

Relação das Funções Executivas com os Transtornos de Aprendizagem

Catarina Abraão Guimarães

Maria Inês Abranches de Oliveira Santos

Como citar: GUIMARÃES, Catarina Abraão Guimarães; SANTOS, Maria Inês Abranches de Oliveira Santos. Relação das Funções Executivas com os Transtornos de Aprendizagem. *In:* OKUDA, Paola Matiko Martins; ANDRADE, Olga Valéria Campana dos Anjos; CAPELLINI, Simone Aparecida. (org.). **Tópicos em transtornos de aprendizagem:** parte IV. Marília: Fundepe; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2015. p. 89-106. DOI: <https://doi.org/10.36311/2015.978-85-7983-641-1.p89-106>.



All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia Creative Commons Reconocimiento-No comercial-Sin derivados 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

Relação das Funções Executivas com os Transtornos de Aprendizagem

Catarina Abraão Guimarães
Maria Inês Abranches de Oliveira Santos

O estudo dos transtornos de aprendizagem, sob o ponto de vista da Neuropsicologia, que envolve uma abordagem interdisciplinar, vem crescendo a cada dia. Diante dos conhecimentos obtidos em Neurociências, Neurologia, Psicologia e Fonoaudiologia, dentre outras áreas, vários questionamentos em relação a um maior esclarecimento sobre esses quadros têm sido feitos.

Segundo os pressupostos neuropsicológicos, a origem dos transtornos de aprendizagem está associada a um mau funcionamento de circuitos neurais em regiões cerebrais específicas que estariam relacionadas a determinadas alterações cognitivas. Por isso, esforços têm sido realizados com o objetivo de elucidar, de maneira mais detalhada possível, as características cognitivas que poderiam descrever cada um dos quadros de transtornos de aprendizagem. Sabe-se, no entanto, que isso não é uma tarefa fácil, considerando que tais quadros são transtornos do neurodesenvolvimento.

Um dos questionamentos refere-se ao possível comprometimento das chamadas funções executivas nesses transtornos. Levando em consideração a complexidade dessas funções, seria possível esperar que todos os transtornos de aprendizagem envolvessem alterações das funções executivas ou que essas funções estivessem comprometidas em maior ou menor grau em todos os transtornos de aprendizagem. Uma vez que o conceito de funções executivas envolve vários subcomponentes, outro questionamento seria em relação a possibilidade de se investigar os elementos que estariam comprometidos em determinados transtornos de aprendizagem.

Dessa forma, este capítulo foi elaborado na tentativa de buscar possíveis respostas para esses questionamentos. Para isso, inicialmente, será apresentada uma introdução abordando as definições e conceitos dos principais assuntos. Em seguida, será feita uma descrição de estudos que abordam a relação entre as

funções executivas e os principais transtornos de aprendizagem e as possíveis conclusões sobre o tema. Por fim, nas considerações finais, tentaremos esclarecer como esses conhecimentos podem favorecer a estimulação das crianças com transtornos de aprendizagem.

Funções Executivas

O desenvolvimento das funções executivas (FE) representa um importante marco da capacidade adaptativa dos seres humanos, que os diferencia das outras espécies (Barkeley, 2001). Apesar de não haver uma definição única, o termo FE designa um conceito abrangente usado para descrever uma série de habilidades, que são distintas umas das outras, mas que estão relacionadas entre si. Essas funções são responsáveis pela organização e controle do funcionamento cognitivo, comportamental e emocional direcionados a metas (Gioia, Isquith, Retzlaff, & Espy, 2002). No entanto, dentre as várias definições existentes, dois aspectos centrais complementares são comumente enfatizados. Um deles refere-se à definição envolvendo um conjunto de funções cognitivas superiores. O segundo aspecto diz respeito ao controle da execução de tarefas durante certo período para alcançar objetivos futuros. Nesse contexto, a organização temporal do comportamento dirigido a metas é uma das características principais das FE (Royall et al., 2002).

Conforme modelo proposto por Lezak, Howieson e Loring (2004), as FE englobam um processo composto por etapas sucessivas e interdependentes, que envolvem quatro elementos principais: a volição, o planejamento, a ação propositada e o desempenho efetivo. Assim, as FE incluem antecipação, planejamento e organização, iniciação de planos de ações, inibição de distratores e interferências, automonitoramento do processo e flexibilidade para escolher novas ações conforme contingências ambientais, ao mesmo tempo em que se mantém o processo e a meta em uma memória operacional ativa (Gioia et al., 2002; Lezak et al., 2004).

