

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

GABRIEL NUNES FERREIRA

EDUCAÇÃO DAS FUNÇÕES EXECUTIVAS:

Revisão narrativa sobre os meios de aprimorar as funções executivas de alunos em ambiente escolar através de programas de intervenção

Porto Alegre – Rio Grande do Sul

2022

GABRIEL NUNES FERREIRA

EDUCAÇÃO DAS FUNÇÕES EXECUTIVAS:

Revisão narrativa sobre os meios de aprimorar as funções executivas de alunos em ambiente escolar através de programas de intervenção

Trabalho de Conclusão apresentado à Comissão de Graduação do Curso de Ciências Biológicas - Licenciatura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte das exigências para a obtenção do grau de licenciado em ciências biológicas.

Orientadora: Prof. Dra. Renata Menezes Rosat

Porto Alegre

2022

RESUMO

Funções executivas (FE's) são "ferramentas mentais", isto é, diversas capacidades cognitivas e comportamentais mediadas principalmente pelo córtex pré-frontal, utilizadas para cumprir metas e objetivos, sem desconsiderar aspectos emocionais, morais e éticos. As FE's permeiam todo comportamento voluntário, esforçado e concentrado do ser humano e são relevantes em diversos aspectos da vida humana, como no campo da saúde, na vida profissional, social e escolar. A qualidade de seus atributos, já com gradual evolução na criança, é um forte indicador de sucesso escolar e de qualidade na vida adulta. O curso de seu desenvolvimento se dá ao longo da infância e da adolescência quando ocorre a neuroplasticidade típica dessas fases iniciais da vida, configurando a etapa de maturação das FE's. No entanto, durante esse período, seu progresso é fortemente marcado pela influência do ambiente. Um suporte contextual qualificado poderá promover maiores avanços, ao passo que, em um ambiente desfavorável, seu desenvolvimento estará mais suscetível a sofrer sérios prejuízos. Assim sendo, proporcionar atividades propícias ao bom desenvolvimento das FE's de crianças e adolescentes passa a ser pauta prioritária, especialmente em ambiente escolar e familiar. O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão narrativa acerca dos meios para promover as FE's dos alunos em ambiente escolar, à luz da neurociência cognitiva, e apresentar programas de intervenção para o aprimoramento das FE's com resultados satisfatórios. São princípios que norteiam os programas a partir de achados neurocientíficos: as FE's podem ser treinadas - quanto antes, melhor, mas antes tarde do que nunca; a instituição inteira deve proporcionar o bem estar geral dos seus estudantes em todas suas dimensões; a intervenção deve ter validade ecológica; o programa deve ensinar explicitamente habilidades e estratégias executivas e metacognitivas, promover a prática no ambiente de treino e incentivar o seu exercício fora dele; a intervenção deve promover autonomia gradual e dificuldade crescente nas atividades; deve-se atentar a fatores individuais dos participantes e prezar por tutores atenciosos; deve-se promover o engajamento dos participantes através do envolvimento emocional e motivacional e evitar todo fator desagradável e estresse desnecessário. Considerando a relevância das habilidades executivas na qualificação do indivíduo e, por conseguinte, de uma sociedade mais humana e competente, há premência de maiores investimentos para o seu aprimoramento pelos responsáveis pela educação, nas escolas e nas próprias famílias.

Palavras-chave: Funções Executivas. Desenvolvimento Cognitivo. Intervenção Pedagógica. Neuroeducação. Neurociência e Educação.

ABSTRACT

Executive functions (EF's) are "mental tools", that is, various cognitive and behavioral capacities mediated mainly by the prefrontal cortex, used to fulfill goals and objectives, without disregarding emotional, moral and ethical aspects. EF's permeate all voluntary, effortful and focused behavior in human beings and are relevant in several aspects of human life, such as health, professional, social, and school issues. The quality of their attributes, displaying gradual evolution already in children, is a strong indicator of academic achievement and quality of life in adulthood. The course of its development takes place throughout childhood and adolescence when the typical neuroplasticity of these early stages of life occurs, constituting the period of maturation of EF's. However, during this phase, its progress is strongly marked by environmental influences. A qualified contextual support may promote greater progress, whereas, in an unfavorable environment, its development will be more susceptible to suffer serious impairment. Therefore, providing propitious activities to the development of EFs in children and adolescents becomes a priority agenda, especially in school and family environments. The goal of this study is to carry out a narrative review of the means to promote students' EF's in a school environment, in light of cognitive neuroscience, and to present intervention programs for the improvement of EF's with satisfactory outcomes. The principles based on neuroscientific findings that guide these programs are listed below: EF's can be trained - the sooner, the better, but better late than never; the entire institution must provide for the general well-being of its students in all its dimensions; the intervention must have ecological validity; the program should explicitly teach executive and metacognitive skills and strategies, promote practice in the training environment and encourage their exercise outside of it; the intervention should promote gradual autonomy and increasing difficulty of activities; attention should be paid to individual factors of the participants and favor caring tutors; participants must be engaged through emotional and motivational involvement and any unpleasant factor and unnecessary stress avoided. Considering the importance of executive skills in individual qualification and, therefore, in a more humane and competent society, there is an urgency for greater investments in its improvement by those responsible for education in schools and families.

Keywords: Executive Functions. Cognitive Development. Pedagogical Intervention. Neuroeducation. Neuroscience and Education.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 JUSTIFICATIVA.....	8
1.2 OBJETIVOS.....	8
2 MÉTODOS	9
3 REFERENCIAL TEÓRICO	9
3.1 O CÓRTEX PRÉ-FRONTAL E A SUA FUNÇÃO EXECUTIVA.....	9
3.2 FUNÇÕES EXECUTIVAS.....	11
3.2.1 Controle Inibitório	12
3.2.2 Memória de Trabalho	13
3.2.3 Flexibilidade Cognitiva	14
3.2.4 Funções Executivas Quentes e Frias	15
3.2.5 Importância das Funções Executivas	16
3.3 DESENVOLVIMENTO DAS FUNÇÕES EXECUTIVAS.....	17
3.3.1 Desenvolvimento do Controle Inibitório	19
3.3.2 Desenvolvimento da Memória de Trabalho	21
3.3.3 Desenvolvimento da Flexibilidade Cognitiva	21
3.3.4 Desenvolvimento das Funções Executivas Quentes	22
3.3.5 O Contexto e o Desenvolvimento das Funções Executivas	24
3.3.6 Períodos Sensíveis do Neurodesenvolvimento	26
3.3.6.1 Processos dos períodos sensíveis: sinaptogênese e poda sináptica.....	27

3.3.7 Fatores Ambientais que Afetam o Desenvolvimento das Funções Executivas ...	29
3.3.7.1 Estresse Crônico.....	29
3.3.7.2 Estímulo ou Privação Cognitiva.....	30
3.3.8 Promoção de Ambientes Favoráveis para o Desenvolvimento Ótimo das Funções Executivas.....	32
3.4 EDUCAÇÃO DAS FUNÇÕES EXECUTIVAS.....	33
3.4.1 Princípios que Orientam a Intervenção nas Funções Executivas.....	33
3.4.2 Modelos de Programa de Intervenção em Funções Executivas.....	39
3.4.2.1 Travessuras do Amarelo.....	39
3.4.2.2 PENcE- Programa de Estimulação Neuropsicológica da Cognição em Escolares..	41
3.4.2.3 PIAFEx - Programa de Intervenção em Autorregulação e Funções Executivas....	43
3.4.2.4 Método Glia.....	45
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

O conceito de “função executiva” (FE) ainda não é tão difundido fora das áreas da neurociência cognitiva e da psicologia, mas ultimamente vem ganhando espaço e reconhecimento na área da educação. Não à toa, pois o conhecimento neurocientífico cresceu muito nos últimos anos, especialmente a partir dos anos 90, na chamada "Década do Cérebro". Desde então, os achados das neurociências extravasaram, tocando em outras áreas do conhecimento, como a arte e as ciências humanas, exatas e sociais, atingindo, conseqüentemente, a educação. É válido ressaltar que, no caso do campo da educação, a neurociência não se propõe a demolir todo construto já edificado e impor uma pedagogia inovadora, nem promete resolução definitiva dos diversos desafios de aprendizagem, mas, como Cosenza e Guerra (2011, p. 143) afirmam, a neurociência “contribui para fundamentar práticas pedagógicas e sugerir intervenções que respeitam a forma como o cérebro funciona”.

Antes de surgirem as técnicas de neuroimagem, os estudos de lesões encefálicas foram de grande valor para ampliar o conhecimento do cérebro, de suas regiões e suas funções. Especificamente para o assunto do comportamento humano, os estudos de lesões no lobo frontal apontaram o córtex pré-frontal como o centro executivo das ações humanas. Nestes estudos, os pacientes lesionados no córtex pré-frontal apresentavam graves distúrbios comportamentais, que os tornavam instáveis, inconstantes e incapacitados para uma adequada tomada de decisão nas suas tarefas, entre outras dificuldades comportamentais. As capacidades prejudicadas nos pacientes com lesão frontal são conhecidas como funções executivas, e possuem marcado impacto no cumprimento de objetivos, na tomada de decisão e na regulação do comportamento. Absolutamente toda ação voluntária, deliberada, concentrada e esforçada é permeada dessas habilidades. Desta forma, todo âmbito humano em que o indivíduo precise se engajar e se empenhar em alguma tarefa, acaba recrutando tais competências, sejam em contextos profissionais, sociais, escolares, entre outros.

Além da descoberta da função do córtex pré-frontal, o qual abrange principalmente o campo comportamental, a neurociência ainda trouxe muita empolgação aos educadores. De fato, os achados da década do cérebro foram realmente promissores para o campo da aprendizagem. Bruer (1997) elenca as descobertas da época interessantes à educação: o cérebro nos primeiros meses da primeira infância se caracteriza pela grande densidade de sinapses e, de acordo com as experiências do indivíduo, reforça aquelas sinapses mais utilizadas e descarta as menos recrutadas (sinaptogênese e poda sináptica); esse período

peculiar e único da neuroplasticidade, de alta maleabilidade neuronal, é crucial no desenvolvimento cognitivo (períodos sensíveis); a qualidade do entorno ambiental da criança favorecerá o seu desenvolvimento (ambientes estimulantes).

Por ser o período sensível mais prolongado ao comparar às outras habilidades, caracterizando o final da maturação cerebral no início da fase adulta, as funções executivas se diferenciam das demais capacidades cognitivas pois ganham um tempo maior para o seu desenvolvimento (DIAS; SEABRA, 2013). A infância e a adolescência, portanto, devem ser consideradas como fases da vida do indivíduo de maior interesse quanto à qualificação de intervenções pedagógicas e educacionais como um todo.

1.2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho tem sua justificativa em vista do impacto das funções executivas no desenvolvimento pessoal e sua implicação social a partir de cada indivíduo. A discussão sobre os meios mais adequados de educar as funções executivas desde os períodos mais precoces da vida pode iluminar a prática educacional, implicando numa melhor qualidade de vida dos alunos em termos pessoais, familiares, sociais e profissionais e, por isto mesmo, a longo prazo. Ademais, este projeto tem como justificativa o Trabalho de Conclusão de Curso de graduação de Licenciatura em Ciências Biológicas do aluno Gabriel Nunes Ferreira visando a sua formação como professor de ciências e biologia para os ensinos fundamental e médio.

1.3 OBJETIVOS

Levando em conta tais colocações, este trabalho tem como objetivo geral revisar e discutir os melhores meios de trabalhar as funções executivas dos alunos em ambiente escolar, considerando as indicações da neurociência para a prática educacional. Como objetivos específicos, este trabalho se propõe: 1) a revisar os tópicos de funções executivas referentes ao seu desenvolvimento; 2) a discutir os princípios neurocientíficos que regem as intervenções para o aperfeiçoamento dessas competências; 3) e a exemplificar os fundamentos de práticas e treinamento das funções executivas a partir de alguns programas validados e utilizados no Brasil e que apresentam resultados positivos.

2 MÉTODOS

Para atingir os objetivos deste trabalho, foi feita uma revisão narrativa através da “análise da literatura publicada em livros, artigos de revista impressas e/ou eletrônicas na interpretação e análise crítica pessoal do autor”, conforme Rother (2007). Desta forma, foram buscados no Google Acadêmico os trabalhos referentes aos assuntos aqui discutidos em cada seção.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 O CÓRTEX PRÉ-FRONTAL E A SUA FUNÇÃO EXECUTIVA

Muitas descobertas sobre a cognição e comportamento humanos, hoje consideradas nas práticas de ensino e aprendizagem, foram realizadas através de simples observação de pacientes antes do advento de instrumentos mais sofisticados. Estudos (STUSS; BENSON, 1986, apud JURADO; ROSSELLI, 2007) observaram soldados que, após batalharem na guerra, voltaram feridos no lobo frontal e mostraram desvios de comportamento, assim como dificuldade de se empenhar em atividades e levá-las a cabo. Jurado & Rosselli (2007) discorrem ainda sobre outros pacientes com lesões frontais os quais mostraram dificuldades no autocontrole e na mudança de foco, isto é, com problemas de atenção.

Um famoso episódio que muito contribuiu para o estudo da neurociência é o caso de Phineas Gage, tratado e relatado em um artigo de 1848 pelo Dr. John Harlow. Phineas Gage trabalhava na construção de uma ferrovia em Vermont, socando pólvora em um buraco com uma haste de ferro para a retirada de pedras do caminho para os trilhos, quando, por um pequeno descuido, a haste atingiu uma rocha e fez a pólvora explodir. A explosão fez a ferramenta literalmente atravessar sua cabeça de baixo para cima, entrando abaixo do olho esquerdo e saindo pela parte superior do crânio, atravessando o lobo frontal esquerdo e abrindo um rombo com mais de 9 cm de diâmetro. Surpreendentemente, Phineas Gage não morreu por decorrência desse acidente e chegou a viver por mais 12 anos. Gage seguiu a vida normalmente, com a exceção de que sua personalidade estava irreconhecível. Era outro Phineas Gage. Segundo seus familiares, amigos e colegas, Gage tinha uma mente equilibrada, era perspicaz e persistente na execução de todos seus planos de operação. No entanto, após o acidente, tornou-se indeciso, irreverente, impaciente e raivoso com obstáculos ou com conselhos que se opusessem às suas vontades, imaginava planos futuros mas não os levava a cabo. A lesão ocasionada pela haste de ferro atingiu o córtex cerebral de ambos os

hemisférios, principalmente dos lobos frontais, mais especificamente na região ventromedial, e se presume que esta foi a causa das mudanças na personalidade de Gage (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2017; LENT, 2010).

Depois do caso de Phineas Gage, outros neurologistas relataram e estudaram casos de lesões pré-frontais, como François Lhermitte e Tim Shallice. Lhermitte encontrou uma “dependência do presente” em pacientes pré-frontais. Comportam-se em função do dia a dia, sem nenhum planejamento de médio ou longo prazo. Esses pacientes têm comportamentos desajustados à sua própria vontade e a convenções sociais, acompanhados muitas vezes de algum distúrbio emocional, como apatia, indiferença ou incapacidade de perceber sentimentos alheios (LHERMITE, 1983, apud LENT, 2010). Shallice (1991, apud LENT, 2010) percebeu que seus pacientes pré-frontais, apesar da inteligência normal, tinham dificuldades em executar tarefas em determinada ordem exigida e não conseguiam completar as tarefas.

Conforme Jurado & Rosselli (2007), os métodos de neuroimagem têm confirmado o envolvimento do lobo frontal, particularmente o córtex pré-frontal (CPF), durante a realização de tarefas executivas, o que explica as graves disfunções presentes em indivíduos portadores das mais diversas lesões e patologias desta região. O CPF é formado por regiões mais laterais, como as áreas dorsolateral e ventrolateral, e regiões mais mediais, como a área anterior do giro do cíngulo, área ventromedial e área orbitofrontal e funciona como o centro executivo do encéfalo, pois integra unidades ligadas por redes neurais destinadas à percepção cognitiva e emocional, incluindo, inclusive, aspectos viscerais, para poder tomar decisões coerentes e traçar planos e estratégias direcionadas aos objetivos propostos em busca de soluções (FUSTER, 2002). Para dar conta dessa complexidade de funções, a característica ímpar que distingue o CPF das demais áreas do cérebro é a sua capacidade de processamento *online* de informações provenientes de várias regiões encefálicas conectadas reciprocamente, vinculadas a diferentes modalidades sensoriais, à linguagem, às emoções, percebidas a partir do entorno do sujeito, ao mesmo tempo que mescladas e comparadas a experiências passadas (TOKUHAMA-ESPINOSA, 2014). O CPF é, portanto, como a sede dessas habilidades associativas, integrativas e executivas, denominadas funções executivas, e, por isto, também considerado o centro da personalidade. Essa região é mais desenvolvida em humanos do que em outros animais primatas e não primatas, e, portanto, a capacidade executiva é, da mesma forma, mais desenvolvida (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2017).

