, para iniciar ações apropriadas em estímulos inesperados.

11) Jipp (2016) investigou, em 85 estudantes (18 a 39 anos), a influência da MT e da atenção sustentada (sinônimo de vigilância) sobre bloqueio cognitivo (falhas). Durante o processamento cognitivo, pode ocorrer a primeira

falha, pensar-se nela e ignorar as falhas subsequentes, influenciado pela automação e pressão do tempo. Para acessar a MT e a atenção sustentada (falhas consecutivas) foram realizadas tarefas de alternância de figuras, enquanto o processamento simultâneo era capturado por testes computadorizados, indutores de falhas automáticas. Nesses testes, foram contemplados: reação do tempo (testou MT); ligação de figuras (testou supervisão); processamento e armazenamento simultâneo (testou memorização e execução de operações matemáticas); atenção sustentada (testou flexibilidade cognitiva na movimentação de sete triângulos). O autor concluiu que a MT e a atenção auxiliavam na rapidez do processamento da informação, caso contrário, quando a falha emergia, sem o raciocínio ter sido completado, havia automação das falhas. Há, portanto, uma estreita relação entre MT (associada a funções cognitivas - raciocínio, tomada de decisões e planejamento) e atenção sustentada (ficar atento a um estímulo por um período mais longo).

12) Bettcher *et al.* (2016), ao utilizar testes verbais e neuroimagens, verificaram, em 202 adultos saudáveis neurologicamente, que volumes de massa cinzenta pré-frontal estão significativamente associados às FEs, mas elas não podem ser vistas de forma isolada. Com base nessa natureza multifacetada das FEs e no modelo teórico de Miyake *et al.* (2000), os autores desenvolveram tarefas (blocos de cores e formas, pares de letras e números, memória de letras, N-back 1 e 2, tarefa antissacada, etc.) para acessar as FEs, através da MT, da flexibilidade cognitiva, do controle inibitório e da velocidade de processamento, como suporte às associações das FEs e à massa cinzenta pré-frontal. Numa evolução das micro-estruturas da massa branca fronto-parietal, as fibras do corpo caloso (flexibilidade e inibição) e cingulado (MT) evidenciaram forte associação com as variáveis individuais das FEs. Esses achados revelaram que as contribuições pré-frontais das FEs não podem ser vistas isoladas da massa branca e

cinzenta que também estão distribuídas em outras partes do cérebro.

13) Siffredi *et al.* (2017) validaram e identificaram padrões de ativação para codificação, manutenção e recordação em 16 crianças e adolescentes, entre 8 a 16 anos. Aos participantes eram apresentadas letras maiúsculas com dois ou três espaços (a serem preenchidos, para recordação posterior). Tudo isso, para separar processos da MT (codificação, manutenção e lembrança), armazenamento verbal e manutenção de foco em tarefas concorrentes verbais (letras - dentro do domínio) e visuais (faces - atravessamento). Os autores concluíram que há um padrão de ativação que abrange principalmente os córtices pré-frontais bilaterais, bem como áreas temporais e parietais, confirmando que a MT envolveu as redes cerebrais associadas ao estímulo visual e às FEs. No que se refere à rede atencional para a recordação, a área ativada é a fronto-parietal. Em outras palavras, as demandas específicas de uma tarefa concorrente afetam a forma como os itens são mantidos na MT, bem como a interferência seletiva verbal (dependente do córtex visual para a recordação) que é diferente da interferência visual, cujos sistemas visuais de manutenção ficam intactos.

4 Discussão

O presente estudo investigou a influência dos processos atencionais nas FEs e relações dessas habilidades cognitivas com achados neuroanatômicos. E ainda, fizeram parte desta revisão sistemática: tipos de atenção, subcomponentes executivos, regiões cerebrais que pudessem influenciar a aprendizagem positiva ou negativamente. Para tanto, dos 96 artigos, onze foram selecionados, com o acréscimo de dois (2) artigos independentes, totalizando treze (13) artigos, que passamos a descrevê-los.