Outros modelos fatoriais apresentados em estudos com adultos, como o de Miyake, et al., (2000) e o de Diamond (2013), sustentam a existência de três componentes principais das FE:

- **Memória de trabalho (ou memória operacional):** trata-se de um sistema que envolve não só o armazenamento temporário da informação, até que ela seja usada na realização da atividade, mas também inclui a manipulação mental dos dados, para que o indivíduo possa relacionar ideias, integrar as informações com outras armazenadas na memória de longo prazo e lembrar sequências de ações no futuro (Baddeley, 2000; Diamond, 2013). De acordo com o modelo de Baddeley (2000), a memória de trabalho compreende dois sistemas de suporte que permitem a manutenção e manipulação das informações: a alça fonológica para manter informações de origem auditiva e a alça visuoespacial para manutenção das informações visuais e espaciais. Além disso, há uma central de controle, chamada “executivo central” (Sistema Atencional Supervisor, responsável pelo planejamento, seleção de estratégias e execução), e outro componente, o “buffer” ou retentor episódico, que possibilita a integração das informações verbais e visuoespaciais, permitindo sua representação em um sistema temporário de armazenamento, até que a informação seja usada na tarefa realizada ou reprocessada e atualizada pelo sistema;
- **Controle inibitório (ou inibição):** refere-se à capacidade de o indivíduo inibir impulsos e respostas automáticas, estímulos externos ou internos irrelevantes e pensar antes de agir. Envolve, assim, a habilidade de controlar comportamentos inapropriados, chamada de inibição de respostas ou autocontrole, bem como os processos atencionais e os pensamentos, denominada de controle de interferência. Dessa forma, representa uma habilidade fundamental para o funcionamento adaptativo do homem, o que lhe permite regular sua conduta (Diamond, 2013);
- **Flexibilidade cognitiva:** trata-se da capacidade de utilizar diferentes estratégias para resolução de uma situação ou problema de acordo com as contingências ambientais, buscando a autorregulação do indivíduo. Alterações na flexibilidade podem gerar padrões de comportamento e pensamento perseverativos, em que apesar de feedback do meio de que suas respostas não são adequadas, o indivíduo continua a repeti-las (Diamond, 2013; Lezak et al., 2004).

Segundo o modelo fatorial, as habilidades, como: planejamento, tomada de decisão, resolução de problemas, monitoramento e raciocínio, não seriam excluídas, mas consideradas FE complexas, resultantes da integração dos três componentes principais: memória operacional, controle inibitório e flexibilidade cognitiva (Diamond, 2013; Seabra, Reppold, Dias & Pedron, 2014).

Em relação às bases neurobiológicas, sabe-se que as FE estão relacionadas principalmente ao funcionamento dos lobos frontais que constituem aproximadamente 1/3 do córtex cerebral. Seu funcionamento ocorre por meio de conexões recíprocas entre estruturas pré-frontais e límbicas, córtex de associação têmporo-parieto-occipital e regiões motoras corticais e subcorticais. Os lobos frontais podem ser subdivididos em diferentes estruturas anátomo-funcionais, sendo cada uma delas responsável por diferentes elementos das FE:

- **córtex órbito-frontal:** envolvido na inibição de ações inadequadas e impulsivas e na coordenação de comportamentos que geram gratificações futuras e duradouras;
- **córtex pré-frontal dorsolateral:** responsável pela organização, iniciação da ação, planejamento e flexibilidade mentais;
- **córtex pré-frontal ventromedial:** relacionado às habilidades de seguir regras socialmente aceitas, à tomada de decisão, à interpretação de emoções complexas e à aprendizagem a partir de novas experiências (Gazzaniga, Ivry & Mangun, 2008).

O córtex pré-frontal amadurece progressivamente alcançando sua plena funcionalidade apenas no jovem adulto. Assim, as FE, que estão associadas ao funcionamento dessas regiões cerebrais, seguem o mesmo percurso, ou seja, desenvolvem-se ao longo da infância, adolescência e até o início da fase adulta (Dias, Menezes, & Seabra, 2013; Papazian, Alfonso & Luzondo, 2006).

Devido ao longo período de desenvolvimento dessas habilidades, além das características próprias da plasticidade cerebral na infância, a avaliação das FE, bem como as conclusões em relação ao assunto nessa faixa etária, tornam-se mais complicadas. Apesar disso, os estudos na infância têm aumentado. Esses estudos têm mostrado resultados diferentes daqueles obtidos por Miyake et al. (2000) em adultos, que, conforme descrito anteriormente, identificou três

componentes das FE: memória operacional, inibição e flexibilidade cognitiva (Seabra et al., 2014).

No estudo de Huizinga, Dolan e Van der Molen (2006), os resultados obtidos por análise de variância demonstraram que as habilidades de flexibilidade cognitiva e inibição atingiram níveis de maturidade na adolescência, enquanto o desenvolvimento da memória operacional estendeu-se por um período maior até os 21 anos de idade. Esses resultados, sugerem que o período de desenvolvimento das FE é longo e que os diferentes componentes se desenvolvem de formas distintas e alguns continuam em desenvolvimento até o início da idade adulta. Além disso, em relação à estrutura das FE, os dados ofereceram dois elementos latentes (memória operacional e flexibilidade) e não três (memória operacional, controle inibitório e flexibilidade) como àqueles encontrados em adultos (Diamond, 2013; Miyake et al., 2000).