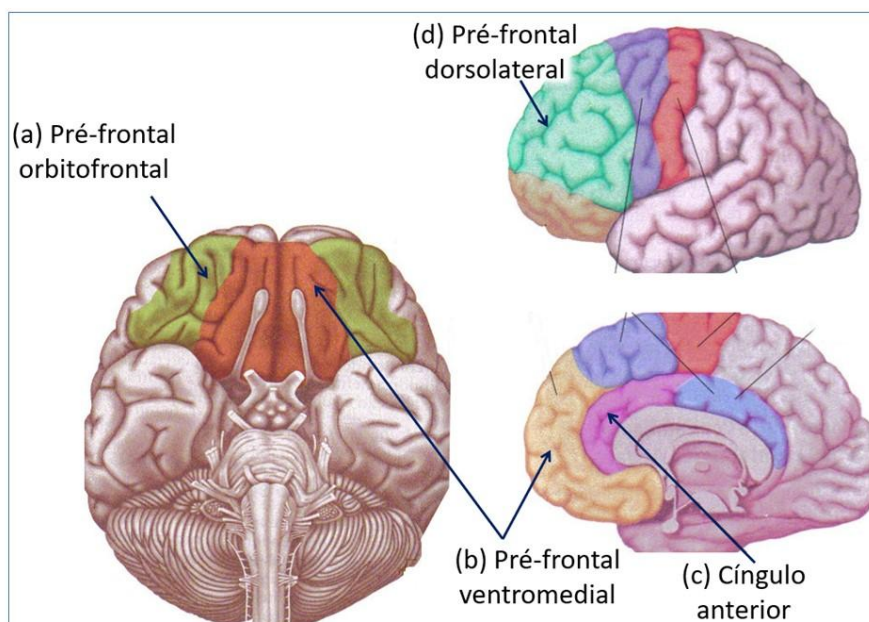


Figura 1 - REGIÕES DO PRÉ-FRONTAL. (a) orbitofrontal; (b) ventromedial; (c) cíngulo anterior; (d) dorsolateral. Adaptado de Bear, Connors e Paradiso (2006).

3.2 FUNÇÕES EXECUTIVAS

São muitas as definições e os modelos descritivos das funções executivas encontradas na literatura. É consenso entre os autores que as funções executivas são uma expressão guarda-chuva para capacidades cognitivas complexas que nos orientam ao cumprimento de objetivos (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 87; MELTZER, 2007, p. 1). Essas capacidades são processos *top-down*, isto é, voluntários, conscientes, dependentes de esforço e concentração. Estão presentes não nas atividades automáticas que executamos despreocupadamente, mas nas que demandam foco e atenção (DIAMOND, 2013). Podemos, portanto, alocar na grande caixa das funções executivas todas aquelas capacidades mentais necessárias para atingir uma meta: estabelecer um propósito, calcular os passos para alcançá-lo, supervisionar o seu andamento e corrigir algum eventual desvio. Todo comportamento humano direcionado a um objetivo é permeado pelas funções executivas.

As habilidades executivas são compostas por três domínios principais: o controle inibitório, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva (BAGGETTA; ALEXANDER 2016; DIAMOND, 2013; MIYAKE, 2000). As diferentes competências de cada um desses três domínios são elementos importantes na construção de capacidades executivas complexas como o raciocínio, a resolução de problemas e o planejamento (DIAMOND; LING, 2020).

3.2.1 Controle Inibitório

O controle inibitório (CI) é, no estudo de Baggetta e Alexander (2016), o componente mais mencionado entre os trabalhos sobre as funções executivas. Não é por acaso, dada a importância comportamental, social, emocional e na sua potência para que sejam realizados os objetivos estipulados. O CI é um domínio das funções executivas que “modera a atenção, comportamento, pensamentos e emoções para sobrepor alguma predisposição interna forte ou alguma distração externa” (DIAMOND, 2013). Com este componente das capacidades executivas, somos capazes de, à custa de esforço, focar a atenção em algo, ignorando tudo aquilo que não for de interesse. Além disso, também somos capazes de moderar nossos comportamentos e emoções.

Na vasta extensão de capacidades de controle inibitório, e nas suas nuances, alguns aspectos dessa função executiva são bem definidos e são inclusive nomeados. O CI é conhecido por outros termos, como controle executivo, controle atencional, inibição, etc. Essa função executiva é categorizada em habilidades de autocontrole (ou controle de comportamento), de atenção seletiva (ou atenção executiva) e de inibição cognitiva (DIAMOND; LING, 2020).

Autocontrole é o aspecto do controle inibitório que modera os nossos comportamentos, nossas respostas e reações. É com ela que se resiste às tentações, por exemplo, não comendo mais do que se deve quando se está de dieta; é o autocontrole que segura a mão ou a língua para não responder imediatamente a alguma agressão ou ofensa; é com essa habilidade do CI que moderamos a impulsividade. Da mesma forma, é com o autocontrole (ou controle de resposta, ou controle de comportamento) que permanecemos em uma atividade desgostosa, quando na verdade se quer fazer qualquer outra coisa. Em suma, é com o autocontrole, subcomponente do CI, que se concretizam a perseverança, o atraso de gratificação e a moderação da impulsividade (DIAMOND, 2013).

Outro subcomponente insigne do controle inibitório é a atenção seletiva (ou controle atencional, ou atenção executiva). É esta habilidade que se utiliza em uma festa, por exemplo, quando, em meio ao barulho alto, é possível focar na conversa com outra pessoa, concentrando-se em um alvo e suprimindo a atenção em informações indesejadas, como a música alta do ambiente. É a atenção seletiva que me faz reafirmar o foco no livro que estou lendo, mesmo quando ouço o meu nome sendo falado em uma conversa em um outro cômodo

da casa. Com a atenção seletiva, portanto, somos capazes de ignorar estímulos externos inconvenientes a fim de focar a atenção no objeto de interesse. A inibição cognitiva, por sua vez, é a capacidade não de ignorarmos uma distração externa, mas interna, como pensamentos ou memórias indesejadas que possam atrapalhar o foco (DIAMOND; LING, 2020). Vale mencionar que a disfunção executiva do controle inibitório, onde se apresentam dificuldades de atenção e impulsividade, está relacionada ao TDAH.

3.2.2. Memória de Trabalho

A memória de trabalho (MT) é um dos componentes básicos das funções executivas e tem muitas definições e usos (cf. COWAN, 2016). Para Baddeley, Hitch e Allen (2020, p.10), a memória de trabalho “é um sistema de capacidade limitada para a manutenção temporária e o processamento de informação em suporte da cognição e ação”; para Cowan (1988), a MT diz respeito a “conjuntos de componentes da mente que mantêm uma quantidade limitada de informação temporariamente em um estado de disponibilidade para o seu processamento”. Em outras palavras, a memória de trabalho é a capacidade de manter informações em mente e manipulá-las de acordo com a necessidade.

É importante notar a diferença funcional entre a memória de curto prazo e a memória de trabalho. A primeira somente mantém a informação na mente, enquanto que a MT faz uma operação mental com a informação em questão, além de ambos os tipos de memória estarem associados a diferentes redes neurais e terem diferentes progressões no seu desenvolvimento, com a MT amadurecendo mais tardiamente (DIAMOND; LING, 2020).

Alguns exemplos de memória de trabalho podem ser vistos no simples fato de manter os acontecimentos de um filme em mente para relacionar com os novos ocorridos e poder inferir teorias sobre o que acontecerá com base nesses acontecimentos; ou quando fazemos alguma operação matemática, precisamos trazer as informações à mente e manipulá-las; em uma dissertação ou discurso, para que as ideias sejam coesas e coerentes, é preciso ter em mente o que se quer expressar, para então adicionar novos elementos que orientem a esse objetivo. Não é à toa que a memória de trabalho recebe grande reconhecimento na participação em habilidades acadêmicas, e, na sua disfunção, em dificuldades de aprendizado (MORRIS, 2022). Para Diamond (2013), sem a memória de trabalho, não seríamos capazes de raciocinar devidamente, uma vez que a MT “é fundamental na capacidade de ver conexões entre coisas aparentemente sem relação e separar elementos de um todo integrado.”

3.2.3. Flexibilidade Cognitiva

A flexibilidade cognitiva (FC), o terceiro componente básico das funções executivas é também chamado de flexibilidade mental (em inglês, *shifting*, *set shifting* ou *task switching*). Essa capacidade executiva, às palavras de Monsell (1996), “envolve mover-se para trás e para frente entre múltiplas tarefas, operações ou mentalidades”. Cragg (2010) define a FC como a capacidade de considerar múltiplas representações conflitantes de um único objeto e flexivelmente trocar a mentalidade para a representação que mais se adequa à necessidade do contexto.

Podem ser distintos dois aspectos da flexibilidade cognitiva: a mudança de perspectiva e o pensar fora da caixa (DIAMOND; LING, 2020). A FC nos torna capazes de compreender a visão e a opinião de outra pessoa, ainda que não concordemos. Agora, se estou com algum problema que não consigo resolver, é com essa habilidade executiva que eu me desprendo do modo antigo de proceder (e que não deu certo) e penso em um novo meio de resolver o problema.

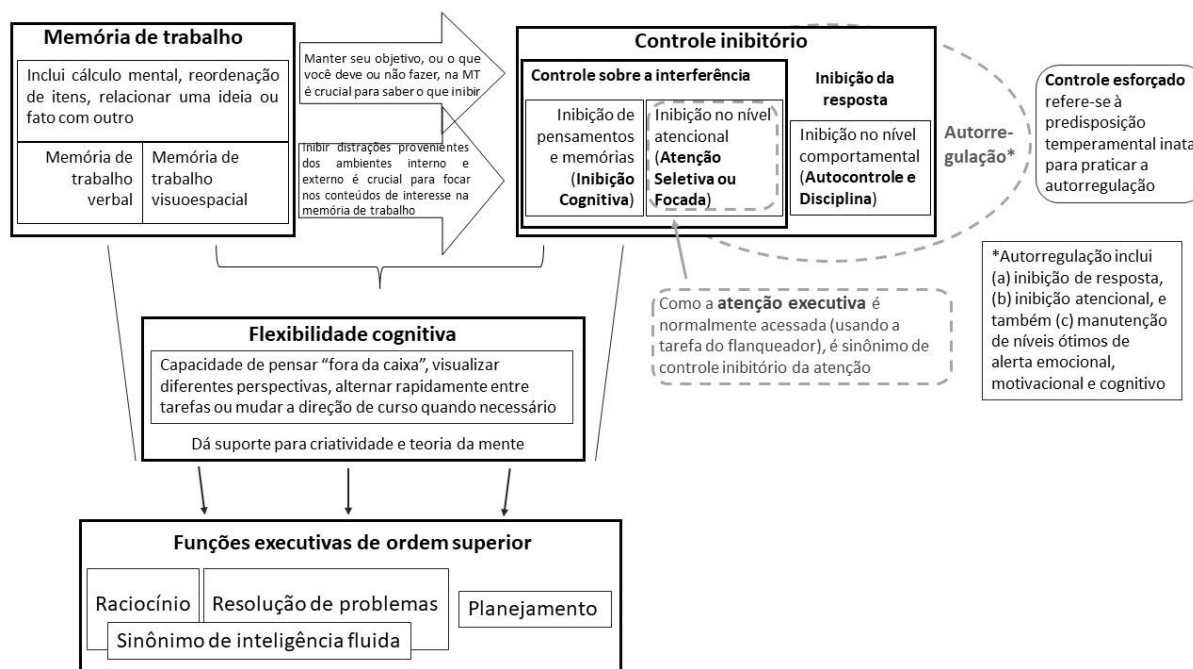


Figura 2. Fluxograma das funções executivas e seus componentes. Atentar-se às relações entre os grandes domínios: MT e CI interagem de forma mútua. Para operar mentalmente (MT), é preciso concentrar-se e inibir distrações internas ou externas (CI); por outro lado, para saber o que se deve inibir ou o alvo a se prestar atenção (CI), é necessário manter o objetivo em mente (MT). O grande colchete que parte da MT e do CI apontando

para a flexibilidade cognitiva (FC) indica que ambas habilidades são necessárias para o funcionamento da terceira. As funções executivas de ordem superior são capacidades ainda mais complexas e recrutam todos os componentes básicos das funções executivas: MT, CI e FC. Traduzido de Diamond, 2013

3.2.4 Funções Executivas Quentes e Frias

É importante fugir da tendência de pensar que as funções executivas são capacidades meramente cognitivas, sem qualquer dimensão afetiva ou emocional envolvida. Zelazo e Muller (2002), inclusive, propõem um modelo de funções executivas que contempla tanto as dimensões cognitivas (frias) e as emocionais/afetivas (quentes). Esse modelo das FE's quentes e frias é também sustentado também por Zelazo, Qu e Kesek (2010): “uma caracterização abrangente das FE's e de seu desenvolvimento deve compreender os seus aspectos quentes e frios”; e por Ward (2020, apud SALEHINEJAD et al., 2021). Salehinejad (2021) defende este modelo organizacional das FE 's, pois são contempladas tanto a emoção quanto a cognição. Os componentes das FE 's, neste modelo, não são associados somente a uma ou outra dimensão (emocional ou cognitiva), mas adotam uma característica espectral, isto é, uma função executiva pode ser mais ou menos quente à medida que há mais ou menos carga emocional ou afetiva na tarefa.

Por funções executivas quentes, às palavras de Salehinejad (2021), entende-se “o processamento de informações relacionadas a recompensa, motivação e emoção”, enquanto que as frias “processam informações meramente cognitivas”. Zelazo e Muller (2002) afirmam que as FE 's quentes são “processos *top-down* que operam em situações de alto risco motivacional e emocionalmente significativas”, enquanto que as FE' s frias são “eliciadas por problemas relativamente abstratos e descontextualizados de emoções”.

As emoções estão estreitamente relacionadas com as FE's e uma reflete na outra. Na verdade, “não existe cognição sem emoção e vice-versa” (ZELAZO; MULLER, 2002). Immordino-Yang e Damasio (2007) afirmam que “cognição e emoção são dois aspectos inter-relacionados do funcionamento humano”. King Johnson et al. (2022) afirmam que dentre as funções cognitivas, a função executiva tem particular importância na regulação emocional. Riggs et al. (2006) sustentam que o bom desempenho das FE 's é acompanhado de um bom desempenho de competências emocionais. Da mesma forma, Xie et al. (2021) encontraram melhora na regulação emocional em crianças que aprimoraram a função executiva, especialmente o controle inibitório.

		FUNÇÕES EXECUTIVAS FRIAS				FUNÇÕES EXECUTIVAS FRIAS			
		Principais domínios		Principais testes		Principais domínios		Principais testes	
Domínios e tarefas	Memória de trabalho	Set de alternância	<i>N-back</i> / span de dígitos	Mudança de atenção	Memória de trabalho	Set de alternância	<i>N-back</i> / span de dígitos	Mudança de atenção	
	Inibição de resposta	multitarefa	Go/No-axGo/SST	Mudança de tarefa	Inibição de resposta	multitarefa	Go/No-axGo/SST	Mudança de tarefa	
	Controle atencional	Deteção de erros	Stroop/AX-CPT	Tarefas de conflito	Controle atencional	Deteção de erros	Stroop/AX-CPT	Tarefas de conflito	
	Resolução de problemas	Monitoramento de performance	Torre de Londres	Teste de Stroop	Resolução de problemas	Monitoramento de performance	Torre de Londres	Teste de Stroop	
	Flexibilidade cognitiva	Fluência	Teste de associação remota	Tarefa de fluência verbal	Flexibilidade cognitiva	Fluência	Teste de associação remota	Tarefa de fluência verbal	
Estruturas cerebrais	Cortical		subcortical		Cortical		subcortical		
	Pré-frontal dorsolateral		Hipocampo		Pré-frontal dorsolateral		Hipocampo		
	Pré-frontal lateral		Núcleos da base		Pré-frontal lateral		Núcleos da base		
	Cingulado anterior				Cingulado anterior				
	Córtex frontal inferior				Córtex frontal inferior				
Suposições	Suposições correntes / características				Suposições correntes / características				
	Puramente cognitivo Distribuído em um espectro (não é tudo-ou-nada) Dependente de características das tarefas Processamento deliberativo <i>top-down</i> Processamento automático <i>bottom-up</i> Regiões laterais do córtex pré-frontal				Predominantemente emocional/motivacional Distribuído em um espectro (não é tudo-ou-nada) Dependente de características das tarefas Expectativas <i>top-down</i> quentes Dependente de áreas subcorticais Regiões mediais do córtex pré-frontal				

Figura 3 - Habilidades executivas de aspectos quente e frio, tarefas que testam essas capacidades, respectivamente; regiões cerebrais envolvidas em cada aspecto das FE's e suposições correntes sobre os aspectos quente e frio das FE's. Traduzido de Salehinejad et al., (2021)

3.2.5 Importância das Funções Executivas

Não é exagero algum dizer que as funções executivas são essenciais em todo âmbito humano, considerando a sua onipresença em ações voluntárias, esforçadas e concentradas e até quando há aporte emocional, afetivo e motivacional envolvido. Moffitt et al. (2011) afirmam ainda que as habilidades executivas na infância, especialmente o autocontrole, têm relação direta na qualidade de vida adulta. Segundo o estudo, o mau desempenho das capacidades executivas durante a infância está relacionado a uma pior qualidade de vida adulta em diversos aspectos. De fato, essas capacidades são importantes para a saúde mental e física, influirão no sucesso escolar e profissional e estão diretamente relacionadas com o desenvolvimento cognitivo, social e psicológico (DIAMOND, 2013; Quadro 1).