Cinco estudos trataram da questão maturacional cerebral e/ou sua relação com a atenção. Sendo assim, temos: Xu *et al.* (2013), examinaram a dinâmica estrutural e funcional do córtex

pré-frontal que muda por volta dos 13-15 anos, atingindo seu melhor desempenho por volta dos 25-28 anos. Dinteren *et al.* (2014), corroboram com esses autores, ao indicarem que há um caminho maturacional, comprovado pela latência e amplitude da onda P300 do EEG (indicador direto de velocidade de processamento cognitivo e indireto de desempenho cognitivo), porém acrescentam que o amadurecimento da circuitaria neuronal é proporcional ao amadurecimento da atenção endógena. Na sequência, Cuevas e Bell (2014) revelam que a atenção endógena amadurece, quando os processos básicos atencionais se integram aos da memória. De Jong *et al.* (2016), apontaram que há diferentes cursos desenvolvimentais dos sistemas de atenção, evoluindo da função adaptativa até a atenção executiva (maturação, provavelmente, aos 10 anos), cujo controle, para Passow *et al.* (2013), é aos 12 anos.

No que se refere aos tipos de atenção, tivemos: a atenção sustentada em Dippel *et al.* (2016); Friedman *et al.* (2014); Gould *et al.* (2014) e Jipp (2016); atenção executiva em Cuevas e Bell (2014); Passow *et al.* (2013) e Siffredi *et al.* (2017); atenção seletiva em Anderson (2014) e Muhle-Karbe *et al.* (2016); atenção, no sentido geral, em Dinteren *et al.* (2014) e atenção seletiva, concentrada e executiva no artigo de De Jong *et al.* (2016). No corpo dos artigos de Bettcher *et al.* (2016) e Xu *et al.* (2013) não há menção da palavra atenção, apenas no resumo.

Para Dippel *et al.* (2016), a atenção sustentada é fortemente exigida no controle atencional (áreas posteriores parietal e occipital) e no controle cognitivo (áreas frontais mediais). Sem atenção sustentada, as falhas automatizam-se (JIPP, 2016). Para Friedman *et al.* (2014), a atenção sustentada é importante na rapidez do processamento da informação, no planejamento e no desempenho acadêmico. Diferente das demais propostas, Gould *et al.* (2014) avaliaram a atenção sustentada em bebês, a partir da ingestão de ômega-3 por gestantes. Segundo os autores, a atenção se

desenvolve mais rapidamente com o consumo desse suplemento, porém não houve comprovação de sua eficácia nos testes realizados.

Quatro trabalhos tiveram a preocupação com a atenção executiva. Passow *et al.* (2013), afirmou que existe uma rede de atenção executiva capaz de resolver conflitos entre orientação exógena (*top-down*) e endógena (*bottom-up*). Em Cuevas e Bell (2014), encontra-se que a atenção endógena determina a cognição de ordem superior (MT, controle inibitório e flexibilidade cognitiva). De Jong *et al.* (2016), acreditam que o desenvolvimento da atenção executiva surge nas demandas cognitivas que, na visão de Siffredi *et al.* (2017), requer uma rede atencional em processos de recordação, ativando a área fronto-parietal.

Ainda que a maioria dos trabalhos mencionasse a atenção sustentada e executiva como importantes no desempenho cognitivo, a atenção seletiva esteve presente em dois trabalhos: Anderson (2014) e Muhle-Karbe *et al.* (2016), seguidos da atenção concentrada dos trabalhos de De Jong *et al.* (2016). Bettcher *et al.* (2016) e Xu *et al.* (2013) que focaram seus trabalhos nas estruturas e nos componentes neurocognitivos para as FEs. Não mencionaram, portanto, a relação entre as habilidades de atenção e os achados neuroanatômicos.