Portanto, as FE na infância são menos diferenciadas. À medida que o desenvolvimento ocorre, os componentes especializam-se, diferenciam-se e tornam-se mais interdependentes (Seabra et al., 2014). Assim, ser capaz de identificar os comprometimentos das FE presentes em crianças com transtornos de aprendizagem torna-se fundamental.

Transtornos de Aprendizagem

Sob o ponto de vista da Neuropsicologia, o comprometimento na aquisição e desenvolvimento das habilidades escolares (leitura, escrita e/ou matemática), que não pode ser explicado por problemas sensoriais ou motores, deficiência intelectual, questões emocionais ou variáveis sociais, pedagógicas ou familiares, é considerado uma disfunção do sistema nervoso central. Assim, a origem dos transtornos de aprendizagem estaria associada a alterações no funcionamento cerebral de determinados circuitos neurais (Pennington, 2009).

Segundo a definição do DSM-V o Transtorno Específico de Aprendizagem, é diagnosticado diante de “déficits específicos na capacidade individual para perceber ou processar informações com eficiência e precisão”. Esse transtorno do neurodesenvolvimento manifesta-se inicialmente durante os anos de escolaridade formal, caracterizando-se por dificuldades persistentes e prejudiciais nas habilidades básicas acadêmicas de leitura, escrita e/ou matemática.

O desempenho individual nas habilidades acadêmicas afetadas está bastante abaixo da média para a idade, ou níveis de desempenho aceitáveis são atingidos somente com esforço extraordinário”. Frequentemente é precedido, nos anos pré-escolares, por atrasos na atenção, na linguagem, ou nas habilidades motoras, capazes de persistir e de ser comórbidos com transtorno específico de aprendizagem. Pode envolver prejuízo da leitura, na expressão escrita e na matemática. De acordo com essa proposta, se mais de um domínio estiver prejudicado, cada um deles deverá ser codificado individualmente conforme essas especificações (American Psychiatric Association [APA], 2014).

Apesar dessa orientação feita no DSM-V, muitos autores consideram fundamental que uma diferenciação seja realizada entre aqueles transtornos de aprendizagem denominados “específicos” de outros considerados globais ou “não específicos” (Capellini, 2004; Lyon, Shaywitz, & Shaywitz, 2003). Posteriormente, serão abordados diretamente esses conceitos e definições.

Relação da Dislexia com as Funções Executivas

A dislexia caracteriza-se por uma dificuldade específica na aquisição e/ou desenvolvimento da habilidade de leitura e escrita, na ausência de: deficiência intelectual, baixa acuidade visual ou auditiva, outros transtornos mentais ou neurológicos, privação educacional, questões emocionais, variáveis sociais, pedagógicas ou familiares (Capellini, 2004; Lyon et al., 2003).

Segundo o DSM-V, dislexia é um termo alternativo ao “transtorno de aprendizagem com prejuízo na leitura, usado em referência a um padrão de dificuldades de aprendizagem caracterizado por problemas no reconhecimento preciso ou fluente de palavras, problemas de decodificação e dificuldades de ortografia” (APA, 2014).

Apesar de a dislexia ser um distúrbio neurogenético, existem vários modelos buscando explicar esse quadro. O modelo do déficit fonológico, o mais amplamente aceito, descreve uma falha no processamento da informação fonológica, podendo apresentar prejuízo das funções cognitivas, como atenção e memória (Bailey, & Snowling, 2002; Dehaene, 2012). O modelo do déficit no processamento visual sugere que o sistema magnocelular pode inibir os movimentos sacádicos dos olhos durante a leitura, prejudicando o processamento

temporal das imagens visuais (Galaburda, & Livingstone, 1993; Stein, 2001). Já o modelo do déficit do processamento temporal auditivo relata prejuízo em processar mudanças auditivas rápidas. Assim, de acordo com esse modelo, os disléxicos apresentam pior desempenho em tarefas que exigem o processamento de fonemas acusticamente semelhantes (Tallal, 1980). Outros pesquisadores acreditam que exista o déficit fonológico, sendo, no entanto, secundário à disfunção sensoriomotora mais generalizada (Dehaene, 2012; Ramus, 2003).

Atualmente, modelos integrando as diferentes explicações têm sido mais considerados. Segundo Dehaene (2012), “não é de se duvidar que uma atividade tão complexa quanto a leitura resulte de múltiplas cadeias causais”.

Em relação às bases neurobiológicas, a dislexia está relacionada a danos na região do giro temporal superior e regiões temporoparietais, comprometendo, assim, o componente fonológico, e regiões parieto-occipitais relacionadas ao processamento visual (Galaburda, Scherman, Rosen, Aboitiz & Geschwind, 1985; Galaburda & Cestnick, 2003). Há estudos que evidenciaram falta de assimetria habitual dos planos temporais esquerdo e direito e alterações neuroanatômicas na presença de polimicrogiria envolvendo a região perisylviana (Boscariol, Guimarães, Hage, Cendes, & Guerreiro, 2010; Galaburda, et al., 1985; Oliveira et al., 2008).