Aspectos da vida	Formas às quais as FE's são relevantes quanto ao respectivo aspecto da vida	Referências
Saúde mental	Há prejuízo das FE's em muitos transtornos mentais:	
	- Adição	Baler & Volkow 2006
	- Transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (TDAH)	Diamond 2005, Lui & Tannock 2007
	- Transtorno de conduta	Fairchild et al. 2009
	- Depressão	Taylor-Tavares et al. 2007
	- Transtorno obsessivo-compulsivo (TOC)	Penadés et al. 2007
	- Esquizofrenia	Barch 2005
Saúde física	- FE's pobres estão associadas à obesidade, compulsão alimentar, abuso de substâncias e baixa aderência a tratamento	Crescioni et al. 2011, Miller et al. 2011, Riggs et al. 2010
Qualidade de vida	- Pessoas com melhores FE's aproveitam melhor a vida	Brown & Landgraf 2010, Davis et al. 2010
Prontidão escolar	- FE's são mais importantes para prontidão escolar do que o QI ou nível de entrada para leitura ou para matemática	Blair & Razza 2007, Morrison et al. 2010
Sucesso escolar	- Melhores FE's são preditivas para competências de leitura e matemática ao longo dos anos escolares	Borella et al. 2010, Duncan et al. 2007, Gathercole et al. 2004
Sucesso no emprego	- FE's mais baixas levam a baixa produtividade e dificuldade em encontrar e se manter em um emprego	Bailey 2007
Harmonia marital	- A convivência com um/a parceiro/a com baixas FE's pode ser mais difícil, por ser menos confiável e agir por impulso	Eakin et al. 2004
Segurança pública	- FE's mais pobres levam a problemas sociais: crimes, comportamentos imprudentes, violência e surtos emocionais	Broidy et al. 2003, Denson et al. 2011

Quadro 1 - Relação das funções executivas em cada aspecto da vida, segundo achados de pesquisa de diferentes autores. Traduzido de Diamond (2013).

3.3 DESENVOLVIMENTO DAS FUNÇÕES EXECUTIVAS

As funções executivas são as últimas capacidades mentais a serem totalmente desenvolvidas. Sua progressão é um processo prolongado surgindo em torno do primeiro ano de vida, com alguns rudimentos de habilidade executiva (DIAS; SEABRA, 2013), mas apresentando um grande salto durante a infância. E ainda, durante a adolescência, segue crescendo gradualmente até o início da fase adulta (BEST; MILLER; NAGLIERI, 2011; CRONE, 2009; DIAS; SEABRA, 2013; ZELAZO; CARLSON, 2012).

Há, de fato, uma relação direta da melhora da performance nas FE's com o avanço da idade até o início da vida adulta. (DIAS; MENEZES; SEABRA, 2013. Figs. 4 e 5). Não por acaso, pois ocorrem modificações estruturais drásticas nas regiões corticais e subcorticais envolvidas com as FE's durante os períodos da infância, adolescência (GANESAN; STEINBEIS, 2022) e início da fase adulta (CASEY; GETZ; GALVAN, 2008). O desenvolvimento das FE's não somente coincide com o tempo de maturação dessas regiões cerebrais, mas é possibilitado justamente por esse processo (ZELAZO; CARLSON, 2020).

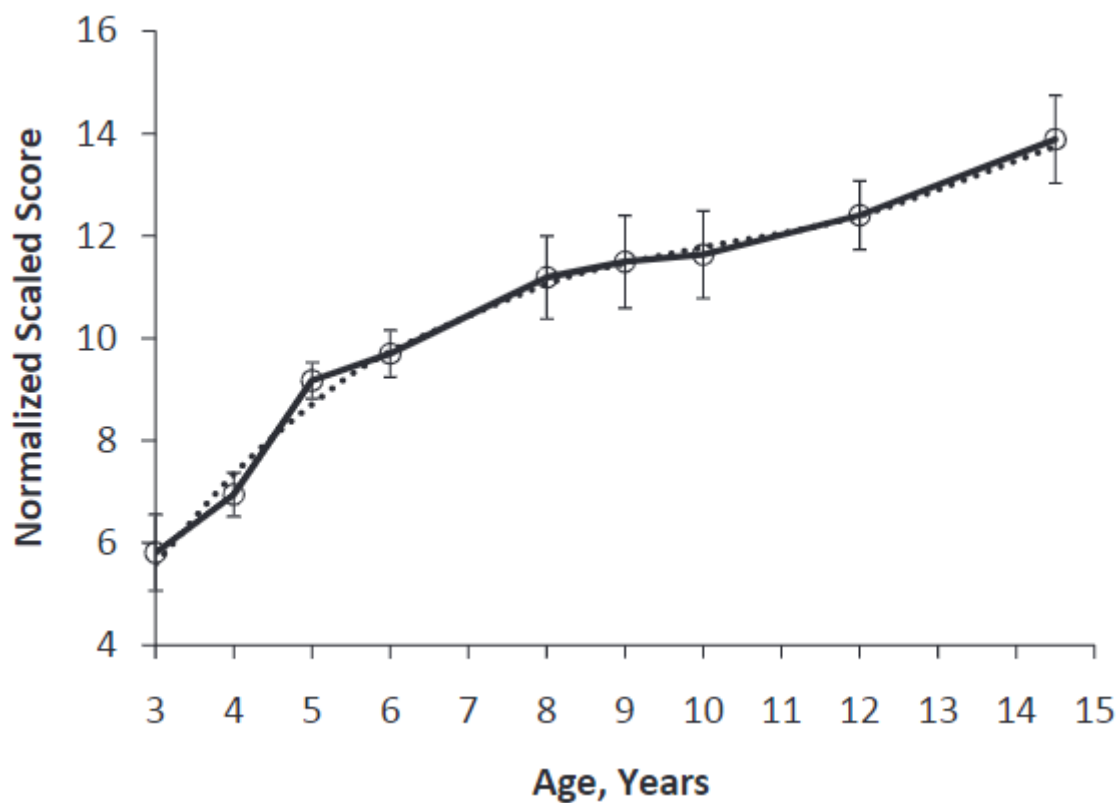


Figura 4 - Relação do progresso das FE 's com o avanço da idade. Gráfico de Zelazo e Carlson, 2012

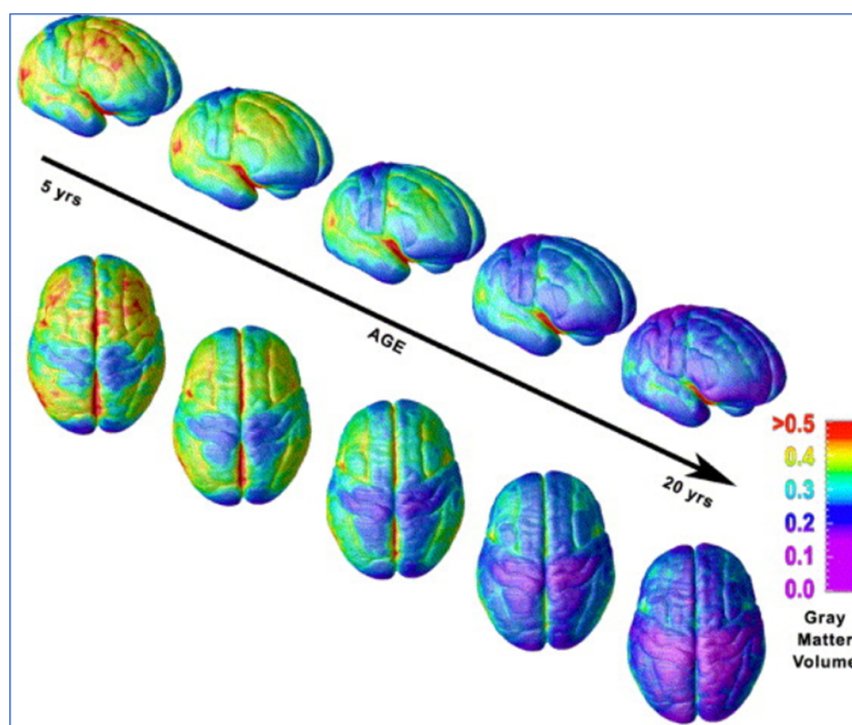


Figura 5 - DESENVOLVIMENTO E MATURAÇÃO DO PRÉ-FRONTAL. Nos humanos, a maturação das áreas mais anteriores do cérebro (região pré-frontal) se prolonga para além dos 20 anos de idade. Este processo leva à diminuição da substância cinzenta (poda sináptica) e um aumento da substância branca, pela mielinização axonal. Fonte: Lenroot e Giedd, 2006.

Os componentes das funções executivas, entretanto, não se desenvolvem igualmente entre si. Cada um dos domínios básicos das FE's (controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva) se desenvolvem em tempos diferentes, conforme sua complexidade (DIAS; MENEZES; SEABRA, 2013; GANESAN; STEINBEIS, 2022). O CI é uma função executiva mais simples e cresce linearmente, sendo que na primeira infância tem um grande salto de crescimento. A MT tem um funcionamento um pouco mais complexo e, por isso, tem desenvolvimento mais tardio, atingindo níveis mais elevados na adolescência. A FC é ainda mais complexa, pois recruta a maturidade dos outros dois domínios para a sua atividade, o que leva a um desenvolvimento mais tardio. O aspecto quente das FEs também matura pela adolescência, apesar de não ser ausente na infância (ZELAZO; CARLSON, 2012).

3.3.1 Desenvolvimento do Controle Inibitório

Alguns autores dizem que o controle inibitório é a função executiva mais fundamental (BEST; MILLER, 2010; MIYAKE et al., 2000) e outros dizem ainda ser a primeira a aflorar e amadurecer (DIAS; SEABRA, 2013), surgindo em torno dos 12 meses de idade. O CI, dentre os principais componentes das funções executivas, é o que tem o desenvolvimento mais precoce, isto é, atingindo níveis mais altos em idades mais baixas. Best e Miller (2010) dizem que o primeiro salto no progresso das habilidades de inibição surge em idade pré-escolar, concordando com Dias e Seabra (2013), que afirmam que até os 3 anos de idade “os comportamentos infantis ainda são predominantemente espontâneos, refletindo reações ao ambiente”, mas que, entre 4 e 5 anos de idade, a criança começa a demonstrar capacidade de inibição das reações ao ambiente e o progresso nessa habilidade segue até a adolescência, onde atinge nível equivalente ao adulto.

Dias, Menezes e Seabra (2013) relacionaram a idade e o progresso do desempenho em diferentes medidas de funções executivas de crianças e adolescentes brasileiros. Nas medidas referentes ao controle inibitório, encontraram, em relação às outras habilidades executivas, um crescimento mais agudo ocorrendo mais precocemente (Fig. 6). No teste de atenção por cancelamento (CAAt, Fig.6) para a avaliação da atenção seletiva, observa-se um crescimento mais proeminente dos 7 aos 10 anos e um crescimento moderado dos 10 aos 14. Ainda na avaliação de atenção seletiva medida através do teste Stroop Computadorizado, as autoras encontraram o mesmo padrão de progresso com o avanço da idade, tanto na pontuação (Stroop_Esc, Fig. 6) quanto no tempo de reação (Stroop_RT, Fig. 6) na execução do teste. A pontuação crescente em relação ao tempo no teste Stroop indica que com o avanço da idade,

os indivíduos erraram menos. O tempo de reação no teste Stroop, por sua vez, diminuiu com a idade. Desta forma, à medida que as crianças ficavam mais velhas, mais acertos foram feitos em menos tempo, indicando maior eficiência da atenção seletiva. No teste de geração semântica, que avalia o controle inibitório, tendo sido considerados os dados de pontuação no teste (SeGeT_Esc, Fig 6) e o tempo de reação (SeGeT_RT, Fig. 6) na execução, observou-se um quadro diferente do teste Stroop. Aqui ambos os dados, tempo de reação e a pontuação no teste, aumentaram com a idade, apresentando um grande salto dos 9 para os 10 anos, ambos indicando melhora do controle inibitório. Aqui o aumento do tempo de reação apresenta uma associação com a pontuação no teste, indicando um maior controle da impulsividade e, portanto, apontando para uma maior precisão no teste. Crianças mais novas responderam impulsivamente e, conseqüentemente, erraram mais; crianças mais velhas e adolescentes controlaram a impulsividade, pensaram por mais tempo e, desta forma, a taxa de acertos aumentou. Com esse estudo, portanto, percebe-se que a performance do CI de fato melhora com a idade e que, em comparação com os gráficos de MT e FC, o controle inibitório tem saltos de desenvolvimento mais precocemente, atingindo níveis elevados em uma idade menor.

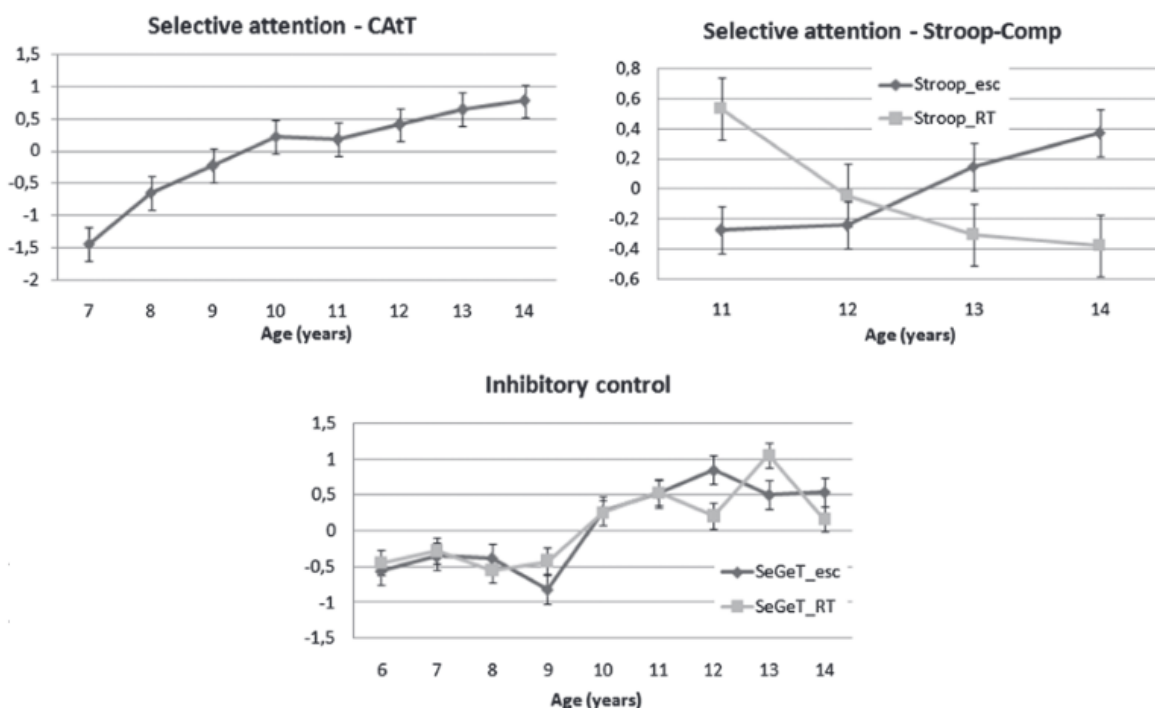


Figura 6 - Progressão de medidas do controle inibitório em relação com a idade analisados em testes diferentes. CATt: Teste de Cancelamento da Atenção; Stroop_Esc: Pontuação no Teste Stroop Computadorizado; Stroop_RT: Tempo de Reação no Teste Stroop Computadorizado; SeGeT_esc: pontuação no Teste de Geração

Semântica; SeGeT_RT: Tempo de Reação no Teste de Geração Semântica; Gráficos de Dias, Menezes e Seabra (2013).

3.3.2 Desenvolvimento da Memória de Trabalho

Diferentemente do controle inibitório, que tem um grande salto ainda na infância e segue crescendo moderadamente durante a adolescência, no desenvolvimento da memória de trabalho não são percebidos grandes surtos de crescimento, mas um crescimento linear desde a infância até a adolescência (BEST; MILLER, 2010). Por ser uma função executiva um pouco mais complexa e dependente de capacidades mentais anteriores mais básicas, sua maturação acaba ocorrendo mais tarde (BEST; MILLER, 2010). Dias e Seabra (2013) afirmam que, aos 3 anos, uma criança ainda não é capaz de fazer representações mentais, necessitando da manipulação física para pensar sobre algum objeto. Aos 5 anos, entretanto, conforme as autoras, as crianças já apresentam algum grau de manipulação mental, indicando avanços na função executiva da memória de trabalho.

O gráfico do estudo de Dias, Menezes e Seabra (2013) ilustra o desenvolvimento da memória de trabalho. A performance em ambas as medidas de MT, visuoespacial (VWM. Fig. 7) e auditiva (AWM. Fig. 7), aumentam linearmente com o avanço da idade, com um salto ligeiramente saliente dos 10 aos 12 e estabilizando na adolescência. O gráfico do desenvolvimento de MT indica tanto a sua maturação tardia, em relação ao controle inibitório, quanto a sua taxa de crescimento linear, ambos os pontos indicados por Best e Miller (2010).

3.3.3 Desenvolvimento da Flexibilidade Cognitiva

Da mesma forma que a memória de trabalho recruta habilidades mentais mais simples, como o controle inibitório, para sua operacionalização, a flexibilidade cognitiva também irá recrutar tanto o CI como a MT, cujos processos de amadurecimento são anteriores (DIAMOND, 2013). Sendo a FC a capacidade de trocar de mentalidade, substituindo uma perspectiva por outra, antes da antiga representação ser inibida e extinta, é preciso atualizar na memória a nova perspectiva (BEST; MILLER, 2010; DIAS; SEABRA, 2013). Por isto, sua maior complexidade funcional demanda um período prolongado para o seu desenvolvimento e um tempo de amadurecimento mais tardio.