Em situações diárias, a atenção e as FEs permitem a inter-relação com as demais funções cognitivas para a aprendizagem efetiva. Em cinco artigos, Bettcher *et al.*, (2016); Cuevas; Bell, (2014); Friedman *et al.* (2014); Muhle-Karbe *et al.*, (2016); Xu *et al.*, (2013), a atenção é determinante na cognição de ordem superior. Nesse sentido, com base na dinâmica estrutural e funcional da massa cinzenta do córtex pré-frontal, todos esses autores mencionaram que a MT, o controle inibitório e a flexibilidade cognitiva têm amadurecimento gradual, a exemplo do que estudou Miyake *et al.* (2000) e Diamond (2012). Friedman *et al.* (2014) e Muhle-Karbe *et al.* (2016) acrescentaram, aos três componentes cognitivos anteriores, a

MCP, como importante para o planejamento (habilidade-chave nas FEs).

Importante ressaltar que, a MT apareceu em nove pesquisas: Anderson (2014), Bettcher *et al.* (2016), Cuevas e Bell (2014), Friedman *et al.* (2014), Gould *et al.* (2014), Jipp (2016), Muhle-Karbe *et al.* (2016), Siffredi *et al.* (2017) e Xu *et al.* (2013). Isso se deve ao fato de que a MT é uma habilidade cognitiva central que auxilia na velocidade cognitiva e na atualização de informações relevantes. Déficits nessa habilidade justificam vulnerabilidades de aprendizagem em domínios das FEs. Esses autores também mencionaram raciocínio, tomada de decisão e controle como componentes executivos importantes na aprendizagem.

Duas pesquisas aprofundaram a função da junção parietal-temporal (IFJ). Segundo Muhle-Karbe *et al.* (2016), no sulco inferior do córtex pré-frontal lateral posterior (LPFC), a IFJ afunila a interface dos processamentos *bottom-up and top-down* na codificação. Sua função é distinguir as informações irrelevantes, controlando a ação, a atenção e a memória (*top-down*) para suspender a interferência externa. Nessa linha, Dippel *et al.* (2016) estudaram a TPJ em tarefas de controle inibitório. Para eles, graças à atividade da banda theta, ações apropriadas emergem, quando há estímulos inesperados.

Por último, a educação familiar e sua influência na cognição foram abordadas em dois artigos. Friedman *et al.* (2014) entenderam que um ambiente enriquecido cognitivamente fornece um caminho significativo para o planejamento, considerado habilidade-chave das FEs, ou seja, quanto maior a educação familiar, melhor é a cognição básica, FEs e realizações. De forma contrária, Dinteren *et al.* (2014) apontam que o processo endógeno é minimamente influenciado por processos exógenos (aprendizagem através do ambiente familiar), comprovado pela latência e amplitude do P300, considerado indicador direto de velocidade cognitiva e indireto de desempenho cognitivo.

5 Conclusão

As estruturas cerebrais agem em cooperação hemisférica e em rede de ativação bilateral fundamentais à atenção e às FEs. Sob esse olhar, este trabalho, por revisão sistemática, evidenciou artigos científicos que tratavam da influência dos processos atencionais nas FEs, para a aprendizagem de forma positiva ou negativa, descrevendo tipos de atenção, subcomponentes executivos e regiões cerebrais. Na sequência, foram verificados quais desses estudos estabeleciam relações com achados neuroanatômicos.

Nessa perspectiva, três regiões corticais merecem ser destacadas: o córtex pré-frontal lateral que realiza as FEs, o cíngulo que atua nas memórias e na aprendizagem, e o ventromedial que desempenha funções de controle inibitório, tomada de decisão e processos de atenção. Essa estreita relação entre córtex cerebral, estruturas encefálicas subcorticais, aferências sensoriais e funções cognitivas é essencial para o processo de aprendizagem. À medida que os sistemas neurocognitivos amadurecem, as FEs tornam-se específicas (13-15 anos). Assim, as habilidades cognitivas (MT, inibição e flexibilidade cognitiva) acompanham o amadurecimento gradual das FEs, explicando a sua complexidade e a interação com as habilidades cognitivas. Na relação entre as funções cognitivas e a aprendizagem, a atenção é parte essencial, atuando por várias combinações nesse processo distribuído.