Se considerarmos, pois, que a leitura requer diferentes tipos de processamentos simultâneos e sincronizados (Dehaene, 2012; Ramus, 2003), podemos também imaginar quão complexo é o processo de alfabetização na infância. Além das demandas do aprender a ler, é necessário que a criança se aproprie de várias outras habilidades que estão associadas ao funcionamento executivo. Nessa fase de desenvolvimento, espera-se que ocorra um grande salto de desenvolvimento das estruturas corticais dos lobos frontais. Assim, as dificuldades escolares poderiam estar relacionadas em parte pela presença de imaturidade no desenvolvimento dessas funções e sua inter-relação com os processos cognitivos (Carreiro, Reppold, Córdova, Vieira, & Mello, 2014). Entender, portanto, se crianças com dislexia também apresentam comprometimento das FE tem sido objeto de investigação de vários estudos.

Os resultados têm confirmado o envolvimento dos déficits de memória operacional no transtorno específico de leitura (Alloway, Gathercole, & Pickering, 2006; Carvalho, Kida, Capellini, & Ávilla, 2014; Gather, & Alloway, 2004; Schuchardt, Maehler, & Hasselhorn 2008).

Outro estudo atual também considerou déficits de componentes das FE em crianças com dislexia, que comparadas com controles, demonstraram déficits em diversos domínios, além da consciência fonológica, como, fluência verbal: semântica e fonológica, atenção: visuoespacial e auditiva, memória de curto prazo: verbal e visual e memória verbal operacional. Os autores concluíram que os achados apoiam a ideia de que a dislexia está relacionada a múltiplos déficits cognitivos e não apenas à disfunção do sistema fonológico (Varvara, Varuzza, Sorrentino, Vicari, & Menghini, 2014).

Outro estudo recente que investigou as FE em crianças disléxicas demonstrou déficits de velocidade de processamento, flexibilidade e fluência verbal quando comparadas com crianças controles. Na análise de regressão logística, no entanto, a flexibilidade mental mostrou-se como o único preditor significativo da dislexia. Para os autores, embora os resultados demonstrem a presença de déficits específicos de FE em crianças com dislexia, eles não devem ser interpretados como um indicativo da presença ou ausência desse transtorno de aprendizagem (Moura, Simões, & Pereira, 2015).

Segundo Snowling & Hulme (2012), alterações de memória operacional podem influenciar negativamente a coerência narrativa, bem como a interpretação de conteúdos implícitos ou os que envolvem linguagem figurada na leitura de textos. Portanto, falhas de inibição e problemas de ordenação sequencial de eventos têm sido relatados em crianças e em adultos com dislexia.

Considerando-se as etapas do desenvolvimento pelas quais o processo de alfabetização ocorre, sabe-se que, após concluída a etapa de decodificação da leitura, o processo continua e o objetivo passa a ser a fluência e a compreensão do que foi lido. Para efetivar a compreensão, é preciso realizar conexões e diversas relações e estabelecer inferências (Costa-Ferreira, & Sávio, 2009), habilidades essas ligadas ao funcionamento executivo.

Relação da Discalculia com as Funções Executivas

O transtorno específico de aprendizagem da habilidade matemática também pode ser chamado de discalculia ou discalculia do desenvolvimento. Esse transtorno caracteriza-se como uma dificuldade de aprendizagem das

habilidades matemáticas que não pode ser explicada por ensino inadequado ou presença de deficiência intelectual (APA, 2014; Shalev & Gross-Tsur, 2001).

Segundo o DSM-V, trata-se do “transtorno específico de aprendizagem com prejuízo na matemática”, caracterizado pela dificuldade em dominar “o senso numérico, fatos numéricos ou cálculos, a memorização de fatos aritméticos, a precisão ou fluência de cálculo e raciocínio matemático”. Assim, de acordo com esse manual, “discalculia é um termo alternativo usado em referência a um padrão de dificuldades caracterizado por problemas no processamento de informações numéricas, aprendizagem de fatos aritméticos e realização de cálculos precisos ou fluentes” (APA, 2014).

O transtorno das habilidades matemáticas, assim como os outros transtornos de aprendizagem, possui uma base neurobiológica, estando, portanto, relacionado a alterações do funcionamento cerebral. Nesse caso, os estudos demonstram, principalmente, o envolvimento dos lobos parietais, que exercem papel dominante no processamento numérico, especialmente o sulco intraparietal em ambos os hemisférios (Szucs, Devine, Soltesz, Nobes, & Gabriel, 2013). Estudos de neuroimagem funcional com crianças, porém, sugerem que elas ativam áreas mais difusas do córtex cerebral em tarefas de processamento numérico, inclusive regiões pré-frontais, responsáveis pelas FE, quando comparadas com adultos (Kaufmann et al., 2005, 2006). Assim, estudos envolvendo FE e discalculia também têm sido realizados.