A flexibilidade cognitiva, assim como as outras funções executivas, progride com o avanço da idade. Em idade pré-escolar, segundo Best e Miller (2010), as crianças são capazes de fazer trocas simples de mentalidade. Dias e Seabra (2013) afirmam que há desempenho significativo na FC em crianças de 5 a 7 anos de idade e que essa capacidade se desenvolve até aos 15 anos. O gráfico referente à FC na figura 7 apresenta um padrão de desenvolvimento semelhante ao da memória de trabalho.

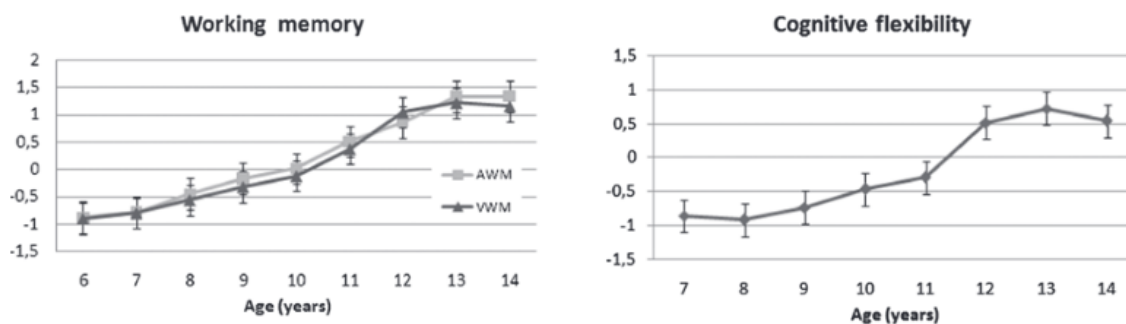


Figura 7 - Progressão da Memória de Trabalho (*Working Memory*) e Flexibilidade Cognitiva (*Cognitive Flexibility*) com a idade (*age*). Gráficos de Dias, Menezes e Seabra (2013).

3.3.4 Desenvolvimento das Funções Executivas Quentes

A respeito do desenvolvimento das funções executivas de aspecto quente, isto é, quando há “processamento de informações relacionadas a recompensa, motivação e emoção” (SALEHINEJAD, 2021) na realização de tarefas executivas, alguns autores sugerem que tais funções amadurecem após as de aspecto frio (PRENCIPE et al., 2011). Zelazo e Carlson (2012) dizem ainda que as FE 's quentes “seguem uma trajetória de desenvolvimento diferente, talvez com um atraso em relação às FE' s frias”. Zelazo, Qu e Kesek (2010) indicam que essas capacidades apresentam certa evolução dos 3 aos 5 anos, e que seguem evoluindo ao longo da infância e da adolescência inclusive. Prencipe et al. (2011) afirmam ainda que há desenvolvimento contínuo das regiões neurais envolvidas nas funções executivas frias e quentes durante a adolescência.

Prencipe et al. (2011), a fim de investigar o desenvolvimento das funções executivas quentes e frias em crianças e adolescentes, aplicaram tarefas que exigiam a ativação de ambos aspectos. Foi utilizada a tarefa Iowa Gambling (IGT) para avaliar o aspecto quente das FE 's das crianças e adolescentes. A IGT avalia a tomada de decisões e ativa o aspecto quente das FE 's, pois envolve ganhos e perdas, ou seja, é uma tarefa baseada em um sistema de

recompensas. A tarefa é um jogo cujo objetivo é terminar com a maior quantia de dinheiro possível. Para ganhar dinheiro, o indivíduo tem de escolher cartas de quatro baralhos diferentes (A, B, C, D). Os baralhos A e B oferecem maiores recompensas em dinheiro, mas também apresentam punições mais severas. Os baralhos C e D dispõem de cartas com menores recompensas, mas com punições mais brandas. A longo prazo, os baralhos A e B são desvantajosos, enquanto que os baralhos C e D são vantajosos, considerando-se a relação punição-recompensa. Apesar das altas recompensas nos primeiros baralhos, as punições acabam se sobressaindo, enquanto que nos baralhos C e D, o somatório das recompensas é mais vantajoso em comparação com as punições (AREIAS; PAIXÃO; FIGUEIRA, 2013). No estudo de Prencipe et al. (2011), o grupo mais velho teve melhor desempenho final em relação aos grupos mais jovens (fig. 8). Ao final da tarefa, os mais jovens tomaram as decisões menos vantajosas, enquanto que os adolescentes de 14 a 15 anos, o grupo mais velho da amostra, tomou melhores decisões e conseguiu adquirir mais dinheiro no jogo. Além disso, o estudo encontrou melhora no desempenho de todas FE's recrutadas no teste com o avanço da idade, mas o desempenho nas tarefas frias das FE's foram mais robustas e ocorreram mais cedo na faixa etária testada (PRENCIPE et al., 2011).

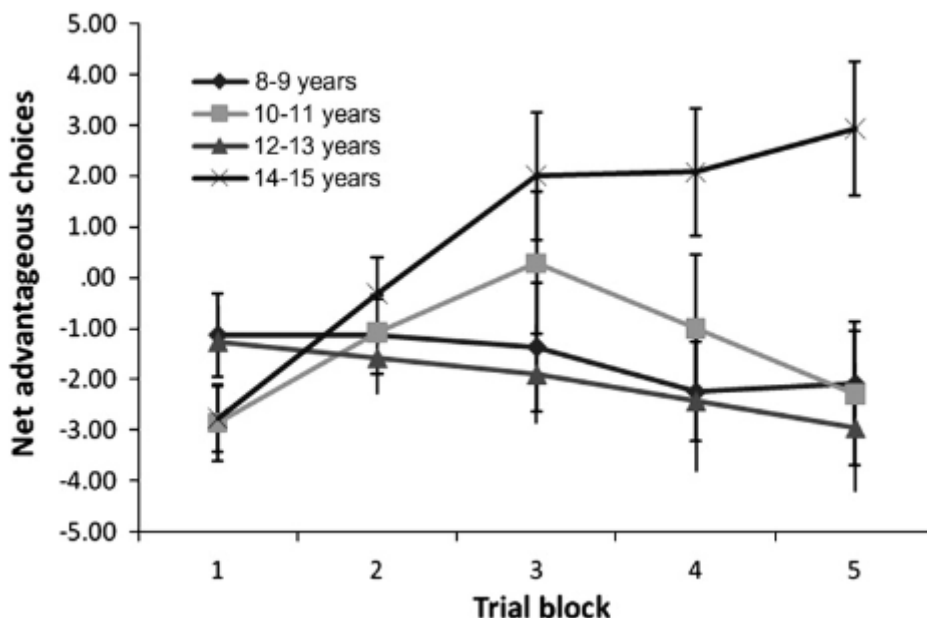


Figura 8 - Resultado do teste Iowa Gambling (PRENCIPE et al., 2011).

Esse estudo ilustra o desenvolvimento tardio do aspecto quente das funções executivas, em relação ao aspecto frio. Zelazo, Qu e Kesek (2010) explicam esse fenômeno argumentando que as áreas encefálicas mais baixas, as quais compreendem o sistema límbico, envolvidas no processamento de estímulos emocionais e afetivos se desenvolvem mais cedo

comparadas às áreas envolvidas em processos reflexivos dependentes de regiões pré-frontais (Fig. 9).

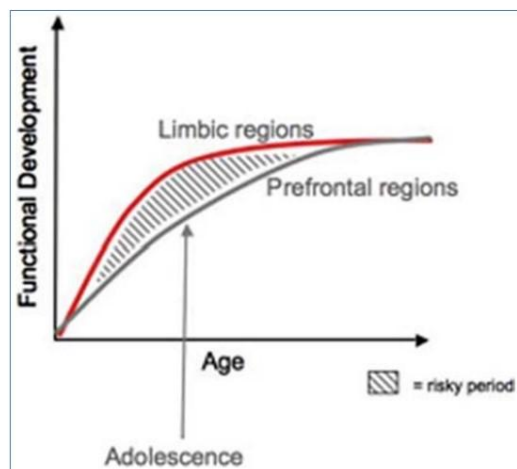


Figura 9 - Desenvolvimento funcional das regiões límbica e pré-frontal em relação com a idade. Gráfico extraído de Casey, Getz e Galvan (2008).

De fato, no teste Iowa Gambling, em uma situação cuja motivação se dá por possíveis recompensas, ativando, portanto, o aspecto quente das FE's, as crianças mais novas foram menos propensas a refletir sobre a situação, ao passo que as mais velhas, os adolescentes, tiveram melhor desempenho justamente por refletir e ponderar as vantagens e desvantagens em cada situação.

3.3.5 O Contexto e o Desenvolvimento das Funções Executivas

Constata-se, portanto, que os períodos da infância e adolescência são cruciais no desenvolvimento das funções executivas, dos seus componentes e dos seus aspectos frio e quente. De fato, à medida que a idade das crianças avança, o desempenho nas habilidades executivas também avança em decorrência da maturação das respectivas regiões do cérebro durante esse mesmo período. Embora o desenvolvimento estrutural do cérebro seja importante para o desenvolvimento das funções executivas, não é o único fator envolvido. Fischer et al. (1993) afirmam que “uma pessoa não pode ter uma habilidade independente de um contexto. Habilidade requer colaboração (interação) entre a pessoa e o contexto”. Bernstein e Waber (2007, p. 46) pensam as funções executivas como “a interface entre o indivíduo e o mundo com o qual interage”. De fato, as FE's fazem o meio de campo entre indivíduo e o seu contexto. Assim, toda função executiva não orienta a ação por si só, mas são levadas em consideração as circunstâncias da situação. Desta forma, a interação da

criança com o seu contexto tem uma função importantíssima em conduzir o desenvolvimento das FE 's (ZELAZO; CARLSON, 2020).

As experiências no ambiente são de fato importantes no desenvolvimento das FE 's, porque o córtex pré-frontal, assim como ocorre em outras áreas cerebrais, é moldado pelas suas interações com o contexto em que se está inserido (MULLER; BAKER; YEUNG, 2013; MULLER; KERNS, 2015). Kolb et al. (2012) explicam que as mudanças psicológicas e comportamentais causadas pela experiência acontecem em decorrência da reorganização ou fortalecimento das conexões sinápticas em circuitos neurais específicos, uma propriedade conhecida como plasticidade neural. Pela neuroplasticidade, a interação com os elementos do contexto produzem mudanças relativamente persistentes na estrutura cerebral, e quanto mais vezes determinada rede neural é ativada, mais modificações ela sofre e mais eficiente se torna (ZELAZO; CARLSON, 2020). É o que ocorre nas regiões corticais e subcorticais envolvidas na função executiva: quanto mais forem ativadas, mais eficientes se tornarão. Se a função executiva é a interface de maior complexidade entre o indivíduo e o seu contexto, as experiências e o ambiente são, portanto, fatores cruciais no desenvolvimento das capacidades executivas das crianças e adolescentes.

Uma antiga discussão levantava o questionamento sobre determinados comportamentos humanos: se eram inatos ou se eram aprendidos. Tratava-se do embate *nature x nurture*. Seria a natureza do indivíduo e seus componentes biológicos e genéticos (*nature*) o fator determinante ou o comportamento em questão seria adquirido através da interação com o ambiente (*nurture*)? Mackey, Raizada e Bunge (2014) parafraseiam a metáfora do livro na biblioteca. Se um livro não for pego da prateleira para ser lido, não fará diferença para ninguém. Da mesma forma, os genes somente cumprem a sua função quando são expressos. Assim, “embora a genética forneça o modelo básico para o desenvolvimento do cérebro, a experiência ajusta o plano genético para o cérebro e molda a arquitetura de seus circuitos neurais de acordo com as necessidades e o ambiente próprio do indivíduo” (NELSON; SHERIDAN, 2011 apud MACKKEY; RAIZADA; BUNGE, 2014). Percebe-se, portanto, o envolvimento de ambos os fatores: os intrínsecos e os extrínsecos ao indivíduo. Não se trata, entretanto, de uma oposição entre eles, mas de uma ação conjunta e interativa. Há uma sinergia, onde ambos os elementos são fundamentais e influenciarão de forma crítica no desenvolvimento das funções executivas (DIAS; SEABRA, 2013).

3.3.6 Períodos Sensíveis do Neurodesenvolvimento

Mesmo que conectadas em redes, as diversas regiões cerebrais possuem funções bastante específicas, como as áreas sensoriais para a visão, audição, somestesia (tato, dor, temperatura, propriocepção), áreas para o movimento e para a linguagem, como também para as funções executivas (LENT, 2010). No entanto, cada uma delas e sua respectiva especialização amadurece a seu tempo (Fig. 10a), em uma sequência que inicia pelas mais básicas, seguidas pelas gradualmente mais complexas. São períodos preciosos da neuroplasticidade correspondentes à fase em que uma capacidade cerebral se prepara para desabrochar, propiciando então o acionamento de mecanismos próprios para sua aprendizagem. Por esta razão são chamados de períodos sensíveis (STILES, 2017).

O termo “período sensível” refere-se a uma etapa do neurodesenvolvimento de intensa plasticidade, durante a qual um sistema neural é surpreendentemente sensível às influências ambientais (MACKEY; RAIZADA; BUNGE, 2014; ZELAZO; CARLSON, 2020). Thompson e Steinbeis (2020) sugerem, inclusive, que tais períodos desempenham um papel evolutivo, permitindo um organismo em desenvolvimento se especializar em seu ambiente particular.

Em um primeiro momento, essas áreas são imaturas. Mas em diferentes períodos dos primeiros anos do neurodesenvolvimento, observa-se o florescimento dessas áreas em uma sequência própria. Esse processo tem início pelas capacidades sensoriais, seguidas pelas habilidades motoras básicas (movimentos), da expressão dos sons da linguagem através da fala, culminando com as funções executivas, como o controle inibitório, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva, um período o qual se estende para além dos 25 anos (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2017). Não é de se estranhar, pois o término do período sensível para as FE's e sua respectiva maturidade neural, cuja sede é o córtex pré-frontal, coincidem com o início da vida adulta, etapa cuja complexidade das exigências cognitivas e socioemocionais será consideravelmente maior. Segundo Zelazo e Carlson (2020):

“Há evidência de que o desenvolvimento do cérebro ocorre hierarquicamente, com as áreas corticais de processos mais básicos (sensoriais e motores) desenvolvendo-se primeiro; e as regiões corticais de ordem superior, relacionadas a processos mais complexos, como as FE's, desenvolvendo-se mais tarde, regulando então os processos mais básicos via *top-down*, enquanto são influenciadas por eles via *bottom-up*.”

3.3.6.1 Processos dos períodos sensíveis: sinaptogênese e poda sináptica

Seja para qual for a função, suas respectivas regiões corticais localizadas na superfície cerebral (substância cinzenta) sofrem um fenômeno muito peculiar, típico da neuroplasticidade das primeiras fases da vida. Ainda antes do nascimento, verifica-se o brotamento de uma enorme quantidade de conexões entre os neurônios, o qual se expande ao longo dos primeiros meses de vida. Uma etapa chamada de sinaptogênese (Fig 10b). Em de algumas sinapses e o descarte de outras não utilizadas, a chamada poda sináptica (Fig 10b). A figura 10a mostra as curvas de sinaptogênese (porção ascendente) e de poda sináptica (porção descendente) ao longo do tempo e em sequência de surgimento para as diferentes funções (SANES; JESSEL, 2014).

Paralelo às modificações sinápticas corticais, a maturação cerebral também se caracteriza pela mielinização, o gradual revestimento dos axônios pela bainha de mielina de cor branca, substância que compõe a célula da glia chamada oligodendrócito, refletindo no aumento da substância branca cerebral, localizada abaixo da superfície cortical (SANES; JESSEL, 2014). A função da mielina é aumentar a velocidade do impulso nervoso (potencial de ação) conduzido ao longo do axônio. Axônios de neurônios de regiões pré-frontais de indivíduos com Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade, por exemplo, apresentam mielinização mais lenta ou até mesmo alterada. Este comprometimento pode, inclusive, se agravar ao longo da vida adulta, com impacto nefasto nas capacidades cognitivas e emocionais, as FE's frias e quentes (LESCH, 2019).

Dessa forma, constata-se que o volume do córtex cerebral, isto é, a substância cinzenta cerebral de um bebê é maior que o de um adulto e, com o seu amadurecimento, esse volume gradualmente diminui. Já o volume das regiões de substância branca abaixo do córtex, referentes aos axônios mielinizados dos próprios neurônios corticais e de outras regiões encefálicas, aumenta com o tempo à medida que ocorre a maturação através da mielinização. Em uma dada região cerebral, formam-se verdadeiros blocos corticais feitos de sinapses à disposição, a serem esculpido logo adiante pela aprendizagem (Fig. 10c). Melhor dizendo, cada vivência típica e particular a que o jovem é exposto recrutará conjuntos sinápticos específicos do grande bloco cortical. Na realidade, seu aprendizado reflete o reforço da atividade.