Dada a importância do tema abordado neste estudo, é necessário que futuras pesquisas apontem a atenção em processos reais de ensino e aprendizagem, já que os autores dos artigos pesquisados tangenciaram essa preocupação. Outra sugestão é de que a atenção seja estudada com estímulos distratores em ambientes educacionais (uso de fones, hábito tão comum entre os estudantes) ou trabalhos que verifiquem a atenção com excesso de barulho (medidos os decibéis por m² de uma sala de aula). Por fim, pesquisas que explorassem mais a importância da família na estimulação precoce da atenção e FEs para o desempenho escolar.

Referências

- ANDERSON, P. J. Neuropsychological outcomes of children born very preterm. **Seminars in Fetal and Neonatal Medicine**, v. 19, n. 2, p. 90-96, 2014.
- BADDELEY, A.; HITCH, G. Working memory. **Psychology of Learning and Motivation**, v.8, p. 47-89, 1974.
- BETTSCHER, B. M. *et al.* Neuroanatomical substrates of executive functions: beyond prefrontal structures. **Neuropsychologia**, v. 86, p. 100-109, 2016.
- BRASIL. **IDEB - Apresentação**. 2016. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/conheca-o-ideb>>. Acesso em: 16 maio. 2017.
- CAPOVILLA, A. G. S.; ASSEF, E. C. S.; COZZA, H. F. P. Avaliação neuropsicológica das funções executivas e relação com desatenção e hiperatividade. **Avaliação Psicológica**, v. 6, n. 1, p. 51-60, 2007.
- _____; DIAS, N. M. Desenvolvimento de habilidades atencionais em estudantes da 1a à 4a série do ensino fundamental e relação com rendimento escolar. **Revista Psicopedagogia**, v. 25, n. 78, p. 198-211, 2008.
- CARDOSO, C. O. *et al.* Funções executivas e regulação emocional: intervenções e implicações educacionais. In: DIAS, N. M.; MECCA, T. P. (Org.). **Contribuições da neuropsicologia e da psicologia para intervenção no contexto educacional**. São Paulo: Memnon, 2015. p. 292.
- COHEN, J. A power primer. **Psychological Bulletin**, v. 112, p. 155-150, July 1992.
- CUEVAS, K.; BELL, M. A. Infant attention and early childhood executive function. **Child Development**, v. 85, n. 2, p. 397-404, 2014.
- DAVIDOFF, L. L. **Introdução à psicologia**. 3. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 2001.
- DE JONG, M. *et al.* Factor structure of attention capacities measured with eye-tracking tasks in 18-month-old toddlers. **Journal of Attention Disorders**, v. 20, n. 3, p. 230-239, 2016.
- DIAMOND, A. Activities and programs that improve children's executive functions. **Current Directions in Psychological Science**, v. 21, n. 5, p. 335-341, Oct. 2012.