Um dos componentes mais citados, assim como na dislexia, refere-se à memória operacional (Bull, Espy & Wiebe, 2008). Resultados obtidos por Bull e Scerif (2001) indicaram que crianças de 6 a 8 anos com baixo desempenho em matemática apresentavam prejuízos dos seguintes componentes executivos: flexibilidade, controle inibitório e memória de trabalho. Porém, depois de controlados os efeitos da habilidade de leitura, o QI e cada medida executiva, somente a memória de trabalho permaneceu contribuindo, de forma significativa, para a variância no desempenho matemático.

Um trabalho comparando a memória operacional em diferentes transtornos específicos de aprendizagem demonstrou que crianças com discalculia apresentam déficits em memória visuoespacial, e as com dislexia mostram déficits no funcionamento executivo fonológico e central. Os autores concluíram, então, diante dos achados, que, embora crianças com distúrbios de leitura e de matemática superem os prejuízos em relação aos outros grupos (discalculia vs

não discalculia; dislexia vs não dislexia), não existe uma interação significativa entre os fatores de discalculia e dislexia (Schuchardt et al., 2008).

Szucs et al. (2013) num estudo com crianças escolares de 9 a 10 anos de idade com discalculia, descreveram como características dominantes do quadro: comprometimentos na memória de trabalho visuoespacial, memória de curto prazo visuoespacial e função inibitória. Segundo esses autores, os potenciais problemas de processamento visuoespacial e funções atencionais na discalculia de desenvolvimento, provavelmente, estão relacionados a esses prejuízos.

Segundo Bull e Espy (2006) as habilidades matemáticas são extremamente complexas, pois envolvem uma série de funções diferentes ao longo do desenvolvimento. Dentre as funções, a memória de trabalho parece estar envolvida em qualquer tarefa de matemática e seria importante para o desempenho de crianças de todas as faixas etárias. No entanto, à medida que a complexidade das tarefas aumenta, outras demandas serão necessárias, e o desempenho matemático passa a exigir não só o armazenamento da memória de trabalho, mas também as funções de controle atencional associadas ao componente executivo central, que estão mais relacionadas às FE.

Assim, de acordo com a fase de desenvolvimento, determinados componentes podem ter importâncias diferentes para as habilidades da matemática. O controle inibitório parece ser mais importante nas fases mais precoces do desenvolvimento, ou seja, nas idades pré-escolares. Já a memória operacional torna-se mais importante com o início da escolarização formal, a partir dos 6 ou 7 anos de idade, e as outras habilidades mais complexas, como a flexibilidade, podem ter maior influência em estágios mais tardios do desenvolvimento (Dias, Trevisan, Menezes, Godoy & Seabra, 2011). De acordo com os estudos descritos, apesar de existirem ainda divergências entre os achados, é possível constatar que as FE estão relacionadas às habilidades matemáticas e, conseqüentemente, às alterações nessas funções, especialmente na memória operacional, que são relatadas em crianças com discalculia.

Relação de Distúrbio de Aprendizagem (não específico ou global) com as Funções Executivas

Como citado anteriormente, de acordo com a proposta do DSM-V, se mais de um domínio estiver prejudicado nos transtornos específicos de aprendizagem, cada um deve ser codificado individualmente conforme suas especificações (APA, 2014). No entanto, vários autores consideram fundamental a diferenciação entre os quadros considerados realmente específicos, que envolvem apenas um domínio de comprometimento, daqueles generalizados ou globais. Os primeiros são caracterizados pelo comprometimento de habilidades escolares únicas, que podem envolver a leitura e escrita ou o cálculo matemático, como, por exemplo, a dislexia e a discalculia. Já o distúrbio de aprendizagem é caracterizado por dificuldades de aprendizagem difusas envolvendo a leitura (podendo incluir o processo de decodificação e/ou de compreensão) e/ou ortografia, assim como o cálculo/raciocínio lógico matemático (Capellini, 2004; Lyon, et al., 2003).

O distúrbio de aprendizagem refere-se ao baixo desempenho em leitura e escrita, além de prejuízo nas habilidades matemáticas, tendo em vista a idade cronológica, o nível intelectual e a educação apropriada para a idade. Nesse caso, há alterações cognitivas mais difusas, que podem envolver a linguagem, abstração, resolução de problemas lógico-matemáticos e conceitualização numérica, envolvendo dificuldades tanto na execução do cálculo matemático isolado, quanto na resolução de problemas com enunciado (Capellini, 2004; Lyon, et al., 2003).

Van der Sluis, de Jong e Van der Leji (2004), com o objetivo de verificar a relação das FE com esse tipo de distúrbio, compararam crianças controle com três grupos: transtorno específico de matemática (G1), transtorno específico de leitura (G2) e outros, com prejuízo em ambos os domínios (G3). De acordo com os resultados, as crianças do G1 foram mais lentas na nomeação de dígitos e quantidades e as do G2 na nomeação de dígitos e letras. Já nas atividades de FE, o G1 e o G3 demonstraram prejuízos nas tarefas de inibição e flexibilidade e as crianças do G2 não exibiram problemas de funcionamento executivo. Além disso, no G3, demonstrou-se a combinação de problemas, incluindo aqueles que caracterizavam as crianças com um único distúrbio de aprendizagem mais os prejuízos de FE (inibição e flexibilidade mental).