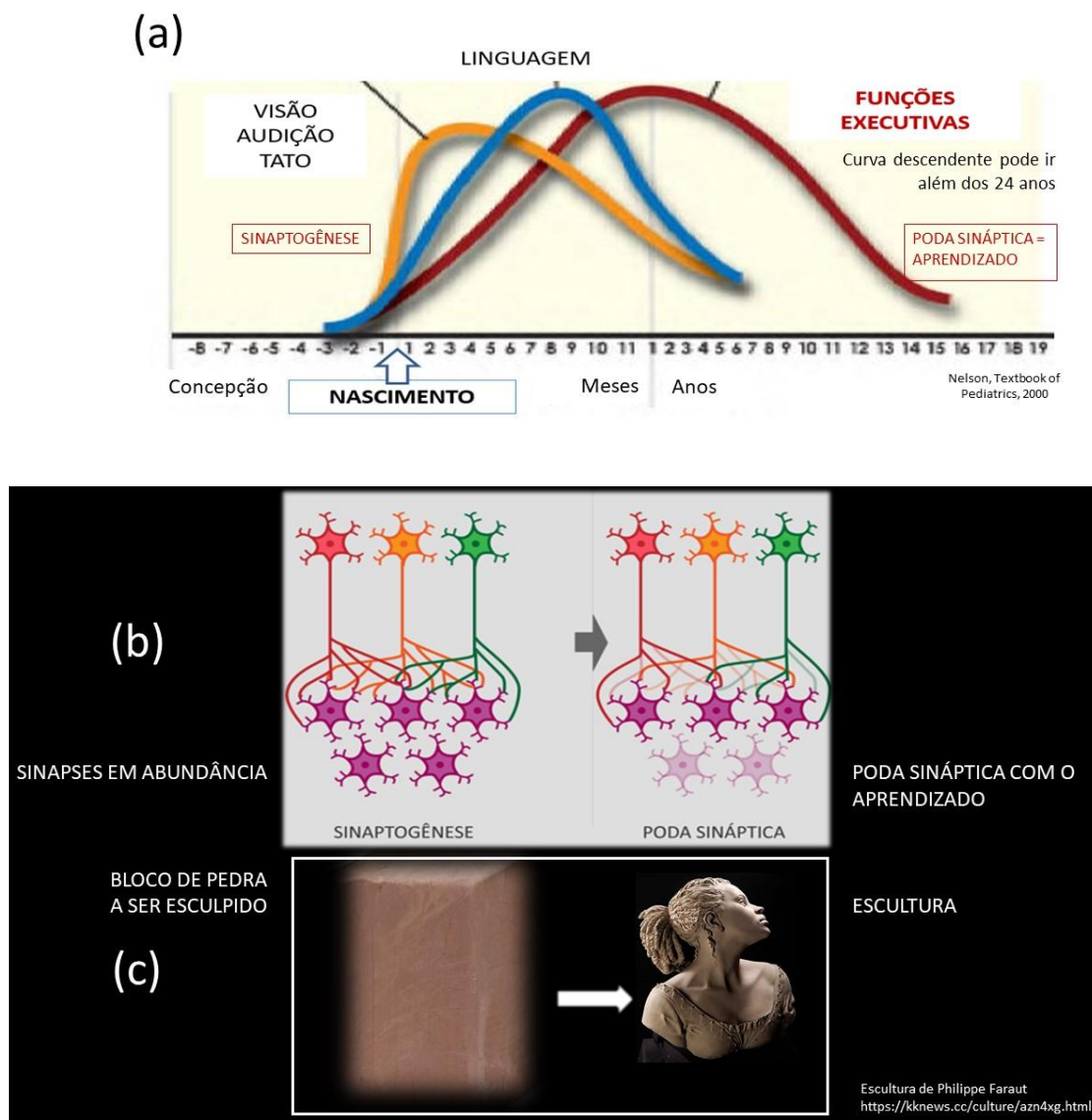


Figura 10 - Períodos sensíveis de neurodesenvolvimento do córtex cerebral para diversas funções. (a) Curvas de sinaptogênese e poda sináptica. Cada curva, disposta em um dado período da vida (eixo x), representa um processo de neuroplasticidade em que o córtex de áreas cerebrais “florescem”, tornando o indivíduo apto para a aprendizagem de suas respectivas funções. Observe a sequência temporal de cada período para funções sensoriais (amarelo), fala (azul) e funções executivas (vermelho). (b) A porção ascendente das curvas reflete a sinaptogênese, ou seja, a expansão de blocos de sinapses durante um período particular do neurodesenvolvimento. A porção descendente da curva reflete a poda sináptica decorrente da aprendizagem propriamente dita. Aqui, salienta-se o período de vida referente à curva para funções executivas, as últimas a amadurecerem. (c) Um paralelo, para fins didáticos, entre a arte de esculpir um bloco com o impacto de ferramentas e os mecanismos neurais dos períodos sensíveis. As experiências a partir do contexto do indivíduo esculpem o bloco de redes sinápticas levando à aprendizagem.

Embora ocorra a poda sináptica típica que segue a sinaptogênese, isto não impede outros aprendizados ao longo da vida. Sempre pode haver a formação de novas combinações de sinapses, criando e recriando redes neurais referentes ao registro de experiências. Só que à

custa de um maior gasto energético para esse esforço (TOKUHAMA-ESPINOSA, 2014). Os adultos mostram imensa capacidade para aprendizagens complexas de conhecimentos, raciocínios, habilidades, graças a experiências prévias e repertórios adquiridos, mas que muito dependem da vontade e motivação própria – um processo “de dentro para fora”. Já as crianças ganham blocos de redes formadas por conexões “prontas para usar”, necessárias para garantir o aprendizado básico do início da vida, com dependência bem maior de seu entorno – um processo “de fora para dentro”. Fato que aponta para a responsabilidade dos escultores desses “cérebros esponja”, particularmente quanto à qualidade do ambiente oferecido às crianças antes mesmo de seu nascimento, durante o período pré-escolar, na educação infantil e no ensino fundamental e médio, ressaltando que essas últimas etapas de maturação cerebral e poda sináptica coincidem com a transformação da adolescência para a idade adulta (CASEY; JONES; HARE, 2008). Não à toa se referem às funções executivas.

3.3.7 Fatores Ambientais que Afetam o Desenvolvimento das Funções Executivas

Em decorrência da neuroplasticidade e dos períodos sensíveis, portanto, o ambiente, e todas suas possibilidades e variáveis, pode influenciar criticamente o desenvolvimento das funções executivas em crianças e adolescentes. Ademais, esse lento e prolongado período sensível das FE 's é como uma grande janela. Dependendo das interações e da qualidade do contexto em que a criança ou adolescente está inserido, essa janela pode ser de vulnerabilidade ou de oportunidade (DIAS; SEABRA, 2013). Quando se oferecem condições desfavoráveis e cognitivamente pobres para a criança, as suas FE 's não se desenvolvem adequadamente. Agora, se a criança se depara com um ambiente rico cognitivamente, acolhedor e favorável, o seu córtex pré-frontal tem tudo para desenvolver bem as FE's.

Mackey, Raizada e Bunge (2014) listam alguns fatores ambientais importantes no desenvolvimento das funções executivas. De forma simples, esses fatores influenciam o desenvolvimento das FE's (positiva ou negativamente) em duplo mecanismo: em relação com os níveis de estresse gerados e a respeito do grau de estímulo cognitivo (ou privação) envolvido nos contextos.

3.3.7.1 Estresse Crônico

Diamond (2016) afirma que as "FE 's são excepcionalmente vulneráveis ao estresse” e que o estresse debilita essas capacidades. De fato, segundo Mackey, Raizada e Bunge (2014) o córtex pré-frontal possui muitos receptores para glicocorticóides, hormônios liberados em

situações de estresse. Os autores ainda indicam que “níveis cronicamente altos de cortisol- um glicocorticóide- podem causar lesões teciduais em todo o corpo, incluindo o cérebro”. Alguns experimentos em animais sugerem que graus elevados de estresse estão relacionados a comportamentos anormais de reconhecimento de novidades e debilidades na memória de trabalho, com efeitos perdurando na fase adulta (LIU et al., 2000 apud MACKEY; RAIZADA; BUNGE, 2014; BARHA; PAWLUSKI; GALEA, 2007 apud. MACKEY; RAIZADA; BUNGE, 2014) e a deficiências na atenção (LISTON et al., 2006 apud MACKEY; RAIZADA; BUNGE, 2014).

Muitas situações podem gerar estresse crônico na fase de desenvolvimento das crianças. Fatores socioeconômicos (renda familiar, ocupação e escolaridade), por exemplo, estão relacionados diretamente com o desempenho das FE 's (CAMPANHOLO et al., 2017). Situações socioeconômicas críticas, como pobreza, carência de necessidades básicas, ou viver em comunidade violenta são situações altamente estressoras e afetam negativamente a função executiva (DIAMOND, 2016; LIPINA et al., 2013 apud MULLER; KERNS, 2015; MULLER; BAKER; YEUNG, 2013). A relação parental é outro fator de possível estresse crônico. Diamond (2016) indica que ser afastado dos pais ou ter pais divorciados também são fatores estressores que afetam as FE 's. A autora sustenta ainda que “pais que são muito medrosos e excessivamente protetores ou muito controladores, coercitivos ou severos tendem a ter filhos com piores FEs”.

Por outro lado, boas condições financeiras ou renda familiar, maior escolaridade e melhor ocupação têm relação direta com melhores desempenho das funções executivas (MULLER; KERNS, 2015; CAMPANHOLO et al., 2017), da mesma forma que boas relações parentais. Blair et al. (2011, p. 1980 apud MULLER; KERNS, 2015) encontraram relação inversa de bons cuidados parentais e níveis de cortisol em crianças, indicando que o cuidado carinhoso dos pais é um fator protetor contra o estresse dos filhos.

3.3.7.2. Estímulo ou Privação Cognitiva

Além dos níveis de estresse, a qualidade cognitiva ambiental é outro fator relevante no desenvolvimento das funções executivas. Thompson e Steinbeis (2020) chamam de "privação cognitiva" a diminuição do estímulo cognitivo em um ambiente e indicam ainda que essa pobreza contextual afeta negativamente o desenvolvimento das FE 's. Sheridan et al. (2017) definem a privação como a “ausência de estimulação cognitiva e social e restrição de

oportunidades de aprendizagem em crianças”. Os autores sustentam que a privação cognitiva “influencia o desenvolvimento de múltiplos domínios cognitivos, incluindo as FE 's". Um modelo animal (BENNET et al., 1974 apud SHERIDAN et al., 2017) indica que a falta de estímulo ambiental afeta drasticamente a estrutura cerebral. No estudo, os ratos criados em ambientes pobres e pouco estimulantes apresentaram menor volume e espessura cortical, decorrente da diminuta quantidade de sinapses por neurônio e pela baixa na densidade, ramificação e comprimento das espinhas dendríticas, importantes para a qualidade e eficiência da transmissão de informação nas sinapses. Tais mudanças causadas pelo ambiente comprometem a função cognitiva do indivíduo, podendo acarretar em, por exemplo, danos na memória e aprendizado (RENNER et al, 1996 apud SHERIDAN et al., 2017).

Tomemos os fatores socioeconômicos e o ambiente familiar novamente para ilustrar a privação ou estimulação cognitiva no desenvolvimento de crianças. Sheridan et al. (2017) indicam que baixos níveis socioeconômicos e o baixo estímulo cognitivo, encontrado em situações de negligência dos pais e institucionalização precoce na infância, estão relacionados com os baixos níveis de volume e espessura apresentados em todo o córtex cerebral. Thompson e Steinbeis (2020) afirmam que a privação cognitiva pode ser encontrada em situações de pobreza, negligência e institucionalização, situações que afetam negativamente o desenvolvimento das FE 's das crianças. Tooley, Bassett e Mackey (2021) dizem que “crianças que vêm de famílias com maior status socioeconômico são expostas a ambientes mais complexos e cognitivamente estimulantes”. A inversa não deixa de ser verdadeira. Famílias com menor poder aquisitivo terão maiores dificuldades de proporcionar e/ou encaminhar seus filhos para ambientes mais favoráveis e cognitivamente estimulantes. Quanto ao grau de escolaridade dos pais (um dado socioeconômico importante, cf. Campanholo et al., 2017), Sheridan et al. (2017) afirmam que famílias cujos pais têm escolaridade elevada proporcionarão um ambiente mais fértil para o desenvolvimento cognitivo das crianças. Na mesma linha, lares com linguagem oral mais rica têm filhos com melhores desempenhos linguísticos e nas FE 's (DIAMOND, 2016; SHERIDAN et al, 2017). Saindo do campo socioeconômico e adentrando em pontos restritos ao ambiente familiar e à relação entre pais e filhos, Hughes e Ensor (2009) sugerem alguns fatores domésticos envolvidos no desenvolvimento das FE 's pela estimulação ou privação cognitiva. Os autores apontam que o suporte nas atividades e a demonstração proporcionadas pelos pais estão associados com o progresso das capacidades cognitivas das crianças. O suporte nas atividades consiste em prover apoio em uma situação de resolução de problemas, em outras palavras,

simplesmente auxiliar a criança a superar um obstáculo através de pistas ou de outros facilitadores. A demonstração, por sua vez, é a realização de alguma tarefa que a criança observe para então imitar. Ambas as práticas são favoráveis no progresso das funções executivas. Os autores indicam também que o caos em ambiente familiar desfavorece o desenvolvimento das capacidades executivas.

3.3.8 Promoção de Ambientes Favoráveis para o Desenvolvimento Ótimo das Funções Executivas

Levando em conta o potencial dos fatores do estresse e de contextos cognitivamente estimulantes (ou desestimulantes) no desenvolvimento de habilidades cognitivas, incluindo as funções executivas, demonstra-se importante, portanto, procurar proporcionar ambientes favoráveis e evitar ao máximo que eles sejam de alguma forma adversos para o desenvolvimento cognitivo de crianças e adolescentes. O assunto ganha maior gravidade quando se considera a importância das FE 's para a qualidade de vida num aspecto geral e duradouro (Quadro 1), e, especificamente para as crianças e adolescentes, a sua relevância para o sucesso acadêmico e escolar. Estudos encontraram diferenças no desempenho escolar entre crianças com diferentes níveis gerais de FE 's (BLAIR; RAZZA, 2007 apud DIAS; SEABRA, 2013; VITARO et al., 2005 apud DIAS; SEABRA, 2013). Melhores FE 's indicam maior preparo para a escola, em comparação com outras medidas, como QI, saber ler ou saber fazer contas matemáticas antes de entrar na escola (BLAIR; RAZZA, 2007 apud DIAMOND, 2014; DIAMOND, 2013; ZELAZO; CARLSON, 2020). O desenvolvimento das FE 's afeta diretamente o processo de aprendizagem dos alunos (DIAS; SEABRA, 2013). Habilidades derivadas da função executiva, como o aprendizado autorregulado, o comportamento direcionado à resolução de problemas e a flexibilidade, segundo Zelazo e Carlson (2020), “dão suporte ao aprendizado e à performance escolar”. Capovilla e Dias (2008 apud DIAS; SEABRA, 2013) encontraram fortes relações entre atenção, flexibilidade e o desempenho escolar. Bons níveis de habilidade executiva estão associados à boa performance matemática e leitora (ZELAZO; CARLSON, 2020). Na mesma linha, Dias e Seabra (2013) dizem que o controle atencional é uma habilidade preditora de desempenho na linguagem e matemática em crianças. Best, Miller e Naglieri (2011) atribuem o bom desempenho dessas competências curriculares ao bom funcionamento da memória de trabalho e controle inibitório. Por fim, Zelazo e Carlson (2020) afirmam que as FE 's são importantes na regulação das emoções e nas interações sociais na escola.

Dada tamanha relevância e importância no sucesso escolar, portanto, às palavras de Dias e Seabra (2013), conclui-se que, “considerando que todas as habilidades, incluindo as FE’s, podem ser desenvolvidas, contanto que haja oportunidades específicas para isso, é urgente a necessidade de se investir em programas que estimulem o desenvolvimento de FE’s desde as séries iniciais”. Blair e Diamond (2008) sugerem ainda que o ensino de habilidades e estratégias de regulação emocional, atencional e comportamental seria uma estratégia “mais eficaz na promoção do sucesso escolar”, em comparação com o ensino exclusivamente de conteúdo curricular. Essa é uma tarefa que cabe aos profissionais da educação de forma geral, tocando a professores, pedagogos, supervisores, entre outros, mas que de forma alguma é alheia aos pais e responsáveis, sendo estes também incumbidos dessa missão.

3.4 EDUCAÇÃO DAS FUNÇÕES EXECUTIVAS

A neurociência vem a ser um grande aliado dos pais e dos profissionais da educação que se propuserem a promover melhores condições e contextos para o desenvolvimento adequado das funções cognitivas das crianças. De fato, as pesquisas neurocientíficas podem vir a iluminar os caminhos da educação e propor as bases para a ação pedagógica, levando em consideração conhecimentos sobre o desenvolvimento do cérebro e o seu funcionamento (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 143; DIAMOND; AMSO, 2008). Desta forma, a neurociência é capaz de fornecer algumas luzes a respeito das melhores formas de promover as funções executivas nas crianças e adolescentes. Alguns autores, com efeito, apontam princípios voltados para a intervenção de treinamento das funções executivas, indicando alguns meios para a abordagem pedagógica. A próxima seção trata desses princípios que iluminam e encaminham a prática pedagógica e os programas de intervenção para um melhor desenvolvimento das FE 's das crianças.