- _____. The early development of executive functions. In: BIALYSTOK, E.; CRAIK, F. I. M. (Ed.). **Lifespan cognition - mechanisms of change**. New York: OUP, 2006. p. 396.
- _____; LEE, K. Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. **Science**, v. 333, n. 6045, p. 959-964, Aug. 2011.
- DINTEREN, R. *et al.* P300 development across the lifespan: a systematic review and meta-analysis. **PLoS ONE**, v. 9, n. 2, 2014.
- DIPPEL, G. *et al.* Response mode-dependent differences in neurofunctional networks during response inhibition: an EEG-beamforming study. **Brain Structure and Function**, v. 221, n. 8, p. 4091-4101, 2016.
- FRIEDMAN, S. L. *et al.* Planning in middle childhood: early predictors and later outcomes. **Child Development**, v. 85, n. 4, p. 1446-1460, 2014.
- FUSTER, J. M. Anatomy of the prefrontal cortex. In: **The prefrontal cortex**. 4th ed. Los Angeles: Elsevier, 2008. p. 387.
- GIL, R. **Neuropsicologia**. 2. ed. São Paulo: Santos, 2002.
- GOULD, J. *et al.* Randomized controlled trial of maternal omega-3 long-chain PUFA supplementation during pregnancy and early childhood development of attention, working memory, and inhibitory control. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 99, p. 851-859, 2014.
- GRAFMAN, J. Similarities and distinctions among current models of prefrontal cortical functions. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 769, p. 337-368, Dec. 1995.
- HAMDAN, A. C.; PEREIRA, A. P. A. Avaliação neuropsicológica das funções executivas: considerações metodológicas. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 22, n. 3, p. 386-393, 2009.
- JIPP, M. Reaction times to consecutive automation failures. **Human Factors**, v. 58, n. 8, p. 1248-1261, 2016.
- KAIRALLA, I. C. J. *et al.* Atenção e esquizofrenia. **Psychiatry on line Brasil**, v. 4, n. 3, 1999.
- KLUWE-SCHIAVON, B.; VIOLA, T. V.; GRASSI-OLIVEIRA, R. Modelos teóricos sobre construto único ou múltiplos processos das funções executivas. **Revista Neuropsicologia Latinoamericana**, v. 4, n. 2, p. 29-34, 2012.
- LÉON, C. B. R. *et al.* Funções executivas e desempenho escolar em crianças de 6 a 9 anos de idade. **Revista Psicopedagogia**, v. 4, n. 3, p. 1-103, 2013.
- LEZAK, M. D. The problem of assessing executive functions. **International Journal of Psychology**, v. 17, n. 1-4, p. 281-297, Jan. 1982.
- _____. *et al.* **Neuropsychological assessment**. Nova York: Oxford University, 2012.
- LIMA, R. F. Compreendendo os mecanismos atencionais. **Ciências e Cognição**, v. 6, p. 113-122, 2005.
- _____; TRAVAINI, P. P.; CIASCA, S. M. Amostra de desempenho de estudantes do ensino fundamental em testes de atenção e funções executivas. **Revista Psicopedagogia**, v. 26, n. 80, p. 188-199, 2009.
- LURIA, A. R. **Fundamentos de neuropsicologia**. Rio de Janeiro: LTC, 1981.
- _____. **The working brain: an introduction to neuropsychology**. New York: Basic Books, 1973.
- MIYAKE, A. *et al.* The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: a latent variable analysis. **Cognitive Psychology**, v. 41, n. 1, p. 49-100, Aug. 2000.
- MONTIEL, J. M. *et al.* Associações entre medidas de funções executivas e sintomas de desatenção e hiperatividade em crianças em idade escolar. **Revista de Neuropsicologia Latinoamericana**, v. 6, n. 1, p. 13-21, 2014.
- MUHLE-KARBE, P. S. *et al.* Co-activation-based parcellation of the lateral prefrontal cortex delineates the inferior frontal junction area. **Cerebral Cortex**, v. 26, n. 5, p. 2225-2241, 2016.
- NORMAN, D. A.; SHALLICE, T. Attention to action: willed and automatic control of behavior. In: DAVIDSON, R. J.; SCHWARTZ, G. E.; SHAPIRO, D. (Ed.). **Advances in research and theory**. 4th ed. New York: Plenum, 1986. p. 1-18.