Segundo os estudos descritos, apesar de existirem ainda divergências entre os achados, é possível afirmar que as FE estão relacionadas aos diferentes tipos de transtornos de aprendizagem. Porém, fica evidente que especialmente o comprometimento da memória operacional está presente em todos quadros. Dessa forma, ressalta-se a importância da estimulação das FE para a aprendizagem da leitura e escrita de crianças com esses transtornos.

Considerações finais

De acordo com as discussões apresentadas e baseadas nas pesquisas sobre transtornos de aprendizagem e funções executivas, fica claro que não se pode iniciar um trabalho de alfabetização solicitando à criança o aprendizado de letras e números, embora o objetivo final seja a aquisição da leitura e escrita. Assim, é preciso uma intervenção adequada que estimule as funções e os processos alterados.

Segundo Dehaene (2012), aprender a ler consiste em colocar em conexão dois sistemas cerebrais presentes na criança pequena: o sistema visual de reconhecimento das formas e as áreas da linguagem. Quanto mais associações forem feitas com as diferentes regiões cerebrais que processam a linguagem, mais rápida e profunda será a aprendizagem. Vários circuitos cerebrais modificam-se durante a aprendizagem da leitura e da escrita, mais especificamente os do córtex occipito temporal esquerdo, que mantém conexões recíprocas com os lobos frontais.

Quando uma criança aprende a decifrar uma escrita alfabética, não somente suas áreas visuais devem aprender a decompor as palavras em letras e em grafemas, mas uma parte das regiões implicadas na análise da fala deve modificar o código, a fim de representar os fonemas. As duas modificações devem se coordenar antes que surja uma via eficaz de conversão grafema-fonema (Dehaene, 2012).

A alfabetização modifica as regiões cerebrais ativadas e igualmente a anatomia do cérebro: o corpo caloso se espessa na parte posterior que conecta as regiões parietais dos dois hemisférios e essas modificações são responsáveis pelo aumento da capacidade de memória, particularmente para palavras novas e pouco familiares. Ensinar explicitamente às crianças a relação entre fonemas

e grafemas proporciona um aumento de velocidade e autonomia para a leitura. À medida que a criança vai evoluindo na leitura, a atividade cerebral evocada pelas palavras aumenta, torna-se seletiva e se assemelha às redes neurais dos leitores adultos eficientes (Dehaene, 2012).

No entanto, além da reeducação que visa aumentar a consciência fonêmica com a ajuda da manipulação das letras e dos sons, o autor relata ainda a importância da utilização de programas de computador associados ao treinamento auditivo e visual, pois a atenção dirigida às correspondências audiovisuais melhoram a leitura dos escolares e conduzem a uma normalização parcial da atividade cerebral de crianças disléxicas (Dehaene, 2012). Sabe-se que os programas de computador são de grande ajuda em termos de motivação para as crianças com transtornos de aprendizagem, porém, são válidos apenas quando entram como parte de um processo de intervenção bem estruturado.

De acordo com vários estudos existentes, sabe-se que, para a alfabetização de crianças com transtornos de aprendizagem, o método mais utilizado e eficaz é aquele que segue os princípios do método fônico (Capovilla, & Capovilla, 2002; Dehaene, 2012; Scliar-Cabral, 2009). Outras pesquisas demonstram também as dificuldades que as crianças disléxicas apresentam na aquisição das habilidades fonológicas e metafonológicas tão importantes para o processo de alfabetização (Germano, & Capellini, 2011, 2013).

Para que a criança adquira a leitura e a escrita e consiga, portanto, fazer a relação fonema-grafema e grafema-fonema, é fundamental não só a estimulação das habilidades fonológicas, mas também o desenvolvimento das habilidades metafonológicas. Com isso, ela precisa ser levada a associar a relação som-letra, letra-som e a elaborar e a relatar como esse processo acontece, as possíveis relações e associações feitas e as estratégias utilizadas para memorizar o seu aprendizado. Com o intuito de que isso ocorra no início do processo de alfabetização, a estimulação do processamento auditivo e visual, das habilidades do processamento fonológico e da memória operacional fonológica é imprescindível.

Finalmente, além do desenvolvimento das habilidades metafonológicas, a criança também deve ser incentivada a usar e desenvolver estratégias mentais que facilitem o processo de decodificação de leitura e fluência verbal, assim como as funções metalinguagem como, a capacidade de estabelecer relações, realizar deduções e inferências, que posteriormente promoverão o processo de compreensão de leitura.

Dessa forma, é possível concluir que a associação do trabalho de habilidades metafonológicas com a estimulação das funções executivas, como atenção, memória operacional, planejamento e flexibilidade mental, favorecerá a aprendizagem das crianças com transtornos de aprendizagem.