3.4.1 Princípios que Orientam a Intervenção nas Funções Executivas

O princípio fundamental acerca do treinamento das funções executivas é justamente quanto à sua possibilidade de ser treinado. Diamond e Ling (2020, p. 168) atestam categoricamente: “FE’s podem ser aprimoradas em qualquer fase da vida e de diferentes formas”. Ainda que essas capacidades possam ser melhoradas com o treino em qualquer fase da vida, há, entretanto, períodos onde o treinamento pode surtir efeitos mais robustos. A máxima de Blair (2017), se tratando de qual o melhor período para as intervenções que visam a melhora das capacidades executivas, é “quanto mais cedo, melhor”. De fato, o autor,

levando em consideração os períodos de maturação do córtex pré-frontal e das outras regiões do cérebro envolvidas nas FE 's, diz que quanto mais cedo na infância, há maior receptividade para os treinos. Blair, em contrapartida, destaca que, mesmo após esses períodos, ainda há possibilidade de conseguir algum ganho no treino. O autor sustenta que, ainda que quanto mais cedo seja melhor, nunca é tarde demais, ou às suas palavras, “antes tarde do que nunca”.

Há indicações de princípios em relação à estrutura onde se dará o programa para melhorar das FE's (ou prática educacional de forma geral). Conforme Darling-Hammond et al. (2020), cujo estudo é baseado nos achados da Ciência da Aprendizagem e Desenvolvimento (SoLD - *Science of Learning and Development*) “o que acontece em um domínio (físico, cognitivo, afetivo) influencia os outros”. Assim, para os autores, se há o desejo de promover habilidades cognitivas dos alunos, a escola inteira deve proporcionar o bem estar geral dos seus estudantes em todas suas dimensões, pois isso facilita o processo de aprendizado (Fig 11). Com "escola inteira", entenda-se a sua hierarquia, a sua infraestrutura, a sua rotina e atividades, o seu plano de ensino e a sua abordagem em aula. Tudo deve promover bons relacionamentos aluno-aluno, pais-professores, e, principalmente, professor-aluno; deve-se também diminuir os fatores estressores, e promover segurança física e psicológica de todos envolvidos. Quanto à abordagem em sala de aula, Darling-Hammond et al. (2020) indicam que se procure empregar estratégias instrucionais produtivas, fazendo com que o conteúdo faça sentido para o aluno, que se conecte com suas experiências prévias, que seja aplicável na vida real; além disso, que também sejam ensinadas explicitamente habilidades metacognitivas (i.e. ensinar os alunos a aprender e a regular seu próprio aprendizado), emocionais e sociais. Por fim, os autores ainda propõem que seja oferecido todo suporte físico e mental necessário para que sejam superadas todas barreiras ao aprendizado.

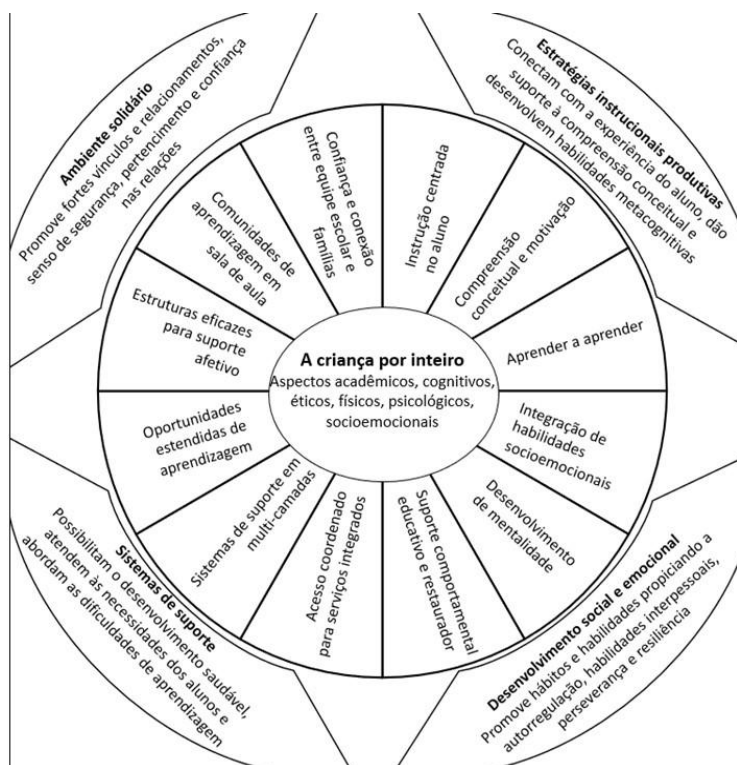


Figura 11 - Princípios da ciência do aprendizado e desenvolvimento. Traduzido de Darling-Hammond et al. (2020)

Outros princípios que regem as intervenções para aprimoramento das funções executivas abrangem os conceitos de transferência e validade ecológica. Ao falar-se do desenvolvimento das habilidades cognitivas e de seu treinamento, o conceito de transferência se refere aos ganhos que outro aspecto da função cognitiva (que não o treinado) apresenta após a intervenção. Chama-se “transferência proximal” a melhora obtida em habilidades de um mesmo componente. Chama-se “transferência distal” o ganho obtido em habilidades de um componente diferente. Por exemplo, se, em uma intervenção, é treinada especificamente a inibição de comportamentos, e observam-se ganhos na atenção seletiva, um aspecto diferente dentro do grande domínio do controle inibitório, houve transferência proximal. Agora, se após essa mesma intervenção observam-se ganhos na memória de trabalho visuoespacial, houve transferência distal, isto é, para outro domínio das FE 's. Quanto aos princípios para o treinamento das FE's acerca da transferência, há consenso que a transferência proximal, de fato, pode ser alcançada através da intervenção nas FE' s (DIAMOND; LING, 2020; GANESAN; STEINBEIS, 2022; SMID; KARBACH; STEINBEIS, 2020), enquanto que, a respeito da transferência distal, Ganesan e Steinbeis (2022) afirmam que “as intervenções não têm conseguido obter transferência para outros domínios”. De fato, não se deve esperar que

uma atividade que recruta determinada região do cérebro estimule o desenvolvimento de uma região diferente que não está sendo recrutada, da mesma forma que não se deve esperar que, por exemplo, ao treinar o bíceps na academia, a panturrilha se beneficie do exercício.

O conceito de transferência se relaciona com o de validade ecológica. Segundo Blair (2017), o conceito de validade ecológica “reflete a ideia de senso comum de que se queremos que o treinamento ajude as pessoas em suas vidas cotidianas, então o treinamento deve ocorrer nos contextos em que os indivíduos estão tipicamente situados, como escola e trabalho”. Assim, uma intervenção para melhora do controle emocional na escola deveria propor atividades que estimulem justamente o controle emocional e não deveria acontecer em outro lugar senão na escola, ainda que essa prática possa gerar alguma transferência de habilidade para outra circunstância. Para atingir maior validade ecológica e, conseqüentemente, maiores ganhos e transferências, alguns autores sugerem que o treinamento seja realizado em uma grande variedade de contextos (ZELAZO; CARLSON, 2020). Com efeito, é precisamente o que Smid, Karbach e Steinbeis (2020) afirmam: “programas mais holísticos, com conteúdo multidimensional, dão maior suporte ao desenvolvimento das crianças e geram benefícios mais amplos”.

Por fim, vale a pena mencionar alguns princípios que dizem respeito ao campo prático da intervenção, tratando sobre *o que* um programa de intervenção em FE 's deve ensinar; *como* o deve fazer; a que se deve *prestar atenção*; e qual *o ideal*.

A respeito de *o que* um programa de intervenção para melhora das FE 's deve ensinar, Dias e Seabra (2013) indicam alguns pontos que são consagrados entre intervenções renomadas. As autoras atestam que os programas de intervenção devem ensinar as habilidades executivas e metacognitivas direta e explicitamente, incluindo o uso da linguagem e o ato de falar consigo mesmo como ferramenta autorregulatória; que necessariamente sejam promovidas ocasiões para a prática das habilidades em diversas situações; e que os alunos sejam incentivados a exercitar essas habilidades em outros ambientes e em outras ocasiões. Zelazo e Carlson (2020) afirmam que é “importante não somente treinar as habilidades em uma variedade de contextos, mas encorajar as crianças a pensar sobre essas habilidades”, reiterando a importância do ensino de habilidades metacognitivas nesse processo.

A respeito de *como* ensinar, é indicado que o programa proporcione autonomia gradual e dificuldade crescente nas atividades. A autonomia gradual é estimulada com o professor (ou responsável pela educação da criança) oferecendo alto suporte no início da aprendizagem e na prática de alguma habilidade ou estratégia, seguida da remoção progressiva dessas muletas para que a criança possa então realizar sozinha o que foi aprendido (DIAS; SEABRA, 2013). Zelazo e Carlson (2020) defendem a autonomia gradual, pois esta prática promove independência, a motivação intrínseca, a iniciativa da criança e fortalece a sua autorregulação. A dificuldade crescente, proposta por Diamond e Ling (2020), trata justamente de não manter o nível das atividades estático. A ideia é que a intervenção não seja tão fácil a ponto de entediar a criança, nem seja tão difícil a ponto de deixá-la frustrada por não conseguir concluir a atividade, mas que seja desafiadora o suficiente para as suas capacidades executivas subirem um degrau. À medida em que o estudante for avançando e melhorando suas habilidades, aumenta também a dificuldade da intervenção, para que se mantenha o grau de desafio salutar.

Nos programas de intervenção de aprimoramento das funções executivas, é importante *atentar-se* às diferenças individuais dos estudantes. Smid, Karbach e Steinbeis (2020) afirmam que os ganhos alcançados através de intervenções variam de pessoa para pessoa justamente pelas suas características individuais, como idade, personalidade, motivação etc. Ganesan e Steinbeis (2022) destacam a motivação como fator crucial na efetividade do treino e na amplitude da transferência. Os autores defendem que deve-se dar grande atenção ao fator motivação nas intervenções de treino das FE 's, simplesmente porque é o agente inicial que impulsiona os estudantes. Antes de investir qualquer esforço, apontam os autores, os alunos analisarão o custo-benefício da atividade. Como cada indivíduo tem gostos e preferências diferentes, a contabilidade do esforço será diferente para cada pessoa, assim, o engajamento na atividade também distinguirá para cada um, e, conseqüentemente, os resultados da intervenção diferirão em decorrência dessa característica individual. Um professor atencioso é, portanto, uma necessidade nesse tipo de abordagem. Diamond e Ling (2020) defendem que a boa relação entre o tutor e os participantes do programa (ou professor e aluno) impacta fortemente o programa de forma positiva. De fato, as características individuais da pessoa à frente da intervenção também são fatores importantes. Um professor atencioso, que se dá bem com seus alunos e os conhece, que sabe suas forças e suas fraquezas e principalmente que é capaz de destacar as suas virtudes e polir as suas imperfeições, de os

motivar, os inspirar e ajudá-los a superar obstáculos certamente extrairá o melhor dos que participarem de alguma intervenção que conduzir.

Por fim, como *ideal*, a intervenção deve estimular o engajamento (DIAS; SEABRA, 2013) e evitar todo mal estar. Diamond e Ling (2020) incluem a necessidade de gerar envolvimento emocional dos participantes, seja a partir de um senso de comunidade, ou por realmente fazer entender a importância da atividade. Seja por oferecer protagonismo ou alguma função de destaque na tarefa aos participantes, ou então por proporcionar boas relações no programa, ou, por fim, pelas atividades agradáveis e divertidas. Como foi dito anteriormente, a motivação é crucial. Proporcionar atividades e tarefas interessantes faz com que os participantes se empenhem mais e, assim, resultados melhores podem ser obtidos. Da mesma forma que se procura promover bons momentos para maior engajamento, deve-se evitar todo fator estressor ou desagradável.

Em suma, os princípios que fundamentam a intervenção para o bom desenvolvimento das funções executivas são:

As FE 's podem ser treinadas. Quanto antes, melhor, mas antes tarde do que nunca;

A instituição inteira (seja escola ou outro ambiente), desde o topo da hierarquia até a base, desde o mais interior da escola até o mais exterior, sua estrutura física e organizacional, curricular e didática, deve ser planejada para proporcionar o bem estar geral dos seus estudantes em todas suas dimensões (física, mental, emocional, social, cognitiva);

A intervenção deve ter validade ecológica;

O programa deve ensinar explicitamente habilidades e estratégias executivas e metacognitivas, promover a prática no ambiente de treino e incentivar o seu exercício fora dele;

A intervenção deve promover autonomia gradual e dificuldade crescente nas atividades;

Deve-se atentar a fatores individuais dos participantes e prezar por líderes atenciosos na intervenção;

Deve-se promover o engajamento dos participantes através do envolvimento emocional e motivacional e evitar todo fator estressor e desagradável que extrapola o estresse necessário para superar e avançar novas etapas a serem conquistadas.

3.4.2. Modelos de Programa de Intervenção em Funções Executivas

Nesta seção serão descritos quatro programas de intervenção voltados para o aprimoramento da função executiva em crianças e/ou adolescentes em ambiente escolar. Esses programas podem servir de modelo de seguimento dos princípios que orientam o treino das FE 's propostos pelos achados da neurociência para iluminar a prática educacional.

3.4.2.1 Travessuras do Amarelo

O programa Travessuras do Amarelo (ou *Sarilhos do Amarelo*, em pt-PT), idealizado por Pedro Rosário e sua equipe GUIA (Grupo Universitário de Investigação em Autorregulação), um grupo de pesquisadores dos processos de aprendizagem e ensino advindos de diferentes universidades portuguesas e de outros países, é um programa de intervenção baseado em narração de histórias (ROSÁRIO; NUÑES; GONZÁLEZ-PIENDA, 2007). As histórias narradas apresentam situações que possibilitam trabalhar estratégias de aprendizagem e de auto-regulação com as crianças através da discussão dos acontecimentos da trama. Este programa é voltado para crianças de 4 a 10 anos e para todos os responsáveis pela educação, como pais, professores, psicólogos etc. Os autores têm como motivação para oferecer a intervenção a crianças da fase pré-escolar (aprox. 4 anos) até aos 10 anos a "urgência da promoção das competências de autonomia e auto-regulação da aprendizagem o mais cedo possível" (ROSÁRIO; NUÑES; GONZÁLEZ-PIENDA, 2007). A meta do programa é formar crianças que regulam a própria aprendizagem e que tenham repertório para autorregular-se nas suas atividades.

A história das Travessuras do Amarelo trata sobre o desaparecimento do amarelo das cores do arco-íris. As outras cores partem em uma busca pelo seu companheiro e precisam superar barreiras, desenvolver habilidades e utilizar estratégias durante a jornada para atingir seu objetivo. Nesta narrativa, as crianças são instigadas a pensar e discutir sobre a situação das cores do arco-íris e sobre as habilidades e estratégias autorregulatórias que foram utilizadas na história, são incentivadas a relacionar os acontecimentos com as suas atividades e, por fim, são convidadas a exercitar a habilidade aprendida.

Alguns estudos indicam resultados positivos nas habilidades autorregulatórias com a intervenção do programa Travessuras do Amarelo. Pereira et al (2021) aplicaram a intervenção em crianças de 8 a 11 anos, alunos do 4º ano de escolas no norte de Portugal e, para comparar os resultados, definiram um grupo controle da mesma faixa etária e mesmo grau escolar que não recebeu a intervenção. Ao final da intervenção, os autores encontraram diferença significativa nos parâmetros de autorregulação e atenção seletiva entre o grupo controle e experimental, e que a melhora nessas capacidades impactou positivamente as competências aritméticas dos alunos que receberam a intervenção. Nuñez et al (2022), por sua vez, aplicaram o programa em crianças de 8 a 11 anos, alunos de 3º e 4º ano em escolas da Espanha e também comparou os resultados com um grupo controle com as mesmas características. Os autores encontraram melhoras na autorregulação e na compreensão leitora do grupo experimental em comparação com o controle. Os ganhos no grupo experimental refletiram a certo grau em melhora na atividade acadêmica.

O programa Travessuras do Amarelo destaca-se no seguimento de alguns princípios para a intervenção nas habilidades executivas. Os responsáveis do programa são especialmente atenciosos aos períodos sensíveis que ocorrem cedo na infância, uma vez que oferecem a intervenção para idade pré-escolar alegando a urgência de desenvolver tais habilidades o mais cedo possível. Vale comentar que os autores não desenvolveram um programa de intervenção em habilidades de autorregulação e metacognitivas baseados em narrativa somente para esta faixa etária, mas também para adolescentes (ROSÁRIO, 2004) e para adultos universitários (ROSÁRIO; NUÑES; GONZÁLEZ-PIENDA, 2017), o que demonstra a devoção em desenvolver as habilidades autorregulatórias e metacognitivas, isto é, o aprender a estudar, em todas as fases do estudante. Além disso, o programa segue os princípios ao ensinar explicitamente as habilidades de autorregulação e metacognição através das histórias das cores do arco-íris e orientar as crianças a aplicar as habilidades nas mais diversas situações das suas vidas. Por fim, o programa Travessuras do Amarelo se empenha em captar a atenção e motivação das crianças. De fato, a contação de histórias é um método cativante que alimenta a motivação dos participantes e, desta forma, há maior envolvimento nas atividades propostas.

3.4.2.2 PENcE - Programa de Estimulação Neuropsicológica da Cognição em Escolares

O Programa de Estimulação Neuropsicológica da Cognição em Escolares, PENcE (CARDOSO et al., 2019), se propõe a potencializar e otimizar o desenvolvimento das funções executivas junto de todos processos cognitivos relacionados. As habilidades executivas das crianças são estimuladas através de brincadeiras e muita ludicidade, de atividades cognitivas, de ensino sistemático das estratégias.