- OLIVEIRA, C. R. *et al.* Alterações comunicativo-cognitivo-comportamentais após acidente vascular cerebral de hemisfério direito: publicações nacionais e internacionais. **Interação em Psicologia**, v. 15, n. 2, jun. 2012.
- PASSOW, S. *et al.* Development of attentional control of verbal auditory perception from middle to late childhood: comparisons to healthy aging. **Developmental Psychology**, v. 49, n. 10, p. 1982-1993, 2013.
- PINTO, A. B. **Desenvolvimento das funções executivas em crianças dos 6 aos 11 anos de idade**. 2008. 77 f. Dissertação (Mestrado em Temas de Psicologia) - Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade do Porto, 2008.
- ROYALL, D. R. *et al.* Executive control function: A review of its promise and challenges for clinical research: A report from the committee on research of the American Neuropsychiatric Association. **The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences**, v. 14, n. 4, p. 377-405, 2002.
- SERUCA, T. C. M. **Córtex pré-frontal, funções executivas e comportamento criminal**. 2013. 285 f. Tese (Doutorado em Psicologia) - Instituto Universitário Ciências Psicológicas, Sociais e da Vida, Lisboa, 2013.
- SIFFREDI, V. *et al.* Examining distinct working memory processes in children and adolescents using fMRI: Results and validation of a modified Brown-Peterson paradigm. **PLoS ONE**, v. 12, n. 7, p. 1-22, 2017.
- SPORNS, O. The human connectome: a complex network. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1224, n. 1, p. 109-125, Apr. 2011.
- STERNBERG, R. J. **Psicologia Cognitiva**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.
- STUSS, D. T.; ALEXANDER, M. P. Executive functions and the frontal lobes: a conceptual view. **Psychological Research**, v. 63, p. 289-298, 2000.
- XU, F. *et al.* Developmental differences in the structure of executive function in middle childhood and adolescence. **PLoS ONE**, v. 8, n. 10, 2013.
- ZELAZO, P. D.; FRYE, D. Cognitive complexity and control: II. **The Development of Executive Function in Childhood**, v. 7, n. 4, p. 121-126, 1998.

APÊNDICE
Quadro-resumo dos artigos pesquisados

Identificação		Estudo		Amostra		Achados		Considerações finais	
Autor	Ano	Tipo	Objetivos	Tamanho	Avaliação /testes	Tipos de atenção	Componentes executivos	neuroanatômicos	Resultados
Xu <i>et al.</i>	2013	empírico	examinar e testar as diferenças no desenvolvimento das FEs.	457 crianças e adolescentes em: 3 grupos: • (7-9), • (10-12) • (13 - 15).	testes • verbais (N-back, running-memory, Go-no-go, stroop, number pinyin, dots-triangle)	XXXXXX	• MT • controle inibitório • flexibilidade cognitiva	Os sistemas neurocognitivos tornam-se específicos dos 13-15 a., atingindo a maturidade dos 25 aos 28 anos.	A dinâmica estrutural e funcional da massa cinzenta no CPF muda pelos 12 anos. A partir daí, a MT, a inibição e flexibilidade cognitiva amadurece gradualmente.
Passow <i>et al.</i>	2013	empírico	Investigar diferenças entre saliência perceptual (distratores) e controle atencional em processamento auditivo.	97 crianças e adultos destros • 24 (7-8); • 24 (11-12); • 24 (23-35); • 25 (65-76).	tarefas • discriminação silábica C-V (sonoras e surdas) • saliência perceptual (distratores) das sílabas	atenção • executiva	• planejamento • tomada de decisão	A maturação da rede atencional nas regiões parietal e frontal é, provavelmente, aos 10 anos.	As crianças (11-12 a) têm controle atencional, enquanto mais jovens e adultos (65-76 a) não têm. Há uma rede de atenção executiva (<i>sistema de supervisão</i>) que resolve conflitos entre orientação exógena (<i>bottom-up</i>) e orientação endógena (<i>top down</i>).
Friedman <i>et al.</i>	2014	empírico	explorar o desenvolvimento do planejamento; verificar se há intermediário entre as variáveis familiares e habilidades cognitivas	1.364 crianças • 1º ano (6-7), • 3º (9-10); • 5º (11-12).	testes • verbais • subtestes de planejamento, leitura e matemática)	atenção • executiva	• controle inibitório • MCP • planejamento • flexibilidade cognitiva	Planejamento (habilidade-chave das FEs) influencia no desempenho acadêmico.	A educação familiar e as habilidades cognitivas básicas (atenção sustentada, inibição e MCP) são significantes para o planejamento. Crianças reconhecem e respondem a um estímulo alvo pela atenção sustentada.
Dinteren <i>et al.</i>	2014	revisão sistemática; meta-análise	revisar e analisar o comportamento de ondas positivas de EEG (P300)	1.572 pessoas • (6- 87) • 75 estudos	• P300	atenção	• memória • atenção	P300 representa a atividade cerebral relacionada à atualização da representação de um estímulo mental, quando estímulos distratores são apresentados.	A latência e amplitude do P300 seguem um caminho maturacional da infância à adolescência, depois se estabiliza (plateau) e começa se degenerar, minimamente influenciado por processos exógenos (educação, família). Nos adultos, há declínio do P300, comprovado nos testes cognitivos - melhor <i>performance</i> aos 30 anos. O P300 é indicador direto de velocidade de processamento cognitivo e indireto de desempenho cognitivo.