Referências

- Alloway, T. P., Gathercole, S. E & Pickering, S. J. (2006). Verbal and visuo-spatial short-term and working memory in children: are they separable?. *Child Development*, 77, 1698-1716. doi: 10.1111/j.1467-8624.2006.00968.x.
- American Psychiatric Association. (2014). *Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais. DSM- V*. Porto Alegre: Artmed.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory?. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417-423. doi: 10.1016/S1364-6613(00)01538-2.
- Bailey, P. J., & Snowling, M. J. (2002). Auditory processing and the development of language and literacy. *British Medical Bulletin*, 63, 135-146. doi: 10.1093/bmb/63.1.135.
- Barkley, R. (2001). The executive functions and self-regulation: an evolutionary neuropsychological perspective. *Neuropsychology Review*, 11, 1-29. doi: 10.1023/A:1009085417776.
- Boscariol, M., Guimarães, C. A., Hage, S. R., Cendes, F., Guerreiro, M. M. (2010). Temporal auditory processing: correlation with developmental dyslexia and cortical malformation. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, 22, 537-542. doi: 10.1590/S0104-56872010000400030.
- Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19, 273-293. doi: 10.1207/S15326942DN1903_3.
- Bull, R. & Espy, K. A., (2006). Working memory, executive functioning, and children's mathematics. In S. Pickering (Org), *Working memory and education* (pp. 93-121). Amsterdam: Elsevier Press.
- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, 33, 205-228. doi: 10.1080/87565640801982312.

- Capellini, S. A. Distúrbio de aprendizagem versus dislexia. (2004). In: L. P. Ferreira, D. M. Befi-Lopes, S. C. O. Limongi (Eds), *Tratado de Fonoaudiologia* (pp. 352-361). São Paulo: Roca.
- Capovilla, G. S. A., & Capovilla, C. F. (2002). *Alfabetização Método Fônico*. São Paulo: Memnon.
- Carreiro, L. R. R., Reppold, C. T., Córdova, M. E., Vieira, N. S. A., & Mello, C. B. (2014). Funções executivas e transtornos do desenvolvimento. In A. G. Seabra, J. A. Laros, E. C. de Macedo, & N. Abreu (Orgs), *Inteligência e funções executivas* (pp. 113-140). São Paulo: Memnon.
- Costa-Ferreira, M. I. D., & Sávio, C. B. (2009). Relação entre transtorno de processamento auditivo e dificuldades na compreensão leitora. *Letrônica: Revista Digital do PPGL*, 2(1), 26-41.
- Carvalho, C. A., Kida, A. B. S., Capellini S. A., & Avila C. R. B. (2014). Phonological working memory and reading in students with dyslexia. *Frontiers in Psychology*, 18, 746. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00746.
- Dehaene, S. (2012). *Os neurônios da leitura: como a ciência explica a nossa capacidade de ler*. Porto Alegre: Penso.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168. doi: 10.1146/annurev-psych-113011-143750.
- Dias, N. M., Menezes, A., & Seabra, A. G. (2013). Age differences in executive functions within a sample of Brazilian children and adolescents. *The Spanish Journal of Psychology*, 16, 1-14. doi: 10.1017/sjp.2013.12.
- Dias, N. M., Trevisan, B. T., Menezes, A., Godoy, S. & Seabra, A. G. (2011). Dificuldades de aprendizagem e funções executivas. In F. C. Capovilla, *Transtornos de aprendizagem: progressos em avaliação e intervenção preventiva e remediativa* (2ª ed.). São Paulo: Memnon.
- Galaburda, A. M., & Cestnick, L. (2003). Dislexia del desarrollo. *Revista de Neurología*, 36(1), 13-23.
- Galaburda, A. M., & Livingstone, M. (1993). Evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 682, 70-82. doi: 10.1111/j.1749-6632.1993.tb22960.x.
- Galaburda, A. M., Sherman, G. F., Rosen, G. D., Aboitiz F., & Geschwind N. (1985). Developmental dyslexia: four consecutive cases with cortical anomalies. *Annals of Neurology*, 18, 222-233. doi: 10.1002/ana.410180210.
- Gather, S. E., & Alloway, T. P. (2004). Working memory and classroom learning. *Dyslexia Review*, 15(1), 4-10.

- Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B. & Mangun, G. R. (2008). As funções executivas e os lobos frontais. In R.M Rosat, *Neurociência cognitiva: a biologia da mente* (pp. 517-554) (2ª ed.). São Paulo: Artmed.
- Germano, G. D., & Capellini, S. A. (2011). Perfil de escolares com dislexia, transtornos e dificuldades de aprendizagem em instrumento de avaliação de habilidades metafonológicas (PROHFON). In L. M. Alves, R. Mousinho, & S. Capellini (Eds), *Dislexia: novos temas, novas perspectivas*. Rio de Janeiro: Wak.
- Germano, G. D., & Capellini, S. A. (2013). Subtipos de Dislexia do desenvolvimento: caracterização e classificação a partir de provas metafonológicas e de percepção visual. In L. M. Alves, R. Mousinho, & S. Capellini (Eds), *Dislexia: novos temas, novas perspectivas* (Vol II). Rio de Janeiro: Wak.
- Gioia, G. A., Isquith, P. K., Retzlaff, P. D., & Espy, K. A. (2002). Confirmatory factor analysis of Behavior Rating Inventory of Executive Function (BRIEF) in a clinical sample. *Child Neuropsychology*, 8, 249-257. doi: 10.1076/chin.8.4.249.13513.
- Huizinga, M., Dolan, C., & van der Molen, M. (2006). Age-related change in executive function: developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 44, 2017-2036. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.010.
- Kaufmann, L., Koppelstaetter, F., Delazer, M., Siedentopf, C., Rhomberg, P., Golaszewski, S. et al. (2005). Neural correlates of distance and congruity effects in a numerical Stroop task: an event-related fMRI study. *NeuroImage*, 25, 888-898. doi: 10.1016/j.neuroimage.2004.12.041.
- Kaufmann, L., Koppelstaetter, F., Siedentopf, C., Haala, I., Haberlandt, E., Zimmerhackl, L. et al. (2006). Neural correlates of the number-size interference task in children. *NeuroReport*, 17(6), 587-591.
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., & Loring, D. W. (2004). *Neuropsychological assessment* (4ª ed.). New York: Oxford University Press.
- Lyon, G. R., Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B.A. (2003). Defining dyslexia, comorbidity, teacher's knowledge of language and reading: a definition of dyslexia. *Annals Dyslexia*, 53(1), 1-15.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wagner, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex frontal lobe tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100. doi:10.1006/cogp.1999.0734
- Moura, O., Simões, M. R., & Pereira, M. (2015). Executive functioning in children with developmental dyslexia. *The Clinical neuropsychologist*, 28, 20-41. doi: 10.1080/13854046.2014.964326.

- Oliveira, E. P., Hage, S. R., Guimarães, C. A., Brandão-Almeida, I., Lopes-Cendes, I., Guerreiro, C. A. et al. (2008). Characterization of language and reading skills in familial polymicrogyria. *Brain and Development*, 30, 254-260. doi: 10.1016/j.braindev.2007.08.010.
- Papazian, O., Alfonso, I., & Luzondo, R. J. (2006). Transtornos de las funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, 42(supl.3), S45-S50.
- Pennington, B. F. (2009). *Diagnosing learning disorder: a neuropsychological framework* (2nd ed.). New York: Guilford Press.
- Ramus, F. (2003). Developmental dyslexia: specific phonological deficit or general sensorimotor dysfunction?. *Current Opinion in Neurobiology*, 13, 212-218. doi: 10.1016/S0959-4388(03)00035-7.
- Royall, D. R., Lauterbach, E. C., Cummings, J. L., Reeve, A., Rummans, T. A., Kaufer D. I., et al. (2002). Executive control function: a review of its promise and challenges for clinical research. *Journal of Neuropsychiatric and Clinical Neurosciences*, 14, 377-405. doi: 10.1176/jnp.14.4.377.
- Schuchardt, K., Maehler, C., & Hasselhorn, M. (2008). Working memory deficits in children with specific learning disorders. *Journal of Learning Disabilities*, 41, 514-523. doi: 10.1177/0022219408317856.
- Scliar-Cabral, L. (2009). Aprendizagem neuronal na alfabetização para as práticas sociais da leitura e escrita. *Revista Intercâmbio*, 20, 113-124.
- Seabra, A. G., Reppold, C. T., Dias, N. M., & Pedron, A. N. (2014). Modelo de funções executivas. In A. G. Seabra, J. A. Laros, E. C. de Macedo, & N. Abreu (Orgs.), *Inteligência e funções executivas (39-50)*. São Paulo: Memnon.
- Shalev, R. S., & Gross-Tsur, V. (2001). Developmental dyscalculia. *Pediatric Neurology*, 24, 337-342. doi: 10.1016/S0887-8994(00)00258-7.
- Snowling, M., & Hulme, C. (2012). Annual research review: the nature and classification of reading disorder – a commentary on proposals for DSM-5. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 53, 593-607. doi: 10.1111/j.1469-7610.2011.02495.x.
- Stein, J. (2001). The magnocellular theory of developmental dyslexia. *Dislexia*, 7, 12-36. doi: 10.1002/dys.186.
- Szucs, D., Devine, A., Soltesz, F., Nobes, A., & Gabriel, F. (2013). Developmental dyscalculia is related to visuo-spatial memory and inhibition impairment. *Córtex*, 49, 2674-2688. doi: 10.1016/j.cortex.2013.06.007.
- Tallal, P. (1980). Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children. *Brain and language*, 9, 182-198. doi: 10.1016/0093-934X(80)90139-X.

- van der Sluis, S., de Jong, P. F., & van der Leji, A. (2004). Inhibition and shifting in children with learning deficits in arithmetic and reading. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87, 239-266. doi: 10.1016/j.jecp.2003.12.002.
- Varvara, P., Varuzza, C., Sorrentino, A. C., Vicari, S., & Menghini, D. (2014). Executive functions in developmental dyslexia. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 1-8. doi: 10.3389/fnhum.2014.00120.