O programa PENcE é aplicado principalmente pelos professores usuais de turmas escolares comuns, juntamente de neuropsicólogos que atuam como coterapeutas. Os professores recebem treinamento individual para a aplicação do programa, materiais impressos e uma sugestão de implementação do calendário, além de se encontrarem com os coterapeutas para discutir as atividades, elucidar dúvidas e apresentar a atividade da semana.

As atividades do PENcE são previstas para serem aplicadas nas escolas três vezes por semana, com sessões de em torno de 60 minutos. Frequentemente o coterapeuta está presente nas atividades do programa e até dá assistência, mas quem aplica é o professor da turma. O programa é dividido em quatro módulos: 1) organização e planejamento; 2) controle inibitório; 3) memória de trabalho; 4) flexibilidade cognitiva. Para que os módulos de intervenção das funções executivas sejam mais divertidos e despertem maior engajamento das crianças que participam do projeto, as atividades são trabalhadas em cima de alguma mídia de interesse, como, por exemplo, algum filme de animação. Todos os módulos são também divididos em estágios:

- **Estágio 1 - Estratégia, psicoeducação e exemplos:** são apresentadas as estratégias para melhor uso das habilidades do módulo, e é ensinado também o *quando, onde e como* aplicá-las. Junto da apresentação são trazidos alguns exemplos do bom e mau uso das capacidades do módulo e as suas consequências.
- **Estágio 2 - Aprendizagem e consolidação das estratégias:** os alunos começam a aplicar as estratégias nos jogos, nas brincadeiras e em outras atividades propostas. É incentivada também a aplicação nas atividades da escola.
- **Estágio 3 - Reflexão e aplicação nas atividades cotidianas:** é proposta a reflexão sobre como poderiam ser aplicadas na vida as estratégias aprendidas no módulo.

O estudo de Cardoso et al. (2017) testou a eficácia do programa em promover as funções executivas em crianças de 3º e 4º anos do ensino fundamental. Testes avaliativos para

diversos aspectos das funções executivas, testes de fluência verbal e de aplicação das estratégias e performance acadêmica foram aplicados antes e depois da intervenção de 5 meses de duração. Os autores encontraram diferenças significativas ao comparar o grupo experimental e o grupo controle após a aplicação do programa. Antes da aplicação das atividades, no pré-teste, não havia diferença significativa nas medidas cognitivas e comportamentais entre os grupos. No grupo testado com o programa, foram encontrados melhores resultados nas medidas de algumas habilidades analisadas, como fluidez do raciocínio, controle inibitório, grau de impulsividade, velocidades de iniciativa e processamento, atenção auditiva e memória auditiva de curto prazo, planejamento abstrato. Não foram encontrados, entretanto, resultados significativos para memória de trabalho e fluência verbal. As crianças do grupo experimental obtiveram melhor desempenho nos testes de habilidades acadêmicas de matemática e escrita, não apresentando diferenças no teste de leitura.

O programa PENcE preocupa-se com a forma do ensino das funções executivas. A intervenção aborda os assuntos das habilidades executivas e estratégias explicitamente, dispõe de momentos de prática guiada e, por fim, há o incentivo para a aplicação daquelas competências em outras circunstâncias, concedendo autonomia gradual às crianças. Destaca-se o modo como o programa ensina as estratégias e habilidades. A intervenção ganha uma roupagem do interesse das crianças. Por exemplo, após ter visto um filme divertido, as atividades todas serão baseadas no filme, trazendo os personagens como atores da intervenção, que querem ensinar alguma estratégia, alguma brincadeira que estimule as FE 's etc. Desta forma a prática de intervenção fica mais leve, mais agradável, as crianças se motivam com o filme e com os seus personagens e realizam as atividades. Outro ponto que o programa PENcE se destaca é referente aos agentes que aplicam as atividades para as crianças. Apesar de o programa prever o acompanhamento de neuropsicólogos peritos em sua execução, por serem pouco conhecidos ou até mesmo desconhecidos das crianças, serão os próprios professores, devidamente treinados, os responsáveis por sua intervenção em sala de aula. Assim, com suporte total dos neuropsicólogos como seus coterapeutas, os professores estarão preparados na aplicação da intervenção, tendo a ciência das forças e fraquezas de cada aluno e quais capacidades enfatizar em cada atividade para cada participante. E, para os alunos, será um rosto conhecido aplicando as atividades do programa, sem necessitar quebrar qualquer gelo.

3.4.2.3 PIAFEx - Programa de Intervenção em Autorregulação e Funções Executivas

O PIAFEx é um programa desenvolvido por Dias e Seabra (2013b; 2015) e apresenta um conjunto de atividades a serem aplicadas pelo próprio professor, em contexto de sala de aula. O objetivo é estimular o desenvolvimento das funções executivas e um melhor domínio da autorregulação. O professor que aplica o programa recebe um kit com introdução, treinamento no PIAFEx e todas suas atividades.

As atividades do PIAFEx promovem o uso das funções executivas em uma gama de tarefas, situações e contextos. São 43 atividades divididas em 10 módulos básicos e um módulo complementar:

- Módulo 1: Organização de materiais e gerenciamento do tempo. São ensinadas estratégias de organização material e temporal para serem adaptadas aos contextos dos alunos e incorporadas à rotina escolar;
- Módulo 2: Organização de ideias, estabelecer metas e planejar seus passos - estratégias para o dia a dia. Ensino de estratégias de planejamento de projetos de médio a longo prazo;
- Módulo 3: Organização de ideias, estabelecer metas e planejar seus passos - realização de atividades de estimulação;
- Módulo 4: Funções executivas em atividades físicas/motoras. Atividades, jogos e brincadeiras motoras que estimulem as capacidades de inibição de impulsos inconvenientes e atenção;
- Módulo 5: Gestão de conflitos e comunicação. Atividades que tratem de estratégias de autorregulação dos comportamentos e emoções;
- Módulo 6: Regulação de emoções. Realização de atividades para ensinar as crianças a reconhecerem, lidarem com e expressarem suas emoções;
- Módulo 7: Trabalho com colegas. Oportunidade para exercitar a hetero e autorregulação, orientando-se com outros colegas a um objetivo comum;
- Módulo 8: Brincadeira com o significado das palavras. Estímulo do pensamento flexível, feito pela apresentação de palavras ou frases ambíguas, que podem ser compreendidas por diversos pontos de vista;
- Módulo 9: Conversa sobre as atividades. Atividade metacognitiva, levando a criança a pensar sobre os próprios pensamentos e estratégias;

- Módulo 10: Brincadeira planejada. Ao invés de brincar livremente, planejar e organizar todo um contexto e regras, atribuir funções às crianças. Etapas de planejamento, execução e avaliação da brincadeira;
- Módulo Complementar: Diário de Nina. É uma história narrada com 10 capítulos, onde Nina se depara com situações em que precisa usar diferentes habilidades executivas. Em cada capítulo, um drama e a sua resolução envolvendo alguma função executiva são apresentadas como modelo de estratégia utilizada por Nina. Após cada capítulo, há atividades sobre a habilidade vista.

As atividades do PIAFEx, em sua maioria, tem caráter lúdico, enquanto outras podem ser incorporadas à rotina da escola. Os materiais utilizados nas atividades são de baixo custo, possibilitando a sua execução também na rede pública de ensino.

Foram feitos alguns estudos aplicando o PIAFEx ou inspirando-se nele e os resultados são positivos. Menezes et al. (2015) aplicou o programa em crianças com TDAH e observou alguns ganhos em medidas de atenção, inibição e memória de trabalho, sem encontrar, entretanto, efeitos da intervenção em funções executivas mais complexas. O estudo de Dias e Seabra (2015), o qual aplicou o PIAFEx em crianças de idade pré-escolar, afirma que o programa se demonstra efetivo em aprimorar a atenção e inibição das crianças, e que esses ganhos são mais eficientes que os observados na escola comum. As mesmas autoras aplicaram o programa em crianças do primeiro ano do ensino fundamental (DIAS; SEABRA, 2015b) e encontraram melhoras nos testes de flexibilidade, atenção e inibição; aumento na medida de uma escala funcional de planejamento e melhora das habilidades acadêmicas de leitura e aritmética no grupo experimental. Tais efeitos foram observados ainda um ano após a intervenção, e em um novo estudo, observaram melhora também na memória de trabalho (DIAS; SEABRA, 2017). Em um estudo de um programa voltado para a promoção de autorregulação em crianças pré-escolares contendo 63 atividades, onde 51 delas são do PIAFEx - ou adaptadas (ZAUZA et al, 2022), os professores perceberam melhoras nas habilidades autorregulatórias das crianças. Com a intervenção, as crianças se tornaram mais autônomas, capazes de reconhecer emoções e resolver conflitos, a pensar antes de agir. Em suma, os professores perceberam melhoras no autocontrole das crianças, na regulação das emoções e nas suas interações sociais.

O Programa de Intervenção em Autorregulação e Funções Executivas converge em alguns pontos com os outros programas já mencionados, mas destaca-se em um específico.

Como nos outros programas, é proposta a instrução direta das estratégias e das funções executivas e as crianças são orientadas à prática guiada. No PIAFEx as atividades são recheadas de brincadeiras, o que motiva as crianças, e são aplicadas pelo próprio professor após o devido treinamento do programa. O programa se destaca, entretanto, na grande variedade de atividades e na diversidade de FE's exercitadas nos módulos. Assim, muitas capacidades executivas são treinadas em diversos contextos, o que ressalta a validade ecológica da intervenção e possibilita transferência para outras situações.

3.4.2.4 Método Glia

O Método Glia, desenvolvido pelo Instituto Glia, traz uma proposta interessante de educação das funções executivas, metacognição e resiliência. Esse programa oferece capacitação específica para se observar as capacidades das crianças e estimular as habilidades executivas em cada uma delas, baseando-se em conhecimentos científicos atuais sobre o cérebro e comportamento infantil e tem como objetivos aperfeiçoar o desenvolvimento psicológico e desempenho escolar da criança. Cada um dos responsáveis pela educação da criança, isto é, os pais ou outros responsáveis, os professores e o terapeuta, recebem cartilhas com orientações específicas aos seus encargos: aos pais, a educação das funções executivas e da resiliência; aos professores, a educação das funções executivas, da resiliência e da metacognição; aos terapeutas, a reabilitação das capacidades executivas e da metacognição.

A cartilha com orientações aos pais (ARRUDA; MATA, 2014) direciona-se também a professores, apesar destes também terem uma cartilha exclusiva, e introduz o conceito de funções executivas. Apresenta uma divisão de onze habilidades executivas e as descreve, propondo também alguns pontos de observação em cada uma das onze capacidades para que os pais e professores se atentem na criança caso haja suspeita da sua dificuldade. Por exemplo, na função executiva “Objetivar”, a cartilha indica aos pais e professores repararem quando “a criança se perde em atividades rotineiras diárias” e quando “executa atividades por puro impulso, sem saber ao certo por quê” (ARRUDA; MATA, 2014).

O programa divide as funções executivas nas seguintes habilidades: objetivar, planejar, organizar, iniciar, focar, perseverar, monitorar, flexibilizar, inibir, regular e operacionalizar. Nesta divisão, a cartilha propõe aos pais algumas sugestões de como podem promover em casa essas habilidades nos campos cognitivo, emocional e social. Por fim, é proposto aos pais e professores algumas estratégias para educar a resiliência das crianças.

A cartilha do Método Glia direcionada exclusivamente ao professor (ARRUDA; MATA, 2014b), por sua vez, supõe o entendimento conceitual das funções executivas apresentado na cartilha aos pais e professores, e propõe atividades e estratégias orientadas a crianças do Ensino Fundamental I, mas que podem ser adaptadas facilmente para outros níveis do ensino. O programa promove a capacitação dos alunos em FE's e metacognição, tem duração de dezoito semanas e se divide em duas etapas, direcionadas aos grandes grupos de habilidades a serem trabalhadas: as funções executivas e a metacognição. Todas habilidades serão direcionadas para a execução de um trabalho de conclusão de curso, sendo proposto e pensado desde a primeira semana do programa, trabalhado e aprimorado em cada nova habilidade aprendida no decorrer das dezoito semanas.

Na primeira etapa, onde serão trabalhadas as onze funções executivas propostas pelo Método Glia (objetivar, planejar, organizar, iniciar, focar, perseverar, monitorar, flexibilizar, inibir, regular e operacionalizar), é passada uma habilidade executiva por semana, ou seja, a primeira etapa é feita em onze semanas. A segunda etapa funciona da mesma forma, pois é trabalhada uma habilidade metacognitiva por semana. O projeto propõe seis capacidades metacognitivas: estudar, ler e compreender, pesquisar e redigir, escutar, anotar e fazer prova. Na última semana da intervenção ocorre a apresentação do trabalho de conclusão (TCC), uma proposta feita no início do programa para ser trabalhada em cada habilidade executiva e metacognitiva da semana. O tema do TCC será de escolha da criança, sendo de tópicos do currículo escolar ou extracurricular, pesquisa ou até mesmo em ação solidária na comunidade da escola. Ao final do Método Glia e apresentação do TCC, o aluno receberá um certificado do programa de treinamento das funções executivas e metacognitivas.

A estrutura semanal segue um modelo de dinâmica específico. São cinco encontros de 30 minutos na semana. O primeiro dia é para a apresentação e definição da habilidade que será desenvolvida na semana; no segundo dia, o professor exemplifica como aquela competência é utilizada cotidianamente e evidencia a sua importância seja pela sua virtude ou pela sua deficiência; no terceiro dia são apresentadas estratégias para pôr a habilidade da semana em prática; no quarto dia o professor propõe aos alunos atividades de prática da competência; e, por fim, no último dia da semana, o professor dá autonomia ao alunos, para que apliquem os novos conhecimentos, as estratégias e a nova habilidade da semana no projeto de TCC que estão desenvolvendo.

A cartilha do terapeuta (ARRUDA et al., 2015), por sua vez, ainda que direcionada aos profissionais das áreas da psicologia, psicopedagogia, fonoaudiologia, terapia ocupacional e/ou medicina, se esforça em trazer uma linguagem relativamente acessível para pais e professores, apesar de ser mais densa e com maior volume de informação que as outras cartilhas. No que toca ao terapeuta, é proposto um programa para intervenção em funções executivas e metacognitivas no contexto clínico, ainda que possa ser executado de alguma forma adaptada pelos pais ou professores.

Antes da intervenção em si, o programa parte da coleta e análise de dados obtidos através de um questionário feito pelos pais, professores e, quando maior de 9 anos e já alfabetizada, pela própria criança a respeito das suas funções executivas e metacognitivas no dia a dia. Os dados do questionário são convertidos em escores e são apresentados como um gráfico *spider*, quantificando as suas capacidades. A partir de então, o terapeuta tem as informações necessárias a respeito da criança e pode, enfim, propor intervenções de acordo com as funções executivas ou metacognitivas mais debilitadas.

Dentro da intervenção, a estrutura geral é bem parecida com a dos professores: sessão de apresentação da habilidade executiva ou metacognitiva; sessões de identificação da capacidade, primeiro para exemplificar, depois para avaliar em si mesmo; sessão para traçar alguns planos para mudar de comportamento (aqui a presença e colaboração dos pais é fundamental); sessão de ensaio comportamental; e, por fim, sessões de experiência comportamental, avaliação e recompensa.

Dentre os princípios indicados para intervenção nas funções executivas, o Método Glia se destaca pela sua ampla validade ecológica. A começar pela quantificação das capacidades executivas das crianças, são utilizados sistemas de avaliação das FE's ecologicamente válidos, como questionários respondidos pelos pais, professores e até mesmo pela própria criança. Assim, os dados informados são referentes às atividades corriqueiras das crianças, sem submetê-las a testes distantes da sua realidade. Além disso, envolver os pais é algo insigne. Incluir os pais na educação (local de onde nunca deveriam ter sido excluídos) através da intervenção amplia a validade ecológica. Além de observar a criança em situações fora da escola, as atividades propostas são aplicadas também em contexto doméstico, favorecendo a avaliação de suas funções executivas inerentes ao ambiente da própria casa. Ademais, a união de forças dos pais, professores e psicólogo para o treinamento executivo das crianças proporciona maior imersão em maior diversidade de contextos. A intervenção de

múltiplas vias amplifica ainda mais a validade ecológica do programa. Somado a isso, o Método Glia propõe atividades que abordam diferentes dimensões do indivíduo (cognitiva, emocional, social), aumentando o campo de validade ecológica. Por fim, como os outros programas citados, o Método Glia proporciona um sistema de instrução explícita das estratégias executivas, prática guiada e estímulo para exercitá-la em outras atividades, além de direcionar o aprendizado de cada habilidade a um trabalho a longo prazo a ser desenvolvido pelo próprio aluno, concedendo-o autonomia no exercício das estratégias.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todo comportamento humano é permeado pelas habilidades mentais das funções executivas e é influenciado fortemente tanto por sua qualidade quanto por sua deficiência. Diversos âmbitos da vida humana são impactados diretamente pelas FE's (Quadro 1), particularmente o período escolar. De fato, em campo escolar, melhores funções executivas estão associadas à maior aptidão para a escola, melhor desempenho nas disciplinas, especialmente em matemática e linguagem, incluindo a capacidade leitora, além de serem importantes nas interações sociais na escola. Ademais, o grau de desempenho das FE's quando criança é um indicador forte a respeito da qualidade de vida adulta (MOFFITT et al., 2011).