Identificação		Estudo		Amostra		Achados		Considerações finais	
Autor	Ano	Tipo	Objetivos	Tamanho	Avaliação /testes	Tipos de atenção	Componentes executivos	neuroanatômicos	Resultados
Cuevas e Bell	2014	análise sistemática e análise longitudinal	pesquisar a atenção e surgimento das FEs; revisar o desenvolvimento de diferentes sistemas atencionais, das circuitarias neurodesenvolvimental e de como esses sistemas se relacionam com as FEs	202 crianças (24, 36 e 48 m)	testes verbais • de atenção • de motricidade intraoral (língua), • objeto A e não B • imitação (Saimon says), • habilidade verbal	atenção • executiva	• MT • controle inibitório • flexibilidade cognitiva	Há uma forte conexão entre áreas parietal (orientação) e áreas frontais lateral e média (rede executiva).	A atenção endógena surge na segunda metade do primeiro ano de vida - sua moderada estabilidade é aos 4 anos. A atenção endógena emerge, quando os processos atencionais se integram aos da memória, através de maturação da circuitaria frontal. A atenção endógena determina a cognição de ordem superior. O córtex frontal é fundamental para as FEs e para a atenção executiva.
Gould <i>et al.</i>	2014	ensaio clínico	avaliar o efeito do ácido graxo poli-insaturado (ômega-3) nos três últimos meses de gravidez	184 crianças (ministrado ômega-3 para mães de 18-21 s gestacional)	testes • psicométricos globalizados • neurodesenvolvimentais (concentração de DHA/d no cordão umbilical)	atenção • sustentada	• MT • controle inibitório	Nos últimos meses de gestação, os lobos frontais e o hipocampo, responsáveis pelas FEs, estão em intenso desenvolvimento.	Não houve efeito do ácido graxo poli-insaturado (DHA) na gravidez, porque o DHA materno e a síntese da regulação do DHA protegem as estruturas neurológicas do feto de um desenvolvimento suboptimal.
Anderson	2014	revisão literária; meta-análise	descrever a natureza de dificuldades cognitivas	3.504 crianças • Prematuras (< 32 s); estudos • 27	xxxxx	atenção • seletiva	• MT • controle motor • atenção • velocidade de processamento	Em prematuros, o funcionamento cognitivo está relacionado a prejuízos nos domínios cerebrais cognitivos. Os sistemas de atenção podem apresentar cursos de desenvolvimento diferentes.	Em prematuros, há risco de debilidade acadêmica e cognitiva ao longo da vida. Em processamento cognitivo simples pode haver dependência de atenção seletiva, MT e controle inibitório.
De Jong <i>et al.</i>	2016	empírico	investigar atenção (seletiva e concentrada) em bebês.	95 bebês (18 m)	testes • movimento dos olhos - Utrecht Tasks of Attention (UTATE)	atenção • seletiva • concentrada • executiva	• planejamento • controle inibitório		Desenvolvimento da orientação e alerta fortes em bebês, já o desenvolvimento da atenção executiva é tardia - nas demandas cognitivas.
Muhle-Karbe <i>et al.</i>	2016	meta-análise	testar e elucidar o papel da junção frontal inferior (IFI) esquerdo da cognição humana	45 a 190 experimentos	neuroimagens	atenção • seletiva	• MCP, • flexibilidade cognitiva, • controle inibitório • MT	No sulco intraparietal esquerdo (IFS), há um núcleo chamado - IFJ que controla a ação, a atenção e a memória.	O IFJ afunila a conexão dos processos <i>bottom-up and top-down</i> , enquanto o DLPFC participa de forma mais geral, contra interferência externa (controle <i>top-down</i>). Sua função é contribuir com demandas cognitivas, distinguindo a informação irrelevante na codificação.

Identificação		Estudo		Amostra		Achados		Considerações finais	
Autor	Ano	Tipo	Objetivos	Tamanho	Avaliação /testes	Tipos de atenção	Componentes executivos	neuroanatômicos	Resultados
Dippel <i>et al.</i>	2016	empírico	investigar mecanismos neuropsicológicos e redes neuroanatômicas funcionais em tarefas de controle inibitório	18 participantes	testes • computadorizados, • verbais (SART - GO/ Nogo task). • EEG	atenção • sustentada	• controle inibitório	A TPJ (Junção parietal-temporal) é parte cerebral importante para processamento de tarefa relevante, particularmente, quando eles são inesperados/raros. As regiões TPJ e outras estruturas subjazem ao modo de resposta da banda theta.	Dependendo da resposta, a atividade da banda theta emerge nas áreas pré-frontal e medial – a TPJ fornece ações apropriadas para estímulos inesperados/raros.
Jipp	2016	empírico	investigar se a MT e a atenção sustentada influenciam o bloqueio cognitivo	85 estudantes (18-39 anos)	testes • computadorizados	atenção • sustentada	• MT, • flexibilidade cognitiva, • raciocínio • tomada de decisões • planejamento	Diferenças individuais influenciavam o bloqueio cognitivo (demora na reação às falhas automáticas consecutivas)	MT e atenção auxiliam na rapidez do processamento da informação. MT e atenção sustentada influenciam mais falhas consecutivas do que nas falhas iniciais.
Bettcher <i>et al.</i>	2016	empírico	verificar os volumes de massa cinzenta pré-frontal que estão associados às FEs	202 adultos	testes • verbais • neuroimagens	XXXX	• flexibilidade cognitiva, • MT • controle inibitório.	Microestruturas fronto-parietal, fibras do corpo caloso (flexibilidade e inibição) e cíngulo (MT) têm associação com variáveis individuais (FEs).	As contribuições da massa cinzenta pré-frontal das FEs não podem ser vistas de forma isolada, pois a massa branca e cinzenta, distribuídas em outras partes do cérebro, também são preditivas de FEs
Siffredi <i>et al.</i>	2017	empírico	validar e identificar padrões para codificação, manutenção e recordação	16 crianças e adolescentes (8-16)	testes • verbais • não verbais • ressonância magnética	atenção • executiva	• MT	Na recordação, rede atencional ativada é a fronto-parietal.	Há um padrão de ativação nos córtices pré-frontais bilaterais, áreas temporais e parietais, confirmando que a MT envolve redes cerebrais associadas ao estímulo visual e às FEs.