As capacidades executivas podem ser exercitadas e melhoradas. Seu desenvolvimento se dá naturalmente da infância até o início da fase adulta, um processo acompanhado pela maturação do córtex pré-frontal e constantemente impactado por interferências, sejam negativas ou positivas, dos mais variados aspectos do contexto do sujeito. Na verdade, esse extenso e precioso período sensível do desenvolvimento das FE's é um momento oportuno para intervenções cujo objetivo é aprimorar essas habilidades eminentemente exclusivas da espécie humana.

A neurociência é capaz de fornecer subsídios para a intervenção pedagógica ao fundamentar a prática educacional e iluminar as atividades com base em achados científicos (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 143). Por esse motivo, a compreensão de conhecimentos básicos sobre mecanismos da biologia neural agregada à psicologia cognitiva, já há algumas décadas, tem sido considerada uma grande aliada da educação. São inúmeros os programas de intervenção voltados para o desenvolvimento das capacidades executivas que ostentam

bons resultados e cuja atuação está bem fundamentada a partir de pesquisas de áreas do âmbito da neurociência cognitiva, como é o caso da neuropsicologia.

Justamente pela notável relevância dessas habilidades, também chamadas de competências cognitivas e socioemocionais, exclusivas do indivíduo humano, todos os responsáveis pela educação de crianças a jovens adultos deveriam se inspirar e sentir-se encorajados a investir os esforços na aplicação de iniciativas, programas e intervenções direcionadas ao aprimoramento das funções executivas. Afinal, se desejamos construir um mundo mais empático, devemos exercitar a empatia nas nossas crianças; se esperamos mais autonomia dos nossos pequenos, devemos ensiná-los e conduzi-los por esse caminho; se nós professores queremos que nossos alunos se apropriem dos conteúdos propostos, que tal se ensinarmos antes a aprender? Essas e outras competências são recheadas de funções executivas. Enfim, se o objetivo maior de nossa profissão como educadores é formar adultos competentes responsáveis por suas próprias escolhas, ações e atitudes como cidadãos em seu sentido mais amplo, a efetiva inclusão de práticas das funções executivas no ensino deveria ser pauta pedagógica e curricular prioritária em todos os níveis de escolarização, da educação infantil à educação superior.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AREIAS, Graça; PAIXÃO, Rui, FIGUEIRA, Ana Paula. O Iowa Gambling Task: Uma Revisão Crítica. **Psic.: Teor. e Pesq**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 201-210, Abr-Jun 2013.

ARRUDA, Marco Antônio; MATA Milena. Projeto Escola da Diversidade: Cartilha dos Pais e do Professor. **Ed. Instituto Glia**, Ribeirão Preto, SP, 2014.

ARRUDA, Marco Antônio; MATA Milena. Projeto Escola da Diversidade: Cartilha do Professor. **Ed. Instituto Glia**, Ribeirão Preto, SP, 2014.

ARRUDA, Marco Antônio et al. Cartilha do Terapeuta. Método Glia. **Ed. Instituto Glia**, Ribeirão Preto, SP, 2015.

BADDELEY, Alan; HITCH, Graham; ALLEN, Richard. A multicomponent model of working memory. In LOGIE, Robert; CAMOS, Valerie; COWAN; Nelson (Eds.). **Working Memory: State of the science**. Oxford: Oxford University Press, 2020. p. 10-43.

BADDELEY, Alan; HITCH, Graham. Working memory. In: BOWER, G.A. (Ed.). **Recent advances in learning and motivation**. New York: Academic Press, 1974. p.47-89.

BAGGETTA, Peter; ALEXANDER, Patricia. Conceptualization and Operationalization of Executive Function. **Mind, Brain, and Education**, 10: 10-33, 2016.

BEAR, Mark; CONNORS, Barry, PARADISO, Michael. **Neuroscience: Exploring the brain**. Lippincott Williams & Wilkins; 3ª ed., 2008.

BEAR, Mark; CONNORS, Barry, PARADISO, Michael. **Neurociência: Explorando o Sistema Nervoso**. Porto Alegre:ArtMed, 4ª ed., 2017.

BERNSTEIN, Jane; WABER, Deborah. Executive Capacities from a Developmental Perspective. In: MELTZER, Lynn. **Executive function in education: from theory to practice**. New York: The Guilford Press, 2007. p. 39-54.

BEST, John; MILLER, Patricia; NAGLIERI, Jack. Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. **Learning and individual differences**, v.21,4, 327-336, 2007.

BEST, John; MILLER, Patricia. A developmental perspective on executive function. **Child Dev.**, 81(6): 1641-60, Nov-Dec 2010

BLAIR, Clancy. Educating executive function. **WIREs Cogn Sci**, 8: e1403, 2017.

BLAIR, Clancy; DIAMOND, Adele. Biological processes in prevention and intervention: The promotion of self-regulation as a means of preventing school failure. **Development and psychopathology**, 20, 899-911, 2008.

BRUER, John. Education and the brain: a bridge too far. **Educational Researcher**, 26: 4-16, 1997.

CAMPANHOLO, Kenia et al. Impact of sociodemographic variables on executive functions. **Dement Neuropsychol**, 11(1):62-68, mar 2017.

CARDOSO, Caroline et al. Program of neuropsychological stimulation of cognition in students: Emphasis on executive functions – development and evidence of content validity. **Dement Neuropsychol**, 11(1):88-99, mar 2017.

CARDOSO, Caroline; SEABRA, Alessandra; GOMES, Cristiano; FONSECA, Rochele. Program for the Neuropsychological Stimulation of Cognition in Students: Impact, Effectiveness, and Transfer Effects on Student Cognitive Performance. **Front. Psychol.**, 10:1784, aug 2019.

CASEY, BJ; GETZ, Sarah; GALVAN, Adriana. The adolescent brain. **Developmental Review**. v. 28:1. p. 62-77, 2008.

CASEY, BJ; JONES, Rebecca; HARE, Todd. The Adolescent Brain. **Ann. N.Y. Acad. Sci.** 1124: 111–126, 2008

COSENZA, Ramon.; GUERRA, Leonor. **Neurociência e educação: como o cérebro aprende**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

COWAN, Nelson. Evolving conceptions of memory storage, selective attention, and their mutual constraints within the human information processing system. **Psychological Bulletin**, 104,163–191, 1988.

COWAN, Nelson. The many faces of working memory and short-term storage. **Psychonomic Bulletin and Review**, 24: 1158–70, 2016.

CRAGG, Lucy; NATION, Kate. Language and development of cognitive control. **Topics in cognitive science**, 2, 631-642, 2010.

CRONE, Eveline. Executive functions in adolescence: inferences from brain and behavior. **Developmental Science**, 12: 825-830, 2009.

DARLING-HAMMOND, Linda et al. Implications for educational practice of the science of learning and development. **Applied Developmental Science**, 24:2, 97-140, 2020.

DIAMOND, Adele. Executive Functions. **Annu. Rev. Psychol.** 64:135–68, 2013.

DIAMOND, Adele. Why Improving and Assessing Executive Functions Early in Life is Critical. In: GRIFFIN, James.; McCARDLE, Peggy; FREUND, Lisa (Eds.). **Executive Function in Preschool-Age Children: Integrating Measurement, Neurodevelopment, and Translational Research**. Washington DC: American Psychological Association, 2016, p. 11-43.

DIAMOND, Adele. Want to Optimize Executive Functions and Academic Outcomes? Simple, Just Nourish the Human Spirit. **Minn Symp Child Psychol Ser.** 37:205-232, 2014.

DIAMOND, Adele; AMSO, Dima. Contributions of Neuroscience to Our Understanding of Cognitive Development. **Current Directions in Psychological Science**. v. 17:2, p. 136–141, Apr. 2008.

DIAMOND, Adele; LING, Daphne. Review of the evidence on, and fundamental questions about, efforts to improve executive functions, including working memory. In: NOVICK, Jared; BUNTING, Michael; DOUGHERTY, Michael; ENGLE, Randall (Eds.). **Cognitive**

and working memory training: Perspectives from psychology, neuroscience, and human development, Oxford University Press., 2020, p. 143–431.

DIAS, Natália; MENEZES, Amanda; SEABRA, Alessandra. Age differences in executive functions within a sample of Brazilian children and adolescents. **Span J Psychol.** 16:9, 2013.

DIAS, Natália; SEABRA, Alessandra. Funções executivas: desenvolvimento e intervenção. **Temas sobre Desenvolvimento.** 19(107):206-12, 2013.

DIAS, Natália; SEABRA, Alessandra. **Programa de Intervenção em Autorregulação e Funções Executivas – PIAFEx.** São Paulo: Memnon, 2013b.

DIAS, Natália; SEABRA, Alessandra. Is it possible to promote executive functions in preschoolers?: A case study in Brazil. **International Journal of Child Care and Education Policy,** 9:6, 2015.

DIAS, Natália; SEABRA, Alessandra. The Promotion of Executive Functioning in a Brazilian Public School: A Pilot Study. **Spanish Journal of Psychology,** 18, 8, 1–14, 2015b.

DIAS, Natália; SEABRA, Alessandra. Intervention for executive functions development in early elementary school children: effects on learning and behaviour, and follow-up maintenance. **Educational Psychology,** 37(4), p.468-486, 2017.

FISCHER, Kurt et al. The dynamics of competence: How context contributes directly to skill. **Development in context: Acting and thinking in specific environments,** p. 93–117, 1993.

FUSTER, Joaquín. Physiology of executive functions: The perception action cycle. In: STUSS, Donald; KNIGHT, Robert. **Principles of the frontal lobe.** New York: Oxford University Press, 2002.

GANESAN, Keertana; STEINBEIS, Nikolaus. Development and plasticity of executive functions: A value-based account. **Curr Opin Psychol.** 44:215-219, Apr 2022.

HUGHES, Claire; ENSOR, Rosie. How do families help or hinder the emergence of early executive function? In: LEWIS, Charlie; CARPENDALE, Jeremy (Eds.). **Social interaction and the development of executive function.** New Directions in Child and Adolescent Development, 123, 35–50, 2009.

IMMORDINO-YANG, Mary Helen; DAMASIO, Antonio. We feel, therefore we learn: The relevance of affective and social neuroscience to education. **Mind, brain, and education,** 1.1 3-10, 2007.

JURADO, María; ROSSELLI, Mónica. The elusive nature of executive functions: A review of our current understanding. **Neuropsychol Rev.** 17:213–233, 2007.

KING JOHNSON, Marcie et al. Emotion regulation in older adulthood: roles of executive functioning and social relationships. **Ageing, Neuropsychology, and Cognition,** 2022.

KOLB, Bryan et al. Experience and the developing prefrontal cortex. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,** v 109, 2,2, 17186-93, 2012.

LENROOT, Rhoshel; GIEDD, Jay. Brain development in children and adolescents: insights from anatomical magnetic resonance imaging. **Neuroscience and biobehavioral reviews** v 30,6, p.718-29, 2006.

LENT, Roberto. **Cem bilhões de neurônios**: conceitos fundamentais de neurociência. 2ed. São Paulo, Editora Atheneu. 2010.

LESCH, Klaus-Peter. Can dysregulated myelination be linked to ADHD pathogenesis and persistence? **Journal of Child Psychology and Psychiatry**, 60:3, p. 229–231, 2019.

MACKEY, Allyson; RAIZADA, Rajeev; BUNGE, Silvia. Environmental Influences on Prefrontal Development. In: STUSS, Donald; KNIGHT, Robert. **Principles of Frontal Lobe Function**, New York: Oxford University Press, p. 145-163, 2014.

MELTZER, Lynn. Executive Function: Theoretical and Conceptual Frameworks. In: _____. **Executive function in education**: from theory to practice. New York: The Guilford Press, 2007. p. 1-3.

MENEZES, Amanda et al. Intervention for executive functions in attention deficit and hyperactivity disorder. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**. 73(3), p. 227-236, 2015.

MOFFITT, Terrie et al. A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 108 (7) p. 2693-2698, Feb 2011.

MONSELL, Stephen. Control of mental processes. In: BRUCE, Vicki. (Ed.). **Unsolved mysteries of the mind**: Tutorial essays in cognition. Erlbaum (Uk) Taylor & Francis, Publ., p. 93–148, 1996.

MORRIS, Brittany; LONIGAN, Cristopher. What components of working memory are associated with children's reading skills? **Learning and individual differences**, 102114 v. 95, 2022.

MULLER, Ulrich; BAKER, Lesley; YEUNG, Emanuela. A Developmental Systems Approach to Executive Function. In: LERNER, Richard; BENSON, Janette. **Advances in Child Development and Behavior**. Academic Press Inc, 45, 36-66, 2013.

MULLER, Ulrich; KERNS, Kimberly. The development of executive function. In: LIBEN, Lynn; MULLER, Ulrich; Lerner, Richard (Eds.). **Handbook of child psychology and developmental science**: Cognitive processes. John Wiley & Sons, Inc. p. 571–623, 2015.

MIYAKE, Akira et al. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. **Cogn Psychol**. 41(1):49-100, Aug 2000.

NÚÑEZ, José Carlos et al. Effect of an intervention in self-regulation strategies on academic achievement in elementary school: A study of the mediating effect of self-regulatory activity. **Revista de Psicodidáctica** (English ed.) v. 27,1, p. 9-20, 2022.

PEREIRA, Armanda et al. Promote Selective Attention in 4th-Grade Students: Lessons Learned from a School-Based Intervention on Self-Regulation. **Children**, v.8, 3: 182, 2021

PRENCIPE, Angela et al. Development of hot and cool executive function during the transition to adolescence. **J Exp Child Psychol.** 108(3):621-37, mar 2011.

RIGGS, Nathaniel et al. Executive function and the promotion of social–emotional competence. **Journal of Applied Developmental Psychology**, 27, 300–309, 2006.

ROSÁRIO, Pedro. **(Des)venturas do Testas**: Manual teórico para pais e professores. Porto : Porto Editora 2004.

ROSÁRIO, Pedro; NÚÑEZ, José; GONZÁLEZ-PIENDA, Júlio. **Cartas do Gervásio ao Seu Umbigo**: Comprometer-se com o estudar no ensino superior. Editora Almedina 2017 São Paulo 2ª Ed

ROSÁRIO, Pedro; NÚÑEZ, José; GONZÁLEZ-PIENDA, Júlio. **Auto-regulação em crianças sub-10**: Projecto Sarilhos do Amarelo. Porto: Porto Editora; 2007.

ROTHER, Edna Terezinha. Revisão sistemática X revisão narrativa. **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 20, n. 2 2007

SALEHINEJAD, Mohammad et al. Hot and cold executive functions in the brain: A prefrontal-cingular network. **Brain and Neuroscience Advances**, v.5: p. 1-19, Apr 2021.

SANES, Joshua; JESSEL, Thomas. A experiência e o refinamento das conexões sinápticas. In: KANDEL, Eric; SCHWARTZ, James; JESSEL, Thomas. **Princípios de Neurociências**, 5ª ed, McGraw Hill, 2014

SHERIDAN, Margaret et al. Dimensions of childhood adversity have distinct associations with neural systems underlying executive functioning. **Dev Psychopathol.** 29(5):1777-1794, 2017.

SMID, Claire; KARBACH, Julia; STEINBEIS, Nikolaus. Toward a Science of Effective Cognitive Training. **Current Directions in Psychological Science**, v. 29, 6, p. 531–37, Dec 2020.

STILES, Joan. Principles of brain development. **WIREs Cogn Sci**, 8:e1402, 2017.

STUSS, Donald; BENSON, David Frank. **The frontal lobes**. New York: Raven, 1986.

THOMPSON, Abigail, STEINBEIS, Nikolaus. Sensitive periods in executive function development. **Curr Opin Behav Sci.** 36:98-105, Dec 2020.

TOKUHAMA-ESPINOSA, Tracey. **Making Classrooms Better**: 50 Practical Applications of Mind, Brain, and Education Science. Nova Iorque: Norton & Company, 2014.

TOOLEY, Ursula; BASSETT, Danielle; MACKEY, Allyson. Environmental influences on the pace of brain development. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 22, n. 6, p. 372-384, 2021.

WARD, Jaime. **The Student's Guide to Cognitive Neuroscience**. London: Taylor & Francis, 2020.

XIE, Jinlan; LIU, Siman; FANG, Ping. Cognitive training improves emotion regulation in Chinese preschool children. **Pediatr Int.** 63(11):1303-1310, Nov 2021.

ZAUZA, GRACE. et al. Promotion of Self-regulation in Preschool Children: Effects and Perceptions of Teachers. **Trends in Psychology**, 30:73–96, 2022.

ZELAZO, Philip David; CARLSON, Stephanie. Hot and cool executive function in childhood and adolescence: Development and plasticity. **Child Development Perspectives**, 6(4), 354–360, 2012.

ZELAZO, Philip David; CARLSON, Stephanie. The neurodevelopment of executive function skills: Implications for academic achievement gaps. **Psychology & Neuroscience**, 13(3), 273-298, 2020.

ZELAZO, Philip David; MULLER, Ulrich. Executive function in typical and atypical development. In: GOSWAMI, Usha (Ed.). **Blackwell handbook of childhood cognitive development**. Blackwell Publishing, p.445–469, 2002. .

ZELAZO, Philip David; QU, Li; KESEK, Amanda. Hot executive function: Emotion and the development of cognitive control. In: CALKINS, Susan; BELL, Martha (Eds.). **Child development at the intersection of emotion and cognition**. American Psychological Association, p. 97–111, 2010.